

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
(ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (Α.Τ.Ε.Ι.Θ.))
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΣΜΗΤΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ:
ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER**

**ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ :ΛΕΟΝΤΑΡΙΔΟΥ ΙΩΑΝΝΑ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:ΑΡΚΟΥΜΑΝΗ ΜΑΡΙΑ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	7
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ LASERS	8
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	10
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	
ΤΡΙΧΕΣ	10
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ	12
ΘΥΛΑΚΑΣ ΤΡΙΧΑΣ	14
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΙΧΑΣ	16
ΚΥΚΛΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ	16
I. ΑΝΑΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ	16
II. ΚΑΤΑΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ	17
III. ΤΕΛΟΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ	18
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u>	
ΤΥΠΟΙ ΤΡΙΧΩΜΑΤΟΣ	20
I. ΕΜΒΡΥΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ	20
II. ΧΝΟΩΔΕΣ ΤΡΙΧΩΜΑ	20
III. ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΤΡΙΧΩΜ	20
IV. ΤΕΛΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ	20
ΜΕΛΑΝΙΝΟΓΕΝΕΣΗ	21
ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΤΡΙΧΩΝ	22
Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΤΡΙΧΟΦΥΙΑΣ	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	25
--------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ LASER ΜΕ ΤΗΝ ΕΜΒΡΙΑ ΥΛΗ	27
I. ΠΗΞΗ-ΑΤΜΟΠΟΙΗΣΗ	27
II. ΦΩΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	28
III. ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ	30
I. ΞΥΡΙΣΜΑ	30
II. ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΡΙΧΩΤΙΚΑ	31
III. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ ΚΕΡΙ	32
IV. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ ΤΣΙΜΠΙΔΑΚΙ ΦΡΥΔΙΩΝ	33
V. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ	33
VI. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ	33
VII. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LASER

ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ Ή ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΕΚΠΟΜΠΗ	37
ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ-ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ LASER	37
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΣΜΩΝ LASER	38
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ LASER ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	39
Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	39
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ LASER

I.	RUBY LASER	43
II.	ALEXANDRITE LASER	45
III.	ΔΙΟΔΙΚΑ LASER(DIODE LASER)	46
IV.	NEODYMIUM-YAG (Nd: YAG lasers 1064nm)	47
V.	Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	49
VI.	ΗΛΕΚΤΡΟ-ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Electro-Optical Synergy-ELOS)	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΧΡΗΣΗ ΑΛΛΩΝ ΠΗΓΩΝ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

I.	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΝΤΟΝΟΥ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΦΩΤΟΣ	51
II.	ΠΑΛΜΙΚΕΣ, ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΣ ΕΥΡΕΟΣ ΦΑΣΜΑΤΑ	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ LASER

53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

I.	ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	56
II.	ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ	57
III.	ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΛΜΩΝ ΤΟΥ LASER	58
IV.	ΜΕΓΕΘΟΥΣ SPOT	59
V.	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ	59
VI.	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ	60
VII.	ΨΥΞΗ	60
VIII.	ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΕΛΑΤΩΝ

I.	ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ ΑΣΘΕΝΩΝ	64
II.	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	65
III.	ΛΗΨΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ	65
IV.	ΓΝΩΣΗ ΦΩΤΟΤΥΠΩΝ	67
V.	Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Ο ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΛΜΟΥ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	68
VI.	ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΛΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	68
VII.	ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ LASER	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΖΟΥΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

I.	ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ ΜΕ LASER	71
II.	ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΥΡΙΣΜΕΝΟ ΔΕΡΜΑ	71
III.	ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER ΚΑΙ ΣΠΙΛΟΙ	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER Η ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	72
--	-----------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

	ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ LASERS	73
	ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

	ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	76
--	------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

	ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ LASER	78
I.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΟΦΘΑΛΜΟΥΣ	79

II. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΕΡΜΑ _____	80
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ LASER _____	81
ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ «ΑΣΦΑΛΟΥΣ» ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ LASER _____	83
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LASER _____	85
ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LASER _____	85
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΔΩΜΑΤΕΙΟ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΕΙΤΑΙ Η ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ LASER _____	87
ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ-ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ LASER _____	90
<u>ΕΠΙΛΟΓΟΣ</u> _____	91
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u> _____	92

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία ή απουσία σωματικής τριχοφυΐας έχει μεγάλη πολιτισμική σημασία. Οι υπερβολικές και ανεπιθύμητες τρίχες στο σώμα είναι μια κοινή απογοήτευση για πολλά άτομα, και παρά τις πολλές αιτιολογίες, η επιθυμία για τη μόνιμη αφαίρεση παραμένει καθολική. Η ανεπιθύμητη σωματική τριχοφυΐα και οι προσπάθειες αφαίρεσης της, μπορούν να αποτελέσουν πηγή μεγάλης ψυχικής δυσφορίας τόσο για τις γυναίκες όσο και για τους άνδρες. Λόγω των κοινωνικών αντιλήψεων για την σωματική τριχοφυΐα, ασχολείται μεγάλος αριθμός επιστημόνων και υπάρχουν πολλές επιλογές αντιμετώπισης του προβλήματος. Η αφαίρεση της ανεπιθύμητης τριχοφυΐας μπορεί να διακριθεί σε αφαίρεση των τριχών από κάποιο σημείο κατά μήκος του στελέχους τους και σε πλήρη αφαίρεση του στελέχους των τριχών. Κοινές μορφές αποτρίχωσης χωρίς αφαίρεση ολόκληρου του στελέχους της τρίχας είναι: το ξύρισμα και τα χημικά αποτριχωτικά, ενώ κοινές μορφές αποτρίχωσης με αφαίρεση όλου του στελέχους της τρίχας είναι οι τεχνικές που περιλαμβάνουν: αποτρίχωση με κερί, αφαίρεση με τσιμπιδάκι και η ηλεκτρόλυση. Η δυνατότητα να στοχευθούν επιλεκτικά και να καταστραφούν τα θυλάκια των τριχών με τα laser και τις πηγές φωτός, έχει δώσει τη δυνατότητα να καταστραφούν οι ανεπιθύμητες τρίχες προσωρινά και μόνιμα σε πολλά άτομα. Δεδομένου της προόδου της τεχνολογίας των laser, η δυνατότητα να θεραπευθούν τα άτομα όλων των τύπων δέρματος και όλων των χρωμάτων τριχών, διευρύνονται. Η αποτρίχωση με laser είναι μια από τις πιο πρόσφατες μεθόδους που ήρθαν να προστεθούν στα μέσα της βιομηχανίας της αποτρίχωσης, προσφέροντας στα άτομα γρήγορη, αποτελεσματική και μόνιμη αποτρίχωση. Η ενημέρωση για τις διάφορες τεχνικές αποτρίχωσης είναι σημαντική στη διαδικασία αποτρίχωσης. Η κατάλληλη επιλογή του laser ή της πηγής φωτός είναι ουσιαστική προϋπόθεση στην επιτυχία της θεραπείας των laser. Πριν χρησιμοποιηθεί μια συσκευή laser, πρέπει να γίνεται κατανοητό:

- η ανατομία των τριχών,
- η φυσιολογία των τριχών,
- ο ρυθμός ανάπτυξης των τριχών,
- η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων laser – ιστού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ LASER

Η λέξη Laser δημιουργήθηκε από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων που περιγράφουν το φαινόμενο πάνω στο οποίο βασίζεται η λειτουργία της συσκευής. Δηλαδή “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” που θα μπορούσε να αποδοθεί στα ελληνικά σαν “ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας”. Έχουμε δηλαδή να κάνουμε με ένα ενισχυτή φωτός. Είναι πολύ παράδοξο το γεγονός ότι τα laser δεν ανακαλύφθηκαν πολύ πριν το 1960.

Τη χρονιά αυτή είχαν περάσει ήδη 43 χρόνια από τότε που είχαν τεθεί τα θεωρητικά θεμέλια της κατασκευής ενός ενισχυτή φωτός, δηλαδή ενός Laser. Ο Einstein το 1917 έδωσε την έννοια της εξαναγκασμένης εκπομπής, ότι δηλαδή μια δέσμη από φως μπορεί να εξαναγκάσει άτομα να δώσουν εκπομπή φωτός με χαρακτηριστικά όμοια με το αρχικό φως. Κανείς όμως δεν συνειδητοποίησε τότε ότι η έννοια αυτή θα οδηγούσε στην πραγματοποίηση μιας συσκευής ενίσχυσης του φωτός. Από το 1920 μέχρι το 1950 οι επιστήμονες ήταν απασχολημένοι με τις νέες ανακαλύψεις της κβαντομηχανικής, της φυσικής των σωματιδίων και της πυρηνικής φυσικής και η ιδέα της κατασκευής ενός Laser έμενε παραμελημένη, παρόλο που όχι μόνο η αρχή λειτουργίας των Laser ήταν γνωστή αλλά και η τεχνολογία της κατασκευής τους ήταν απλούστατη.

Το 1960 τελικά, έγινε ένα πολύ σημαντικό πείραμα στα εργαστήρια Hughes Aircraft Corporation στην Καλιφόρνια, που κατέληξε στην κατασκευή του πρώτου Laser. Το πείραμα αυτό ήταν πάρα πολύ απλό. Ένας συνθετικός κρύσταλλος Ruby (ρουβινίου), μήκους 2cm και διαμέτρου 9mm, με γυαλισμένες οπτικά τις δύο έδρες του και επιστρωμένες με άργυρο, τοποθετήθηκε μέσα σε ένα ελικοειδή σωλήνα φλας. Όταν το φλας τέθηκε σε λειτουργία, λούζοντας τον κρύσταλλο με πολυχρωματικό φως, βγήκε μία πολύ λεπτή ακτίνα από κόκκινο μονοχρωματικό φως, η οποία βγήκε από το ένα άκρο του κρυστάλλου. Αυτή ήταν η πρώτη επιτυχής λειτουργία ενός Laser, του πρώτου από μία σειρά εντυπωσιακών συσκευών, με μοναδικές ιδιότητες, που μεταμόρφωσαν ή δημιούργησαν ολόκληρες περιοχές έρευνας και τεχνολογίας.

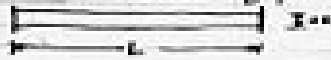
Το πόσο σημαντική ήταν η ανακάλυψη αυτή, του Ruby Laser, από τον T.H.Maiman, φαίνεται και από το γεγονός ότι μέσα στα επόμενα 10 χρόνια εμφανίστηκαν 5000 δημοσιεύσεις πάνω σε θέματα ανάπτυξης συστημάτων Laser στον διεθνή επιστημονικό τύπο. Τα έξοδα για έρευνα στον ίδιο τομέα, στην ίδια χρονική περίοδο, ξεπέρασαν τα 500 εκατομμύρια λίρες Αγγλίας.

Η επιβράβευση όλων αυτών που ασχολήθηκαν με την κατασκευή του laser ήρθε το 1969 όταν οι τρεις πρωτοπόροι C.H.Townes στις Ηνωμένες πολιτείες και οι A.M.Prokhorov και N.Basov στη Σοβιετική Ένωση μοιράστηκαν το βραβείο Nobel φυσικής.

Πρώτη φορά αναφέρθηκε το ακρώνυμο LASER, στο σημειωματάριο του Gordon Gould, στο οποίο περιγράφονται και τα βασικά στοιχεία για την κατασκευή ενός laser.

Some rough calculations on the possibility of a 20% light amplification by stimulated emission of radiation.

Cavity or tube terminated by slightly flat



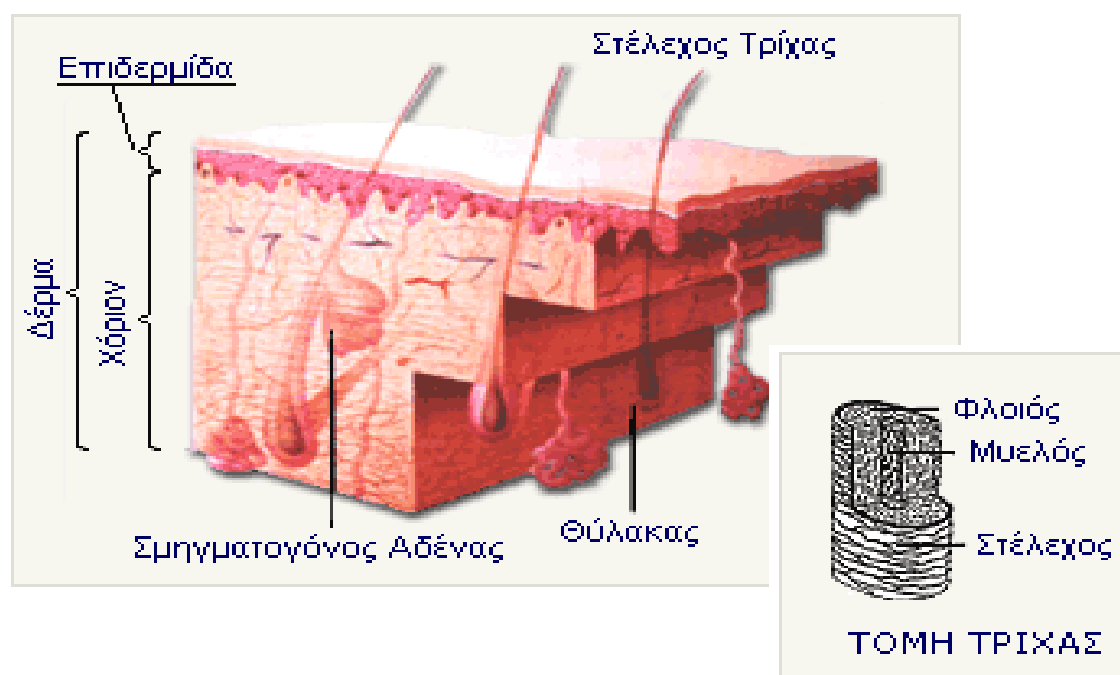
partially reflecting parallel mirrors. The mirrors might be silvered or multilayer interference reflectors. The latter are simpler and may have an arbitrarily high reflectance depending on the number of layers. A practical achievement is 99% in the visible for a 3-layer AgCl reflector. Films with tolerances than $1/100 \lambda$ are not available so if a resonant system is desired, higher reflectance would not be useful. However, for a nonresonant system, the 99% reflectors which are possible might be useful.

Even if a plane wave in the tube, there is the effect of a sharp cavity ending. The beam diameter is small, the diffraction and hence the lateral loss is negligible.

© R. S. Keyes, "Optical Properties of Thin Solid Films" (Continuum Scientific Publications, London, 1955, p. 114)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ



Το δέρμα μας αποτελείται από 2 βασικές στιβάδες:

I) Εξωτερικά βρίσκεται η **επιδερμίδα**, το ορατό τμήμα του δέρματος, μικρότερη από 1mm σε κάθετη τομή. Περιέχει κυρίως κερατινοκύτταρα, τοποθετημένα σε στίβες ώστε να δημιουργούν διαδοχικά υποστρώματα. Τα κερατινοκύτταρα αναπτύσσονται στα βαθύτερα υποστρώματα της επιδερμίδας και συσσωρεύονται στην επιφάνεια ως νεκρά κύτταρα. Αντικαθίστανται από νέα με ρυθμούς που επιβραδύνονται όσο περνά η ηλικία, συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο στη διαρκή ανανέωση της επιδερμίδας. Εκτός των κερατινοκυττάρων και των μικρών βασικών κυττάρων, στην επιδερμίδα συναντούμε ακόμη:

- Τα μελανοκύτταρα, που περιέχουν μελανίνη και
- Τα δενδριτικά κύτταρα, που συμβάλλουν στο ανοσοποιητικό σύστημα της επιδερμίδας

II) Κάτω από την επιδερμίδα βρίσκεται το **κυρίως δέρμα** ή **χόριο**, με πάχος μεγαλύτερο της επιδερμίδας και ενώνεται μαζί της μέσω της βασικής μεμβράνης.

Έχει ως κύριο συστατικό το κολλαγόνο, που εξασφαλίζει δομική υποστήριξη στο δέρμα. Περιλαμβάνει υποδόριο λίπος, αισθητήρες, αιμοφόρα αγγεία(τα οποία θρέφουν τόσο το δέρμα όσο και τα τριχοθυλάκια που περικλείει), νευρικές ίνες, καθώς και τους ιδρωτοποιούς και σμηγματογόνους αδένες. Στο χόριο βρίσκεται και η κεφαλή των τριχοθυλακίων.

- **Αιμοφόρα αγγεία** :παρέχουν στο δέρμα και τα τριχοθυλάκια τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο
- **Αισθητήρια όργανα** :είναι τα σωματίδια του Meissner, τα σωματίδια του Pacinian και οι ελεύθερες νευρικές απολήξεις.
- **Νευρικές ίνες** :μεταβιβάζουν τις πληροφορίες που λαμβάνουν τα αισθητήρια όργανα.
- **Σμηγματογόνοι αδένες** :παράγουν το σμήγμα, τη φυσική ουσία ενυδάτωσης του δέρματος και των μαλλιών.
- **Ιδρωτοποιοί αδένες** :με την έκκριση του ιδρώτα ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματος.
- **Τριχοθυλάκια** :Τα μαλλιά εκφύονται ανά ομάδες 1- 4 τριχών που ονομάζονται τριχοθυλάκια. Κάθε τριχοθυλάκιο αποτελεί ολοκληρωμένη βιολογικά μονάδα που περιέχει νεύρα, αιμοφόρα αγγεία, σμηγματογόνους αδένες και τον ορθωτήρα μυ(βρίσκεται στη βάση του θύλακα της τρίχας και σε κάθε διέγερση λόγω ψύχους ή φόβου, αναγκάζει το θύλακα της τρίχας να ανορθωθεί). Περιβάλλονται από προστατευτικό, συνεκτικό ιστό κολλαγόνου και απαντώνται σε όλο το σώμα εκτός από τις παλάμες, τα πέλματα και τα χείλη .

Κάθε τριχοθυλάκιο χαρακτηρίζεται από προκαθορισμένο γενετικό προσδιορισμό. Τα τριχοθυλάκια που περιέχουν μία τρίχα βρίσκονται κατανομημένα κατά μήκος της μετωπιαίας γραμμής και καθώς προχωρούμε προς το εσωτερικό του τριχωτού, τα τριχοθυλάκια σχηματίζουν σύνολα 2, 3 ή 4 τριχών.

Κάτω από το κυρίως δέρμα βρίσκεται το υποδόριο στρώμα, που περιλαμβάνει λίπος και συνδετικό ιστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΡΙΧΕΣ

Οι τρίχες είναι κεράτινοι σχηματισμοί της επιδερμίδας κυλινδρικοί και νηματοειδούς σχήματος, εκφύονται από το κόλπωμα του δέρματος που ονομάζεται τριχοσηγματικός θύλακας. Βρίσκονται σε όλη την επιφάνεια του δέρματος εκτός τις παλάμες, τα πέλματα, της πλάγιας επιφάνειας των δακτύλων των χεριών και των ποδιών, της ραχιαίας επιφάνειας των νυχιών, της θηλής του μαστού, της βάλανου, της κλειτορίδας και της έσω επιφάνειας των χειλιών του αιδοίου.

Οι τρίχες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος, το σχήμα, τη χροιά και την πυκνότητα αναλόγως του ατόμου, του φύλου, της ηλικίας και της φυλής.

Ως προς το μέγεθος διακρίνονται σε:

- μακριές και παχιές τρίχες, οι οποίες είναι και οι περισσότερο ογκώδεις,
- χνοώδεις τρίχες, στερούνται μυελού και είναι λεπτές και κοντές,
- βραχείες τρίχες όπου υπάγονται οι βλεφαρίδες και οι τρίχες των φρυδιών.

Το μήκος των τριχών κυμαίνεται από 0,5mm έως 1,5mm και το πάχος των τριχών κυμαίνεται από 0,007mm έως 0,17mm.

Ως προς το σχήμα διακρίνουμε :

- τις λείες (λευκή φυλή)
- ούλες (μαύρη φυλή)

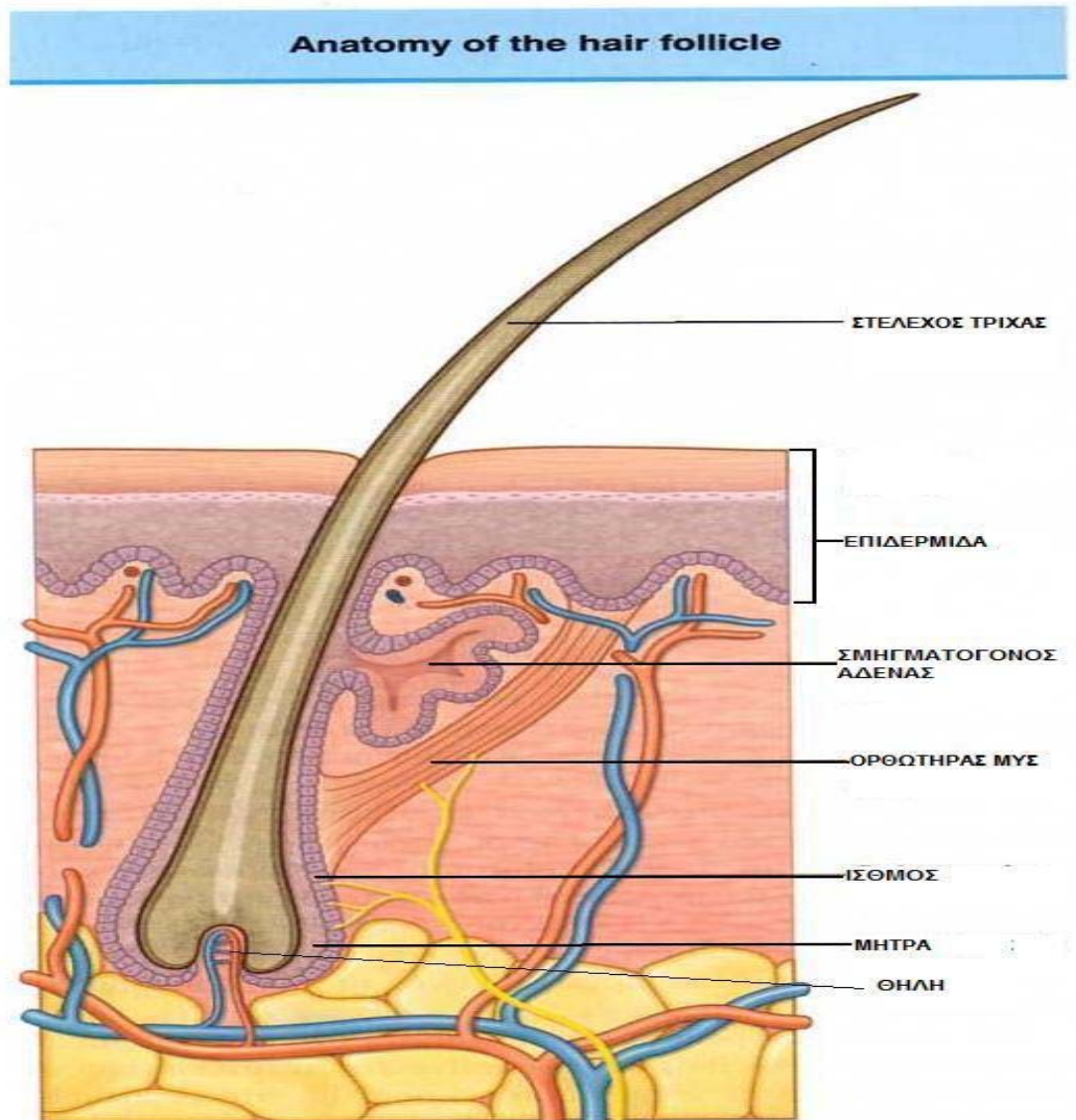
Οι πρώτες υποδιαιρούνται στις ευθείες ,στις βοστρυχοειδείς, στις κυματοειδείς, στις σπειροειδείς. Η χροιά ποικίλλει αναλόγως της ποσότητας της μελανίνης που βρίσκεται εκτός των κυττάρων. Ο αριθμός ποικίλλει από άτομο σε άτομο, η δε πυκνότητα από χώρα σε χώρα. Ο ολικός αριθμός των τριχών είναι 5.000.000 από τις οποίες 1.000.000 βρίσκονται στο κεφάλι. Στο τριχωτό της κεφαλής υπάρχουν 100.000-150.000 με μέση πυκνότητα 600cm² ,στην ήβη 30-60cm² και στη ραχιαία επιφάνεια των χεριών 15-20cm².

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ

Η βιολογική ανάλυση και ο δομικός προσδιορισμός της τρίχας, έχουν κατανοηθεί και αποκωδικοποιηθεί από την επιστήμη κατά ένα σημαντικό ποσοστό.

Στην τρίχα διακρίνουμε δύο τμήματα: το στέλεχος και τη ρίζα. Το στέλεχος (**shaft**) εκτείνεται από το σημείο εκβολής του σηγματογόνου αδένου μέχρι της απολήξεως του ελεύθερου άκρου, το οποίο ονομάζεται κορυφή της τρίχας. Η ρίζα

(**follicle** ή **root**) βρίσκεται εντός του δέρματος, καταλήγει σε κωνοειδές άκρο, το βολβό(**bulb**), που χρησιμεύει στη διάπλαση και στην ανάπτυξη της τρίχας. Μέσα στο βολβό εισχωρεί μια προσεκβολή του χορίου γεμάτη με αγγεία και νεύρα, που είναι γνωστή ως θηλή και είναι το σημείο από το οποίο τρέφεται η τρίχα. Η ρίζα εσωκλείεται στο τριχοθυλάκιο, καταδύεται στο δέρμα με κλίση και καταλήγει στο βολβό.



Στη βάση του τριχοθυλακίου βρίσκονται τα κύτταρα της θηλής, βιολογικές δομές πολύ σημαντικές για το τριχοθυλάκιο, καθώς περιέχουν τριχοειδή αγγεία που στέλνουν θρεπτικά συστατικά από το αίμα στα κύτταρα και περιέχουν υποδοχείς των ανδρογόνων. Επιπλέον, εκεί βρίσκονται τα κύτταρα συνεκτικού ιστού (**fibroblasts**), που διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στον κύκλο ζωής και ανάπτυξης της τρίχας.

Το στέλεχος είναι το ορατό τμήμα της τρίχας και αποτελείται από 3 στρώματα τα οποία δημιουργούνται από τα μητρικά κύτταρα (**matrix cells**) του βολβού:

- Την επιδερμίδα (**cuticle**) εξωτερικά, που αποτελείται από άχρωμα, επίπεδα κύτταρα σε κυματιστή διάταξη
- Το φλοιό (**cortex**) ενδιάμεσα, που περιέχει χρωστική(μελανίνη) και καθορίζει το χρώμα των μαλλιών. Καθορίζει και τον κυματισμό της τρίχας(ίσια, σπαστή κλπ). Ακόμη, περιέχει κερατίνη και ευθύνεται για την ανάπτυξη του μεγαλύτερου τμήματος του στελέχους
- Το μυελό (**medulla**) εσωτερικά, την ‘καρδιά’ του στελέχους, που συνήθως υπάρχει στις μεγάλου διαμέτρου τρίχες.

ΘΥΛΑΚΑΣ ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ

Ο θύλακας της τρίχας αποτελεί ινο-επιθηλιακό σχηματισμό. Στο θύλακα προσάρτωνται δύο όργανα ο ορθωτήρας μυς της τρίχας και ο σμηγματογόνος αδένας. Το σύνολο αποτελεί τον τριχοσμηγματικό θύλακα.

Ο θύλακας χωρίζεται σε δύο τμήματα:

1. Στην είσοδο, που αρχίζει από το σημείο εκβολής του σμηγματογόνου αδένου και τελειώνει στον πόρο του δέρματος.
2. Στο εν τω τμήμα του θυλάκου.

Το πρώτο τμήμα είναι ελεύθερο και κινητό, αποτελείται δε από τις στιβάδες της επιδερμίδας. Στο δεύτερο τμήμα η τρίχα προσκολλάται στα τοιχώματα. Γύρω από την τρίχα διαγράφονται δύο θύλακες :ο έσω ή επιθηλιακός και ο έξω ή ινώδης.

Ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας αποτελείται από δύο στιβάδες τον έσω και τον έξω κολεό. Ο έσω κολεός αποτελεί συνέχεια της κερατίνης στιβάδας και ορίζεται από τη στιβάδα του Huxley προς τα έσω και την στιβάδα του Henle προς τα έξω. Ο έξω κολεός αποτελεί συνέχεια της βασικής και μαλπιγιανής στιβάδας.

Ο έξω ή ινώδης θύλακας συνδέεται με το χόριο του δέρματος και την θηλή των τριχών. Ο έξω ή ινώδης θύλακας αποτελείται από τρεις υμένες :

1. τον υαλώδη υμένα(προς τα έσω),
2. τον κυκλότερο ινώδη υμένα(στο μέσο),
3. τον επιμήκη ινώδη υμένα(προς τα έξω).

Το πάχος του θυλακίου της τρίχας διαφέρει .Η στενότερη θέση καλούμενη αυχένιας, βρίσκεται αμέσως κάτω από την εκβολή του σμηγματογόνου αδένου, ενώ στην παχύτερη θέση του τοιχώματος αντιστοιχεί η πρόσφυση του ορθωτήρα μυ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΙΧΑΣ

Τα διαφορετικά στρώματα του ορατού τμήματος της τρίχας οφείλονται στις μεταβολές στη μορφολογία και τη δομή των μητρικών κυττάρων του βολβού. Μέσα στα μητρικά κύτταρα πραγματοποιείται σύνθεση πρωτεϊνών, με κυριότερη την κερατίνη (**keratin**), στην οποία οφείλεται η αντοχή και η δύναμη του στελέχους της τρίχας. Το στέλεχος της τρίχας αποτελείται κυρίως από κερατίνη, η οποία συμβάλλει σε μεγάλο ποσοστό και στο σχηματισμό των νυχιών και βρίσκεται και στην επιδερμίδα.

Η κερατίνη χαρακτηρίζεται ως σύνολο πρωτεϊνών με κυρίαρχο χαρακτηριστικό την περιεκτικότητα σε θείο και συντίθεται στην κερατογενή ζώνη της ρίζας.

Η τρίχα αποτελείται από πρωτεΐνες(σε ποσοστό από 65% έως 95%), λιπίδια(1% έως 9%), ιχνοστοιχεία, πολυσακχαρίτες και νερό.

ΚΥΚΛΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ

Μια σημαντική ιδιότητα των θυλάκων των τριχών είναι ότι η δραστηριότητα τους είναι διαλείπουσα –κυκλική.Κάθε θύλακας περνά περιόδους ηρεμίας εναλλασσόμενες με περιόδους δραστηριότητας και παραγωγής τρίχας. Έτσι, από την εμβρυική περίοδο και σε όλη τη ζωή του ανθρώπου ο σχηματισμός, η ανάπτυξη και η απόπτωση των τριχών διέπεται από ένα κυκλικό ρυθμό.

Ο κύκλος της τρίχας περιλαμβάνει τρεις φάσεις ή στάδια. Τα στάδια αυτά είναι:

- αναγενές στάδιο
- καταγενές στάδιο
- τελογενές στάδιο

I. ΑΝΑΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ

Αποτελεί τη φάση ανάπτυξης της τρίχας και χαρακτηρίζεται από έντονη δραστηριότητα του θυλάκου με αποτέλεσμα το σχηματισμό και την ανάπτυξη νέας τρίχας. Η φάση αυτή αρχίζει πριν ακόμα αποπέσει η τελογενής τρίχα και τα διάφορα διαδοχικά φαινόμενα είναι παρόμοια με εκείνα που συμβαίνουν κατά τη μορφογένεση του θυλάκου στο έμβρυο. Τα στάδια της αναγενούς φάσης διακρίνονται σε επτά. Στο 1^ο στάδιο της αναγενούς φάσης τα κύτταρα της χοριακής θηλής αυξάνονται σε μέγεθος παρουσιάζοντας αυξημένη σύνθεση RNA. Συγχρόνως κυτταρικές καταβολές στη βάση του σάκου παρουσιάζουν έντονη μιτωτική δραστηριότητα. Στο 2^ο στάδιο της αναγενούς φάσης το κατώτερο μέρος του θυλάκου αναπτύσσεται προς τα κάτω και εγκλείει μερικώς τη χοριακή θηλή. Στο δακτύλιο της μήτρας ο οποίος περιβάλλει τη χοριακή θηλή αρχίζει μια

διαφοροποίηση των κυττάρων η οποία αντιστοιχεί στις διάφορες στιβάδες της τρίχας και του έσω επιθηλιακού ελύτρου. Η διαφοροποίηση αυτή των κυττάρων αποτελεί μια ιδιαίτερη εικόνα του 3^{ου} σταδίου της αναγενούς φάσης. Στο 4^ο στάδιο της αναγενούς ,τα μελανοκύτταρα τα οποία βρίσκονται στη θηλή, αναπτύσσουν δενδρίτες και αρχίζουν να παράγουν μελανίνη. Παρόλο που η τρίχα έχει σχηματιστεί αυτή ακόμα βρίσκεται μέσα στο δέρμα, στον κώνο δηλαδή του έσω επιθηλιακού ελύτρου και τελειώνει στη βάση της τελογενούς τρίχας. Η κερατογενής ζώνη εγκαθιδρύεται ακριβώς κάτω από το επίπεδο του σμηγματογόνου πόρου. Στο 5^ο στάδιο της αναγενούς φάσης, η τρίχα αναδύεται από τον αυλό του έξω επιθηλιακού ελύτρου και προχωρεί προς την επιφάνεια κατά μήκος του στελέχους της τελογενούς τρίχας, η οποία ωθείται προς τα έξω και τελικά αποβάλλεται. Το 6^ο στάδιο αρχίζει όταν η τρίχα φτάσει στην επιφάνεια του δέρματος και συνεχίζει να αυξάνεται. Το 7^ο στάδιο της αναγενούς φάσης αποτελεί το τελικό του αναγενούς κύκλου όπου η τρίχα δεν αυξάνεται.

Στη δραστική αναγενή φάση, ο μιτωτικός κύκλος είναι 12 ώρες και συγκαταλέγεται στους πλέον ταχύτερους μεταξύ των φυσιολογικών ιστών, παρομοιάζεται με αυτόν της ψωριακής επιδερμίδας.

Στον άνθρωπο αποδείχθηκε πειραματικά ότι η αφαίρεση της θηλής παρεμποδίζει την ανάπτυξη θυλάκων, ενώ αντίθετα μεταμόσχευση της θηλής είναι σε θέση να οδηγήσει στη παραγωγή νέου θυλάκου στην επιδερμίδα.

Είναι πιθανό ότι τα κύτταρα της μήτρας του νέου αναγενούς θυλάκου σχηματίζονται από το έξω επιθηλιακό έλυτρο.

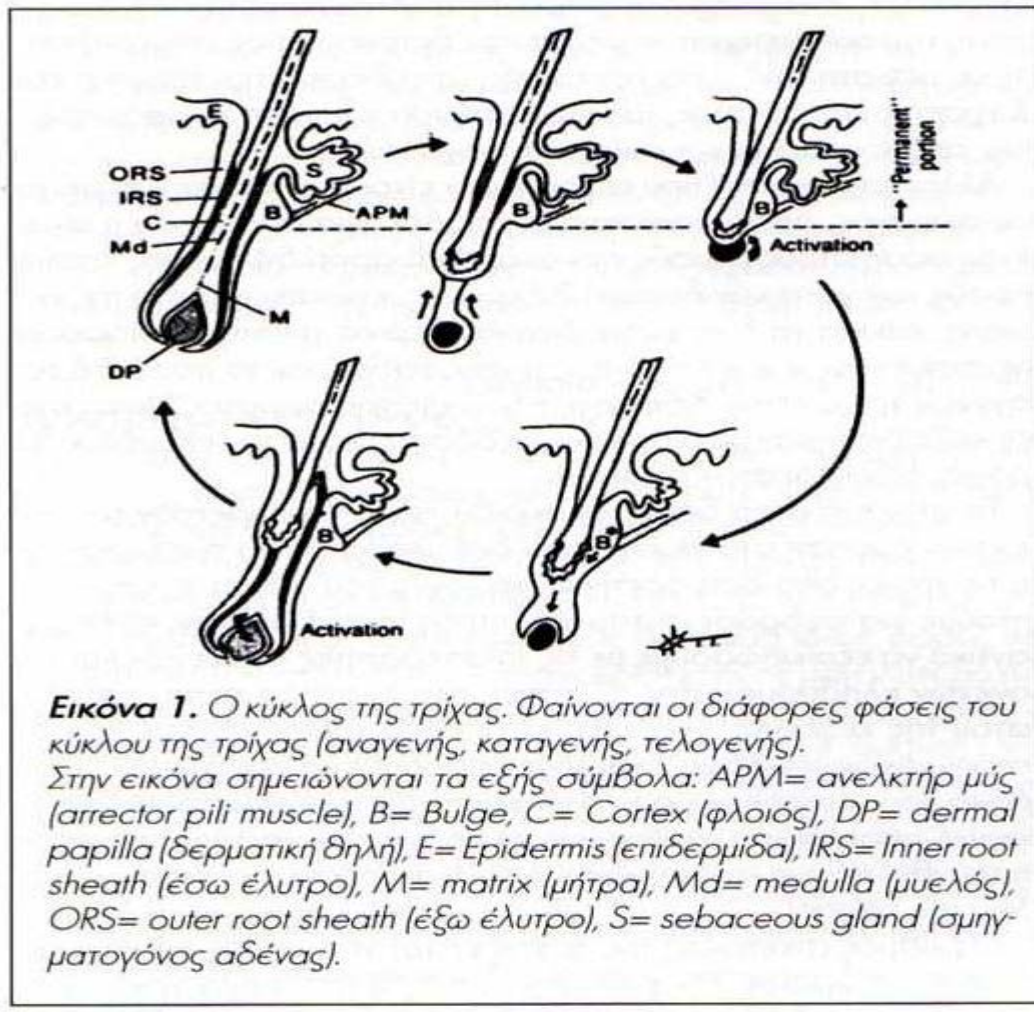
II. ΚΑΤΑΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ

Αποτελεί ένα ενδιάμεσο και μεταβατικό στάδιο κατά το οποίο ο θύλακας προετοιμάζεται για την απόπτωση της τρίχας και χαρακτηρίζεται από ορισμένες μεταβολές. Η έναρξη του καταγενούς σταδίου προσδιορίζεται από τη διακοπή της μιτωτικής δραστηριότητας του μυελού με παράλληλη κατάπαυση της μελανογένεσης από τα μελανοκύτταρα του βολβού, ενώ ο φλοιός της τρίχας εξακολουθεί να αυξάνεται. Η τρίχα λεπτύνεται και λευκαίνει διότι διαταράσσεται η μεταφορά των κοκκίων μελανίνης. Ο κυτταρικός πολλαπλασιασμός γενικά της μήτρας ελαττώνεται και τελικά καταπαύει. Η μέση μοίρα του βολβού συσφίγγεται και περιφερικά η βάση της τρίχας κερατινοποιείται σχηματίζοντας μία «ροπαλοειδή» διόγκωση με την οποία συγκρατείται στο δέρμα για ορισμένο χρόνο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του καταγενούς σταδίου είναι ότι η «υαλίνη μεμβράνη» αναπτύσσει πτυχές και «ζαρώνει» αυξάνοντας συγχρόνως κατά πολύ στο πάχος. Το έσω επιθηλιακό έλυτρο αποσυντίθεται και εξαφανίζεται, ενώ τα κύτταρα του έξω επιθηλιακού ελύτρου σχηματίζουν έναν σάκο στη βάση του οποίου περικλείουν τα αρχέγονα κύτταρα του θυλάκου.

Η κατασκευή του βολβού εξαφανίζεται και η χοριακή θηλή ξεχωρίζει από το θύλακα. Τα κύτταρα του βολβού μεταναστεύουν στην κερατογενή ζώνη και περιβάλλουν τη βάση της μη αυξανόμενης πλέον τρίχας. Το έξω επιθηλιακό έλυτρο μετατοπίζεται στην άνω περιοχή του θυλάκου .

Όταν η «υαλοειδής μεμβράνη» αποσυντεθεί, συμπληρώνεται η καταγενής φάση και ο θύλακας εισέρχεται στην τελογενή φάση ή φάση ανάπτυξης.



III. ΤΕΛΟΓΕΝΕΣ ΣΤΑΔΙΟ

Αποτελεί το στάδιο ανάπαυσης του θυλάκου.

Ο θύλακας αδρανεί και δεν παράγει τρίχα, η τριχοφυΐα αναστέλλεται και η τρίχα αποπίπτει. Μετά από λίγες όμως εβδομάδες ανάπαυσης ο θύλακας της τρίχας ανασχηματίζεται και αρχίζει ο νέος κύκλος της τρίχας.

Ο τελογενής θύλακας είναι κοντός και η βάση του τελειώνει κοντά στο σμηγματογόνο αδέν. Αυτός έχει ένα φαρδύ πόρο. Τα κύτταρα του έξω επιθηλιακού ελύτρου έχουν την ίδια μιτωτική συμπεριφορά και κερατινοποίηση όπως και τα κύτταρα της επιδερμίδας. Τα τοιχώματα του θυλάκου συνδέονται στερεά με το μίσχο

της τελογενούς τρίχας, η οποία έχει μια ξεφτισμένη, ψηκτροειδή βάση, περιβαλλόμενη από τη μάζα των κυττάρων του καταστραμμένου βολβού. Ο τελογενής θύλακας είναι μόνο φαινομενικά ήρεμος δεδομένου ότι η αρχέγονη καταβολή του νέου θυλάκου αρχίζει κιόλας να σχηματίζεται στη βάση του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΥΠΟΙ ΤΡΙΧΩΜΑΤΟΣ

Το τρίχωμα του ανθρώπινου σώματος με βάση ορισμένα μορφολογικά κριτήρια, την εντόπιση, το φύλο και την ηλικία διακρίνεται:

- εμβρυϊκό χνοώδες τρίχωμα,
- χνοώδες τρίχωμα,
- ενδιάμεσο τρίχωμα,
- τελικό τρίχωμα.

I. ΕΜΒΡΥΪΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ

Είναι το πρώτο εμβρυϊκό τρίχωμα που παράγεται από τους εμβρυϊκούς θυλάκους κατά την ενδομήτρια ζωή. Το τρίχωμα αυτό αποτελείται από απαλές, χωρίς μυελώδη ουσία και συνήθως αχρωμάτιστες χνοώδεις τρίχες και αποπίπτει τον 7-8ο μήνα της ενδομήτριας ζωής. Το τρίχωμα αυτό συνιστά την πρώτη γενεά τριχών η οποία προς το τέλος της κύησης αντικαθίσταται από τη δεύτερη γενεά, η οποία είναι το χνοώδες τρίχωμα. Το εμβρυϊκό χνοώδες τρίχωμα μπορεί να το δούμε στα πρόωρα βρέφη καθώς και σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις, όπως στην κληρονομική υπερτρίχωση Lanuginosa η οποία μπορεί να διαρκέσει για όλη τη ζωή, καθώς επίσης να εμφανίζεται σε εστίες γυροειδούς αλωπεκίας.

II. ΧΝΟΩΔΕΣ ΤΡΙΧΩΜΑ

Αποτελεί τη δεύτερη γενιά των τριχών οι οποίες επίσης είναι απαλές, χωρίς μυελώδη ουσία, αχρωμάτιστες ή χρωματισμένες και σπανίως υπερβαίνουν το μέγεθος των 2cm.

III. ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΤΡΙΧΩΜΑ

Στα παιδιά το χνοώδες τρίχωμα της κεφαλής αντικαθίσταται βαθμιαίως από τρίχες παχύτερες και περισσότερο χρωματισμένες (λιγότερο όμως από ότι οι τελικές), οι οποίες έχουν μυελό. Το ενδιάμεσο αυτό τρίχωμα της κεφαλής αντικαθίσταται όσο πλησιάζει το άτομο στην εφηβεία, από το τελικό τρίχωμα, όπως και το χνοώδες τρίχωμα ορισμένων περιοχών του σώματος.

IV. ΤΕΛΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ

Αυτό εμφανίζεται προοδευτικά στην εφηβεία. Οι τρίχες είναι μακριές και χοντρές, έχουν μυελώδη ουσία και είναι χρωματισμένες. Ο μυελός των τριχών της κεφαλής στους άρρενες εφήβους είναι περισσότερο ανεπτυγμένος από ότι στις γυναίκες.

Οι πρώτες τελικές τρίχες οι οποίες αναπτύσσονται πριν την ήβη είναι οι βλεφαρίδες και τα φρύδια, οι οποίες παίρνουν σχεδόν την πλήρη μορφή τους από την παιδική ηλικία και μεταβάλλονται λίγο κατά την εφηβεία. Οι βλεφαρίδες, σημειώνεται ότι είναι οι βαθύτερα χρωματισμένες τρίχες και με την μεγαλύτερη διάμετρο 20-120 μm. Οι βλεφαρίδες είναι επιπεδωμένες, καμπυλωτές και έχουν ένα μήκος 10 χιλιοστών.

Η αλλαγή των τριχών από τον ενδιάμεσο τύπο στον τελικό, στο τριχωτό της κεφαλής, γίνεται βραδέως και απαρατήρητα καθώς πλησιάζει το άτομο στην εφηβεία και μπορεί να υπάρξουν μεταβολές στο χρώμα και στο σχήμα των τριχών π.χ. οι ίσιες τρίχες να αντικατασταθούν με κατσαρές και τρίχες με βαθύ χρώμα να αντικατασταθούν με πιο ανοιχτόχρωμες. Η κατεύθυνση ανάπτυξης η οποία προσδιορίζεται κατά την εμβρυογένεση παραμένει αμετάβλητη.

Οι χνοώδεις τρίχες του σώματος αρχίζουν να μεταβάλλονται σε τελικές πριν την έναρξη της ήβης. Κατά την διάρκεια της ήβης, η διεγερτική επίδραση των ανδρογόνων επιτείνει τις μεταβολές. Οι πρώτες τρίχες που αναπτύσσονται σε τελικές είναι της μασχάλης και του εφηβαίου, των οποίων οι θύλακοι ήδη έχουν αρχίσει να αντιδρούν στα φυσιολογικά επίπεδα των ανδρογόνων των επινεφριδίων. Οι τρίχες της μασχάλης γίνονται βαθμιαία πυκνότερες και το στέλεχος σπειροειδές ή περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του, φθάνοντας σε μήκος τα 10-60χιλιοστά.

Με την αύξηση της ηλικίας η εμφάνιση των τελικών τριχών στο πρόσωπο των αγοριών αρχίζει πρώτα από το άνω χείλος, μετά στις παρειές και τελευταία στο πιγούνι.

Το τελικό τρίχωμα στα μέλη και στον κορμό αναπτύσσεται βαθμιαία αργότερα εξαρτώμενο από το φύλο. Έτσι, στους άνδρες τελικό τρίχωμα αναπτύσσεται στους μηρούς, στο υπογάστριο, στους γλουτούς, στο στήθος, στους βραχίονες, στους ώμους κ.λπ. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται στις ορμόνες του άρρενος οι οποίες επιδρούν στο εύρος αύξησης, στη διάμετρο και την έκταση εμφάνισης της μυελώδους ουσίας των τριχών.

Στις γυναίκες θεωρείται ότι το 35% των τριχοθυλάκων θα εξελιχθεί παράγοντας μια τελική τρίχα, ενώ στους άνδρες το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 90% περίπου.

ΜΕΛΑΝΙΝΟΓΕΝΕΣΗ (παραγωγή μελανίνης)

Το χρώμα του δέρματος οφείλεται σε μια φυσιολογική χρωστική, την μελανίνη, στο πάχος της κερατίνης στιβάδας της επιδερμίδας, στην κοκκώδη στιβάδα και στην αιμάτωση του. Η μελανίνη παράγεται σε ειδικά κύτταρα που βρίσκονται στη βασική στιβάδα της επιδερμίδας και ονομάζονται μελανοκύτταρα. Η πρόδρομος ουσία της μελανίνης είναι η τυροσίνη.

Από την τυροσίνη με την επίδραση ενός ενζύμου της τυροσινάσης, παράγεται η διοξυφαινυλαλανίνη και πάλι από την διοξυφαινυλαλανίνη με την επίδραση πάλι της τυροσινάσης παράγεται τελικά η μελανίνη.

Η σχηματισθείσα μελανίνη παραμένει εις τα μελανοκύτταρα ή μεταναστεύει στην ακανθωτή στιβάδα της επιδερμίδας ή στο χόριο.

Η μελανίνη είναι πολύ σημαντική ουσία του δέρματος διότι μας προστατεύει από τις βλαπτικές επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας. Μετά από έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία υπερπαράγεται με αποτέλεσμα το φυσιολογικό μαύρισμα που παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες μετά από ηλιοθεραπεία. Άτομα μελαχρινά και άτομα μαύρης φυλής παρουσιάζουν μικρότερο ποσοστό καρκινωμάτων και προκαρκινικών παθήσεων σε σχέση με άτομα που έχουν ανοιχτόχρωμα δέρμα.

Διάφοροι τύποι τριχών της μελανίνης:

- Οι μαύρες και καφετιές τρίχες περιέχουν ελλειψοειδή βαριά ευμελανίνη.
- Οι κόκκινες τρίχες περιέχουν την σφαιρική φαιομελανίνη ή λιγότερα κοκκία μελανίνης: οι γκριζες τρίχες περιέχουν λιγότερα μελανοκύτταρα και αυτά με την σειρά τους περιέχουν λιγότερα κοκκία μελανίνης.
- ενώ οι άσπρες τρίχες που παράγονται στα θυλάκια, δεν περιέχουν κανένα μελανοκύτταρο .

ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΤΡΙΧΩΝ

Το χρώμα των τριχών καθορίζεται γενετικά και εξαρτάται από το ποσό χρωστικής ουσίας στον άξονα των τριχών.

Τα θυλακοειδή μελανοκύτταρα παράγουν δύο **τύπους μελανίνης**:

- Την ευμελανίνη , που είναι μία καφέ-μαύρη χρωστική ουσία και
- Την φαιομελανίνη , που είναι μια κόκκινη-ξανθή χρωστική ουσία.

Η απορρόφηση της φαιομελανίνης είναι 30 φορές χαμηλότερη από ότι της ευμελανίνης σε 694nm και είναι κακώς απορροφημένη στα μήκη κύματος μεγαλύτερα από 700nm. Τα μελανοκύτταρα εμφανίζονται στο ανώτερο μέρος του βολβού των τριχών και στο περιτρίχιο της ρίζας. Η μελανογένεση σταματάει κατά τη διάρκεια του καταγενούς σταδίου και κατά τη διάρκεια του πρόωρου αναγενούς σταδίου. Η μεταφορά των χρωστικών ουσιών σταματάει κατά τη διάρκεια του τελογενούς σταδίου.

Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΤΡΙΧΟΦΥΪΑΣ

Η αφαίρεση της ανεπιθύμητης τριχοφυΐας είναι μια καθημερινή πρόκληση για πολλούς άνδρες και γυναίκες.

Τρεις κύριες ομάδες ατόμων επιδιώκουν την αφαίρεση των τριχών:

1. Άτομα με αυξημένη ανάπτυξη των τριχών σε ανεπιθύμητες θέσεις.
2. Άτομα με αυξημένο ενδιαμέσο τρίχωμα από κάποια γενετική προδιάθεση ή ιατρογενούς προέλευσης.
3. Άτομα που έχουν κανονική τριχοφυΐα (αποδεκτή από το κοινωνικό περιβάλλον) αλλά για υποκειμενικούς λόγους, επιθυμούν την απαλλαγή τους από αυτές.

Αυξημένη τριχοφυΐα συναντάμε στην:

- **Υπερτρίχωση**
- **Δασυτριχισμός**

Υπερτρίχωση ονομάζεται η αυξημένη ανάπτυξη τελικών τριχών σε περιοχές του σώματος που δεν επηρεάζονται από τα ανδρογόνα. Η υπερτρίχωση ορίζεται ως οι εντοπισμένες-υπερβολικές τρίχες επί οποιουδήποτε σημείου του σώματος, σε έναν άνδρα ή σε μια γυναίκα και μπορεί να αναπτυχθεί ως συνέπεια μιας αλληλεπίδρασης φαρμάκων όπως η κορτιζόνη, η διφαινιλυδαντοΐνη, η στρεπτομυκίνη, η πενικιλλαμίνη, τα τοπικά κορτικοστεροειδή και τα αναβολικά στεροειδή.

Δασυτριχισμός ονομάζεται η ανάπτυξη τελικών τριχών σε περιοχές του σώματος παθολογικές για τις γυναίκες, που επηρεάζονται από τα ανδρογόνα, όπως το άνω χέιλος, οι παρειές, το πηγούνι, η μέση γραμμή του στήθους, οι μαστοί, το υπογάστριο, η ράχη, οι γλουτοί και η έσω επιφάνεια των μηρών. Οφείλεται σε ενδοκρινολογικές διαταραχές σε νοσήματα των ωοθηκών, σε φάρμακα και τέλος υπάρχει και ο ιδιοπαθής δασυτριχισμός. Άλλα δερματικές εκδηλώσεις που μπορούν να συνυπάρχουν με τον δασυτριχισμό είναι:

- η ακμή,
- το σμηγματορροϊκό έκζεμα,
- οι ραβδώσεις,
- η ανδρογενετικού τύπου αλωπεκία.

Τα συστηματικά σημάδια ανδροπρέπειας όπως μια τραχύτητα της φωνής, ο αυξανόμενος όγκος των μυών, η υπερμεγέθυνση κλειτορίδας μπορούν να δείξουν ένα υπερανδρογενετικό σύνδρομο, όπως το σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών ή μη κλασσική υπερπλασία των επινεφριδίων.

Οι κατάλληλες εργαστηριακές δοκιμές, περιλαμβάνουν:

- τον έλεγχο της τεστοστερόνης,
- Δ4-ανδροστερόνη,
- 17-ΟΗ προγεστερόνη.

Οι προαναφερθείσες εξετάσεις πρέπει να ελεγχθούν για να αποκλειστούν τα αυξημένα επίπεδα ανδρογόνων ως αιτία δασυτριχισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

Όταν το φως προσπέσει στην επιφάνεια του δέρματος, ακολουθεί συνδυασμός των φαινομένων:

- της ανάκλασης ,
- της απορρόφησης,
- της σκέδασης(διάχυσης),
- της μετάδοσης αυτού.

Σύμφωνα με το νόμο Grothus–Drapet, το φως δρα στους ιστούς μόνο όταν απορροφηθεί. Το δέρμα δεν αποτελεί ομοιογενές υλικό. Για πρακτικούς λόγους, θεωρούμε ότι συνίσταται:

- από την κερατίνη στιβάδα με την υπόλοιπη επιδερμίδα
- από το χόριο με διαφορετικές οπτικές ιδιότητες μεταξύ τους (ανακλαστικότητα και συντελεστές σκέδασης και απορρόφησης του φωτός)

I. ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Το φως μπορεί να ανακλάται από διάφορα στοιχεία του δέρματος χωρίς καμία κλινική επίδραση. Η επιδερμίδα είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο ποσοστό ανάκλασης από το δέρμα. Υπολογίζεται ότι ανακλάται το 5-10% του προσπίπτοντος φωτός.

II. ΣΚΕΔΑΣΗ(ΔΙΑΧΥΣΗ)

Το φως μπορεί να διαχυθεί προς όλες τις κατευθύνσεις, μακριά από τον αρχικό του στόχο. Οι ίνες του κολλαγόνου είναι υπεύθυνες για το μεγαλύτερο ποσοστό διάχυσης του φωτός. Η διάχυση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του προσπίπτοντος φωτός. Η διάχυση όμως προς τα πίσω μπορεί ουσιαστικά να αυξήσει την ένταση της δέσμης μέσα στους ιστούς. Η σκέδαση μειώνεται όσο αυξάνεται το μήκος κύματος.

III. ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Το φως μπορεί να μεταδοθεί μέσα στον ιστό-στόχο όπως π.χ. το χόριο, χωρίς κλινικό αποτέλεσμα.

IV. ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Το φως του laser απορροφάται στο δέρμα από τα χρωμοφόρα (ενδογενείς ή εξωγενείς ουσίες που απορροφούν σημαντική ενέργεια). Κάθε χρωμοφόρο εμφανίζει ένα συγκεκριμένο φάσμα απορρόφησης. Η ενέργεια η οποία απορροφάται ,στις περισσότερες περιπτώσεις κλινικών εφαρμογών των laser, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια ,με θέρμανση του χρωμοφόρου.

Η διείσδυση του φωτός στο δέρμα καθορίζεται από την απορρόφηση αλλά και τη σκέδαση. Κοντά στο φάσμα του υπέρυθρου(800-1200nm) παρατηρείται μια ήπια απορρόφηση από οποιοδήποτε χρωμοφόρο καθώς και ήπια διάχυση. Ως εκ τούτου το κατάλληλο laser διεισδύει βαθιά στο δέρμα, δημιουργώντας ένα «οπτικό παράθυρο» σε αυτά τα μήκη κύματος. Στα 1.100 nm, το φως διεισδύει σε βάθος πάνω από 2mm μέσα στο δέρμα. Αποτελεί το ιδανικό μήκος κύματος, εάν ο ιστός –στόχος είναι εξωγενές χρωμοφόρο που βρίσκεται βαθιά στο χόριο π.χ. η χρωστική των τατουάζ.

Ένα επιπλέον στοιχείο που πρέπει να γνωρίζουμε είναι η ταξινόμηση των δερματικών επιφανειών κατά Fitzpatrick, προκειμένου να προβούμε στο σωστό σχεδιασμό της θεραπείας αποτρίχωσης με τη χρήση του laser.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ LASER ΜΕ ΤΗΝ ΕΜΒΙΑ ΥΛΗ

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από μια πηγή laser προσπίπτει σε έμβιο στόχο και απορροφάται από αυτόν, μετατρέπεται σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, π.χ. ενέργεια χημικών δεσμών, θερμότητα, μηχανική ενέργεια (κύματα πίεσης), ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου ή ακόμη και σε φωτεινή ενέργεια (φθορισμός – φωσφορισμός). Ανάλογα με το μηχανισμό αυτής της ενεργειακής μετατροπής, μπορούμε να χωρίσουμε τα φαινόμενα που δημιουργεί η ακτινοβολία laser πάνω στους ιστούς σε θερμικές και μη θερμικές διαδικασίες.

Σε κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι δράσης:

- Θερμικές διαδικασίες \Rightarrow πήξη, ατμοποίηση
- Μη θερμικές διαδικασίες \Rightarrow φωτομηχανική δράση, φωτοχημική δράση.

I. Πήξη, ατμοποίηση

Η φυσιολογική θερμοκρασία του σώματος είναι 37°C . Αν οι μαλακοί ιστοί θερμανθούν πάνω από τους 60°C αρχίζει η διαδικασία της πήξης. Η μόνη παρατηρούμενη μακροσκοπικά αλλαγή κατά τη διαδικασία της πήξης είναι μια λεύκανση της επιφάνειας που ακτινοβολείται. Αυτή η λεύκανση οφείλεται στην ανάκλαση όλων των ορατών μηκών κύματος του φωτός και προκαλείται από βασικές αλλαγές στη δομή του ιστού, κάτι που οδηγεί σε αυξημένη σκέδαση και πολλαπλές διαθλάσεις και ανακλάσεις της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Ο μηχανισμός της πήξης επικεντρώνεται στο ότι ο μοριακός τύπος της πρωτεΐνης, που βρίσκεται σε κάθε μέρος του σώματός μας, γίνεται ασταθής και οι αλυσίδες του μορίου ξεδιπλώνουν, δημιουργώντας έτσι ένα είδος μεταβολής της φάσης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση του κολλαγόνου, των ινών δηλαδή από τις οποίες αποτελείται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό το βασικό πλέγμα των συνδετικών ιστών του σώματος, καθώς και των τοιχωμάτων των αιμοφόρων αγγείων. Το κολλαγόνο αποτελείται από μακρές, πολυπεπτιδικές πρωτεϊνικές αλυσίδες που συνδέονται σε ομάδες ανά τρεις, σχηματίζοντας μία δομή τριπλής έλικας. Όταν η θερμοκρασία του υλικού που περιέχει κολλαγόνο ξεπερνάει τους 60°C , η δομή της τριπλής έλικας καταστρέφεται και οι έλικες παίρνουν τυχαίες θέσεις. Αυτή η αλλαγή συνοδεύεται από μια συστολή των ινών, την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε αν εξετάσουμε τη συστολή των τενόντων που έχουν εκτεθεί σε θέρμανση, των οποίων το κύριο ινώδες συστατικό είναι το κολλαγόνο.

Όταν ο ιστός θερμαίνεται στους 100°C μπορεί να συμβεί μια πιο μεγάλη αλλαγή φάσης. Αν θεωρήσουμε ότι τα κύτταρα του σώματος βρίσκονται κάτω από κανονικές συνθήκες πίεσης 1atm , τότε το νερό των κυττάρων θα αρχίσει να βράζει σε αυτή τη θερμοκρασία. Η μεταβολή του νερού σε ατμό αυξάνει τον όγκο του κατά χίλιες φορές. Έτσι τα τοιχώματα των κυττάρων καταστρέφονται με αποτέλεσμα ο ατμός να διαφεύγει. Λέμε σε αυτή τη περίπτωση ότι ο ιστός ατμοποιείται. Λόγω της λανθάνουσας θερμότητας, που είναι μεγάλη για το νερό, κάθε εισερχόμενη θερμότητα, πέραν αυτής που απαιτείται για να ανεβάσει το νερό στους 100°C , θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθούν ατμοί σε

αυτή τη θερμοκρασία, με την προϋπόθεση ότι η ισχύς laser είναι αρκετά χαμηλή για να επιτρέψει τοπική ισορροπία. Όταν το νερό εξατμιστεί τελείως από το κύτταρο, η συνέχεια της ακτινοβολίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού πολύ γρήγορα μέχρι την θερμοκρασία των 300 με 400 C⁰. Στο σημείο αυτό ο ιστός μαυρίζει, απανθρακώνεται και αρχίζει να παράγει ατμούς και καπνό. Πάνω από τους 500 C⁰, παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου, ο ιστός θα καεί και θα εξαχνωθεί .

Στη διαδικασία της ατμοποίησης το πιο σύνηθες είναι να χρησιμοποιείται laser. Η απορρόφηση από τους ιστούς μιας δέσμης laser είναι πολύ μεγάλη, περίπου και φθάνει σε πάχος τα 100μm. Αν χρησιμοποιηθεί laser Nd-YAG, το οποίο διαπερνά το νερό πολύ περισσότερο από το laser CO₂, τότε το μήκος απορρόφησης είναι 90 mm. Επομένως θα χρειαστούν αρκετά εκατοστά μαλακού ιστού για να σταματήσουν μια δέσμη Nd-YAG. Όμως ένα περιβάλλον πλούσιο σε αίμα, αυξάνει την απορρόφηση σε αυτό το μήκος κύματος.

II. Φωτομηχανική δράση

Η παραγωγή μη θερμικών φωτομηχανικών φαινομένων περιορίζεται στις δέσμες υψηλής ισχύος και μικρής διάρκειας παλμών, όπως αυτές που παράγονται από τα lasers διακοπόμενου Q Nd-YAG ή τα lasers Nd-YAG εγκλειδωμένων τρόπων ταλάντωσης. Σε πυκνότητες ισχύος ακτινοβολίας, της τάξης του, $15 \times 10^{16} W^{-2}$, όπως αυτές που παράγονται εάν η έξοδος από μια τέτοια διάταξη εστιασθεί σε μια κηλίδα μικρής διαμέτρου (50μm) έχουμε μια οπτικά δημιουργούμενη έκρηξη και παραγωγή ενός στιγμιαίου και τοπικά ιονισμένου πλάσματος. Επειδή όμως τα δυναμικά ιονισμού αντιστοιχούν σε πολλαπλάσια της ενέργειας των φωτονίων μήκους κύματος 1,06μm, η δημιουργία πλάσματος πρέπει να περιλαμβάνει πολυφωτονικές διεργασίες. Ένα ηλεκτρόνιο που ελευθερώνεται από μία πολυφωτονική διαδικασία, μπορεί να κερδίσει ενέργεια στο πεδίο ακτινοβολίας με απορρόφηση κβάντων ενέργειας γειτονικών του ατόμου. Όταν το ηλεκτρόνιο έχει συσσωρεύσει αρκετή ενέργεια, είναι ικανό να ιονίσει ένα άτομο με σύγκρουση και έτσι τώρα είναι διαθέσιμα δύο ηλεκτρόνια μικρής ταχύτητας. Αυτή η επαναλαμβανόμενη διαδικασία οδηγεί τελικά σε μια χιονοστιβάδα ηλεκτρονίων, η οποία γρήγορα δημιουργεί τη πυκνότητα πλάσματος. Αφού δημιουργηθεί το πλάσμα συνεχίζει να απορροφά ενέργεια από τη δέσμη ακτινοβολίας και αυτό εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί από την ελάττωση της διαδιδόμενης ακτινοβολίας laser μετά το πλάσμα. Το υδροδυναμικό κρουστικό κύμα που ακολουθεί τη δημιουργία του πλάσματος μπορεί να σχίσει τον ιστό, δημιουργώντας τομές μεγάλης ακρίβειας.

III. Φωτοχημική δράση

Στο φωτοχημικό φαινόμενο βασίζεται η χρήση φωτός στη φωτοδυναμική ενεργοποίηση φαρμάκων. Έτσι, για παράδειγμα, το παράγωγο της αιματοπορφυρίνης (HPD) που απορροφάται επιλεκτικά από τους κακοήθεις ιστούς γίνεται κυτταροτοξικό, όταν ακτινοβοληθεί με κατάλληλη δέσμη φωτός. Ο μηχανισμός καταστροφής των νεοπλασμάτων λειτουργεί πιθανά μέσω της καταστροφής των αγγείων που τροφοδοτούν τον όγκο από το ενεργό HPD. Το HPD απορροφά πιο αποδοτικά στο μπλε άκρο του φάσματος, αλλά το κόκκινο φως διαχέεται πιο βαθιά μέσα στον ιστό και έτσι τελικά επιλέγεται μια δευτερεύουσα κορυφή απορρόφησης, στα 630nm, ως ενεργοποιό μήκος κύματος. Θεωρητικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάθε ισχυρή φωτεινή πηγή σε αυτό το μήκος

κύματος. Όμως για λόγους ευκολίας στις περιπτώσεις εξωτερικών όγκων και για λόγους αναγκαιότητας στις περιπτώσεις των εσωτερικών όγκων, χρησιμοποιείται οπτική ίνα για να μεταφέρει τη θεραπευτική ακτινοβολία. Επομένως χρησιμοποιείται laser ως φωτεινή πηγή αφού η δική του δέσμη εισέρχεται πολύ πιο εύκολα και αποδοτικά στην οπτική ίνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

Υπάρχουν πολλοί μέθοδοι για την αφαίρεση των τριχών. Η προσωρινή αφαίρεση των τριχών λαμβάνεται με το ξύρισμα, την λεύκανση, την αποτρίχωση με κερί, και την χημική αποτρίχωση. Η αφαίρεση των τριχών με ξύρισμα στις γυναίκες συνήθως δεν αρέσει γιατί αφορά μια διαδικασία κατεξοχήν ανδρική και επικρατεί η μπερδεμένη αντίληψη ότι το ξύρισμα κάνει τις τρίχες να αυξηθούν γρηγορότερα. Η λεύκανση των τριχών και η αποτρίχωση με κερί, λύνουν προσωρινά το πρόβλημα για αρκετές εβδομάδες. Παρόλο που πρόκειται για τεχνικές με χαμηλό κόστος εντούτοις, είναι επίπονες και μπορούν να δημιουργήσουν στις ανεπιθύμητες παρενέργειες, όπως μεταφλεγμονώδη υπερχρωμία, θυλακίτιδα και ουλές. Η λεύκανση παρέχει το ξάνοιγμα των αντιμετωπιζόμενων τριχών, που μεταμφιέζουν την παρουσία τους. Αυτή η τεχνική είναι η αποτελεσματικότερη για τα ανοιχτόχρωμα άτομα. Τα χημικά αποτρίχωσης περιέχουν συνήθως θιογλυκολάτες(thioglycolates)που διαλύουν τις τρίχες με το να σπάσουν τους δεσμούς δισουλφιδίου. Αν και αποτελεσματικές μέθοδοι (η λεύκανση και η αποτρίχωση με κερί) πάντα για την προσωρινή αφαίρεση των τριχών, είναι επώδυνες και ερεθίζουν ειδικά όταν χρησιμοποιούνται στο πρόσωπο.

Η χρήση αντιανδρογόνων, συμπεριλαμβανομένων των αντισυλληπτικών για την ορμονική καταστολή, η σπηρονολακτόνη, το φλουταμιντ(flutamide),το οξικό άλας κρυπτοστερόνη(cyproterone) το οποίο προκαλεί περιφερικό αποκλεισμό ανδρογόνων έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποτρίχωση στις περιπτώσεις δασυτριχισμού, με προσωρινή επιτυχία. Τα προαναφερθέντα παρέχουν μόνο μερική και προσωρινή απώλεια των τριχών και συνδέονται με σημαντικές παρενέργειες.

Υπάρχουν τρεις τρόποι για την καθυστέρηση της ανάπτυξης των τριχών:

- η επιβράδυνση της αύξησης των τριχών, στην αναγενή φάση,
- η καθυστέρηση της αρχής της αναγενής φάσης,
- η παράταση της τελογενής φάσης.

I. ΞΥΡΙΣΜΑ

Το ξύρισμα είναι μακράν η συνηθέστερη μέθοδος αποτρίχωσης. Σύμφωνα με μια μελέτη(Gillette Corp-1990)⁽¹⁾, το 92% των γυναικών ηλικίας 13 ετών και άνω ξυρίζουν τα πόδια τους. Το 98% των γυναικών που συμμετείχαν στη μελέτη ξυρίζουν τις μασχάλες τους και το 50% ξυρίζουν την γραμμή του μπικίνι. Το ξύρισμα της τριχοφυΐας του προσώπου, είναι λιγότερο αποδεκτό από τις γυναίκες λόγω του

φόβου αυξημένης και πυκνότερης ανάπτυξης τριχοφυΐας, αν και το ξύρισμα δεν επηρεάζει το ρυθμό ή την διάρκεια της αναγεννούς φάσης, ούτε και την διάμετρο των τριχών. Η άκρη της ξυρισμένης τρίχας (όταν προβάλλεται από την επιδερμίδα) είναι κομμένη απότομα και ίσως αυτό να δίνει την εντύπωση ότι είναι παχύτερη από την τρίχα που φυσιολογικά καταλήγει σε οξύαιμο άκρο. Παρότι οι μελέτες έχουν αποδείξει ότι αυτό είναι μύθος, είναι δύσκολο να πεισθούν τα άτομα ότι δεν ισχύει. Γι' αυτό το λόγο, αλλά και επειδή το ξύρισμα του προσώπου θεωρείται ανδρική πράξη, οι γυναίκες το αποφεύγουν.

Στο σώμα, το ξύρισμα παραμένει η συχνότερη επιλεγόμενη μέθοδος αποτρίχωσης επειδή είναι οικονομική, γρήγορη και εύχρηστη.

Στα **μειονεκτήματα** του ξυρίσματος περιλαμβάνονται:

- οι ερεθισμοί από το ξυράφι,
- τα περιστασιακά κοψίματα,
- η ψευδοθυλακίτιδα-θυλακίτιδα. Όταν οι τρίχες είναι πολύ σγουρές και όταν το ξύρισμα γίνεται κοντά στην επιφάνεια της επιδερμίδας η επανέκφυση της τρίχας δεν είναι φυσιολογική και δεν εξέρχεται του πόρου προκαλώντας κάποιες φορές και βαρύτερες μορφές θυλακίτιδας.
- Επιπλέον, τα άτομα συνήθως πρέπει να ξυρίζονται καθημερινά για να είναι ελεύθεροι από την τριχοφυΐα ή τις τρίχες των λίγων ημερών λόγω του ότι δεν διακόπτεται η αναγενής φάση.

II. ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΡΙΧΩΤΙΚΑ

Τα χημικά αποτριχωτικά σπάζουν τους δισουλφιδικούς δεσμούς στις τρίχες και έχει σαν αποτέλεσμα να καταστρέφουν την δομή των τριχών στην επιφάνεια του δέρματος. Κυκλοφορούν σε μορφή σκόνης, κρέμας, λοσιόν και πάστας.

Υπάρχουν δυο κύριοι τύποι χημικών αποτριχωτικών:

- το σουλφιδικό βάριο,
- το θειογλυκολικό ασβέστιο.

Και τα δυο μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό στο δέρμα και έχουν δυνατή οσμή. Πρόσφατα, προστέθηκαν αρώματα που καλύπτουν με επιτυχία την οσμή τους. Πριν από τη χρήση όλων των χημικών αποτριχωτικών, συνίσταται να δοκιμάζονται πρώτα σε κάποιο σημείο του δέρματος για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πρόκλησης δερματίτιδας εξ επαφής. Λόγω των ερεθιστικών τους ιδιοτήτων, τα χημικά αποτριχωτικά είναι καταλληλότερα για αποτρίχωση στο σώμα. Μπορούν να χρησιμοποιούνται και στο πρόσωπο, ημέρα παρά ημέρα (όχι πιο συχνά). Τα χημικά αποτριχωτικά συχνά χρησιμοποιούνται από άτομα που επιθυμούν εύκολη

αποτρίχωση στο σπίτι χωρίς ξύρισμα. Έχουν αποδειχτεί επίσης χρήσιμα στη θεραπεία ορισμένων ατόμων με ψευδοθυλακίτιδα του γενείου.

Τα **μειονεκτήματα** των χημικών αποτριχωτικών είναι:

- κατά την εφαρμογή τους λερώνουν,
- η δυσάρεστη οσμή,
- η σύντομη εμφάνιση τριχών,
- ο κίνδυνος ερεθισμού του δέρματος.

III. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ ΚΕΡΙ

Η αποτρίχωση με κερί είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται με κρύο ή ζεστό κερί. Και οι δυο περιπτώσεις περιλαμβάνουν την εφαρμογή του κεριού στο δέρμα για να προσκολληθεί στις τρίχες και στην συνέχεια η αφαίρεση του κεριού αντίθετα προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης των τριχών. Με τον τρόπο αυτό οι τρίχες αφαιρούνται από την ρίζα. Παρότι γενικά θεωρείται μορφή προσωρινής αποτρίχωσης, ορισμένοι υποστηρίζουν ότι με την επανειλημμένη χρήση της, η βλάβη που προκαλείται στο θύλακα των τριχών μπορεί να επιφέρει μείωση της πυκνότητας της τριχοφυΐας στην περιοχή όπου εφαρμόζεται. Δεν υπάρχουν επιστημονικές μελέτες που να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό αυτό.

Ένα **πλεονέκτημα** της αποτρίχωσης με κερί είναι η μεγάλη διάρκεια των αποτελεσμάτων, αφού η τριχοφυΐα χρειάζεται διάστημα έως και 3 εβδομάδων για να επανεμφανιστεί.

Τα **μειονεκτήματα** είναι:

- Το κόστος της, αφού συχνά γίνεται από αισθητικό.
- Υπάρχει κίνδυνος εγκαυμάτων από το ζεστό κερί, εάν η μέθοδος δεν χρησιμοποιηθεί σωστά.
- Υπάρχει κίνδυνος αφαίρεσης της επιδερμίδας.
- Οι τρίχες πρέπει να έχουν μήκος μερικών χιλιοστών για να μπορεί να επαναληφθεί.

Υπάρχουν αναφορές για επιπλοκές της αποτρίχωσης με κερί σε άτομα που παίρνουν ισοτρετινοΐνη. Αυτά τα άτομα πρέπει να αποφεύγουν την αποτρίχωση με κερί για το διάστημα που λαμβάνουν το προαναφερθέν φάρμακο.

IV. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ ΤΣΙΜΠΙΔΑΚΙ ΦΡΥΔΙΩΝ

Χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρές περιοχές, όπως στα φρύδια. Πολλές γυναίκες με δασυτριχισμό συχνά αφαιρούν με τσιμπιδάκι φρυδιών τρίχες από το πηγούνι, τα μάγουλα, το λαιμό και το θώρακα. Είναι ένας εύχρηστος, εύκολος τρόπος αφαίρεσης τριχών από τις περιοχές αυτές. Σε πολλά άτομα, ωστόσο, **μπορεί να προκαλέσει** :

- Έντονη ψευδοθυλακίτιδα,
- Υπέρχρωση,
- Περιστασιακές ουλές.

V. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

Οι συσκευές μηχανικής αποτρίχωσης είναι σαν ηλεκτρικές ξυριστικές μηχανές, μόνο που αντί για περιστρεφόμενες λεπίδες, χρησιμοποιούν σειρές από «τσιμπιδάκια» που τραβούν και αφαιρούν τις τρίχες από τη ρίζα. Η μέθοδος έγινε δημοφιλής τη δεκαετία του 1980 και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται στα κάτω και άνω άκρα. Όλες οι μέθοδοι αποτρίχωσης με αφαίρεση ολόκληρου του στελέχους των τριχών, έχουν αποτελέσματα μεγαλύτερης διάρκειας, που φτάνει έως και 3 εβδομάδες.

Τα **μειονεκτήματα** είναι:

- το τοπικό άλγος στην περιοχή μηχανικής αποτρίχωσης,
- ο ερεθισμός, ιδιαίτερα στις ευαίσθητες περιοχές,
- οι τρίχες πρέπει να είναι αρκετά μακριές για να έχει αποτέλεσμα η μηχανική αποτρίχωση.

VI. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

Την ηλεκτρόλυση εισήγαγε πρώτος ο οφθαλμίατρος Charles Michel το 1875. Χρησιμοποίησε μια συσκευή μπαταρίας με βελόνα αποτρίχωσης για τη θεραπεία αφαίρεσης της τριχίασης, μιας πάθησης στην οποία οι βλεφαρίδες αναπτύσσονται προς τα μέσα και τρίβονται επάνω στην επιφάνεια του βλεφάρου. Η ηλεκτρόλυση ήταν η πρώτη μέθοδος που εξασφάλισε μόνιμη αποτρίχωση .

Για αρκετές δεκαετίες η ηλεκτρόλυση ήταν ο μόνος διαθέσιμος τρόπος για την ασφαλή και μόνιμη αφαίρεση των τριχών. Μια λεπτή βελόνα εισάγεται στο θύλακα της τρίχας και με την βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος καταστρέφει το θύλακα.

Δύο τύποι ηλεκτρολύσεων έχουν χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση των τριχών:

- η γαλβανική ηλεκτρόλυση
- και η θερμόλυση.

Κατά τη διάρκεια της γαλβανικής ηλεκτρόλυσης, άμεσα το ηλεκτρικό ρεύμα παρεμβάλλεται σε κάθε μεμονωμένο τριχικό θύλακα.

Στην γαλβανική ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται άμεσα το ηλεκτρικό ρεύμα που ενεργεί επάνω σε φυσιολογικό ορό στον ιστό για να σχηματιστεί υδροξείδιο του νατρίου ή αλισίβα. Το υδροξείδιο του νατρίου που παράγεται καταστρέφει το βολβό και τη θηλή των τριχών.

Η θερμόλυση καταστρέφει τους τριχοθυλάκους μέσω παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας ή μέσω ηλεκτροκαυτηρίασης (πήξη του αίματος). Είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μόνιμης αποτρίχωσης. Κατά τη διάρκεια της θερμόλυσης, παρατηρείται εκπομπή ρεύματος υψηλής συχνότητας από την ειδική βελόνα της συσκευής. Το υψίσυχο αυτό ρεύμα προσφέρει μεγάλα ποσά ενέργειας στα μόρια που περιέχονται στα αναγεννητικά κύτταρα των τριχών. Η ενέργεια αυτή, αυξάνει την κινητικότητα των μορίων και άρα τις μεταξύ τους συγκρούσεις. Πιο συγκεκριμένα αυξάνει την τάση των ηλεκτρονίων να διαφύγουν από τη φυσιολογική τροχιά τους, κάτι που διατηρεί το σύνολο των κυττάρων σε συνεχή δόνηση. Αποτέλεσμα των συγκρούσεων είναι η αυξημένη παραγωγή θερμότητας, η οποία με τη σειρά της προκαλεί ιστική καταστροφή, μέσω μετουσίωσης των πρωτεϊνών που περιέχονται στα κύτταρα της τρίχας. Η μετουσίωση αυτή είναι μη αναστρέψιμη, γιατί έχει προκληθεί μεταβολή της δευτεροταγούς, τριτοταγούς και τεταρτοταγούς δομής των πρωτεϊνών. Χαρακτηριστικό της μεθόδου της θερμόλυσης είναι ότι δεν απαιτείται η χρήση δευτερεύοντος βοηθητικού ηλεκτροδίου. Επιπλέον απαιτεί ελάχιστο χρόνο εκπαίδευσης. Ωστόσο η χρησιμότητα της βαθμιαία μειώνεται όσο αυξάνει το βάθος, η καμπυλότητα και το πάχος των τριχών που πρέπει να αφαιρεθούν .

Στις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτρόλυσης σήμερα χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός ηλεκτρόλυσης και θερμόλυσης. Η συνδυασμένη αυτή διεργασία αναπτύχθηκε με βάση τη θεωρία ότι η αλισίβα είναι καταστρεπτικότερη όταν θερμαίνεται. Και οι δύο μορφές ηλεκτρόλυσης μπορούν να παρέχουν τη μόνιμη αφαίρεση των τριχών.

Το κύριο **πλεονέκτημα** της ηλεκτρόλυσης είναι ότι το αποτέλεσμα είναι μόνιμο όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σωστά. Η επιτυχία της όμως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνική ικανότητα του χειριστή που την εφαρμόζει .

Εντούτοις ,όμως η διαδικασία είναι:

- **κουραστική,**
- **χρονοβόρα,**
- **επίπονη,**
- **δαπανηρή .**

Για την επίτευξη των καλύτερων δυνατών αποτελεσμάτων, τα άτομα πρέπει να πραγματοποιούν δύο συνεδρίες την εβδομάδα για ένα έτος ή και περισσότερο.

Ανεπιθύμητες παρενέργειες είναι:

- η ψευδοθυλακίτιδα,
- η υπέρχρωση,
- η υποχρωμία,
- ο πόνος,
- η ουλοποίηση.

Αυτός ο τύπος αποτρίχωσης δεν είναι πρακτικός τρόπος αφαίρεσης των τριχών ιδίως για άτομα με μεγάλες περιοχές τριχοφυΐας.

Υπάρχουν πολλές παραλλαγές ηλεκτρόλυσης που δεν έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές. Τα προϊόντα αυτά τα αγοράζουν συχνά από καταναλωτές που εκτίθενται σε τεχνικές μάρκετινγκ. Οι εταιρίες που κατασκευάζουν ηλεκτρικά τσιμπιδάκια αποτρίχωσης ισχυρίζονται ότι τα τσιμπιδάκια αυτά διοχετεύουν ηλεκτρισμό στο στέλεχος της τρίχας. Δίνουν οδηγία, στους καταναλωτές, να κρατούν την τρίχα με το τσιμπιδάκι για μερικά δευτερόλεπτα και μετά να την αφαιρούν. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να διοχετευθεί ηλεκτρισμός στην τρίχα και η αποτελεσματικότητα του προϊόντος αυτού είναι αμφίβολη.

Η διαδερμική ηλεκτρόλυση περιλαμβάνει την εφαρμογή μιας αγωγίμης γέλης στο δέρμα. Κατόπιν διαβιβάζεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσω ράβδου ή μήλης που ακουμπά στη γέλη. Οι παρασκευαστές ισχυρίζονται ότι το ηλεκτρικό ρεύμα περνά και ενεργεί στο θύλακα σαν τη συμβατική ηλεκτρόλυση. Τα δημοσιευμένα στοιχεία που υποστηρίζουν αυτούς τους ισχυρισμούς καθώς και την αποτελεσματικότητα αυτού του προϊόντος είναι αμφίβολα.

VII. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER

Το laser είναι μια συσκευή που παράγει μια ακτίνα φωτός συγκεκριμένου μήκους κύματος. Αυτή η φωτεινή ακτινοβολία προωθείται στο εσωτερικό ενός σωλήνα με τη βοήθεια ενός αερίου και η ισχύς της εξαρτάται από τη φύση αυτού του αερίου. Ανάλογα με το αέριο που χρησιμοποιείται είναι ψυχρό η θερμό και έχει την ικανότητα να διαμελίζει, να προκαλεί πήξη ή να καταστρέφει. Στην προκειμένη περίπτωση πρόκειται για μια δέσμη φωτός που μετατρέπεται σε **θερμική ενέργεια**

και απορροφάται από τη μελανίνη του τριχικού θυλάκου με σκοπό την αδρανοποίηση των αναγεννητικών κυττάρων της τρίχας με βάση τη θεωρία της επιλεκτικής φωτοθερμόλυσης. Μπορεί να παρατηρηθεί κάποιος ερεθισμός του δέρματος που θα διαρκέσει από μία ώρα μέχρι λίγα εικοσιτετράωρα, επειδή χρωμοφόρος στόχος υπάρχει και στο δέρμα των ανθρώπων, κυρίως των σκουρόχρωμων, επίσης μπορεί να παρατηρηθούν υποχρωματικές ή υπέρχρωματικές κηλίδες του δέρματος, γι' αυτό και θα πρέπει να αποφεύγεται η ηλιοθεραπεία πριν ή αμέσως μετά την θεραπεία.

Η αποτρίχωση με laser είναι η συναρπαστικότερη μέθοδος που ήρθε να προστεθεί πρόσφατα στις μεθόδους αποτρίχωσης. Ενεργεί με βάση τη θεωρία της επιλεκτικής φωτοθερμόλυσης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος laser φτάνει στο στόχο του που μπορεί να απορροφηθεί είτε από την μελανίνη είτε την αιμοσφαιρίνη είτε το νερό. Στην αποτρίχωση με laser, το χρωμοφόρο είναι η μελανίνη που βρίσκεται στους τριχοθύλακες.

Το ruby laser (694nm) ήταν το πρώτο που χρησιμοποιήθηκε για αποτρίχωση. Το laser αυτό ήταν αποτελεσματικό αλλά είχε περιορισμούς στους σκουρότερους τύπους δέρματος λόγω του κινδύνου εγκαύματος και αλλοιώσεων της μελαχρωστικής. Οι καλύτεροι υποψήφιοι για αποτρίχωση με laser είχαν ανοιχτόχρωμο δέρμα και σκούρες τρίχες. Αργότερα, άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα alexandrite laser (755nm) και τα διοδικά laser(800-1000nm), που πρόσφεραν αυξημένη ασφάλεια στο σκουρότερο δέρμα. Πιο πρόσφατα, κυκλοφόρησε το μακρού παλμού Nd:YAG laser (1064nm), που προσφέρει ασφαλή και αποτελεσματική αποτρίχωση σε όλους τους τύπους δέρματος, συμπεριλαμβανομένων των φωτότυπων V και VI κατά Fitzpatrick .

Τα laser εξασφαλίζουν γρήγορη, αποτελεσματική και μόνιμη μείωση της τριχοφυΐας. Παρότι το κόστος μπορεί να είναι το κύριο **μειονέκτημα** για μερικά άτομα, τα laser είναι λιγότερο επώδυνα και χρονοβόρα και εξαρτώνται σε μικρότερο βαθμό από την τεχνική εμπειρία του χειριστή από ότι η ηλεκτρόλυση.

Το έντονο παλμικό φως (IPL) είναι μια μη laser μορφή φωτός που είναι αποτελεσματική για αποτρίχωση σε άτομα με πιο ανοιχτόχρωμο δέρμα. Η μονιμότητα των αποτελεσμάτων με τα μηχανήματα αυτά δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LASER

ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ Ή ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΕΚΠΟΜΠΗ

Η ύλη υπό μορφή ατόμων αποτελείται :

- Από πρωτόνια και τα νετρόνια ,τα οποία βρίσκονται στον πυρήνα
- Από ηλεκτρόνια ,τα οποία κινούνται γύρω από αυτόν στις χαμηλότερες ενεργειακές στιβάδες ,όπου βρίσκονται σε φάση «ηρεμίας» και είναι σταθερά.

Τα άτομα δύνανται να προσλαμβάνουν ή να χάνουν ενέργεια με τη μορφή ενός quantum της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, του φωτονίου ,με αποτέλεσμα τη μεταπήδηση των ηλεκτρονίων σε ανώτερη ή κατώτερη στιβάδα προς τον πυρήνα. Εάν η ενέργεια ενός φωτονίου απορροφηθεί από ένα ηλεκτρόνιο, τότε αυτό μεταπηδά σε ανώτερη στιβάδα ,υψηλότερης ενεργειακής στάθμης (απορρόφηση).Ευρίσκεται σε φάση «διέγερσης». Το διεγερμένο αυτό ηλεκτρόνιο είναι ασταθές ,αποδίδει δε την ενέργεια του άμεσα με την εκπομπή ενός φωτονίου ,όμοιου προς το αρχικά απορροφηθέν ,επανερχόμενο στην αρχική του στιβάδα (αυθόρμητη εκπομπή). Όταν το φωτόνιο απορροφάται από ένα «διεγερμένο» ηλεκτρόνιο, τότε αποδεσμεύονται δύο φωτόνια ,με ταυτόχρονη επάνοδο του ηλεκτρονίου στην αρχική φάση ηρεμίας.

Το φαινόμενο αυτό καλείται εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας. Επαναλαμβανόμενη αυτή η διαδικασία άπειρες φορές οδηγεί στην παραγωγή ισχυρής δέσμης laser. Στη φύση, στις συνήθεις φωτεινές πηγές κυριαρχεί ο μηχανισμός της αυθόρμητης εκπομπής. Το φώς είναι ισότροπο χρονικά και τοπικά ασύμφωνο, δηλαδή τα φωτόνια βρίσκονται σε διαφορετική φάση .

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ-ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ LASER

Για να παραχθεί λοιπόν laser είναι απαραίτητη προϋπόθεση τα άτομα να βρίσκονται σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη από τη συνήθη. Το φαινόμενο αυτό καλείται αναστροφή πληθυσμού. Η κατάσταση αυτή επιτυγχάνεται όταν τα άτομα ενός υλικού (ενεργό υλικό) διεγερθούν από μια εξωτερική πηγή παροχής ενέργειας. Τα διεγερμένα ηλεκτρόνια, κατά την επάνοδο τους στη φάση ηρεμίας, απελευθερώνουν φωτόνια, τα οποία προσπίπτουν είτε σε «ήρεμα» είτε σε «διεγερμένα» ηλεκτρόνια. Η πρόσκρουση στα διεγερμένα ηλεκτρόνια προκαλεί την απελευθέρωση δύο όμοιων φωτονίων και ούτω καθεξής (φαινόμενο εξαναγκασμένης εκπομπής).

Η διαδικασία αυτή συμβαίνει σε έναν ειδικό χώρο, το οπτικό αντήχαιο ή κοιλότητα συντονισμού. Στα δύο άκρα του υπάρχουν δύο κάτοπτρα, το ένα πλήρως

ανακλαστικό και το άλλο μερικώς, το οποίο επιτρέπει την έξοδο μιας ποσότητας της ακτινοβολίας, υπό τη μορφή της δέσμης του laser. Η μηχανική αυτή διάταξη ενισχύει και διατηρεί το ενεργό υλικό σε φάση διέγερσης. Αυτό μπορεί να είναι:

- αέριο (αργό, κρυπτό),
- υγρό (χρωστική),
- στερεό (alexandrite)

και προσδιορίζει τον τύπο του laser.

Η ενέργεια η οποία παράγεται από την εξωτερική πηγή είναι συνήθως ηλεκτρική. Τέλος, η μεταφορά της δέσμης από τη συσκευή στο στόχο επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των οπτικών ινών ή των αρθρωτών βραχιόνων.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΕΣΜΩΝ LASER

1. ΜΟΝΟΧΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η ακτινοβολία του laser είναι ενός μόνο μήκους κύματος. Το εύρος της φασματικής γραμμής είναι απειροελάχιστο (10⁻⁹Å). Είναι προφανές ότι μόνο ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, συχνότητας, παράγεται κατά τη μεταβολή του ενεργού υλικού, το οποίο βρίσκεται στην οπτική κοιλότητα. Η ιδιότητα αυτή αξιοποιείται στη θεραπευτική για εκλεκτική απορρόφηση του φωτός laser από το κατάλληλο χρωμοφόρο (μελανίνη, αιμοσφαιρίνη).

2. ΣΥΜΦΩΝΙΑ

Τα κύματα του φωτός του laser εμφανίζουν χωρική και χρονική συμφωνία, δηλαδή έχουν την ίδια συχνότητα και φάση τόσο στο χρόνο όσο και στο χώρο. Το φαινόμενο αυτό προσδίδει μεγάλη σταθερότητα φάσης κατά το μήκος της δέσμης και τη διαφοροποιεί από τις συνήθεις πηγές φωτός.

3. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ

Άμεσο αποτέλεσμα της κυματικής συνεκτικότητας (συμφωνίας) είναι η παράλληλη κίνηση των κυμάτων του laser σε μία φωτοδέσμη, πολύ μικρής γωνίας απόκλισης. Η δέσμη του laser αφενός μεταφέρεται σε μεγάλη απόσταση, χωρίς απώλειες ισχύος, αφετέρου, με τη βοήθεια φακών ή κατόπτρων, μπορεί να εστιασθεί σε ένα ιδιαίτερα μικρό σημείο.

4. ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑ

Λαμπρότητα μιας δεδομένης πηγής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αποτελεί η ισχύος την οποία εκπέμπει ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα στερεάς γωνίας. Η διαδικασία ενίσχυσης στην οπτική κοιλότητα, η χαμηλού βαθμού απόκλιση της

δέσμης και η ικανότητα εστίασης οδηγούν στην παραγωγή φωτός με ιδιαίτερα υψηλή ένταση.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ LASER ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Η δράση των laser στους ιστούς είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που επηρεάζεται αφενός από τα χαρακτηριστικά τους (μήκος κύματος, ισχύς εξόδου, διάρκεια παλμού, μέγεθος κηλίδας) και αφετέρου από τις οπτικές και θερμικές ιδιότητες του ιστού.

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Το μήκος κύματος του laser καθορίζει το συγκεκριμένο χρωμοφόρο του δέρματος, το οποίο θα απορροφήσει την ενέργεια. Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός χρωμοφόρα, η απορρόφηση θα μοιραστεί σε όλα. Ένα χρωμοφόρο μπορεί να δημιουργήσει μια «ασπίδα» για κάποιο άλλο χρωμοφόρο, το οποίο βρίσκεται βαθύτερα, π.χ. η μελανίνη της βασικής στιβάδας της επιδερμίδας εμποδίζει την απορρόφηση από την αιμοσφαιρίνη, η οποία βρίσκεται στα αιμοφόρα αγγεία του χορίου, ή από την χρωστική των τατουάζ, η οποία βρίσκεται στο χόριο.

Το laser προκαλεί μεταβολές των ιστών όταν η ενέργεια του απορροφάται από αυτούς και μετατρέπεται σε θερμική. Το βιολογικό αποτέλεσμα καθορίζεται από το ύψος της θερμοκρασίας που θα επιτευχθεί και τη διάρκεια της θέρμανσης. Αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5-10 °C (πάνω από τη θερμοκρασία του σώματος 37) προκαλεί βλάβες στα κύτταρα, αντιστρέφτες.

Στη θερμοκρασία των 60 °C μετουσιώνονται οι πρωτεΐνες και στους 70 °C το DNA (διαδικασία της πήξης). Στους 100 °C το ενδοκυττάριο νερό φθάνει στο σημείο βρασμού και μετατρέπεται σε ατμό. Η ατμοποίηση αυξάνει υπερβολικά τον όγκο του κυττάρου και αναπτύσσει τρομερές δυνάμεις στο κυτταρικό τοίχωμα, με συνέπεια την καταστροφή του με τη μορφή έκρηξης.

Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αποξήρανση και απανθράκωση. Όταν η ενέργεια απορροφάται από το χρωμοφόρο, ταυτόχρονα η παραγόμενη θερμοκρασία μεταφέρεται και στους παρακείμενους ιστούς. Το φαινόμενο αυτό καλείται θερμική χαλάρωση. Η ταχύτητα της θερμικής χαλάρωσης εξαρτάται από το χρόνο θερμικής χαλάρωσης του ιστού. Ως χρόνος θερμικής χαλάρωσης ενός αντικειμένου ορίζεται ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να υποδιπλασιαστεί η θερμοκρασία του (η υψηλότερη τιμή της) μετά από προηγούμενη θέρμανση. Για τα περισσότερα χρωμοφόρα του δέρματος, ο TRT είναι ανάλογος του μεγέθους τους, π.χ. τα μελανοσώματα διαμέτρου 0,5-1 mm έχουν μικρότερο χρόνο θερμικής χαλάρωσης, περίπου 1mm, από ότι τα τριχοειδή διαμέτρου 10-100mm με TRT περίπου 1 ms.

Εάν ένα κύτταρο-στόχος θερμανθεί για χρόνο μικρότερο από τον TRT, η παραγόμενη θερμότητα αλλά και οι επακόλουθες βλάβες περιορίζονται μόνο σε αυτό ,π.χ. το παλμικό laser χρωστικής, με διάρκεια παλμού 0,5 ms ,απορροφάται από την οξυαιμοσφαιρινή και η καταστροφή περιορίζεται μόνο στο αγγείο –στόχο, διότι ο παλμός είναι βραχύτερος από τον TRT του αγγείου, με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της πιθανότητας ανάπτυξης ουλών.

Η θεωρία της επιλεκτικής φωτοθερμόλυσης είναι επακόλουθο της κατανόηση του μηχανισμού δράσης των laser στους ιστούς. Πιο συγκεκριμένα, για να επιτευχθεί με μικροσκοπική ακρίβεια η καταστροφή ενός ιστού-στόχου πρέπει:

- Το μήκος κύματος να απορροφάται σε συντριπτικά μεγαλύτερο βαθμό από το χρωμοφόρο σε σύγκριση με τους περιβάλλοντες ιστούς,
- Να υπάρχει ικανοποιητική παροχή ενέργειας ,ώστε να μεταβληθεί η θερμική κατάσταση του στόχου,
- Η διάρκεια της παροχής ενέργειας(της ακτινοβολήσης)να είναι μικρότερη του TRT του χρωμοφόρου.

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όταν δέσμες υψηλής ισχύος και μικρής διάρκειας παλμών προσπίπτουν στους ιστούς, προκαλείται μια θερμοελαστική διάγκωση, η οποία γεννά ακουστικά κύματα, τα οποία καταστρέφουν τις ακτινοβολούμενες περιοχές.

Η απομάκρυνση της ανεπιθύμητης τριχοφυΐας με την χρήση laser έχει δοκιμαστεί με τρεις διαφορετικές μεθόδους. Καταρχήν μέσω της μηχανικής καταστροφής, η οποία προκαλείται από τη ταχεία διάδοση του θερμικού κύματος. Η δεύτερη μέθοδος περιλαμβάνει τη μηχανική καταστροφή των τριχοθυλάκων μέσω της προκαλούμενης πήξης και εξάτμισης λόγω της τοπικής αύξησης της θερμοκρασίας. Η τελευταία μέθοδος αφορά τη φωτοχημική καταστροφή των τριχοθυλάκων μέσω της προκαλούμενης οξειδωσης των ελευθέρων ριζών.

Το Thermolase soft light laser για παράδειγμα είναι ένα χαμηλής ενέργειας Nd:YAG LASER ($2-6\text{J}/\text{cm}^2$) στα 1064 νανομετρα. Η πρώτη μέθοδος της διαδικασίας περιλαμβάνει την αποτρίχωση με κερι της περιοχής. Μικρότατα σωματίδια άνθρακα εφαρμόζονται και μαλάσσονται μέσα στους τριχοθυλάκους. Η έκθεση στην ακτινοβολία του laser προκαλεί έκρηξη των σωματιδίων άνθρακα και καταστροφή των τριχοθυλάκων. Αρχικά μερικά από τα τεμάχια άνθρακα θερμαίνονται απότομα και εκρήγνυνται απότομα, απελευθερώνοντας μικρότατα σωματίδια προς όλες τις διευθύνσεις. Τα σωματίδια αυτά διεισδύουν στα γύρω κύτταρα και προκαλούν απευθείας κυτταρική καταστροφή. Σε δεύτερη φάση η ακτινοβολία του laser προκαλεί έντονη αύξηση της πίεσης μέσα στον τριχοθύλακα, η οποία διαδίδεται με τη μορφή κύματος και συμβάλλει επίσης στην απευθείας φωτομηχανική καταστροφή των κυττάρων του τριχοθυλάκου.

Η φωτοθερμική καταστροφή των τριχοφυλάκων στηρίζεται στη δημοφιλή θεωρία της επιλεκτικής φωτοθερμόλυσης. Αυτή προϋποθέτει τοπική επιλεκτική απορρόφηση της φωτεινής ακτινοβολίας με μήκος κύματος τέτοιο ώστε να φτάνει στον επιθυμητό στόχο. Όπως και με την ηλεκτροθερμόλυση, πολλοί τριχοθύλακες μπορούν να αποτριχωθούν ταυτόχρονα με τη χρήση της φωτοθερμόλυσης. Η μελανίνη των τριχών φαίνεται πως αποτελεί το μοναδικό χρωμοφόρο συστατικό του τριχοθυλάκου. Μόνο οι ακτίνες με μήκος κύματος από 600-1100nm μπορούν να διεισδύσουν τις στιβάδες της επιδερμίδας. Σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με την ακτινοβολία laser, η τοπική ψύξη της περιοχής με τη βοήθεια ψυκτικού ή ψυχρού αέρα, προκειμένου να απομακρυνθεί η υπερβολική θερμοκρασία από το δέρμα έγκαιρα. Τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας των laser που είναι δραστικά, βρίσκονται στο λεγόμενο «οπτικό παράθυρο» των 600-1100nm. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μήκη κύματος κάτω από τα 600nm απορροφούνται ισχυρά από την αιμοσφαιρίνη και τις πρωτεΐνες, ενώ μήκη κύματος πάνω από 1100 nm απορροφούνται ισχυρά από το νερό του σώματος. Ο χρόνος θερμικής ανάπαυσης σχετίζεται με το τετράγωνο της μέγιστης διαμέτρου της ανατομικής δομής που στοχεύουμε και είναι λίγο μικρότερος του 1msec για την επιδερμίδα και 10-50 msec για τους τριχοθυλάκους.

Τα συστήματα laser που χρησιμοποιούνται στη φωτοθερμόλυση, βασίζονται τη δραστηριότητα τους στην απορρόφηση της φωτεινής τους ακτινοβολίας από τα κοκκία χρωστικής που εντοπίζονται στον τριχοθύλακα. Το laser ενεργοποιείται για πολύ μικρό κλάσμα του δευτερολέπτου, καθότι αποτελεί μια παλμική μορφή φωτεινής ακτινοβολίας. Η διάρκεια των παλμών του laser έχει προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια έτσι ώστε η ενέργεια να απορροφάται από τον τριχοθυλάκιο και να τον απενεργοποιεί. Ο παλμός έχει καθοριστεί να έχει τόση διάρκεια ώστε η αυξημένη ποσότητα θερμότητας που παράγεται να μην προλαβαίνει να μεταφερθεί στο γύρω δέρμα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η ασφαλής και αποτελεσματική αποτρίχωση.

Τα laser έχει ασφαλή όργανα των οποίων οι βασικές παράμετροι μπορούν να ρυθμιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να απενεργοποιούν ειδικά τον τριχοθύλακα. Σε αντίθεση με την ηλεκτρική αποτρίχωση, η οποία θεραπεύει τις τρίχες μια προς μια, οι συσκευές laser αποτριχώνουν πολλές τρίχες ταυτόχρονα. Εξαιτίας της ιδιότητας τους αυτής, τα laser μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτρίχωση μεγάλων δερματικών επιφανειών σε χρονικό διάστημα ελάχιστων ωρών. Τα αποτελέσματα της αποτρίχωσης είναι άμεσα και διαρκούν πολύ περισσότερο από τα αντίστοιχα αποτελέσματα των διαφόρων μεθόδων προσωρινής αποτρίχωσης.

Λόγω της ικανότητας των laser να απομακρύνουν ταυτόχρονα πολλές τρίχες, είναι δυνατόν να αποτριχωθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα(10-15 min) μικρές δερματικές επιφάνειες του προσώπου. Ο αντίστοιχος απαιτούμενος χρόνος για περιοχές όπως οι μασχάλες και το μπικίνι απαιτούν αποτριχωτική διαδικασία που δεν ξεπερνά τα 30min. Σε ακόμα μεγαλύτερες επιφάνειες, συνήθως χρειάζονται περίπου 60min, αναλόγως του μεγέθους της περιοχής και της πυκνότητας των εκεί εκφυόμενων τριχών.

Τα περισσότερα άτομα που είχαν κάποια εμπειρία από αποτριχωτικές συσκευές laser περιγράφουν τη μέθοδο ως ελαφρά δυσάρεστη αλλά όχι επώδυνη. Ωστόσο δε λείπουν και εκείνοι που επιθυμούν τη χρήση τοπικού αναισθητικού στην υπό θεραπεία δερματική περιοχή .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ LASER

Το πρώτο laser εγκρίθηκε από το FDA το 1996. Έκτοτε έχουν πάρει άδεια αρκετοί τύποι laser για αποτρίχωση.

Οι τύποι των laser για αποτρίχωση είναι :

- Ruby laser
- Alexandrite laser
- Laser διοδικών (diode laser)
- Neodymium-YAG (Nd:YAG) laser
- Συσκευές έντονου παλμικού φωτός (IPL)

I. RUBY LASER

Το Ruby laser(694nm) ήταν το πρώτο laser που χρησιμοποιήθηκε και έδειξε την προσωρινή και μόνιμη μείωση των τριχών. Λόγω της υψηλής απορρόφησης της μελανίνης στα 694 nm, το ruby laser ενδείκνυται καλύτερα στα άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα και με σκούρα μαλλιά με φωτότυπους I- III κατά Fitzpatrick .

Ο Grossman και οι λοιποί⁽²⁾ εξέθεσαν τον εκλεκτικό τραυματισμό στα τριχικά θυλάκια, χρησιμοποιώντας το μακρύ-παλόμενο Ruby laser, σε 13 άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα και σκουρόχρωμες τρίχες. Οι περιοχές που υπέστησαν αποτρίχωση με laser ήταν προηγουμένως ξυρισμένες πριν από την πραγματοποίηση θεραπείας με laser. Καθυστέρηση αύξησης των τριχών σημειώθηκε σε όλα τα άτομα και είχε διάρκεια 1-3 μήνες. Οι βιοψίες που πάρθηκαν, αμέσως μετά από την διαδικασία αποτρίχωσης, παρουσίασαν στα τριχικά θυλάκια, εκλεκτική θερμική ζημιά όσο αναφορά τον τόνο του χρώματος. Η συνέχιση των θεραπειών στα 7 από τα 13 άτομα, μετά την παρέλευση 1 ή 2 ετών, αποκάλυψε τη μόνιμη απώλεια τριχών μόνο στις περιοχές που είχαν προηγουμένως ξυριστεί. Οι περιοχές που αντιμετωπίστηκαν με υψηλότερες ενέργειες (60J/cm²) παρουσίασαν τη μέγιστη απώλεια των τριχών.

Αν και το Ruby laser είναι μια αποτελεσματική μέθοδος της αφαίρεσης των τριχών, όμως υπάρχουν σημαντικές και σχετικές με τη δόση παρενέργειες. Η υψηλή επιδερμική απορρόφηση της μελανίνης μπορεί να οδηγήσει στον επιδερμικό τραυματισμό, που έχει σαν αποτέλεσμα οξεία φλεγμονή που μπορεί να επιφέρει χρωστική αλλαγή του δέρματος. Οι προαναφερθείσες μεταβολές του δέρματος

μπορούν να παρατηρηθούν με οποιοδήποτε σύστημα laser, παρατηρούνται όμως συχνότερα με το Ruby laser.

Η χρήση του Ruby laser πρέπει να αποφευχθεί :

- Στα άτομα με ιστορικό επίμονης μεταφλεγμονώδους υπερτρίχωσης,
- Στα άτομα με σκούρο μαυρισμένο δέρμα μετά από έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία,
- Στα άτομα με τύπους δέρματος πιο σκούρους από τον φωτότυπο III κατά FITZPATRICK.

Ένα σχετικό **μειονέκτημα** είναι ότι τα τρία διαθέσιμα στο εμπόριο Ruby laser ,κάθε ένα από τα οποία έχουν ένα αργό επαναληπτικό ποσοστό παλμών, τα καθιστά χρονοβόρα για να μεταχειριστούν μεγάλες περιοχές του σώματος.

Υπάρχουν τρία μοντέλα ruby laser(694 nm) διαθέσιμα για αποτρίχωση στο εμπόριο.

1. το E2000 ruby laser,
2. το EpiPulse ruby laser,
3. το Star ruby laser.

Το E2000 ruby laser, χρησιμοποιεί ένα ζαφειρένιο ψυχόμενο κομμάτι (Epiwand) για την προστασία της επιδερμίδας. Ο φακός από ζαφείρι ,ψύχεται ενεργά σε 0-10C⁰. Σε σύγκριση με τον αέρα ,ως εξωτερικό μέσο, το ζαφείρι είναι καλός αγωγός της θερμότητας στην επιδερμίδα πριν, μετά και κατά την διάρκεια του παλμού laser.Ο φακός ζαφειρίου παρέχει μια συγκλίνουσα δέσμη η οποία μεγιστοποιεί την παράδοση φωτός στο χόριο. Η επιφάνειά του ζαφειρίου επιτρέπει την εφαρμογή πίεσης στην επιφάνεια του δέρματος, η οποία παραμορφώνει το δέρμα και μειώνει την απόσταση από την επιδερμίδα έως την βαθύτερη θυλακική δομή .Επιπλέον, η πίεση του φακού (Blanches)στα υποκείμενα αιμοφόρα αγγεία, ελαχιστοποιεί την απορρόφηση της ενέργειας του laser από την αιμοσφαιρίνη. Το φως παρέχεται μέσα από μια ίνα. Δύο διαφορετικά μεγέθη spot είναι διαθέσιμα (10 και 20mm).Το Aretroreflector είναι ενσωματωμένο στη χειρολαβή , το οποίο επιτρέπει την ανακύκλωση φωτονίου και ως εκ τούτου την επαρκή παροχή ενέργειας. Ανάλογα με τον τύπο δέρματος ή το πάχος των τριχών , μπορεί να επιλεγεί μονός ή διπλός παλμός

Το EpiPulse ruby laser χρησιμοποιεί τριπλή τεχνολογία παλμών με διάστημα μεταξύ παλμών 10 ms. Αυτό το σύστημα παλμών διατηρεί τη θερμοκρασία του θυλακίου σε ικανοποιητικό επίπεδο για να προκαλέσει την καταστροφή του θύλακα, ενώ η επιδερμική θερμοκρασία παραμένει κάτω από το κατώτατο όριο ζημιών. Αυτή η τεχνολογία παλμών πρέπει θεωρητικά, να χρησιμοποιείται στους πιο σκούρους τύπους δέρματος. Η ψύξη της επιδερμίδας επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μιας παχιάς στρώσης διαφανούς γέλης .

Το Star Ruby laser χρησιμοποιεί μια εραπτόμενη ψυκτική μέθοδο. Μπορεί να λειτουργήσει με τη συμβατική Q-switched μέθοδο για την θεραπεία των τατουάζ ,για θεραπεία μελαχρωστικών βλαβών , καθώς και για χρήση στην αποτρίχωση. Είναι μια ολοκληρωμένη συσκευή ψύξης που αποτελείται από ένα χειροκίνητο ψυκτικό που έρχεται σε επαφή με το δέρμα πριν την πρόπτωση του παλμού laser .

II. ALEXANDRITE LASER

Τα alexandrite laser παράγουν ακτίνα στα 755nm Το alexandrite laser προσφέρει μεγαλύτερο μήκος κύματος από ότι το Ruby laser. Η αναλογία της ενέργειας που απορροφάται στο χόριο προς την επιδερμίδα είναι μεγαλύτερη λόγω του μεγάλου βάθους διείσδυσης. Υπάρχει επίσης μικρότερος κίνδυνος της επιδερμικής ζημίας λόγω της χαμηλότερης απορρόφησης μελανίνης σε αυτό το μήκος κύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα βαθύτερη διείσδυση στο χόριο και **μειωμένο κίνδυνο ανεπιθύμητων ενεργειών ,σε σχέση με το Ruby laser ,στα άτομα με σκουρόχρωμο δέρμα .**

Μια πρόσφατη μελέτη του Galadari⁽³⁾ ,που έγινε σε άτομα με τύπους δέρματος IV-VI κατά Fitzpatrick, απέδειξε μείωση κατά 40% στους 12 μήνες μετά από 6 μηνιαίες θεραπείες. Οι ανεπιθύμητες ενέργειες ήταν κυρίως παροδικές και εξαλείφθηκαν σε 1 έως 2 μήνες, αλλά συνέβησαν σε σημαντικό ποσοστό (ερυθρότητα 90% ,επιφανειακό έγκαυμα 60,6% ,ουλοποίηση [πολύ μικρές ατροφικές ουλές] 15,1% ,υπέρχρωση 40% ,υπομελάνχρωση 8,4%).Χρησιμοποιήθηκε μια γέλη ψύξης αλλά και πάλι στα άτομα αυτά υπήρχαν ενοχλήσεις. Δεν χρησιμοποιήθηκε ροή ενέργειας άνω των 30 J/cm² λόγω του αυξημένου κινδύνου αποχρωματισμού .

Μια μελέτη των Boss⁽⁴⁾ και συνεργατών του συνέκρινε την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια των alexandrite laser βραχέος παλμού (2 milliseconds) και μακρού παλμού (20 milliseconds) σε άτομα με τύπους δέρματος I – IV κατά Fitzpatrick. Και οι δυο ομάδες παρουσίασαν μείωση κατά 60% έως 80% της επανάπτυξης της τριχοφυΐας στους 6 μήνες μετά από 3 θεραπείες. Δεν υπήρχε καμία διαφορά στο ποσοστό των ανεπιθύμητων ενεργειών όπως παροδική υπομελάνχρωση ή σχηματισμός φυσαλίδων.

Ο Nanni και ο Alster⁽⁵⁾, διαπίστωσαν ότι στις διάρκειες παλμού των 5 ,10 και 20milliseconds, η αποτελεσματικότητα του alexandrite laser μακρού παλμού ήταν ισοδύναμη. Ωστόσο η διάρκεια παλμού 20milliseconds είχε ως αποτέλεσμα λιγότερες ανεπιθύμητες ενέργειες.

Αρκετά laser alexandrite (755nm) έχουν εισαχθεί πρόσφατα για την αποτρίχωση. Πρόσφατα λόγω του μεγάλου οικονομικού ενδιαφέροντος των εταιρειών για την παραγωγή τέτοιων συσκευών, πολλοί κατασκευαστές διαθέτουν στην αγορά ανάλογα μηχανήματα.

Παραθέτουμε έναν κατάλογο με τα πιο διαδεδομένα :

- Apogee alexandrite laser,
- LPIR alexandrite laser,
- Eritouch ALEX alexandrite laser,
- Candela GentleLase alexandrite laser,
- Candela GentleMax alexandrite laser,
- Cynosure Elite alexandrite laser,
- Cynosure Accolate alexandrite laser,
- Deka Synchro play alexandrite laser,
- Quanta System Light 4V alexandrite laser,
- Ultrawave II-III alexandrite laser,
- Epicare alexandrite laser κ.α..

Το Apogee alexandrite laser παρέχει διάρκεια παλμού μεταξύ 5 και 40 ms και ροή ενέργειας έως 50 J/cm². Ένας ψυχτικός μηχανισμός (smartcool) επιτρέπει τη συνεχή ροή με απλή ψύξη αέρα στην περιοχή της θεραπείας.

Με το LPIR alexandrite laser χρειάζονται 3-4θεραπείες σε μεσοδιαστήματα 4-6 εβδομάδων και με ροή ενέργειας έως 40 J/cm². Αυτό οδηγεί σε ελάττωση 80-100% της τριχοφυΐας, όμως τα αποτελέσματα δεν είναι μακροχρόνια. Το LPIR alexandrite laser διαθέτει ένα ψυχτικό μηχανισμό στη χειρολαβή, με τον οποίο δρα.

Το Eritouch ALEX alexandrite laser έχει ταχύ ρυθμό επανάληψης (5Hz), και ο σαρωτής μπορεί να καλύψει περιοχή 40×4mm² μέσα σε 6 δευτερόλεπτα. Τα αποτελέσματα του Eritouch ALEX μετά από 3 θεραπείες με 20-40J /cm² και σε μεσοδιάστημα 1-2,5 μηνών, στις παρειές, στην περιοχή του μικίνι, στις μασχαλιές περιοχές, και στην ράχη έδειξαν 5-15%επανεκφυση των τριχών σε διάστημα 3 μηνών μετά την τελευταία θεραπεία. Το σύστημα Eritouch περιλαμβάνει τη χρήση μιας υδατικής γέλης σε θερμοκρασία δωματίου, το οποίο απλώνεται στο δέρμα πριν την ακτινοβολήση, ώστε να απορροφήσει θερμότητα και να ψυχράνει την επιδερμίδα.

Το GentleLase alexandrite laser χρησιμοποιεί μια δυναμική συσκευή ψύξης (dynamic cooling device- DCD), για την προστασία της επιδερμίδας. Αυτή η μέθοδος ψύξης DCD χρησιμοποιεί μικρές εκτοξεύσεις κρυογόνου(5-100ms). Η ποσότητα κρυογόνου που χρησιμοποιείται είναι ανάλογη με τη διάρκεια εκτόξευσης. Τα υγρά σταγονίδια κρυογόνου χτυπάνε στην θερμή επιφάνεια του δέρματος και υφίστανται εξάτμιση. Η θερμοκρασία του δέρματος έχει μειωθεί. Αυτή η ψυκτική επιλογή και το πακέτο λογισμικού SmartScreen βοηθάει στην τήρηση αρχείων και πρωτοκόλλων.

Η UltraWave II και III alexandrite laser, προσφέρει το συνδυασμό των 755nm και 1064nm μήκους κύματος σε μία συσκευή και είναι κατάλληλη για την αφαίρεση των ανεπιθύμητων τριχών σε όλους τους τύπους δέρματος.

III. ΔΙΟΔΙΚΑ LASER(DIODE LASER)

Το παλμικό διοδικό laser(800-810nm) είναι ένα εύχρηστο και μικρό σε όγκο μηχανήμα που προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συστημάτων laser.

Τα διοδικά laser έχουν:

- μήκος κύματος 800 nm και είναι εγγύς στο υπέρυθρο φάσμα ,
- διάρκεια παλμού 5-30 ms,
- εύρους παλμού μεταξύ 5-400ms,
- ροή ενέργειας 10-60 J/cm²,
- spot size 9mm,
- συχνότητα παλμού 2Hz,
- επαφή συσκευή ψύξης.

Το χειροκίνητο τμήμα περιέχει ένα άκρο σαφείρου ως μηχανισμό ψύξης, έτσι μειώνεται η ανάγκη για γέλη ψύξης. Το άκρο αυτό είναι τετράγωνο και επιτρέπει τη θεραπεία γειτονικών περιοχών, που δεν είναι εφικτή με τα κυκλικά άκρα. Οι διάρκειες παλμού μπορούν να προσαρμοστούν εντός ευρέων ορίων (5-100 milliseconds), οι οποίες όταν συνδυαστούν με το μεγαλύτερο μήκος κύματος παρέχουν ασφάλεια για τα άτομα με σκούρο δέρμα, ενώ παράλληλα επιτρέπουν τη χρήση υψηλότερων πυκνοτήτων ενέργειας.

Το **πλεονέκτημα** του διοδικού laser περιλαμβάνει πιο μεγάλη διάρκεια παλμού και πιο μεγάλο μήκος κύματος, που επιτρέπει τη θεραπεία ατόμων με φωτότυπους III και IV κατά Fitzpatrick ,επειδή υπάρχει λιγότερη επιδερμική απορρόφηση της μελανίνης. Λόγω του μεγάλου μήκος κύματος, της ενεργής ψύξης, του μεγάλου εύρους παλμού, μπορεί να αντιμετωπίσει με μεγαλύτερη ασφάλεια τους πιο σκούρους τύπους δέρματος από ό, τι με το ruby and alexandrite lasers. Επίσης στα πλεονεκτήματα αυτών των τύπων lasers είναι η αποδοτικότητα, η μειωμένη ανάγκη συντήρησης και η αποτελεσματικότητά τους, ανάλογα με το μήκος κύματος που επιλέγεται.

Τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα (>12 μήνες) αποδεικνύουν ότι το διοδικό laser 800nm είναι αποτελεσματικότερο από το ruby laser, στην αφαίρεση των σκούρων τριχών.

IV. NEODYMIUM-YAG (Nd: YAG lasers)

Το Nd:YAG laser έχει μήκος κύματος 1064nm με μεγάλη διείσδυση στο δέρμα. Το ενεργό υλικό του Neodymium:YAG lasers είναι ένας κρύσταλλος Y₃Al₅O₁₂ (yttrium-aluminum-garnet) ο οποίος είναι ενισχυμένος με 1-3% ιόντων νεοδυμίου έτσι ώστε να παράγει ακτίνα laser εγγύς στην υπέρυθη ακτινοβολία (1064nm). Η μειωμένη απορρόφηση από την μελανίνη σε αυτό το μήκος κύματος απαιτεί τη χρήση υψηλότερων πυκνοτήτων ενέργειας για τον επαρκή τραυματισμό του θυλακίου. Αυτό το laser δεν είναι όμως αποτελεσματικό στη θεραπεία των ατόμων με την πιο ανοιχτόχρωμη τρίχα. Είναι μια ασφαλής επιλογή θεραπείας για τα άτομα με φωτότυπο III κατά Fitzpatrick. Τα Nd:YAG laser είναι αποτελεσματικά για

τους σκούρους τύπους δέρματος. Αυτά τα συστήματα δεν παρέχουν μακροπρόθεσμη αφαίρεση των τριχών.

Υπάρχουν αρκετά μοντέλα Nd: YAG laser (1064nm μήκος κύματος) που είναι διαθέσιμα για τη θεραπεία αποτρίχωσης με Laser για όλους τους τύπους δέρματος. Μερικά από αυτά είναι:

- Lyra lasers,
- CoolgGlide lasers,
- Ultrawave II-III lasers,
- Profile lasers,
- VascuLight lasers,
- SmartEpil II lasers,
- Acclaim lasers,
- Athos lasers,
- Dualis lasers,
- Varia lasers,
- Mydon lasers,
- gENTLEyag lasers κ.α..

Τα Nd: YAG lasers εκπέμπουν βαθιά διείσδυση με μήκος κύματος 1064 nm. Για την μειωμένη απορρόφηση της μελανίνης, σε αυτό το μήκος κύματος, είναι αναγκαία η υψηλή συχνότητα προκειμένου να καταστρέψει επαρκώς τις τρίχες. Ωστόσο, η κακή απορρόφηση της μελανίνης σε αυτό το μήκος κύματος σε συνδυασμό με την επιδερμική συσκευή ψύξης κάνει το Nd: YAG laser μια ασφαλή θεραπεία με laser για τους πιο σκούρους τύπους δέρματος μέχρι το φωτότυπο VI. Η Nd: YAG laser επίσης συχνά χρησιμοποιείται για τη θεραπεία της ψευδοθυλακίτιδας του γενείου, μια πάθηση του δέρματος που συνήθως εμφανίζεται σε πιο σκούρους τύπους δέρματος.

Μια μελέτη των Alster⁽⁶⁾ και συνεργατών έδειξε, μείωση κατά 76-90% της επανάπτυξης της τριχοφυΐας στη μασχάλη και μείωση κατά 51-75% της επανάπτυξης της τριχοφυΐας στα πόδια και το πρόσωπο για 12 μήνες μετά από 3 μηνιαίες θεραπείες σε κάθε περιοχή. Χρησιμοποιήθηκαν πυκνότητες ενέργειας 40 J/cm² στο πρόσωπο, 45 J/cm² στα πόδια και 50 J/cm² στις μασχαλιές περιοχές σε φωτότυπους IV-VI κατά Fitzpatrick.

Ο Galadari⁽⁷⁾ έδειξε μείωση κατά 70% της επανάπτυξης της τριχοφυΐας στους 6 μήνες και μείωση κατά 35% στους 12 μήνες μετά από 6 θεραπείες. Το ποσοστό επιπλοκών ήταν πολύ χαμηλότερο από ότι με το alexandrite laser και των διοδικών laser. Περιλάμβανε ερυθρότητα 22,8%, επιφανειακό έγκαυμα 14,2%, ουλοποίηση (μικροσκοπικές ατροφικές ουλές) 2,2% και υπέρχρωση στο 2,2% των ασθενών που υποβλήθηκαν σε θεραπεία.

Q-switched Nd: YAG laser 1064nm

Το Q-switched Nd: YAG laser ήταν το πρώτο που εγκρίθηκε για αποτρίχωση. Το laser αυτό απαιτούσε εφαρμογή τοπικού διαλύματος εναιωρήματος άνθρακα πριν από τη θεραπεία χρησιμοποιώντας χαμηλή ενέργεια.

Το Q-switched Nd: YAG laser έχει:

- κατάλληλο εύρος παλμού,
- μέγεθος spot 4 χιλιοστών,
- ρυθμό επανάληψης 10 Hz,
- ροή ενέργειας 8-10J/cm².

Ο υψηλός ρυθμός επανάληψης (10Hz) που έχει το laser είναι πολύ γρήγορος και κατά συνέπεια μπορεί εύκολα να καλύψει μεγαλύτερες περιοχές σε μικρό χρόνο. Έχει την ικανότητα να ανακόπτει την ανάπτυξη της τριχοφυΐας για μερικούς μήνες και δεν είναι αποτελεσματικό στην πρόκληση μόνιμης μείωσης της τριχοφυΐας. Το μεγάλο μήκος κύματος (1064nm), το καθιστά χρήσιμο για τους πιο **σκούρους τύπους δέρματος**.

V. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Ένα σύστημα αποτρίχωσης, με βάση την τεχνολογία των μικροκυμάτων (Microwave Delivery System, MW Medical, Scottsdale AZ), έχει εγκριθεί από τον FDA (Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων) για την αποτρίχωση σε όλους τις περιοχές του σώματος, εκτός από το πρόσωπο. Οι παλμοί της ενέργειας των μικροκυμάτων διανέμονται στο δέρμα, σε συνδυασμό με ένα ψυκτικό σπρέι. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δημοσιευμένα δεδομένα προκειμένου να διευκολυνθεί η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αυτής της τεχνολογίας.

VI. ΗΛΕΚΤΡΟ-ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Electro-Optical Synergy-ELOS)

Η τεχνολογία ELOS χρησιμοποιεί μία συνέργεια μεταξύ των ηλεκτρικών πηγών ενέργειας (κατευθυνόμενες ραδιοσυχνότητες (RF)) και των οπτικών πηγών ενέργειας (φως ή laser). Η ηλεκτρική ενέργεια προκαλεί θερμότητα, η οποία επικεντρώνεται στο θύλακα της τρίχας και στην περιοχή της ρίζας της τρίχας, ενώ η οπτική ενέργεια θερμαίνει κυρίως το στέλεχος της τρίχας. Όταν συνδυάζονται αυτές οι δύο πηγές ενέργειας, θα πρέπει να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας κατά μήκος του στελέχους της τρίχας και του θύλακα, ώστε να επιτευχθεί αποτελεσματική αποτρίχωση.

Με βάση αυτήν την τεχνολογία ELOS, η Syneron έχει αναπτύξει δύο οικογένειες ιατροτεχνολογικών προϊόντων:

- το σύστημα Aurora, που συνδυάζει την ενέργεια RF με έντονο παλμικό φως,
- τα συστήματα Polaris, που συνδυάζουν την ενέργεια RF με ένα laser διόδου.

Και οι δύο συσκευές είναι εξοπλισμένες με σύστημα ψύξης. Η χρήση της ενέργειας των ραδιοσυχνοτήτων (RF) θα πρέπει επίσης να επιτρέψει την αποτρίχωση σε όλους τους τύπους δέρματος, δεδομένου ότι αυτή η μορφή ενέργειας δεν απορροφάται από τη μελανίνη της επιδερμίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΧΡΗΣΗ ΑΛΛΩΝ ΠΗΓΩΝ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

I. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΝΤΟΝΟΥ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΦΩΤΟΣ (INTENSED PULSED LIGHT-IPL)

Οι συσκευές εκπομπής έντονου παλμικού φωτός (IPL), που εκπέμπουν μη συνεκτικό παλμικό φως σε διάφορα μήκη κύματος, χρησιμοποιούνται για αποτρίχωση. Το φάσμα παραγωγής εκτείνεται σε ένα εύρος μεταξύ 500 έως 1000nm. Τα φίλτρα τοποθετούνται ώστε να επιτρέπουν μία πιο επιλεκτική θεραπεία. Με αυτό τον τρόπο, αποκλείονται μικρότερα μήκη κύματος για τύπους δέρματος Fitzpatrick III και πιο σκουρόχρωμα δέρματα, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική θέρμανση της επιδερμίδας. Τα μικρότερα μήκη κύματος χρησιμοποιούνται για τύπους δέρματος Fitzpatrick I και II, καθώς επιτυγχάνουν τη μέγιστη παροχή ενέργειας.

Ένα **μειονέκτημα** των συστημάτων IPL είναι ότι οι περισσότερες συσκευές χρησιμοποιούν μεγάλες ορθογώνιες κηλίδες, δημιουργώντας δυσκολία στην αντιμετώπιση της τριχοφυΐας των κυρτών ή κοίλων περιοχών που φέρουν τρίχες.

II. ΠΑΛΜΙΚΕΣ, ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΣ ΕΥΡΕΟΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

Οι συσκευές φωτός, οι οποίες εκπέμπουν έντονο παλμικό και μη συνεκτικό φως σε διάφορα μήκη κύματος, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την αποτρίχωση. Με την τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων πάνω στην πηγή του φωτός, μπορούν να παραχθούν μήκη κύματος που κυμαίνονται από 590 έως 1200nm. Τα φίλτρα αποκοπής χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη των μικρών μηκών κύματος, έτσι ώστε να εκπέμπονται μόνο τα μεγαλύτερα και περισσότερο διεισδυτικά μήκη κύματος. Η χρονική διάρκεια των παλμών ποικίλλει ως προς το χιλιοστό του δευτερολέπτου. Υπάρχει δυνατότητα επιλογής της λειτουργίας των παλμών, είτε μία μονή είτε μία πολλαπλή (2-5), με ποικίλα χρονικά διαστήματα ηρεμίας.

Η δυνατότητα ευρείας επιλογής των μηκών κύματος, της διάρκειας παλμού και των διαστημάτων ηρεμίας κάνει αυτή τη συσκευή δυνητικά αποτελεσματική για ένα ευρύ φάσμα τύπων δέρματος.

Οι συσκευές αυτές συνοδεύονται από λογισμικό, το οποίο καθοδηγεί το χρήστη για τον ορθό καθορισμό των παραμέτρων της θεραπείας, ανάλογα με :

- τον τύπο του δέρματος του ατόμου,
- το χρώμα της τρίχας,
- την τραχύτητα του δέρματός του.

Οι νεότερες τεχνολογίες, όσον αφορά την αποτρίχωση, είναι τα συστήματα αποτρίχωσης με τη χαμηλότερη τιμή, το μικρό μέγεθος και την εκπομπή παλμικού φωτός. Αυτές περιλαμβάνουν το IPL Quantum YE, το ProLite, το σύστημα φωτοαποτρίχωσης SpaTOUCH, το PhotoLight, το Quadra Q4, το SpectraPulse και το Estelux. Αυτά τα συστήματα έχουν βελτιστοποιηθεί για να πραγματοποιούν αποτρίχωση με μήκη κύματος, που απορροφούνται επιλεκτικά από τη μελανίνη, παλμούς ευρέος φάσματος και κηλίδες μεγάλου μεγέθους.

Πρόσφατα, τα συστήματα IPL έχουν εξελιχτεί, σε συνδυασμό με φως laser 1064nm. Αυτές οι συσκευές θα πρέπει να επιτρέπουν την αντιμετώπιση ενός ευρέος φάσματος τριχών και χρωμάτων του δέρματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ LASERS

Τα συστήματα laser μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες σύμφωνα:

- με τον τρόπο λειτουργίας τους,
- τη «φύση» του οπτικού ενεργού μέσου,
- το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης δέσμης.

Στη συνέχεια αναφέρουμε τους κανόνες ταξινόμησης των laser και ταξινομούμε τα γνωστότερα laser στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

I. Ανάλογα με το τρόπο λειτουργίας:

- **Continuous Wave Lasers - CW (laser συνεχούς λειτουργίας):** Τα συστήματα αυτά λειτουργούν με σταθερό ρυθμό ισχύος της δέσμης. Στα περισσότερα laser μεγάλης ισχύος υπάρχει δυνατότητα καθορισμού της, ενώ στα laser αερίων μικρής ισχύος (He-Ne) η ισχύς εξόδου είναι σταθερή εκ κατασκευής και μειώνεται με την πάροδο του χρόνου .
- **Single Pulsed Lasers (laser μονού παλμού):** Τα laser συνήθως έχουν διάρκεια παλμού από μερικές εκατοντάδες microseconds ως μερικά milliseconds. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας αναφέρεται και ως κανονικός τρόπος, ή μακρύς παλμός.
- **Single Pulsed Q-Switched (laser μετατροπής Q):** Είναι εκείνα τα συστήματα laser στα οποία μία καθυστέρηση εκτός της κοιλότητας επιτρέπει στο ενεργό μέσο να αποθηκεύσει το μέγιστο της ενέργειας. Έπειτα από συνθήκες βέλτιστου κέρδους (gain), η εκπομπή συμβαίνει σε μονό παλμό, της τάξης του 10^{-8} s. Η ισχύς των παλμών αυτών συνήθως φτάνει σε επίπεδα μεταξύ και 10^6 και 10^8 W.
- **Παλμικά lasers:** Είναι αυτά τα συστήματα laser που λειτουργούν όπως τα μονού παλμού, με επανάληψη της διαδικασίας με σταθερό ή και μεταβλητό ρυθμό.
- **Mode Locked lasers (laser εγκλείδωσης ρυθμού):** Αυτά λειτουργούν ως αποτέλεσμα των συντονισμένων ρυθμών της οπτικής κοιλότητας, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά της εξερχόμενης δέσμης. Όταν οι φάσεις των διαφορετικής συχνότητας ρυθμών συγχρονίζονται, τότε οι ρυθμοί συμβάλλουν μεταξύ τους με αποτέλεσμα στενούς επαναλαμβανόμενους παλμούς. Τα laser αυτής της κατηγορίας παράγουν σειρές από παλμούς με διάρκειες από pico- (10^{-12}) ως femto- (10^{-15}) seconds.

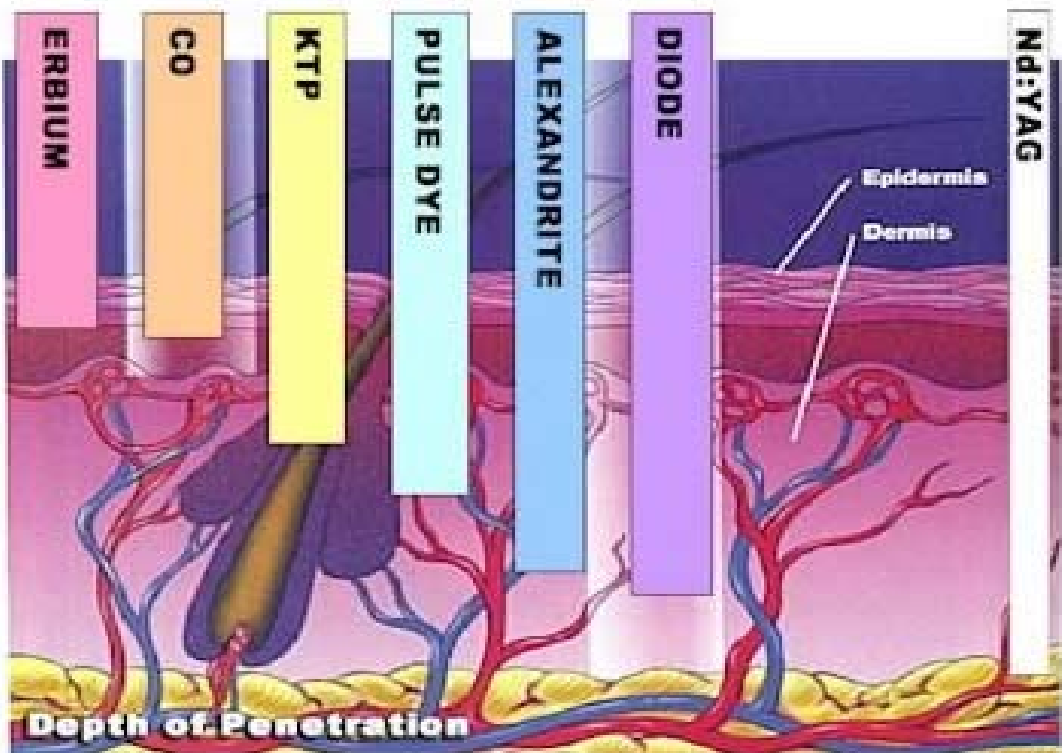
II. Ανάλογα με το ενεργό μέσο:

- **Solid State Laser (laser στερεάς κατάστασης):** Είναι τα laser που χρησιμοποιούν ως ενεργό μέσο είτε ένα μονωτικό κρύσταλλο, ή γυαλί. Το υλικό που παράγει την ακτινοβολία laser, συνήθως ιόντα Cr^{3+} , Nd^{3+} , ή Ho^{3+} , είναι διασκορπισμένο σε κρυσταλλικό πλέγμα.
- **Semiconductor Laser (laser ημιαγωγών ή διοδικά):** Ημιαγώγιμες διατάξεις, οι οποίες αποτελούνται από δύο στρώματα ημιαγώγιμου υλικού σε επαφή. Τα laser αυτού του τύπου είναι πολύ μικρών διαστάσεων και ισχύος και μπορούν να τοποθετηθούν σε ολοκληρωμένα κυκλώματα.
- **Gas Laser (laser αερίων):** Χρησιμοποιούν ως ενεργό μέσο ένα αέριο ή μείγμα αερίων μέσα σε σωλήνα.
- **Excimer Laser (laser διεγερμένων διμερών):** Μοριακά laser που εμπλέκουν μεταπτώσεις μεταξύ διαφορετικών ηλεκτρονικών καταστάσεων. (Υποκατηγορία των laser αερίων).
- **Chemical Laser (χημικά laser):** Είναι τα laser εκείνα στα οποία η αναστροφή πληθυσμών παράγεται άμεσα μέσω μιας χημικής αντίδρασης. Συνήθως τα χημικά laser περιλαμβάνουν στο μηχανισμό άντλησης μία αντίδραση μεταξύ αερίων στοιχείων ή ενώσεων. (Υποκατηγορία των Gas lasers).
- **Dye Laser (laser χρωστικών):** Είναι εκείνα που το ενεργό μέσο αποτελείται από διαλύματα σύνθετων οργανικών χρωστικών σε υγρά όπως η αιθυλική και η μεθυλική αλκοόλη ή το νερό. Κατάλληλη επιλογή της χρωστικής και της συγκέντρωσής της επιτρέπει την παραγωγή δέσμης laser σε μεγάλη περιοχή μηκών κύματος, μέσα και γύρω από το ορατό φάσμα.
- **Laser Χρωματικών Κέντρων:** Χρωματικά κέντρα σε κρυστάλλους αλογονούχων αλκαλίων χρησιμοποιούνται ως αποδοτικά, οπτικά αντλούμενα, laser με πλατιά επιλεκτικότητα στο κοντινό υπέρυθρο.
- **Laser ελευθέρων ηλεκτρονίων:** Τα ηλεκτρόνια κινούνται ελεύθερα διαμέσου ενός περιοδικού μαγνητικού πεδίου και η διαδικασία εξαναγκασμένης εκπομπής προέρχεται από την αλληλεπίδραση του H/M πεδίου της δέσμης laser με τα ηλεκτρόνια. (κυρίως σε πειραματικό στάδιο).

III. Ανάλογα με την περιοχή μήκους κύματος εκπομπής

Οι περιοχές του μήκους κύματος εκπομπής των laser στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι:

Όνομασία	Περιοχή μηκών κύματος
UV (Υπεριώδες)	0,200 – 0,400 μm
VIS (Ορατό)	0,400 – 0,700 μm
NIR (Εγγύς Υπέρυθρο)	0,700 – 1,400 μm
FIR (Μακρινό Υπέρυθρο)	1,400 – 30,0 μm



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

I. ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Η ενδογενής χρωστική, που αποτελεί το στόχο για την επιλεκτική καταστροφή του τριχικού θυλάκου, είναι η μελανίνη, παρόλο που και το νερό έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ως χρωστική, αλλά με ελάχιστη επιτυχία μέχρι σήμερα. Η μελανίνη εντοπίζεται στο στέλεχος της τρίχας, στην εξωτερική θήκη του χοανοειδούς στομίου του θυλάκου της τρίχας, καθώς και στο στρώμα των μητρικών κυττάρων του βολβού. Η μελανίνη λειτουργεί ως φυσική χρωστική σε ένα ευρύ φάσμα από μήκη κύματος, που φτάνουν μέχρι τα 1100nm². Τα περισσότερα laser και οι περισσότερες πηγές μη συνεκτικού παλμικού φωτός με φίλτρα για την αποκοπή κάποιων ακτίνων (noncoherent light sources with cut-off filters), που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση της τριχοφυΐας, μεταφέρουν την ενέργεια σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κόκκινο ή κοντά σε υπέρυθρα μήκη κύματος και αυτά έχουν ως στόχο τη μελανίνη που βρίσκεται μέσα στο θύλακο της τρίχας. Η ποσότητα και το είδος της μελανίνης που υπάρχει μέσα στον τριχικό θύλακα είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την έκταση της βλάβης που είναι δυνατόν να προκληθεί στο θύλακο της τρίχας. Τα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κόκκινο, καθώς τα κοντά σε υπέρυθρα μήκη κύματος έχουν χαμηλή απορρόφηση από τις ανταγωνιστικές χρωστικές, όπως η αιμοσφαιρίνη, και κατά συνέπεια είναι σε θέση να διεισδύσουν βαθιά στο χόριο.

Οι εξωγενείς χρωστικές έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως όταν οι τρίχες παρουσιάζουν σημαντική έλλειψη χρωστικής ουσίας, η οποία και θα χρησιμοποιηθεί ως στόχος. Η πρώτη εγκεκριμένη μέθοδος αποτρίχωσης με laser από τον FDA χρησιμοποιούσε το Nd:YAG laser, σε συνδυασμό με την τοπική εφαρμογή σωματιδίων άνθρακα που είχαν διαλυθεί σε ορυκτά έλαια και με αυτά γινόταν μασάζ στους τριχικούς θυλάκους. Παρόλο που αυτή η μέθοδος δεν παρείχε μόνιμη αποτρίχωση, η ιδέα αυτή έχει επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει και τη χρήση άλλων εξωγενών χρωστικών. Η σήμανση της μελανίνης στα τριχοθυλάκια με τη χρήση λιποσωμάτων έχει επιτευχθεί στο τριχωτό της κεφαλής και η δυνατότητα να χρωματίζονται οι τρίχες με σπρέι που περιέχει λιποσώματα με ενσωματωμένη μελανίνη έχει εγκριθεί από τον FDA προκειμένου να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα των laser σε μαλλιά που δεν διαθέτουν τις φυσικές χρωστικές. Το σπρέι αυτό περιέχει νερό, γλυκερόλη, μελανίνη, φυσική λεκιθίνη σόγιας και 2-φαινοξυαιθανόλη, είναι άοσμο, δεν είναι τοξικό και απαιτεί ψύξη μετά το άνοιγμα. Πρέπει να εφαρμόζεται δύο φορές ημερησίως στην περιοχή όπου πραγματοποιείται η

αγωγή, από 4 έως 6 εβδομάδες πριν από την έναρξη της θεραπείας και να πραγματοποιούνται 6 με 8 επαλείψεις σε κάθε εφαρμογή. Η μακροχρόνια αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου για μόνιμη αποτρίχωση δεν έχει τεκμηριωθεί μέχρι σήμερα σε επίσημες μελέτες.

Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σήμανση τόσο των υδρόφιλων όσο και των λιπόφιλων μορίων με τη χρήση μικροσωματιδίων σε συγκεκριμένες περιοχές. Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη εναπόθεση πάνω στο τριχοθυλάκιο, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός σωματιδίου σαν χάντρα που το μέγεθός του να κυμαίνεται μεταξύ των 3 και 7 μm σε διάμετρο, καθώς και άλλων μεγαλύτερων αλλά και μικρότερων σωματιδίων τα οποία θα εναποτίθενται επιλεκτικά στην κερατίνη στιβάδα και στην επιφάνεια του δέρματος. Έχει αποδειχτεί ότι το μπλε του μεθυλενίου εναποτίθεται επιλεκτικά εντός των βασεόφιλων μονάδων, με τη χρήση νάιλον πορωδών μικροσωματιδίων των 5 μm σε ποντίκια που δεν διέθετον τρίχωμα. Οι εφαρμογές στους ανθρώπους που προκύπτουν από αυτή τη μέθοδο μπορούν να είναι πολύ ευεργετικές για την αντιμετώπιση της τριχοφυΐας σε τρίχες που δεν περιέχουν φυσικές χρωστικές.

Το φως μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να ενεργοποιήσει τη δράση μίας φωτοευαίσθητης ουσίας πάνω στους τριχικούς θυλάκους, η οποία είτε θα έχει χορηγηθεί εξωγενώς είτε θα έχει επαχθεί η παραγωγή της από τον οργανισμό. Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως φωτοδυναμική θεραπεία (PDT). Το αμινολεβουλινικό οξύ (ALA) αποτελεί την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ουσία. Όταν εφαρμόζεται τοπικά, το αμινολεβουλινικό οξύ απορροφάται από τα τριχοθυλάκια για διάστημα αρκετών ωρών και μετατρέπεται στο φωτοευαίσθητο σύμπλεγμα πρωτοπορφυρίνη IX, με αποτέλεσμα την παραγωγή ελεύθερων ριζών οξυγόνου και κατά επέκταση την καταστροφή των κυττάρων των θυλάκων των τριχών. Η φωτοδυναμική θεραπεία έχει αναφερθεί ότι προκαλεί προσωρινή απώλεια των τριχών για 3 μήνες, ανάλογα με τη συγκέντρωση του αμινολεβουλινικού οξέος που χρησιμοποιήθηκε και ανάλογα με τη δόση φωτός που εφαρμόστηκε. Ένα πλεονέκτημα της φωτοδυναμικής θεραπείας είναι ότι το χρώμα της τρίχας και το χρώμα του δέρματος δεν αποτελούν σημαντικές μεταβλητές για την επιτυχία της θεραπείας.

II. ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ

Οι περισσότερες στρατηγικές που υπάρχουν σήμερα, σχετικά με την αποτρίχωση με laser, περιλαμβάνουν τη χρήση φωτός το οποίο εκπέμπει στο φάσμα του ορατού και κοντά στο υπέρυθρο, με μήκη κύματος που κυμαίνονται μεταξύ 600 και 1064nm. Η μελανίνη αποτελεί την κυρίαρχη χρωστική σε αυτά τα μήκη κύματος, με ένα «οπτικό» παράθυρο που βρίσκεται μεταξύ των 600 και των 1100nm. Μικρότερα μήκη κύματος σχετίζονται με αυξημένη διάχυση του φωτός, περιορίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο τη διείσδυση της ακτίνας στο δέρμα. Η χρήση

μεγαλύτερων μηκών κύματος, δηλαδή 800nm ή και περισσότερο, επιτρέπει τη βαθύτερη διείσδυση της ακτίνας φωτός στο δέρμα. Η αναλογία της ενέργειας που εναποτίθεται στο δέρμα, συγκριτικά με αυτή που εναποτίθεται στην επιδερμίδα, είναι μεγαλύτερη λόγω αυτής της αυξημένης διείσδυσης. Σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, απαιτούνται υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα προκειμένου να επιτευχθεί η καταστροφή των τριχοθυλακίων, λόγω της μειωμένης απορρόφησης μελανίνης.

Το βέλτιστο μήκος κύματος για την αποτρίχωση εξαρτάται από την αντίθεση μεταξύ του χρώματος της επιδερμίδας και της τρίχας. Τα άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα και σκουρόχρωμες τρίχες μπορούν να ανεχτούν όλα τα μήκη κύματος του φωτός με ελάχιστο κίνδυνο βλάβης της επιδερμίδας. Η χρήση μικρότερου μήκους κύματος (694nm, 755nm) είναι καλά ανεκτή σε αυτά τα άτομα. Για πιο σκούρο δέρμα και σκούρες τρίχες, μεγαλύτερα μήκη κύματος (800nm και περισσότερο) είναι απαραίτητα για την προστασία της επιδερμίδας. Οι κόκκινες και οι κόκκινες-καφέ τρίχες απορροφούν το φως από τα 800nm μέχρι τα 1100nm ελάχιστα. Συνεπώς, απαιτούν μικρότερα μήκη κύματος. Οι ξανθές, οι λευκές και οι γκρι τρίχες απαιτούν τα μικρότερα δυνατά μήκη κύματος (694nm) ώστε να καταστεί δυνατή η μέγιστη απορρόφηση της μελανίνης.

III. ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΛΜΩΝ ΤΟΥ LASER

Τα Q-switched laser προκαλούν ακαριαία εξάτμιση του στελέχους της τρίχας, καθώς και μία φωτοακουστική επίδραση μέσω της διανομής πολύ σύντομων παλμών. Ο διαχωρισμός του στελέχους της τρίχας από τον περιβάλλοντα ιστό και οι μεταβολές των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων του στελέχους της τρίχας οδήγησαν σε συμβιβασμό για μεγαλύτερη απορρόφηση της ενέργειας του laser και λιγότερο αποτελεσματική θεραπεία. Όταν χρησιμοποιούνται παλμοί μεγαλύτερης διάρκειας, τότε επιτυγχάνεται πιο αποτελεσματική μεταφορά της θερμότητας. Η περισσότερο επιλεκτική βλάβη επιτυγχάνεται όταν η διάρκεια του παλμού είναι περίπου 40-100ms για τις τρίχες με διάμετρο 200-300μm. Επιπλέον, η διάρκεια του παλμού θα πρέπει να υπερβαίνει το χρόνο θερμικής χαλάρωσης (TRT) της επιδερμίδας (εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 3 και 10ms), προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι βλάβες στην επιδερμίδα. Η βέλτιστη διάρκεια παλμού για μόνιμη αποτρίχωση, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα και τυχόν βλάβες που μπορεί να προκληθούν στην επιδερμίδα, κυμαίνεται μεταξύ 10 και 50ms. Παλμοί μεγαλύτερου εύρους μπορούν να χορηγηθούν σε υψηλότερα ανεκτά ενεργειακά επίπεδα και για όλους τους τύπους δέρματος.

Οι Altshuler και οι συνεργάτες⁽⁸⁾ έχουν προτείνει μία διευρυμένη θεωρία σχετικά με την επιλεκτική φωτοθερμόλυση. Σύμφωνα με αυτήν, πρέπει να ληφθούν υπόψη η μεταβλητότητα στην απορρόφηση της θερμότητας μεταξύ των δομών που είναι ανθεκτικές στη μελανίνη και απορροφούν σε μεγάλο βαθμό τη θερμότητα, όπως το στέλεχος της τρίχας και τα μητρικά κύτταρα, και της ρίζας και του βολβού της τρίχας. Οι δυο αυτές τελευταίες δομές περιέχουν στελεχειαία κύτταρα τα οποία αποτελούν τους στόχους για την καταστροφή των τριχοθυλακίων αλλά δε διαθέτουν

αρκετή ποσότητα χρωστικών ουσιών προκειμένου να απορροφήσουν τη θερμότητα. Αυτοί οι στόχοι, οι οποίοι απορροφούν ασθενώς τη θερμότητα, πρέπει να καταστραφούν με διάχυση της θερμότητας, η οποία θα προέρχεται από τις περιοχές που έχουν υψηλή περιεκτικότητα χρωστικών ουσιών και κατά συνέπεια απορροφούν τη θερμότητα σε μεγάλο βαθμό. Η καθυστέρηση μεταξύ της θέρμανσης των χρωστικών και της θέρμανσης των απομακρυσμένων στόχων αναφέρεται ως χρόνος θερμικής βλάβης (TDT) και είναι ο χρόνος που απαιτείται για να προκληθούν ανεπανόρθωτες βλάβες στο στόχο και ταυτόχρονα ελάχιστες βλάβες στους περιβάλλοντες ιστούς. Ο χρόνος θερμικής βλάβης ενδέχεται να είναι σημαντικά μεγαλύτερος από το χρόνο θερμικής βλάβης του στόχου. Παλμοί με μήκη κύματος που κυμαίνονται εντός ή κάτω από το χρόνο θερμικής βλάβης δύνανται να χορηγηθούν για να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα, καθώς και η βελτιστοποίηση της ψύξης της επιδερμίδας. Όσον αφορά την αποτρίχωση με laser, η χρωστική είναι η μελανίνη και ανευρίσκεται μέσα στο θύλακο της τρίχας, ενώ ο απώτερος στόχος είναι τα στελεχιαία κύτταρα, που ανευρίσκονται είτε στο βολβό είτε στη ρίζα της τρίχας. Ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας από το θύλακα της τρίχας στο βολβό ή στη ρίζα της τρίχας αναφέρεται ως χρόνος θερμικής βλάβης.

IV. ΜΕΓΕΘΟΣ SPOT

Η οπτική σκέδαση που προκαλείται από το κολλαγόνο του δέρματος έχει σαν αποτέλεσμα τη διάχυση του φωτός καθώς αυτό εισχωρεί στο δέρμα. Τα φωτόνια που διαχέονται από τη δέσμη ουσιαστικά δε χρησιμεύουν επειδή δε διαθέτουν αρκετή θερμική ενέργεια ώστε να προκαλέσουν σημαντική θερμική βλάβη. Ένα spot μεγαλύτερου μεγέθους (μικρότερο των 9mm) εμφανίζει μεγαλύτερη πιθανότητα τα φωτόνια να διαχυθούν πίσω, μέσα στη προσπίπτουσα ευθυγραμμισμένη δέσμη, με φυσικό επακόλουθο τη διεύρυνση της δέσμης. Αυτή η μεγαλύτερη πυκνότητα φωτονίων έχει σαν αποτέλεσμα τη βαθύτερη διείσδυση της ενέργειας. Επιπλέον, ένα spot μεγαλύτερου μεγέθους επιτρέπει και την ταχύτερη χορήγηση της θεραπείας. Να σημειωθεί ότι ακόμα και για spot μεγάλου μεγέθους υπάρχουν ακραίες επιπτώσεις και ότι η μεταβλητότητα στην επιτυχία της θεραπείας βασίζεται και στην ακριβή εντόπιση της κηλίδας. Περιοχές που βρίσκονται κοντά στα άκρα του spot λαμβάνουν λιγότερα ενεργειακά επίπεδα. Ελαφριά αλληλοεπικάλυψη των παλμών της θεραπείας βοηθά στη μείωση αυτού του φαινομένου.

V. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ

Προσωρινή αποτρίχωση είναι δυνατόν να επιτευχθεί με όλες τις συσκευές και σε οποιοδήποτε ενεργειακό επίπεδο. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η ανεύρεση ενός ουδού προκειμένου να επιτευχθεί η μακράς διάρκειας αποτρίχωση. Επειδή υπάρχουν

ενδείξεις ότι οι σχεδόν θανατηφόρες δόσεις laser επάγουν την καταγενή και τελογενή φάση, ίσως είναι δυνατό να συγχρονιστεί η ανάπτυξη των τριχοθυλακίων, σε κάποιο βαθμό, με τη χρήση χαμηλότερων ενεργειακών επιπέδων, αλλά με παλμούς μεγαλύτερης διάρκειας προκειμένου να καταστραφούν οι θύλακες.

VI. ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ

Είναι σημαντικό οι συνεδρίες να γίνονται όταν οι τριχικοί θύλακες βρίσκονται στο πρώιμο αναγενές στάδιο. Η μελανίνη απαντά σε υψηλή συγκέντρωση στην αναγενή φάση της τρίχας, με αποτέλεσμα την υψηλή απορρόφηση της ενέργειας στη φάση αυτή. Στο πρόσωπο οι συνεδρίες γίνονται ανά 1-2 μήνες, ενώ στον κορμό ανά 2-3 μήνες.

Το μεσοδιάστημα των συνεδριών είναι ανάλογο με το χρόνο επανέκφυσης των τριχών. Τα άτομα δεν πρέπει να κάνουν αποτρίχωση με κερί για 4-6 εβδομάδες πριν από την αποτρίχωση με laser. Είναι προτιμότερο να ξυρίζονται οι τρίχες πριν από τη θεραπεία με laser. Μειώνεται έτσι η πιθανότητα εγκαύματος και πόνου.

VII. ΨΥΞΗ

Για πολλούς τύπους δέρματος, ο ουδός της ενέργειας του φωτός, που απαιτείται για να προκληθεί η μέγιστη δυνατή βλάβη του θύλακα της τρίχας για μόνιμη αποτρίχωση, παράγει επίσης και τη μέγιστη απορρόφηση μελανίνης από την επιδερμίδα, με αποτέλεσμα να προκαλείται βλάβη στο υπερκείμενο δέρμα. Το γεγονός αυτό αποκλείει τη χρήση των υψηλότερων ενεργειακών επιπέδων σε πιο σκουρόχρωμα δέρματα και συνεπώς περιορίζει τη δυνατότητα για μόνιμη αποτρίχωση. Για να ελαχιστοποιηθεί αυτό το γεγονός, χρησιμοποιείται η επιλεκτική επιδερμική ψύξη – μία μέθοδος που είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την αντιμετώπιση της τριχοφυΐας σε άτομα με σκουρόχρωμο δέρμα.

Έχουν σχεδιαστεί πέντε τύποι συστημάτων ψύξης που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την αποτρίχωση με laser. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Η παθητική ψύξη με τη χρήση ψυχρής υδατικής γέλης.
- Η ενεργός επαφή με το νερό ψύξης που περιβάλλεται από ένα γυάλινο περίβλημα.
- Η ενεργός επαφή με το νερό ψύξης που περιβάλλεται από ένα περίβλημα από ζαφείρι.
- Η δυναμική ενεργή ψύξη με cryogen σπρέι.
- Η ψύξη του αέρα (forced air cooling).

Η χρήση της γέλης με βάση το νερό δρα σαν ενυδατικός παράγοντας της κερατίνης στιβάδας και με αυτόν τον τρόπο βελτιώνει και τη θερμική αγωγιμότητα

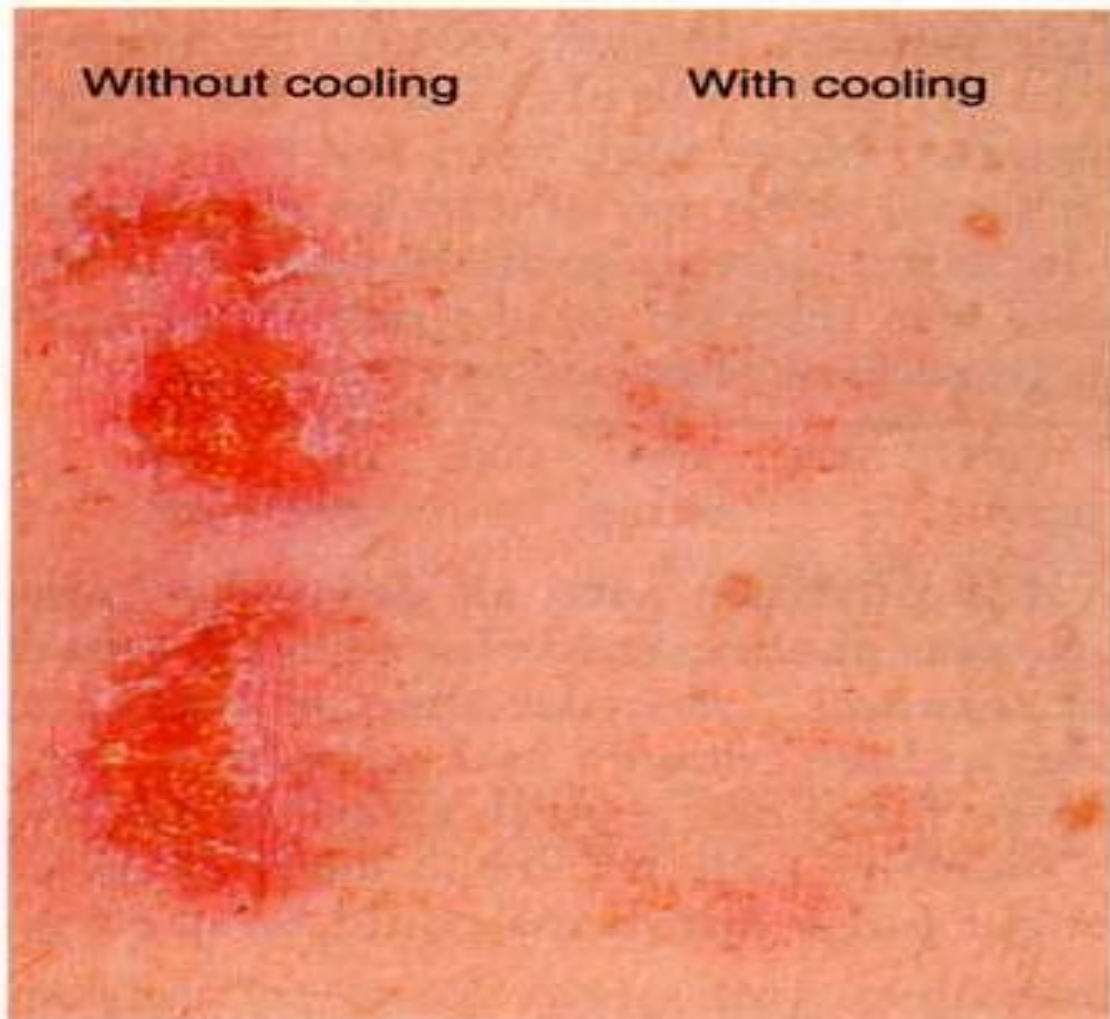
στην επιφάνεια του δέρματος. Το αποτέλεσμα είναι προσωρινό, με μία μικρή μόνο ποσότητα της θερμότητας να εξάγεται, επειδή η θερμοκρασία δεν διατηρείται. Ένα παράθυρο ζαφείρου πραγματοποιεί την κυκλοφορία του νερού σε θερμοκρασία περίπου 2-6°C, με αποτέλεσμα την ταχεία εξαγωγή θερμότητας. Αυτό επιτρέπει τη γρήγορη μετακίνηση της συσκευής laser με επαρκή ψύξη. Η εφαρμογή του παραθύρου για περισσότερα από 0,5 δευτερόλεπτα μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα επίπεδα ψύξης της ρίζας και του βολβού της τρίχας. Ο δείκτης διάθλασης που επιτυγχάνεται με το παράθυρο ζαφειριού βελτιστοποιεί την αλληλεπίδραση μεταξύ ιστού και laser με μειωμένη διάχυση της ακτίνας προς τα πίσω. Η συμπύκνωση στην επιφάνεια του νερού μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένηση της ακτίνας, με τη χρήση ενός παραθύρου είτε ζαφείρου είτε γυάλινου.

Τα ψυκτικά συστήματα που προκαλούν εξάτμιση χρησιμοποιούν συνήθως ένα cryogen σπρέι, το οποίο εφαρμόζεται πριν από τον παλμό laser. Το σπρέι αυτό δημιουργεί μεγαλύτερη προστασία της επιδερμίδας με λιγότερη ακούσια ψύξη του δέρματος. Ένα cryogen σπρέι, που έχει εγκριθεί από τον FDA, περιέχει τετραφθοροαιθάνιο ως επιφανειακό ψυκτικό μέσο, με σημείο βρασμού από -26,2°C. Το σπρέι αυτό δεν είναι τοξικό, δεν είναι εύφλεκτο και είναι ασφαλές για το περιβάλλον. Παρατυπίες όσον αφορά το μέγεθος της σταγόνας του cryogen σπρέι μπορεί να οδηγήσουν σε μία μεταβλητή ψύξη. Η παραμονή έστω και μίας ταινίας cryogen πάνω στην επιφάνεια του δέρματος μπορεί να προκαλέσει αύξηση της επιφανειακής ανάκλασης και σκέδασης. Η μέτρηση της εξασθένησης της ακτίνας του laser φωτός, μετά από την ψύξη με χρήση του cryogen σπρέι, έχει εξεταστεί. Μία ελάχιστη μέση τιμή διαπερατότητας περίπου 97% μετρήθηκε με τη χρήση ενός παλμού διάρκειας 30ms και μίας φάσης ηρεμίας διάρκειας 30ms, οπότε δείχνει μία αμελητέα εξασθένηση της δέσμης φωτός στα δύο μήκη κύματος που μελετήθηκαν. Η έλλειψη αλληλεπίδρασης μεταξύ laser και ιστού ενδέχεται να αυξήσει τη διάχυση της ακτίνας με αυτήν την τεχνική.

Η ψύξη του αέρα (forced air cooling), με τη χρήση αέρα στους -5°C ή και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, μειώνει αποτελεσματικά τη θερμοκρασία της επιδερμίδας, προστατεύοντας έτσι την επιδερμίδα, μειώνοντας τον πόνο της θεραπείας και εξαλείφοντας την επιβλαβή μυρωδιά της καμένης τρίχας.

Η προστασία της επιδερμίδας, που παρέχει η χρήση της ψύξης στην επιφάνεια του δέρματος, επιτρέπει την αύξηση της ανοχής για την εφαρμογή μεγαλύτερων ενεργειακών επιπέδων για όλους τους τύπους δέρματος.

ΧΩΡΙΣ ΨΥΞΗ	ΜΕ ΨΥΞΗ
------------	---------



ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ ΕΙΝΑΙ:
Να μειωθεί η επιδερμική βλάβη
Να επιτρέψει τη χρησιμοποίηση υψηλότερων δόσεων για καλύτερο αποτέλεσμα
Η θεραπεία ασθενών με κάθε τύπο δέρματος
Η μείωση του πόνου και του ερεθισμού

VIII. ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Τα στελεχιαία κύτταρα του βολβού της τρίχας θεωρήθηκε αρχικά ότι αποτελούν το κλειδί για τη σήμανση των τριχοθυλακίων και κατά συνέπεια την εξάλειψη της τριχοφυΐας με τη χρήση laser. Με την ανακάλυψη των στελεχιαίων κυττάρων στην περιοχή της ρίζας της τρίχας, είναι πιθανό ότι τόσο η ρίζα όσο και ο βολβός να αποτελούν σημαντικές παράμετροι για την οριστική καταστροφή του τριχοθυλακίου.

Η επίδραση του κύκλου ζωής της τρίχας σε αποτρίχωση με τη χρήση laser δεν είναι πλήρως κατανοητή. Το βάθος και η μελάγχρωση του βολβού εξαρτώνται από το στάδιο του κύκλου ζωής της τρίχας. Οι βολβοί των τελογενών τριχών είναι χωρίς χρωστική και κατά συνέπεια αποτελούν ανενεργούς στόχους για την απορρόφηση του φωτός. Η μελανογένεση εντοπίζεται κυρίως στην αρχή της αναγενούς φάσης. Σε αυτό το στάδιο, ο βολβός της τρίχας βρίσκεται πιο επιφανειακά στο δέρμα και σε άμεση γειτνίαση με τη ρίζα, ενώ και τα στελεχιαία κύτταρα της ρίζας της τρίχας διαιρούνται ενεργητικά. Σε αυτό ακριβώς το στάδιο, τα κύτταρα είναι περισσότερο επιρρεπή σε τραυματισμό. Καθώς η αναγενής φάση προχωρά, ο βολβός και οι θηλές καταλήγουν στο χόριο και στο υποδόριο, ενώ τα κύτταρα της ρίζας της τρίχας γίνονται ανενεργά. Επομένως, θεωρείται ότι τα τριχοθυλάκια ανταποκρίνονται περισσότερο στις θεραπείες με laser και με φως στην αρχή της αναγενούς φάσης. Οι προσπάθειες που γίνονται, προκειμένου να συγχρονιστεί ο κύκλος ζωής της τρίχας με την αρχή της αναγενούς φάσης, περιλαμβάνουν την αποτρίχωση με κερί 6-8 εβδομάδες πριν από την αποτρίχωση με laser. Ωστόσο, αυτές οι προσπάθειες έχουν δείξει μία μικρή μόνο αύξηση στη μόνιμη αποτρίχωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΕΛΑΤΩΝ

I. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ ΠΕΛΑΤΩΝ

Κατά τη λήψη ιστορικού, θα πρέπει να λαμβάνονται οι πληροφορίες που θα επιτρέψουν το καλύτερο αποτέλεσμα. Είναι ζωτικής σημασίας να συζητήσουμε :

- τις προσδοκίες των πελατών,
- την φαρμακευτική αγωγή που ακολουθούν,
- το ενδεχόμενο δημιουργίας ουλών,
- τις τοπικές λοιμώξεις,
- τις προηγούμενες μεθόδους αποτρίχωσης που έχουν χρησιμοποιήσει,
- την ενδοκρινική κατάσταση του ατόμου,
- την περίπτωση πρόσφατης έκθεσης στον ήλιο,
- τις συνήθειες του ατόμου(π.χ. αθλητισμός, χρήση ζεστού νερού).

ΠΡΟΣΟΧΗ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΕΙΞΟΥΜΕ ΣΤΙΣ ΕΞΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ:

- Στα άτομα με ενεργές δερματικές λοιμώξεις.
- Στα άτομα με ιστορικό επαναλαμβανόμενων περιστατικών σταφυλόκοκκου και απλού έρπητα (θα πρέπει να λαμβάνουν κατάλληλη ιατρική θεραπεία για να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης λοίμωξης).
- Στα άτομα με υπερτροφικές ουλές (δεν είναι απόλυτη αντένδειξη), τα άτομα αυτά δεν βλέπουν τόσο γρήγορα αποτελέσματα.
- Στα άτομα που λαμβάνουν ισοτρετινοΐνη είναι αμφιλεγόμενο και χρήζει περαιτέρω μελέτης.
- Στα άτομα που λαμβάνουν μινοξιντλ(minoxidil), ή σε συζύγους που λαμβάνουν το προαναφερθέν φάρμακο, θα πρέπει να ενημερώνονται ότι οι προσπάθειες αποτρίχωσης μπορεί να καθυστερήσουν το αποτέλεσμα της θεραπείας.
- Στα άτομα με ενδοκρινικές διαταραχές πρέπει να αναφέρεται σχετικά με την πιθανότητα περιορισμού της θεραπείας με αποτρίχωση.
- Στα άτομα με ρευματοειδή αρθρίτιδα υπό θεραπεία με χρυσό και με σύγχρονή χρήση Nd : YAG laser μπορεί να παρουσιαστεί πράσινη απόχρωση δέρματος.
- Στα άτομα με παθήσεις του δέρματος, όπως η ψωρίαση και η λεύκη πρέπει να προειδοποιούνται για τον κίνδυνο εμφάνισης συνδρόμου Koebner (επανεμφάνιση στο σημείο χρήσης laser ,βλάβης ίδια με την νόσο)μετά από θεραπεία με laser. Κλινικά αυτό το πρόβλημα είναι σπάνιο.
- Στα άτομα με λευκές τρίχες, η χρήση της ακτίνας laser για την καταστροφή τους, απέτυχε μετά από πολλές προσπάθειες.
- Η χρήση του Q-switched laser θα πρέπει να αποφεύγεται στην τριχοφυΐα που βρίσκεται σε περιοχές του δέρματος με τατουάζ.

Μια λίστα των προηγούμενων λεπτομερειών , θα πρέπει να καταγράφεται κατά τη στιγμή της αρχικής διαβούλευσης έτσι ώστε να δει ο χειριστής του laser τον τρόπο της θεραπείας. Τέλος, οι πελάτες θα πρέπει να ερωτούνται προσεκτικά για την ανάπτυξη και αναγέννησης των τριχών και για τα άγνωστα ιατρικά προβλήματα.

II. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Το ποσοστό επιτυχίας εξαρτάται :

- από το χρώμα ,
- το πάχος της τρίχας ,
- τον φωτότυπο του ατόμου.

Δύσκολα περιστατικά θεωρούνται εκείνα με σκούρο φωτότυπο ή με λεπτές και ανοιχτόχρωμες τρίχες.

Η σωστή εφαρμογή ενός συστήματος στη μέγιστη απόδοση του, παρέχει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η επιτυχία είναι συνάρτηση των εξής παραμέτρων :

- μήκος κύματος ,
- ροή ενέργειας ,
- διάρκεια παλμού ,
- συχνότητα επανάληψης (Hz) ,
- μέγεθος spot .

III. ΛΗΨΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ

Η προετοιμασία για την αφαίρεση των τριχών με laser απαιτεί μια συμβουλευτική επίσκεψη για να καθοριστούν όλοι οι παράμετροι της εφαρμογής. Ένα λεπτομερές ιστορικό και μια κλινική εξέταση είναι κυρίαρχες για την επιτυχία της εφαρμογής. Οι προσδοκίες των πελατών και των χειριστών του laser πρέπει να καθοριστούν πλήρως πριν από την έναρξη της θεραπείας. Οι κίνδυνοι και τα οφέλη της εφαρμογής του laser πρέπει να αναφερθούν λεπτομερώς και να γίνουν κατανοητοί.

Το ιστορικό πρέπει να λαμβάνεται λεπτομερές ιστορικό, για αποκλεισμό τυχόν παθήσεων που επηρεάζουν την αποτρίχωση. Ακόμα και να μην υπάρχει κάποιο επιστημονικό στοιχείο που αποδεικνύει ότι στην αφαίρεση των τριχών με laser, η ακτίνα διαπερνά αρκετά βαθιά για να τραυματίσει ένα έμβρυο ,η χρήση του laser σε μια έγκυο γυναίκα αποφεύγεται στην κοινωνία μας. Η παρουσία παραγόντων που ευθύνονται για τον δασυτριχισμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να

αντιμετωπίζονται στο μέτρο του δυνατού. Ιστορικό εμφάνισης χηλοειδών και υπερτροφικών ουλών μπορεί να αποκλείσει τη χρήση των laser για την αφαίρεση των τριχών. Η καταγραφή του ιστορικού των συνεδριών, της συσκευής, των επιπλοκών και της ημερομηνίας της τελευταίας εφαρμογής είναι ουσιαστική και αναγκαία.

Η θεραπεία πρέπει να αποφευχθεί στα άτομα που παίρνουν φάρμακα:

- που προκαλούν φωτοευαισθησία
- που λαμβάνουν ισοτρετινοΐνη (για τους τελευταίους 6 μήνες)
- που έχουν λάβει θεραπεία με χρυσό στο παρελθόν ή λαμβάνουν χρυσό και τώρα .

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΕΛΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER

Όνοματεπώνυμο _____

Διεύθυνση κατοικίας _____

Τηλέφωνο (οικίας) _____ (εργασίας) _____
(κινητό) _____

Ιατρικό ιστορικό:

Αλλεργίες _____ Λύκος _____

Διαβήτη _____ Επιληψία _____

Ορμονικήθεραπεία _____ Έρπης _____

Σκληροδερμία _____ Πίεση _____

Καρκίνο/Μελάνωμα _____ Χηλοειδής ουλές _____

Καρδιακά προβλήματα _____ Ψυχικά νοσήματα _____

Ευαισθησία στην ακτίνα laser _____ Εγκυμοσύνη _____

Νοσήματα ανοσοποιητικού συστήματος _____

Λεύκη _____

ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΡΟΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑ _____

ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΩΜΑ ΤΡΙΧΑΣ: Καφέ ___ Ξανθό ___ Κόκκινο ___ Γκρί/λευκό ___

ΤΟΝΟΣ ΔΕΡΜΑΤΟΣ:

Φωτότυπος I ___ Φωτότυπος II ___ Φωτότυπος III ___

Φωτότυπος IV ___ Φωτότυπος V ___ Φωτότυπος VI ___

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ:

Προηγούμενοι μέθοδοι αποτρίχωσης _____

Συχνότητα _____

Ημερομηνία έναρξης _____

Ημερομηνία τελευταίας συνεδρίας _____

Κατά προσέγγιση θεραπείες που θα πραγματοποιηθούν _____

ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΠΕΛΑΤΗ _____

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ _____

IV. ΓΝΩΣΗ ΦΩΤΟΤΥΠΩΝ

Η ταξινόμηση των φωτότυπων, κατά Fitzpatrick, από το όνομα του επιστήμονα που την έχει προτείνει, χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στον προσδιορισμό των παραμέτρων. Ο ιδανικός υποψήφιος για την αποτρίχωση με laser είναι ανοιχτόχρωμης επιδερμίδας (τύποι I και II δερμάτων) με τις σκουρόχρωμες τελικές τρίχες. Το λιγότερο ιδανικό άτομο είναι με το σκουρόχρωμο δέρμα (των φωτότυπων III-VI κατά Fitzpatrick)και με σκούρες τρίχες. Πρέπει να γνωρίζουμε τις δυνατότητες αποτρίχωσης των laser και σε ποιες κατηγορίες τριχών δεν είναι αποτελεσματικά και ότι δεν ενδείκνυται σε άτομα με ξανθές, γκριζές, κόκκινες, ή άσπρες τρίχες. Τα άτομα με τους φωτότυπους V-VI κατά Fitzpatrick ,έχουν αυξημένο κίνδυνο για παρενέργειες, και δεν μπορούν να είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι για την αφαίρεση των τριχών με laser.

ΦΩΤΟ ΤΥΠΟΣ	ΧΡΩΜΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΜΑΥΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΤΟΜΟΥ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
I	Πολύ ξανθό ,με φακίδες	Πάντα καίγεται ,δεν μαυρίζει ποτέ	Δεν μαυρίζει ποτέ ,συνήθως καίγεται(πολύ άσπρο δέρμα ,ξανθά/κόκκινα μαλλιά ,γαλάζια /πράσινα μάτια	Ευρωπαίοι (Κέλτικος τύπος
II	Ανοιχτόχρωμο ,λίγες φακίδες	Συχνά καίγεται ,σπάνια μαυρίζει ,ξεφλουδίζει	Μερικές φορές μαυρίζει αλλά συνήθως καίγεται (άσπρο δέρμα ,ανοιχτά καστανά ή καστανά μαλλιά ,πράσινα/ανοιχτά καστανά μάτια)	Ευρωπαίοι
III	Ξανθό έως σταρένιο	Καίγεται ήπια ,μαυρίζει αργά	Συνήθως μαυρίζει αλλά κάποιες φορές καίγεται (ανοιχτόχρωμο δέρμα ,καστανά μαλλιά ,ανοιχτά καστανά μάτια)	Ευρωπαίοι
IV	Κιτρινοκαφέ έως μελαμψό	Σπάνια καίγεται , μαυρίζει με ευκολία	Πάντα μαυρίζει ,ποτέ δεν καίγεται (μελαμψό δέρμα ,σκούρα μαλλιά ,σκούρα μάτια)	Ασιάτες ,Ινδιάνοι ,Καυκάσιοι
V	Σκουρόχρωμο	Πολύ σπάνια καίγεται ,μαυρίζει πολύ εύκολα	Δεν καίγεται ποτέ (σκούρο δέρμα ,μαύρα μαλλιά ,σκούρα μάτια)	Μιγάδες ,νότιο-Αμερικάνοι ,βόρειο-Αφρικάνοι
VI	Μαύρο	Δεν καίγεται ποτέ μαυρίζει πολύ εύκολα	Δεν καίγεται ποτέ (μαύρο δέρμα ,μαύρα καστανά μαλλιά ,μαύρα	Νέγροι

			μάτια)	
--	--	--	---------	--

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΟΤΥΠΩΝ ΚΑΤΑ FITZPATRICK

V. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Ο ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΛΜΟΥ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ

Κατά τη διάρκεια της θεραπείας πρέπει να εφαρμόζουμε τη μέγιστη ανεκτή πυκνότητα ενέργειας (J/cm^2), αλλά και την ανάλογη διάρκεια παλμού. Σε σκούρα δέρματα τύπου III και IV πρέπει να μειώνουμε την ισχύ (Watt) για να μη δημιουργούμε εγκαύματα στην επιδερμίδα.

Για να διατηρήσουμε όμως το απαιτούμενο ποσό ενέργειας (Joules) ώστε να καταστραφούν οι τρίχες χωρίς να δημιουργηθεί έγκαυμα στην επιδερμίδα, πρέπει να αυξήσουμε τη χρονική διάρκεια του παλμού.

Ο χρόνος παλμού παίζει σημαντικό ρόλο. Οι διαφορετικές διάρκειες παλμού εφαρμόζονται για διαφορετικό πάχος τριχών και διαφορετικούς τύπους δέρματος. Ο μικρός χρόνος παλμού (3-10 msec) είναι καλύτερος για τρίχες με μικρή διάμετρο. Μεγάλοι χρόνοι παλμού (π.χ. 40 msec) είναι καλύτεροι για τρίχες με μεγάλη διάμετρο τριχών. Επίσης, ο μεγάλος χρόνος παλμού μειώνει τις ανεπιθύμητες παρενέργειες στην επιδερμίδα. Ο μεγάλος χρόνος παλμού προτιμάται στο σκούρο δέρμα.

VI. ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΛΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Τα άτομα που επιθυμούν να πραγματοποιήσουν αποτρίχωση με laser, πρέπει να γνωρίζουν πλήρως για τους κινδύνους και τα οφέλη της θεραπείας, καθώς επίσης και τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Οι πελάτες πρέπει να γνωρίσουν ότι η αφαίρεση των τριχών με laser προσφέρεται σαν μέθοδο για την καθυστέρηση της ανάπτυξης των τριχών. Μετά από πολλαπλές θεραπείες, οι περιοχές εφαρμογής θα έχουν μειωμένη ανάπτυξη και λεπύτωση των τριχών. Η προσωρινή απώλεια των τριχών είναι δυνατή σε όλα τα άτομα. Η απώλεια των τριχών στα άτομα με ξανθές, κόκκινες, γκρίζες, ή άσπρες τρίχες δεν είναι αποτελεσματική.

Η μακροπρόθεσμη μείωση των τριχών συσχετίζεται έντονα με:

- το χρώμα των τριχών,
- το χρώμα του δέρματος,
- την μεταβαλλόμενη ροή ενέργειας,
- γενετικούς παράγοντες,
- ορμονικούς παράγοντες.

Με τη χρήση χαμηλότερης ποσότητας ενέργειας, που απαιτείται για τους φωτότυπους ΙΙΙ ή μεγαλύτερους κατά Fitzpatrick, το ποσοστό της απώλειας των τριχών μειώνεται και η πλήρης και μόνιμη αφαίρεση των τριχών καθυστερεί.

Έχει παρατηρηθεί ότι η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αποτρίχωσης με laser δεν είναι ίδια σε όλα τα σημεία του σώματος. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε κάποιες περιοχές όπως το μικίνι, τα κάτω άκρα και εν γενεί όπου οι τρίχες είναι πιο χοντρές και το δέρμα πιο λευκό (γεννητική περιοχή). Δύσκολες περιοχές θεωρούνται οι παρειές σε άτομα με ορμονικές δυσλειτουργίες.

Πρέπει να τονιστεί ότι με την αποτρίχωση με laser αντιμετωπίζονται τα ενοχλητικά προβλήματα της ανεπιθύμητης τριχοφυΐας, αλλά ουδέποτε μπορεί να υποσχεθεί κανείς οριστική απαλλαγή. Πάντα υπάρχει η ανάγκη συντήρησης δηλαδή σε μεγάλα χρονικά διαστήματα χρειάζεται κάποια συνεδρία για να αντιμετωπίσει τυχόν θύλακες που έχουν επαναδραστηριοποιηθεί.

Οι κίνδυνοι θεραπείας είναι:

- η δημιουργία πομφών,
- η εξέλκωση,
- ο σχηματισμός ουλών,
- η θυλακίτιδα,
- η τοπική ακμή,
- η υπερμελάνχρωση,
- η υπομελάνχρωση,
- η αύξηση της τριχοφυΐας,
- η φτωχή ανταπόκριση στη θεραπεία.

Πριν από κάθε συνεδρία πρέπει να γίνεται πλήρη ενημέρωση, να λαμβάνεται γραπτή συγκατάθεση του πελάτη για τους κινδύνους θεραπείας με laser.

VII. ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΕΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ LASER

Οι οδηγίες εφαρμογής περιλαμβάνουν αυστηρή αποφυγή του ήλιου για 6 εβδομάδες πριν από κάθε συνεδρία και την καθημερινή χρήση ενός ευρύ - φάσματος αντηλιακού σε όλη τη διάρκεια της θεραπείας. Μια κρέμα λεύκανσης όπως hydroquinone 4% με ή χωρίς το ρετινοϊκό οξύ 0.025% και hydrocortisone 2% μπορεί να συστηθεί για τους ασθενείς με φωτότυπο ΙΙΙ ή μεγαλύτερο κατά Fitzpatrick και για τους ασθενείς που έχουν έρθει σε πρόσφατη επαφή με τον ήλιο. Για να μειώσουμε τις παρενέργειες που έχουν αναφερθεί, μετά την συνεδρία, συνίσταται η χρήση αντηλιακού και κρεμών λεύκανσης. Η μηχανική αφαίρεση της τρίχας, η χρήση κεριού και η ηλεκτρόλυση πρέπει να αποφευχθούν πριν την συνεδρία αποτρίχωσης με laser

διότι η τρίχα χρειάζεται, διότι λειτουργεί σαν χρωμοφόρος στόχος με την μελανίνη της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΟΥΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

I. ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ ΜΕ LASER

- Εγκυμοσύνη
- Λήψη φαρμάκων π.χ. ισοτρετινοΐνη ,συστηματικά ή τοπικά
- Ιστορικό χηλοειδών
- Μέλασμα
- Απλός έρπης
- Φωτοευαισθησία
- Αλλεργία στο κρύο (ψυκτικό αναισθητικό μηχανήμα)

II. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΥΡΙΣΜΕΝΟ ΔΕΡΜΑ

Η απουσία ή η παρουσία μαυρίσματος πρέπει να σημειωθεί. Εάν ένα ενεργό μαύρισμα είναι παρόν ή υπάρχει πρόσφατη έκθεση στον ήλιο, η εφαρμογή με laser πρέπει να αναβληθεί μέχρι 6 εβδομάδες, ανάλογα με το βαθμό μαυρίσματος, για να επιτρέψει στο μαυρισμένο δέρμα να επανέλθει στο αρχικό του χρώμα ,έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες παρενεργειών. Τα άτομα καθοδηγούνται για να αποφύγουν την υπερβολική έκθεση στον ήλιο για έναν μήνα πριν και κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της θεραπείας.

III. ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER ΚΑΙ ΣΠΙΛΟΙ

Η τεκμηρίωση των υπαρχόντων δυσπλαστικών σπύλων και των ουλών μέσα στις περιοχές εφαρμογής είναι κρίσιμη. Δεν πρέπει να υπάρξει επαφή της ακτίνας του laser με τους σπύλους που ίσως υπάρχουν. Τα άτομα με πολυάριθμες δυσχρωμίες όπως ηλιακή φακί, μέλασμα, λεύκη, λειχήνας, πρέπει να γνωρίζουν ότι η αποτρίχωση με laser μπορεί να καταστήσει μόνιμες τις ήδη υπάρχουσες βλάβες .

Οι σπύλοι επιβάλλεται να αποφεύγονται ή εάν δεν είναι εφικτό να καλύπτονται με λευκό αυτοκόλλητο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER Η ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ LASERS ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

Τα lasers μπορούν να:

- Προσφέρουν γρήγορη και μακροχρόνια αποτρίχωση
- προκαλέσουν μόνιμα αποτελέσματα(πλήρη αποτρίχωση)
- αντιμετωπίσουν μεγάλες περιοχές του σώματος με μεγαλύτερη ταχύτητα, σε σχέση με την μέθοδο της ηλεκτρόλυσης
- έχουν ασφάλεια ως προς τον κίνδυνο μετάδοσης μεταδοτικών νοσημάτων μέσω του αίματος
- μην είναι τόσο δυσάρεστα σε σχέση με την ηλεκτρόλυση(αν και αυτό είναι υποκειμενικό)
- μετατρέψουν τις σκούρες και παχιές τρίχες σε λεπτές και ανοιχτόχρωμες .

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ LASER ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

Τα lasers έχουν:

- υψηλό κόστος(απαιτούνται κατά μέσο όρο 5-7 συνεδρίες)
- αμφιβόλου αποτελεσματικότητα μακροπρόθεσμα
- αναποτελεσματικότητα για λεπτές και ανοιχτόχρωμες τρίχες , όπως η ξανθές, κόκκινες, γκριζες και λευκές τρίχες
- αναποτελεσματικότητα για τα σκούρα δέρματα
- κίνδυνο ως προς τον χειριστή και τον ασθενή, αν δεν εφαρμοστεί σωστά η μέθοδος , για τα μάτια (χρήση προστατευτικών γυαλιών).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ ΜΕ LASER-ΤΕΧΝΙΚΕΣ

ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ LASERS

6 εβδομάδες πριν την θεραπεία με lasers

Η επιστημονική έρευνα έχει αναδείξει μεγαλύτερη απώλεια των τριχών σε ξυρισμένες επιφάνειες, όχι αποτριχωμένων περιοχών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η απορρόφηση του φωτός από τη μελανίνη των τριχών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Άτομα που επιδιώκουν καλύτερα αποτελέσματα θα πρέπει να αποφεύγουν την αποτρίχωση με λαβίδα, με κερί ή με ηλεκτρόλυση. Το ξύρισμα και οι αποτριχωτικές κρέμες δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα αφαίρεσης των τριχών με laser.

Η χρήση ενός αντηλιακού ευρέως φάσματος συνιστάται. Διακοπή της προγραμματισμένης θεραπείας πρέπει να μην πραγματοποιείται αν η περιοχή που ασκούμε αποτρίχωση είναι εκτεθειμένη στον ήλιο. Μια κρέμα λεύκανσης, όπως η υδροκινόνη 3%, ρετινοϊκό οξύ 0,025% και υδροκορτιζόνη 2%, μπορεί να συνταγογραφείται σε άτομα με πιο σκούρο τύπο δέρματος ή σε άτομα που έχουν εκτεθεί πρόσφατα στην ηλιακή ακτινοβολία.

1 ημέρα προ της θεραπείας με lasers

Ο πελάτης καλείται να ξυρίσει την περιοχή στην οποία θα πραγματοποιηθεί η αποτρίχωση. Εάν ο πελάτης δεν δύναται να ξυριστεί, μπορεί να χρησιμοποιήσει μια αποτριχωτική κρέμα. Σε άρνηση του ατόμου να ξυριστεί μπορεί να γίνει χρήση κουρευτικής μηχανής.

Ημέρα της θεραπείας με lasers

Κατά την ημέρα της αποτρίχωσης με laser, πρέπει να γίνεται η ενημέρωση του ατόμου για αφαίρεση όλων των απαραίτητων ειδών ένδυσης, καθώς επίσης και την αποφυγή ενδυμάτων χρώματος μαύρου. Θα πρέπει να έχουν ληφθεί φωτογραφίες από τις περιοχές που θα πραγματοποιηθεί αποτρίχωση. Κατόπιν θα πρέπει να έχει γίνει απομάκρυνση του τριχικού στελέχους, με την διαδικασία του ξυρίσματος, εάν δεν έχει πραγματοποιηθεί την προηγούμενη μέρα. Ασφαλώς θα πρέπει να γίνει καθαρισμός της περιοχής αποτρίχωσης έτσι ώστε να είναι ελεύθερη από διάφορα προϊόντα όπως λοσιόν, αποσμητικά, αρώματα και καλλυντικά. Χρειάζεται σχολαστική αφαίρεση του make-up.

Εάν χρειαστεί, 1-2 ώρες πριν την προγραμματισμένη θεραπεία με laser, μπορεί να εφαρμοστεί ένα παχύ στρώμα από αναισθητική κρέμα (emla , ELA- MAX , Toricaine) στην περιοχή αποτρίχωσης (βοηθάει στην πιο ανώδυνη χρήση της

θεραπείας). Αν το ξύρισμα γίνεται την ημέρα της θεραπείας, θα πρέπει να προηγείται της εφαρμογής της τοπικής αναισθησίας.

Το επόμενο βήμα είναι η οριοθέτηση της περιοχής αποτρίχωσης με την βοήθεια άσπρου μολυβιού, έτσι ώστε να είναι ορατή η περιοχή αποτρίχωσης με τα γυαλιά και να μην αποτελεί στόχο για την ακτίνα.

Πρέπει να γίνεται ο καθορισμός του φωτότυπου του δέρματος και να γίνονται οι ρυθμίσεις της συσκευής αποτρίχωσης, σύμφωνα με τον φωτότυπο του ατόμου και το βαθμό χρώσης, το πάχος και την πυκνότητα των προς απομάκρυνση τριχών.

Πρέπει να γίνεται ψύξη του δέρματος πριν την εφαρμογή lasers αποτρίχωσης έτσι ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος εγκαυμάτων και άλλων ανεπιθύμητων παρενεργειών. Τα προστατευτικά γυαλιά είναι απαραίτητα τόσο στον πελάτη, όσο και στον χειριστή(προστασία κερατοειδούς).

Από την πρώτη μέρα που θα πραγματοποιηθεί η θεραπεία, θα πρέπει να γίνεται λεπτομερής καταγραφή σε καρτέλα των παρακάτω δεδομένων:

- η ημερομηνία της θεραπείας
- η θεραπευόμενη περιοχή
- η ροή ενέργειας
- το πλάτος παλμού
- το μέγεθος των spot
- και διάφορα σχόλια

Καρτέλα ασθενών						
ΗΜΕΡΟΜΗ- ΝΙΑ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ LASER	ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΠΛΑΤΟΣ ΠΑΛΜΟΥ	ΜΕΓΕΘΟΣ SPOT	ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΣΧΟΛΙΑ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ

Η διαδικασία αυτή της αποτρίχωσης είναι παρόμοια με οποιαδήποτε από τις συσκευές που περιγράφηκαν προηγουμένως. Η αναισθητική κρέμα, το make –up και η κρέμα σώματος πρέπει να αφαιρεθεί από το σημείο στο οποίο θα γίνει η θεραπεία. Στις λιγότερο ευαίσθητες περιοχές όπως η πλάτη, τα πόδια, τα χέρια μπορεί να μην χρησιμοποιείται τοπική αναισθησία.

Ένα πλέγμα σχεδιασμένο με άσπρο μολύβι πρέπει να εφαρμοστεί στον πελάτη, για να παρέχει στον χειριστή ευκολία εφαρμογής laser αποτρίχωσης. Το πλέγμα αυτό βοηθάει στο να υπάρχουν κατευθυντήριες γραμμές. Η έλλειψη πλέγματος θέλει ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή της διπλής θεραπείας στην ίδια περιοχή. Η ορατότητα στην περιοχή αποτρίχωσης μπορεί να αυξηθεί με το σύστημα Sygis Vizualisation(πολωμένος προβολέας με μεγεθυντικό φακό).

Οι ιδανικοί παράμετροι της θεραπείας πρέπει να εξατομικεύονται για κάθε άτομο. Εάν χρειαστούν να γίνουν δοκιμαστικοί παλμοί, θα πρέπει να γίνουν σε σημείο που δεν θα είναι ορατό. Η ροή ενέργειας του laser πρέπει να αυξηθεί προσεκτικά, για να μην υπάρξουν στο δέρμα επιδερμικές αλλοιώσεις, όπως έγκαυμα, λεύκανση, φλύκταινες και επιδερμόλυση(σημείο Nikolsky). Για να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο μέγεθος spot με την υψηλότερη ανεκτή ροή ενέργειας.

Διαδικασία μετά το πέρας της εφαρμογής laser αποτρίχωσης

Χρησιμοποιούνται παγοκύστες για την μείωση του άλγους και την ελαχιστοποίηση του οιδήματος μετά το πέρας της laser αποτρίχωσης. Αναλγητικά χρησιμοποιούμε μόνο όταν υπάρχουν εκτεταμένες περιοχές εφαρμογής laser αποτρίχωσης. Τοπικές αλοιφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αν αναφέρονται τυχόν τοπικές καταστροφές επιδερμικών αλλοιώσεων. Ήπια τοπικά στεροειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί το οίδημα και το ερύθημα μετά τη θεραπεία. Κάθε τραύμα όπως εκδορά ή ξύσιμο στην ερεθισμένη περιοχή θα πρέπει να αποφεύγεται. Το make-up μπορεί να εφαρμοστεί από την επόμενη ημέρα της θεραπείας. Κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας κυρίως αλλά και μετέπειτα, πρέπει να αποφεύγεται η άμεση έκθεση στον ήλιο(χρήση αντηλιακού).

Η απόπτωση των κατεστραμμένων τριχών, γίνεται κατά τη διάρκεια των πρώτων εβδομάδων μετά τη θεραπεία. Χωρίς παρέμβαση λόγω της φυσικής απολέπισης της επιδερμίδας, αποπίπτουν οι τρίχες μέσα σε δύο με τρεις εβδομάδες. Σε αυτή την περίοδο οι τρίχες δίνουν την εντύπωση ότι αναπτύσσονται ενώ ανέρχονται από το θύλακο τους με την διαδικασία της ανανέωσης της επιδερμίδας. Παρουσιάζονται εκτεταμένες περιόδους με απουσία τριχών και με σταδιακή μείωση που έχει σχέση με την ποσότητα και την διάμετρο των τριχών. Μετά τις συνεδρίες μπορεί να παρατηρηθεί απουσία τριχών για χρονικά διαστήματα μεταξύ των συνεδριών με συνεχή τάση επιμήκυνσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Η αποτρίχωση με Laser δεν είναι μια ανώδυνη διαδικασία. Τα περισσότερα άτομα παρουσιάζουν κάποια ενόχληση κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά τη θεραπεία .Η τοπική αναισθησία μπορεί να χρησιμοποιηθεί πριν από τη θεραπεία για τη μείωση των εν λόγω επιπτώσεων.

- Περιθυλακικό ερύθημα και οίδημα αναμένεται σε πολλά άτομα που έλαβαν θεραπεία με υψηλή συχνότητα Laser.Η ένταση και η διάρκεια παλμού εξαρτώνται από το χρώμα και την πυκνότητα των τριχών.Αυτό συνήθως διαρκεί λίγες ώρες.Η επιδερμική ζημία δημιουργείται αν χρησιμοποιηθεί υπερβολικά υψηλή ροή ενέργειας.Επίσης, το φαινόμενο της επιδερμικής αλλοίωσης είναι πιο συχνό σε άτομα που έχουν έρθει σε επαφή με τον ήλιο
- Η δημιουργία απλού έρπη είναι σπάνια,αλλά μπορεί να συμβεί.Βέβαια μεγαλύτερος κίνδυνος για εμφάνιση έρπη είναι το ιστορικό απλού έρπητα.Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι περιοχές που είναι πιο επιρρεπείς στον πόνο όπως η περιστοματική περιοχή και η ηβική περιοχή ,έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο για εμφάνιση απλού έρπη.
- Ο κίνδυνος της βακτηριακής μόλυνσης είναι εξαιρετικά χαμηλός. Ωστόσο, μπορεί να εμφανιστεί μετά από επιδερμική αλλοίωση .
- Θυλακίτιδα μπορεί να εμφανιστεί στις περιοχές που έγινε αποτρίχωση λόγω υπερβολικής εφίδρωσης και έντονης άσκησης.Ένας επιπλέον κίνδυνος για θυλακίτιδα προέρχεται από το κολύμπι, ή από καυτό μπάνιο μετά από θεραπείες αποτρίχωσης.
- Οι ουλές είναι σπάνιες, εκτός από περιπτώσεις με επιθετικές θεραπείες ή μεταεπεμβατικές λοιμώξεις .
- Προσωρινή ή οριστική εμφάνιση λευκών τριχών μπορεί να παρατηρηθεί μετά την αποτρίχωση με laser ή με το IPL. Ωστόσο, αυτή η δυνητική παρενέργεια δεν είναι καλά τεκμηριωμένη και μπορεί να καταστρέψει όλες τις σκούρες τρίχες, αφήνοντας μόνο τις λευκές τρίχες, σε μια περιοχή με μικτό χρώμα τριχών.
- Μετά από θεραπεία με laser μπορεί να παρατηρηθεί μετατροπή του χνοώδους τριχώματος σε σκούρες χοντρές τελικές τρίχες καθώς επίσης και ανάπτυξη μεγάλων τελικών τριχών στις γειτονικές περιοχές από την περιοχή που αποτριχώθηκε.Περαιτέρω μελέτη βρίσκεται σε εξέλιξη για την αξιολόγηση αυτών των μηχανισμών για να δώσει τελικές απαντήσεις.Λόγο αυτών των παρενεργειών,η θεραπεία θα πρέπει να συνεχιστεί έτσι ώστε οι μεγάλες τελικές χοντρές τρίχες να αποτριχωθούν.
- Παροδικές μελαγχρωματικές αλλοιώσεις όπως υποχρωμία ή υπέρχρωση ,μπορούν να αποφευχθούν εάν η ροή ενέργειας είναι κατάλληλη για κάθε άτομο.Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε άτομα με σκούρους τύπους δέρματος ή σε άτομα που έχουν έρθει πρόσφατα σε επαφή με τον ήλιο

.Μόνιμη μελαγχρωματική αλλοίωση είναι απίθανο να υπάρξει, εκτός από τα άτομα με σκούρο δέρμα .



Είκοσι τέσσερις ώρες μετά την θεραπεία	Σαράντα οχτώ ώρες μετά τη θεραπεία
--	------------------------------------

- Τα συστήματα lasers μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στον αμφιβληστροειδή και πρέπει να υπάρχει κατάλληλη προστασία των ματιών. Πρέπει να φοριούνται γυαλιά από τον ασθενή και τον χειριστή που λειτουργεί το laser. Πρέπει να αποφεύγεται η θεραπεία κοντά στην επιφάνεια του οφθαλμού. Όλες οι άλλες περιοχές του σώματος μπορεί να αντιμετωπιστούν με ασφάλεια.
- Ο καπνός που δημιουργείται από την εξάτμιση των τριχών έχει μια χαρακτηριστική οσμή και σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να είναι ερεθιστικός για το αναπνευστικό σύστημα. Πάνω από το σύστημα του laser θα πρέπει να υπάρχει εξαερισμός για αποφυγή τυχόν προβλημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ LASER

Οι κίνδυνοι από τα laser μπορούν να χωριστούν γενικά σε δύο κατηγορίες:σε αυτούς που προέρχονται από την ακτινοβολία και σε αυτούς που δεν προέρχονται από αυτήν, όπως είναι οι ηλεκτρικοί και οι χημικοί κίνδυνοι.

Αναφερόμαστε στη συνέχεια σε:

- βλάβες στα μάτια
- βλάβες στο δέρμα
- όρια έκθεσης

Τα laser που χρησιμοποιούνται λανθασμένα μπορεί ενδεχομένως να γίνουν επικίνδυνα.Οι επιπτώσεις ποικίλουν από τα ελαφρά δερματικά εγκαύματα μέχρι μη αναστρέψιμους τραυματισμούς στο δέρμα και στα μάτια.Η βιολογική βλάβη που προκαλείται από τα laser παράγεται με τους ίδιους μηχανισμούς όπως και το επιθυμητό θεραπευτικό αποτέλεσμα, δηλαδή μέσα από φωτοθερμικές, φωτομηχανικές και φωτοχημικές διαδικασίες.

Οι θερμικές επιπτώσεις οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας που ακολουθεί την απορρόφηση της ενέργειας του laser. Η σοβαρότητα της βλάβης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της διάρκειας της έκθεσης στην ακτινοβολία, του μήκους κύματος της δέσμης, της ενέργειάς της καθώς επίσης και στην περιοχή και το είδος του ιστού που εκτίθεται στη δέσμη.

Οι ακουστικές - μηχανικές επιπτώσεις απορρέουν από ένα έντονο μηχανικό κύμα το οποίο διερχόμενο μέσα από τον ιστό, τελικά τον καταστρέφει.

Η έκθεση στη δέσμη μπορεί επίσης, να προκαλέσει φωτοχημικές επιδράσεις όταν φωτόνια αλληλεπιδρούν με κύτταρα των ιστών. Μια αλλαγή στη χημεία των κυττάρων μπορεί να καταλήξει σε καταστροφή ή αλλαγή του ιστού. Οι φωτοχημικές επιπτώσεις εξαρτώνται κυρίως από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.Συνοψίζονται οι πιθανές βιολογικές επιπτώσεις της έκθεσης των ματιών και του δέρματος σε διάφορα μήκη κύματος. Η έκθεση στη δέσμη ενός laser δεν περιορίζεται μόνο στην απευθείας έκθεση. Ιδιαίτερα για laser με υψηλή ισχύ, η έκθεση σε δέσμες προερχόμενες από ανάκλαση μπορεί απλά να είναι τόσο επιζήμια όσο και η απευθείας έκθεση.

Ενδοδέσμια έκθεση σημαίνει ότι το μάτι ή επιδερμίδα εκτίθεται απευθείας σε ολόκληρη ή σε μέρος της δέσμης. Το μάτι ή επιδερμίδα τότε, εκτίθεται πιθανότατα σε όλη την ισχύ της ακτινοβολίας.

Οι **κατοπτρικές ανακλάσεις** από κατοπτρικές επιφάνειες μπορεί να είναι σχεδόν τόσο επιζήμιες, όσο η έκθεση σε απευθείας δέσμη, ιδιαίτερα αν η επιφάνεια είναι επίπεδη. Κυρτές κατοπτρικές επιφάνειες διευρύνουν τη δέσμη έτσι ώστε, ενώ το εκτιθέμενο μάτι ή δέρμα δεν απορροφά όλη την ισχύ της δέσμης, υπάρχει μεγαλύτερη περιοχή για πιθανή έκθεση.

Μια σκεδάζουσα επιφάνεια είναι μια επιφάνεια η οποία ανακλά τη δέσμη του laser σε πολλές κατευθύνσεις. Οι κατοπτρικές επιφάνειες που δεν είναι εντελώς επίπεδες όπως τα κοσμήματα ή τα μεταλλικά εργαλεία, μπορεί να προκαλέσουν διάχυτες ανακλάσεις της δέσμης (σκεδάση της ακτινοβολίας). Αυτές οι ανακλάσεις δεν μεταφέρουν την πλήρη ισχύ ή ενέργεια της αρχικής δέσμης, αλλά μπορούν ακόμα να είναι επιζήμιες ιδιαίτερα για laser με υψηλή ισχύ. Τέτοιες ανακλάσεις από laser της τάξης 4 είναι ικανές να ξεκινήσουν ανάφλεξη ή/και πυρκαγιά.

Το αν μια επιφάνεια ανακλά κατοπτρικά ή διάχυτα μια δέσμη εξαρτάται από το μήκος κύματος της δέσμης, σε συνδυασμό με τις οπτικές ιδιότητες της επιφάνειας. Μια επιφάνεια η οποία είναι μη ιδανικός ανακλαστής για ένα laser του ορατού, μπορεί για παράδειγμα να είναι κατοπτρικός ανακλαστής για μια δέσμη στο υπέρυθρο.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΟΦΘΑΛΜΟΥΣ

Ο κύριος και ίσως ο πλέον σημαντικός κίνδυνος από την ακτινοβολία laser είναι οι βλάβες από τη δέσμη όταν εισέρχεται στον οφθαλμό. Ο οφθαλμός είναι το πιο ευαίσθητο όργανο του ανθρώπου στο φως. Όπως ακριβώς ένας μεγεθυντικός φακός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συγκεντρωθεί το φως του ήλιου και να καεί ένα κομμάτι από ξύλο, έτσι και οι φακοί στο ανθρώπινο οφθαλμό συγκεντρώνουν τη δέσμη του laser σε μία μικροσκοπική κηλίδα που μπορεί να κάψει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού. Μια δέσμη με μικρή απόκλιση καθώς μπαίνει στον οφθαλμό μπορεί να εστιαστεί σε μια κηλίδα διαμέτρου 10-20μm. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, η πυκνότητα ενέργειας (που ορίζεται ως η ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας) της δέσμης του laser αυξάνεται όσο το μέγεθος της κηλίδας μειώνεται. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια της δέσμης μπορεί να μεγαλώσει μέχρι και 100.000 φορές. Εάν η πυκνότητα ισχύος της δέσμης, όταν εισέρχεται στον οφθαλμό είναι $1\text{mW}/\text{cm}^2$, η εστιασμένη ακτινοβολία στον αμφιβληστροειδή χιτώνα θα είναι $100\text{W}/\text{cm}^2$. Έτσι, ακόμα και ένα χαμηλής ισχύος laser της τάξης των mW μπορεί να προκαλέσει έγκαυμα αν εστιαστεί απευθείας πάνω στον αμφιβληστροειδή. Γι' αυτό ποτέ δεν πρέπει να στρέφουμε ένα laser στο μάτι κάποιου, άσχετα από το πόσο χαμηλή είναι η ισχύς του.

Φαίνεται λοιπόν ότι οι νόμοι της θερμοδυναμικής διαφοροποιούνται στην περίπτωση των laser. Για παράδειγμα, ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής λέει ότι η θερμοκρασία μιας επιφάνειας που θερμαίνεται από μια δέσμη από θερμική πηγή ακτινοβολίας δεν μπορεί να ξεπεράσει τη θερμοκρασία της πηγής της δέσμης. Το laser είναι μια μη θερμική πηγή όμως και μπορεί να δημιουργήσει θερμοκρασίες κατά πολύ μεγαλύτερες από τη δική του. Ένα laser 30mW που χρησιμοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου είναι ικανό να παράγει αρκετή ενέργεια (όταν εστιασθεί) ώστε να κάψει ένα κομμάτι χαρτί.

Η βλάβη στον οφθαλμό εξαρτάται και από το μήκος κύματος της δέσμης

Ο κερατοειδής χιτώνας (cornea) είναι το διαφανές στρώμα ιστού που καλύπτει το μάτι. Μια βλάβη στο εξωτερικό τμήμα του κερατοειδή μπορεί να είναι απλά ενοχλητική ή και οδυνηρή, αλλά επούλωνεται συνήθως σύντομα. Βλάβη στα εσωτερικά του τμήματα μπορεί όμως να προκαλέσει μόνιμο τραυματισμό.

Ο κρυσταλλοειδής φακός (lens) εστιάζει το φως έτσι ώστε να σχηματιστούν εικόνες πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (retina).

Το μέρος του οφθαλμού που παρέχει την πιο έντονη όραση είναι η ωχρά κηλίδα στο κέντρο του αμφιβληστροειδή (fovea ή macula lutea). Είναι μια σχετικά μικρή περιοχή του αμφιβληστροειδή, περίπου 3-4% της επιφάνειάς του, που παρέχει την πιο λεπτομερή και έντονη όραση καθώς και την αντίληψη των χρωμάτων.

Αν ένα έγκαυμα από laser συμβεί στην ωχρά κηλίδα, η όραση μπορεί να χαθεί στη στιγμή. Αν το έγκαυμα συμβεί στην περιφερική περιοχή του αμφιβληστροειδή, μπορεί να έχει μικρή ή και μηδενική επίπτωση στην όραση. Επαναλαμβανόμενα όμως εγκαύματα στον αμφιβληστροειδή μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και στην τύφλωση.

Ευτυχώς, ο οφθαλμός έχει ένα μηχανισμό αυτοάμυνας, το ανοιγοκλείσιμο των βλεφάρων ή την αποστροφή του κεφαλιού προς άλλη κατεύθυνση. Όταν φτάσει στον οφθαλμό έντονο φως, αυτό τείνει να κλείσει πολύ γρήγορα ή να απομακρυνθεί από την πηγή του φωτός μέσα σε ένα τέταρτο του δευτερολέπτου. Κάτι τέτοιο μπορεί να προστατέψει τον οφθαλμό όσον αφορά την ακτινοβολία από laser χαμηλής ισχύος, αλλά

δεν μπορεί να βοηθήσει στην περίπτωση των laser μεγάλης ισχύος. Σε αυτά, η βλάβη μπορεί να προκληθεί σε χρόνο μικρότερο από το ένα τέταρτο του δευτερολέπτου.

Τα συμπτώματα ενός εγκαύματος στον οφθαλμό, περιλαμβάνουν συνήθως πονοκέφαλο λίγο μετά από την έκθεση στην ακτινοβολία, υπερβολικό δάκρυσμα και ξαφνική εμφάνιση στροβιλιζόμενων κύκλων. Αυτοί προκαλούνται από νεκρά κύτταρα ιστών τα οποία αποσυνδέονται από τον αμφιβληστροειδή και τον χοριοειδή χιτώνα και επιπλέουν στο υαλώδες υγρό. Το έγκαυμα στον κερατοειδή προκαλεί ένα αίσθημα σαν ύπαρξη άμμου στο μάτι.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό του τραύματος στο μάτι από ακτινοβολία laser.

- **Το μέγεθος της κόρης του οφθαλμού (pupil)** .
- **Ο βαθμός του χρωματισμού**. Περισσότερος χρωματισμός (μεγαλύτερη συγκέντρωση μελανίνης) οδηγεί σε μεγαλύτερη απορρόφηση θερμότητας.
- **Το μέγεθος της αμφιβληστροειδικής εικόνας**. Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος, τόσο μεγαλύτερη και η βλάβη.
- **Η διάρκεια του παλμού**. Όσο μικρότερος ο χρόνος (ns σε σχέση με ms), τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα για τραυματισμό.
- **Ο ρυθμός επαναληπτικότητας των παλμών**. Όσο γρηγορότερος ο ρυθμός, τόσο μικρότερη η πιθανότητα για απώλεια της θερμότητας και θερμική αποκατάσταση των ιστών.
- **Το μήκος κύματος**. Καθορίζει το που εναποτίθεται η ενέργεια και σε τι ποσοστό διαπερνάει τα οπτικά μέσα.

Ας σημειωθεί ότι η περιοχή μηκών κύματος του ορατού σύμφωνα με την διεθνή επιτροπή CIE ορίζεται από τα 380 nm στα 780 nm (και η UV-A μέχρι τα 380 nm, ενώ αντίστοιχα η IR-A ξεκινά από τα 780 nm). Στην ασφάλεια από τα laser, η "ορατή" περιοχή μηκών κύματος, με την έννοια ότι ένα λαμπρό ορατό ερέθισμα θα προκαλέσει προστατευτικά ανακλαστικά (π.χ. κλείσιμο του ματιού), ορίζεται ως η περιοχή μηκών κύματος μεταξύ 400 nm και 700 nm.

Τα laser στο ορατό και κοντά στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος έχουν τη μεγαλύτερη δυνατότητα να τραυματίσουν τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, καθώς ο κερατοειδής και ο κρυσταλλοειδής φακός είναι διαπερατοί σε αυτά τα μήκη κύματος και ο φακός μπορεί να εστιάσει την ενέργεια της δέσμης πάνω στον αμφιβληστροειδή. Η μέγιστη απορρόφηση ενέργειας στον αμφιβληστροειδή συμβαίνει στην περιοχή 400-550nm. Τα laser Nd-YAG εκπέμπουν σε αυτή την περιοχή, κάτι το οποίο τα καθιστά πολύ επικίνδυνα για βλάβη στον αμφιβληστροειδή. Μήκη κύματος μικρότερα από 550nm μπορεί να προκαλέσουν φωτοχημικό τραυματισμό παρόμοιο με το έγκαυμα του ήλιου. Οι φωτοχημικές επιπτώσεις είναι αθροιστικές και προκαλούνται από διαρκείς εκθέσεις (πάνω από 10s) σε διασκορπισμένη δέσμη.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΕΡΜΑ

Τα laser μπορεί να βλάψουν το δέρμα διαμέσου φωτοχημικών φαινομένων ή θερμικών εγκαυμάτων. Ανάλογα με το μήκος κύματος, η φωτεινή δέσμη μπορεί να διαπεράσει και να διεισδύσει στην επιδερμίδα ή στο μεσοδερμικό στρώμα. Το μακρύ και το μέσο υπεριώδες (UV) απορροφούνται από την επιδερμίδα. Ένα έγκαυμα όπως αυτά από τον ήλιο μπορεί να προκληθεί από μικρή έκθεση σε δέσμη laser. Η βλάβη στο δέρμα εξαρτάται και από το χρώμα του και τον τύπο του δέρματος. Γενικά τα θερμικά εγκαύματα είναι πιο σημαντικά στα laser συνεχούς λειτουργίας.

Κάποιοι άνθρωποι είναι περισσότερο ευαίσθητοι στο φως όπως αυτοί που παίρνουν φάρμακα τα οποία προκαλούν φωτοευαισθησία. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στις επιπτώσεις αυτών των φαρμάκων, στα οποία περιλαμβάνονται κάποια αντιβιοτικά, μυκητοκτόνα, τα οποία λαμβάνουν άτομα που εργάζονται κοντά σε laser.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ LASER:

Με σκοπό να εξασφαλιστεί μια κοινή βάση για τις απαιτήσεις και τα πρότυπα ασφαλείας στα laser, έχει γίνει προσπάθεια ώστε όλα τα laser (ιατρικά, βιομηχανικά κ.ά.) να μπορούν να ταξινομηθούν σε κάποια ορισμένη κατηγορία ή κλάση ή τάξη. Για να ταξινομηθεί ένα laser πρέπει να είναι γνωστά το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπει, η ισχύς του και η διάρκεια της έκθεσης στην ακτινοβολία. Σημασία έχει το μέγιστο επίπεδο ακτινοβολίας που μπορεί να εκπέμψει το laser κατά τη διάρκεια χρήσης του σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μετά την κατασκευή του. Κάθε τάξη έχει ένα σύνολο από μέτρα ασφαλούς χρήσης, τα οποία οι κατασκευαστές και οι χειριστές πρέπει να τηρούν αυστηρά. Σε κάθε laser ή αντίστοιχο σύστημα πρέπει να επισυνάπτονται σχετικές ετικέτες που αναφέρουν την τάξη καθώς επίσης και στοιχεία επικινδυνότητας για τη συγκεκριμένη συσκευή. Η κατανόηση της διαδικασίας ταξινόμησης των laser αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση σχετικά με την ασφάλειά τους. Αυτές οι τάξεις αναφέρονται στα διάφορα πρότυπα ασφαλείας των διαφόρων χωρών. Η ταξινόμηση των lasers παρέχεται επίσης από τον κατασκευαστή.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ LASER

(α) Τάξη I

Η τάξη I περιλαμβάνει συσκευές που δεν εκπέμπουν επιζήμια για τους οφθαλμούς επίπεδα ακτινοβολίας και, επομένως, τα laser που ανήκουν σε αυτήν εξαιρούνται πρακτικά από μέτρα ασφαλείας. Παρόλα αυτά, καλό είναι η άσκοπη έκθεση σε αυτά να αποφεύγεται, αν και σε γενικές γραμμές είναι ασφαλή κάτω από λογική και προβλέψιμη χρήση. Το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο έκθεσης σε δέσμη της τάξης αυτής είναι 0,98mW. Εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται τα laser της τάξης αυτής είναι τα compact disc (CD) player, οι εκτυπωτές laser και τα CD ROM players.

(β) Τάξη II

Τα laser της δεύτερης τάξης εκπέμπουν ακτινοβολία στην ορατή περιοχή και έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν βλάβη στα μάτια μέσα από χρόνια έκθεση. Γενικά, ο ανθρώπινος οφθαλμός ανοιγοκλείνει μέσα σε 0,25s όταν εκτεθεί σε τέτοιου είδους laser. Αυτή η αντίδραση παρέχει ικανοποιητική προστασία. Ωστόσο, είναι δυνατό, να ξεπεραστεί αυτό το ανοιγοκλείσιμο των βλεφάρων και να κοιτάξει κανείς την ακτινοβολία από το laser για χρονικό διάστημα αρκετό να προκαλέσει βλάβη στο μάτι. Η μέγιστη εξερχόμενη ισχύς είναι 1mW και το μήκος κύματος 400-700nm. Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες προφυλάξεις για τυχαία έκθεση, εκτός από την οφειλόμενη προσοχή στη σκόπευση της δέσμης και στο να μην τη δει κανείς απευθείας.

(γ) Τάξη IIa

Τα laser αυτής της τάξης προορίζονται για ειδικούς σκοπούς και δεν κρίνεται σκόπιμη η παρατεταμένη επαφή με τα μάτια. Η ισχύς τους είναι μικρότερη από 1mW. Προκαλούν βλάβη σε επαφή με τα μάτια για 1s και οι περισσότεροι αναγνώστες bar-code ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

(δ) Τάξη IIIα

Στην τάξη αυτή, τα laser είναι γενικά ακίνδυνα όταν τα κοιτάζουμε στιγμιαία με γυμνό μάτι, αλλά θέτουν μεγάλο κίνδυνο για τα μάτια όταν κοιταχθούν μέσα από οπτικά όργανα όπως μικροσκόπια και κιάλια. Ισχύουν περίπου τα ίδια με τα της τάξης II αλλά τα laser της τάξης IIIα είναι συνεχούς λειτουργίας, έχουν μέγιστη ισχύ εξόδου 5mW και ακτινοβολία μικρότερη από 25Wm^{-2} , ενώ εκπέμπουν και αυτά στο ορατό. Πάνω από τα 4μm συμπεριφέρονται όπως η τάξη I και χρησιμοποιούνται κυρίως σε χειρουργικές διατάξεις και σε στυλοδείκτες (pointer pens).

(ε) Τάξη IIIβ

Η ακτινοβολία των laser της τάξης IIIβ μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό σε απευθείας επαφή με το ανθρώπινο μάτι ή από κατοπτρική ανάκλαση. Αντίθετα, η επαφή με διάχυτα ανακλώμενη σε αντικείμενα ακτινοβολία είναι γενικά ασφαλής, υπό την προϋπόθεση η απόσταση του ματιού από την ανακλώμενη επιφάνεια να είναι μεγαλύτερη από 13cm και η διάρκεια της έκθεσης να είναι μικρότερη από 10s. Τα laser αυτά δίνουν ισχύ 0.5W και μπορεί να εκπέμπουν στο ορατό ή στο μη-ορατό (μήκη κύματος μεγαλύτερα από 315 nm). Παράδειγμα αποτελούν τα laser He-Ne που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα ερευνητικά εργαστήρια, καθώς και ορισμένα laser ημιαγωγών για εφαρμογές στη φυσιοθεραπεία.

(στ) Τάξη IV

Η τάξη αυτή συμπεριλαμβάνει όλα τα laser με ισχύ πάνω από 500mW σε συνεχή λειτουργία. Θέτουν κινδύνους για τραυματισμούς στα μάτια και στο δέρμα καθώς και κίνδυνο ανάφλεξης εύφλεκτων υλικών. Το κοίταγμα της δέσμης, ακόμη και ύστερα από διάχυτη ανάκλαση, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό στα μάτια και στο δέρμα. Όλα τα μέτρα ασφαλείας για αυτήν την τάξη πρέπει να τηρούνται πολύ αυστηρά.

(ζ) Τάξη 1M (IEC μόνο)

Στην τάξη αυτή ανήκουν προϊόντα laser τα οποία είναι ασφαλή για το γυμνό μάτι χωρίς προσθήκη οπτικών στοιχείων. Μία ετικέτα πάνω τους θα έλεγε χαρακτηριστικά: “μην κοιτάζετε απευθείας μέσα από μεγεθυντικούς φακούς ή μικροσκόπια” για μια αποκλίνουσα δέσμη και “μην κοιτάζετε απευθείας μέσα από κιάλια ή μικροσκόπια” για ευθυγραμμισμένη δέσμη. Εκπέμπουν σε μήκος κύματος 302nm-4μm.

(η) Τάξη 2M (IEC μόνο)

Η τάξη αυτή περιορίζεται σε laser με μήκος κύματος 302nm -4μm τα οποία είναι ασφαλή στην επαφή με το γυμνό μάτι για 0,25s. Δεν είναι ασφαλή κάτω από ορισμένες συνθήκες όρασης με οπτικά βοηθήματα.

Όπως είπαμε παραπάνω, κάθε laser, ανάλογα με την τάξη που ανήκει, πρέπει να σημαίνεται με κατάλληλες ενδείξεις και να συνοδεύεται, αν χρειάζεται, από ένα διάφραγμα ή εξασθενητή δέσμης που θα εξασφαλίζει επίπεδα εξόδου σύμφωνα με τα MPE. Συνήθως κάθε συσκευή φέρει πάνω της μια ετικέτα στην οποία έχουν καταγραφεί από τον κατασκευαστή κάποια χαρακτηριστικά στοιχεία. Αν το μέγεθος της συσκευής δεν βοηθάει στην τοποθέτηση της ετικέτας, αυτή συμπεριλαμβάνεται στη συσκευασία. Το χρώμα τους είναι μαύρο πάνω σε κίτρινο φόντο. Για τις τάξεις I και 1M αναφέρονται η ακτινοβολία που εκπέμπεται και πληροφορίες για τα πρότυπα. Στις τάξεις από II και πάνω αναφέρονται η μέγιστη ισχύς εξόδου, η διάρκεια του παλμού και το εκπεμπόμενο μήκος κύματος. Το άνοιγμα του laser αναφέρεται στις τάξεις IIIβ και IV

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ «ΑΣΦΑΛΟΥΣ» ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ LASER

Για τον καθορισμό των ορίων που, στατιστικά, μπορούν να θεωρηθούν όρια «ασφαλούς» έκθεσης στην ακτινοβολία laser, θα πρέπει να ορίσουμε κάποια μετρήσιμα μεγέθη στα οποία θα αναφερόμαστε στη συνέχεια, ανάλογα με τον τρόπο έκθεσης στην δέσμη laser των οργάνων που κυρίως σε αυτά που βλέπονται από αυτήν (δέρμα και οφθαλμοί). Θα αναφερθούμε πρώτα λοιπόν στους τρόπους παρατήρησης της δέσμης και στον ορισμό της ζώνης επικινδυνότητας.

Τα χαρακτηριστικά μιας συσκευής laser όπως η ισχύς εξόδου, η διάμετρος της δέσμης, το μήκος του παλμού, το μήκος κύματος, η κατανομή της δέσμης, η απόκλιση της ακτίνας και η διάρκεια έκθεσης καθορίζουν την επικινδυνότητα για πρόκληση βλαβών στους χειριστές. Η δυνατότητα πρόκλησης βλαβών κατά τη χρήση ενός laser καθορίζεται από την ταξινόμηση της συσκευής στις κατηγορίες – τάξεις I έως IV και, επομένως, τα μέτρα ελέγχου καθορίζονται από την τάξη του laser.

Όποιος χρησιμοποιεί τα laser θα πρέπει να ακολουθεί τις κατευθυντήριες οδηγίες στον τομέα της ασφάλειας έτσι ώστε να προστατέψει τόσο τον εαυτό του αλλά και τους άλλους που βρίσκονται στην περιοχή. Τόσο οι επιτηρητές οι επιφορτισμένοι με τα θέματα ασφαλείας όσο και οι χειριστές των διατάξεων laser πρέπει να είναι πάρα πολύ καλά προετοιμασμένοι όταν είναι να δουλέψουν με laser ιδιαίτερα με διατάξεις τάξης II, III και IV.

Έννοιες όπως η *μέγιστη επιτρεπτή έκθεση* (Maximum Permissible Exposure, MPE), το *προσιτό επίπεδο εκπομπής* (Accessible Emission Limit, AEL) και η *ονομαστική ζώνη κινδύνου* (Nominal Hazard Zone, NHZ) είναι σημαντικές και που πρέπει να καταλάβει και να τις χρησιμοποιήσει σωστά ο χειριστής. Θα αναφερθούμε σε κάθε μια έννοια περιληπτικά.

Ονομαστική ζώνη κινδύνου (Nominal Hazard Zone, NHZ): Ο όρος «Ονομαστική Ζώνη Κινδύνου» (NHZ) είναι πάρα πολύ σημαντικός για την ασφάλεια κατά τη χρήση των laser. Ορίζεται ως η ζώνη μέσα στην οποία η ακτινοβολία του laser μπορεί να είναι επικίνδυνη για το μάτι ή για το σώμα. Το μέγεθος αυτής της ζώνης εξαρτάται από τον τρόπο που η ακτινοβολία των laser φτάνει τον παρατηρητή: είτε μέσω της απευθείας έκθεσης στη δέσμη είτε με κάποιο τύπο ανάκλασης της δέσμης .

Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση (Maximum Permissible Exposure, MPE): Η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση, MPE, είναι το μέγιστο επίπεδο της ακτινοβολίας ενός laser στο οποίο ένα άτομο μπορεί να εκτεθεί χωρίς επικίνδυνες συνέπειες ή βιολογικές μεταβολές στο μάτι ή στο δέρμα. Η MPE καθορίζεται από το μήκος κύματος του laser, την ακτινοβολούμενη ενέργεια και τη διάρκεια της έκθεσης. Σε διάφορες βιβλιογραφικές πηγές υπάρχουν πίνακες υπολογισμού τιμών MPE, ανάλογα με τις παραμέτρους της δέσμης laser.

Η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση, MPE, είναι μια απαραίτητη παράμετρος για τον καθορισμό της κατάλληλης οπτικής πυκνότητας των υλικών των γυαλιών προστασίας από την ακτινοβολία, καθώς και για τον καθορισμό της ονομαστικής ζώνης κινδύνου, NHZ.

Οπτική Πυκνότητα (Optical Density, OD): Η οπτική πυκνότητα, OD, χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της κατάλληλης προστασίας του ματιού με ειδικά γυαλιά. Η οπτική πυκνότητα είναι ένα μέτρο της εξασθένησης που υφίσταται η ακτινοβολία περνώντας μέσα από ένα φίλτρο.

ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LASER

Τα laser έχουν συμβάλει σε σημαντικό βαθμό τόσο σε ερευνητικό επίπεδο όσο και στην επίλυση καθημερινών μας προβλημάτων. Παρ' όλα αυτά δε μπορούμε να τα χαρακτηρίσουμε αθώα αφού ένας μεγάλος αριθμός ατυχημάτων σχετίζεται με τη χρήση τους. Γεγονός είναι ότι η μη ασφαλής χρήση των πηγών laser μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες σωματικές βλάβες στον άνθρωπο και ειδικότερα στο δέρμα και στα μάτια. Τα ατυχήματα αυτά μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στα ατυχήματα που συνδέονται με τη δέσμη του laser
- Στα ατυχήματα που δε συνδέονται με τη δέσμη του laser

Ατυχήματα που συνδέονται με τη δέσμη του laser

Τα σχετιζόμενα με τη δέσμη του laser ατυχήματα επηρεάζουν κυρίως τα μάτια και το δέρμα. Η έκθεση στην δέσμη του laser μπορεί να είναι είτε απευθείας είτε από κατοπτρική ή διάχυτη ανάκλαση.

Η πιο κοινή αιτία ατυχημάτων που σχετίζονται με τη δέσμη του laser είναι τα σφάλματα κατά τη προσπάθεια ευθυγράμμισης της διάταξης. Ακόμη πολλές φορές οι χειριστές τέτοιων διατάξεων δε χρησιμοποιούν τον απαραίτητο εξοπλισμό, όπως ειδικά γυαλιά.

Μερικές από τις πιο κοινές αιτίες των ατυχημάτων laser είναι :

- Μη χρησιμοποίηση προστατευτικών γυαλιών στο χώρο λειτουργίας του laser
- Χρήση ακατάλληλων προστατευτικών γυαλιών για το συγκεκριμένο σε λειτουργία laser
- Δυσλειτουργία εξοπλισμού
- Εισαγωγή ανακλαστικών υλικών στις πορείες δεσμών laser
- Έλλειψη προσχεδιασμού
- Τυχαία ενεργοποίηση την παροχής ηλεκτρικού ρεύματος
- Έκθεση ματιών κατά τη διάρκεια της ευθυγράμμισης
- Χειριστές χωρίς γνώση του εξοπλισμού laser
- Μη ορθή αποκατάσταση του εξοπλισμού μετά από την υπηρεσία συντήρησης

Το πιο σύνηθες ατύχημα, όταν εργαζόμαστε με laser, είναι να εισέλθει στο μάτι η ακτίνα.

Ατυχήματα που δε συνδέονται άμεσα με τη δέσμη του laser

Η χρήση των laser μπορεί να προκαλέσει, όπως έχουμε προαναφέρει, ατυχήματα που δε σχετίζονται με τη δέσμη του laser.

Οι κυριότερες κατηγορίες κινδύνων είναι οι εξής:

- ηλεκτρικοί
- χημικοί
- πυρκαγιάς
- παράπλευρης ακτινοβολίας
- συμπιεσμένων αερίων

Μπορεί π.χ. να έχουμε ηλεκτρικό ατύχημα. Τέτοιο ατύχημα μπορεί να προκύψει κατά την επαφή με μη μονωμένα σημεία της διάταξης στα οποία γίνεται υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος. Για παράδειγμα κατά την εγκατάσταση της διάταξης του laser και τη συντήρησή της συχνά αφαιρούνται τα προστατευτικά καλύμματα της συσκευής, έτσι ώστε να έχουμε πρόσβαση στα ενεργά μέρη της. Το αποτέλεσμα ατυχούς επαφής με το ρεύμα μπορεί να κυμαίνεται από ένα ελαφρύ τσούξιμο, ρίγος έως το θάνατο. Γι' αυτό θα πρέπει να υπάρχει ένα επιπλέον προστατευτικό σύστημα, ώστε να προστατευόμαστε σε μεγαλύτερο βαθμό από κατά λάθος επαφή με ηλεκτρικά ενεργούς αγωγούς. Ένας ακόμη κίνδυνος είναι ότι αποθέματα υψηλής ηλεκτρικής τάσης και πυκνωτές βρίσκονται κοντά σε αντλίες ψύξης, γραμμές, φίλτρα κλπ. Σε περίπτωση διαρροής η κατάσταση είναι πολύ δύσκολη. Έχει καταγραφεί ένας σημαντικός αριθμός θανάτων από ηλεκτροπληξία, περιλαμβάνοντας άτομα πολύ καλά καταρτισμένα και εκπαιδευμένα τα οποία όμως σε πολλές περιπτώσεις εργάζονταν μόνα τους. Το τροφοδοτικό αποτελεί τον κυρίαρχο κίνδυνο εξαιτίας των υψηλών τάσεων, της υψηλής ενέργειας, των μεγάλων πηγών και των πυκνωτών.

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούμε αδιαφανή προστατευτικά, όπως κουρτίνες, για να περιορίσουμε τη δέσμη laser από το να εξέλθει του χώρου εργασίας. Ενώ τα προστατευτικά μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να προσφέρουν μια ευρεία προστασία, συνήθως δε μπορούν να αντέξουν υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας πάνω από μερικά δευτερόλεπτα χωρίς ζημιά, με αποτέλεσμα να είναι πιθανό να αναφλεγούν. Γι' αυτό οι χειριστές εμπορικά διαθέσιμων προστατευτικών laser πρέπει να παίρνουν τις κατάλληλες οδηγίες πυρασφάλειας από τους κατασκευαστές.

Πολλά από τα υλικά που συνδέονται με την τεχνολογία laser μπορεί να αποτελέσουν χημικό κίνδυνο. Μολυσματικοί παράγοντες μπορεί να παραχθούν από την αλληλεπίδραση μεταξύ της ακτίνας του laser και του στόχου. Σε διάφορες εφαρμογές των laser, η αλληλεπίδραση της δέσμης με το στόχο παράγει σε ορισμένες περιπτώσεις ένα νέφος προϊόντων αποδόμησης –ρυπαντών, που μπορεί να είναι από αέρια μετάλλων και σκόνη έως αερολύματα που μπορεί να περιέχουν βιολογικά μόρια ή ιστικά υπολείμματα. Επίσης ορισμένα οπτικά υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για παράθυρα και φακούς υπερύθρου, είναι μια από τις πηγές των ρυπαντών. Επί παραδείγματι τα calcium telluride και zinc telluride καίγονται με τη παρουσία οξυγόνου όταν η ακτινοβολία ξεπεράσει κάποια όρια. Ακόμη η έκθεση στο τελλούριο και στο οξείδιο του καδμίου πρέπει να ελέγχεται και να μην ξεπερνά κάποια όρια. Επίσης οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για να καθαριστούν τα οπτικά των laser, είναι διαβρωτικές, τοξικές ή εύφλεκτες και πρέπει να αποθηκεύονται σωστά. Τέλος μερικά laser απαιτούν επικίνδυνες ή τοξικές ουσίες για να λειτουργήσουν (π.χ. laser χρωστικών, excimer laser).

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χρησιμοποίηση των laser, δεν είναι μια απλή και ακίνδυνη διαδικασία που μπορεί να κάνει ο οποιοσδήποτε. Θα πρέπει να αφήνεται σε εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο δε θα πρέπει να λησμονεί να λαμβάνει όλα τα προβλεπόμενα μέτρα για την ασφάλεια του.

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ LASER

Στις περισσότερες χώρες, σίγουρα στις αναπτυγμένες χώρες, έχει θεσμοθετηθεί η ειδικότητα του Φυσικού της Ιατρικής στο χώρο των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών και ειδικότερα στο χώρο των εφαρμογών των laser, βιοϊατρικών και μη. Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες προβλέπεται ο Σύμβουλος Προστασίας από τα Laser, ο οποίος συνεργάζεται με τις επιτροπές Ακτινοπροστασίας για τη θέσπιση και τήρηση των κανόνων ασφαλείας σε νοσοκομειακούς χώρους εφαρμογής Laser.

Μέτρα Ελέγχου σε χώρους εφαρμογής των Laser

Υπάρχει μια σειρά πρακτικών κανόνων και μέτρων προστασίας που πρέπει να τηρούνται στους χώρους και στο περιβάλλον όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία laser. Ο χώρος εφαρμογών της τεχνολογίας laser πρέπει να είναι ελεγχόμενος και να υπάρχει ένας υπεύθυνος –συνήθως φυσικός με ειδικές σπουδές- επιφορτισμένος για την θέσπιση, εξειδίκευση και τήρηση των κανονισμών ασφαλείας και των μέτρων ελέγχου αυτών.

Για τον καθορισμό των μέτρων ελέγχου που πρέπει να εφαρμοστούν πρέπει να συνυπολογίζει ο φυσικός, ο υπεύθυνος για την ασφάλεια από τα laser, όχι μόνον την τάξη και την περιοχή εφαρμογής του laser αλλά και κάποια επιπλέον στοιχεία, όπως π.χ.:

- το πλήθος και την τάξη ενός εκάστου laser
- την τοποθεσία του laser στο περιβάλλον εργασίας
- την παρουσία απληροφόρητου, μη ειδικευμένου προσωπικού
- τη μονιμότητα ή όχι της πορείας διάδοσης της δέσμης laser
- την παρουσία αντικειμένων που συμπεριφέρονται είτε ως κατοπτρικές ή ως διάχυτα ανακλαστικές επιφάνειες στην πορεία της δέσμης
- τη χρήση οπτικών διατάξεων όπως είναι οι φακοί, τα μικροσκόπια και άλλα

Τα μέτρα ελέγχου διακρίνονται σε δύο τύπους:

- διοικητικός έλεγχος (κυρίως διαδικασίες),
- μηχανολογικός έλεγχος (π.χ. διαφράγματα για διακοπή της δέσμης).

Η ελεγχόμενη περιοχή πρέπει:

- να έχει περιορισμένη πρόσβαση σε άσχετα με την εφαρμογή πρόσωπα
- να έχει διακόπτες δέσμης για να απενεργοποιεί δυναμικά ισχυρές δέσμες laser
- να είναι σχεδιασμένη για να μειώνει διαχεόμενες και κατοπτρικές ανακλάσεις
- να εξασφαλίζει προστασία για τα μάτια για όλο το προσωπικό
- να μην έχει τη δέσμη του laser στο επίπεδο των οφθαλμών
- να μην βρίσκονται στην πορεία της δέσμης εύφλεκτα αντικείμενα
- να έχει τρόπους μείωσης της έκθεσης σε επίπεδα κάτω από το MPE
- να εξασφαλίζει την αποθήκευση ή απενεργοποίηση του laser, όταν αυτό δεν χρησιμοποιείται
- να επιτρέπει μόνο σε εξουσιοδοτημένα και εκπαιδευμένα άτομα να κάνουν συντήρηση ή επισκευή των laser.

Αυτά τα μέτρα σχετίζονται άμεσα με το σύστημα και το εργαστήριο του laser. Είναι δαπανηρά αλλά θεωρούνται πολύ αξιόπιστα. Παραθέτουμε περιληπτικά ορισμένα μέτρα προστασίας σε χώρους εφαρμογής laser.

1. Ένα προστατευτικό κάλυμμα απαιτείται σε πολλές κατηγορίες laser. Αυτό το κάλυμμα θα πρέπει να είναι σταθερά ασφαλισμένο με συνδέσεις (interlocks), οι οποίες δε πρέπει να αναιρούνται κατά τη κανονική λειτουργία του laser. Σε μερικές περιπτώσεις, οι τοίχοι του δωματίου μπορούν απλά να θεωρηθούν ως προστατευτικά καλύμματα.
2. Κύριος έλεγχος διακοπών. Όλα τα laser της κατηγορία IV καθώς και κάποια άλλα συστήματα laser απαιτούν έναν κύριο έλεγχο διακοπών. Ο διακόπτης μπορεί να ενεργοποιηθεί με ένα κλειδί ή έναν κωδικό πρόσβασης. Μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χειριστές αυτών των συστημάτων μπορούν να έχουν

- πρόσβαση στο κλειδί ή τον κωδικό. Η χρήση κύριου ελέγχου διακοπών συστήνεται, χωρίς να επιβάλλεται, στα laser κατηγορίας III B.
3. Απαραίτητοι κρίνονται οι εξασθενητές δέσμης laser (beam attenuators) και οι φωτοφράχτες (beam shutters) για την υποβάθμιση της δέσμης laser κατηγορίας IV. Συστήνονται επίσης και στις κατηγορίες IIIA και IIIB.
 4. Σε ειδικές περιπτώσεις απαιτείται καθυστερητής εκπομπής (delayed emission device), ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στο προσωπικό να προλάβει να απομακρυνθεί.
 5. Προειδοποιητικά φώτα και δείκτες εκπομπής δείχνουν την κατάσταση του συστήματος laser (π.χ. σε λειτουργία ή εκτός λειτουργίας). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ηχητικοί συναγερμοί για αυτό το σκοπό. Για την κατηγορία IV η προειδοποίηση ή ο συναγερμός πρέπει να διαρκεί περισσότερη ώρα έτσι ώστε να δίνουν μεγάλο χρονικό περιθώριο για να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και να αποφευχθεί η έκθεση στην ακτίνα laser.
 6. Εάν το laser έχει τη δυνατότητα της λειτουργίας εξ αποστάσεως, τότε οπτικά εργαλεία/παράθυρα με φίλτρα επιτρέπουν την ασφαλή εποπτεία της διαδικασίας και ειδικότερα της μείωσης της ισχύος της δέσμης. (Ειδικά εάν τα laser ανήκουν στις κατηγορίες IIIB και IV).
 7. Κατά την ευθυγράμμιση του συστήματος laser, ένας ασφαλής τρόπος είναι η χρήση βοηθημάτων ευθυγράμμισης, όπως βοηθητικά laser χαμηλής ισχύος, μάσκες και στόχοι.
 8. Απομάκρυνση όλων των αντικειμένων που βρίσκονται κοντά στο σύστημα laser προς αποφυγή ανεπιθύμητων ανακλάσεων.

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι τα παραπάνω μέτρα αποτελούν τα θεμέλια για την αποτελεσματική μείωση των κινδύνων κατά τη χρήση ενός συστήματος laser. Σε κάποιες όμως περιπτώσεις και διαδικασίες, αυτά τα μέτρα δεν είναι επαρκή για την ασφάλεια από τη χρήση laser. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η λήψη ορισμένων διαδικαστικών μέτρων για την εξασφάλιση.

Τα διαδικαστικά μέτρα ελέγχου σχεδιάζονται για να συμπληρώσουν τα μηχανολογικά μέτρα και για να βεβαιώσουν ότι το προσωπικό laser, οι χειριστές και οι ασθενείς προστατεύονται πλήρως από τους πιθανούς κινδύνους laser. Η εστίαση των ελέγχων είναι να παρασχεθεί επαρκής εκπαίδευση και κατάρτιση.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΕΙΤΑΙ Η ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ LASER

Το δωμάτιο που γίνονται οι θεραπείες με laser ή IPL, ασχέτως αν χρησιμοποιείται και για άλλες θεραπείες, θα πρέπει να υπάρχουν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές όσο αφορά την διακόσμηση του χώρου, που θα συνδέονται με τον εξοπλισμό του laser. Ειδικά για την αποτρίχωση με laser, η αίθουσα δεν πρέπει να έχει παράθυρα ή θα πρέπει να έχει παράθυρα με σκουρόχρωμα προστατευτικά καλύμματα. Επιπλέον, πρέπει να αποφεύγεται η ύπαρξη κρεμασμένων στους τοίχους καθρεπτών ή έργων τέχνης, που σχετίζονται με το γυαλί. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο ανεπιθύμητων ανακλαστικών ζημιών. Η αίθουσα που εφαρμόζεται η θεραπεία με το laser θα πρέπει να έχει μια πόρτα που να μπορεί να ασφαρίζεται κατά τη διάρκεια της θεραπείας και μια προειδοποιητική πινακίδα για την εργασία που

γίνεται μέσα στο δωμάτιο. Προστατευτικά γυαλιά θα πρέπει να είναι στη διάθεση όλων που θα μπουν στην αίθουσα.

Στο πλαίσιο της προετοιμασίας για την άφιξη των εξοπλισμών του laser , ένας ηλεκτρολόγος θα πρέπει να ελέγξει την υποδοχή του ρεύματος που θα είναι γειωμένο και ενισχυμένο ώστε θα περιλαμβάνει την σωστή ένταση, την τάση, και το δικό του διακόπτη. Μετά την οργάνωση του χώρου, ο εξοπλισμός πρέπει να συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Είναι κακή ιδέα να αγοράζεται μεταχειρισμένος εξοπλισμός laser, αν δεν προέρχεται από έναν εγγυημένο διανομέα.

διοικητικά μέτρα ελέγχου:

- Απαραίτητος κρίνεται ο Υπεύθυνος Ασφαλείας του laser (Laser Safety Officer) ,ο οποίος θα πρέπει να προβλέπει τυχόν κινδύνους και τον τρόπο αντιμετώπισής τους.Τα καθήκοντα ποικίλουν ανάλογα το είδος του laser και τη χρήση του.
- Σε κάθε χώρο θα πρέπει να συντάσσονται Τυποποιημένες Διαδικασίες Λειτουργίας(Standard Operating Procedures)και Γραπτές Οδηγίες Ασφαλείας(Written Safety Instructions).Είναι οι κανόνες και οι διαδικασίες ασφαλούς εργασίας που πρέπει να γραφτούν βασισμένες στις θεσμοθετημένες με νόμους ή κανονισμούς απαιτήσεις ασφάλειας.Το κλειδί για την ανάπτυξη αποτελεσματικών Τυποποιημένων Διαδικασιών Λειτουργίας είναι η συμμετοχή εκείνων των ατόμων που ενεργοποιούν, λειτουργούν και συντηρούν τον εξοπλισμό κάτω από την καθοδήγηση του.
- Υπεύθυνου Ασφαλείας Laser.Ο περισσότερος εξοπλισμός laser έρχεται με οδηγίες για ασφαλή λειτουργία,από τους κατασκευαστές,εντούτοις μερικές φορές οι οδηγίες δεν ταιριάζουν καλά σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή λόγω των ειδικών συνθηκών χρήσης και χρειάζεται κατάλληλη προσαρμογή.
- Διαδικασίες Ευθυγράμμισης.Πολλά ατυχήματα στα μάτια εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της ευθυγράμμισης laser. Οι διαδικασίες ευθυγράμμισης απαιτούν εξαιρετική προσοχή,ενώ θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι η έκθεση των οφθαλμών στην άμεση δέσμη ή σε διάχυτη δεν υπερβαίνει την Μέγιστη Επιτρεπόμενη Έκθεση (Maximum Permissible Exposure ή MPE).
- Περιορισμός στους θεατές/επισκέπτες.Τα πρόσωπα που δε χρειάζονται κατά τη λειτουργία ενός laser θα πρέπει να κρατηθούν μακριά.Για εκείνους που θα εισέλθουν στην περιοχή που πραγματοποιείται το laser απαραίτητα είναι τα ειδικά προστατευτικά γυαλιά.
- Θα πρέπει να απαιτείται πριν τη λειτουργία ενός συστήματος laser ειδική έγκριση.Η αίτηση για την συγκεκριμένη εφαρμογή οφείλει να γίνεται προτού αρχίσει η λειτουργία.Επίσης καλό θα ήταν να αναφέρονται όλα τα ονόματα του προσωπικού στην αίτηση αυτή, το οποίο θα πρέπει να γνωρίζει τις κατάλληλες διαδικασίες ελέγχου για το σύστημα laser και να έχει τη σωστή εκπαίδευση και κατάρτιση.
- Η σήμανση των προστατευτικών συσκευών είναι απαραίτητη, όπως των προστατευτικών γυαλιών στα οποία πρέπει να αναγράφεται για ποια laser είναι σχεδιασμένα.

- Ετικέτες εξοπλισμού και κατηγορίας των laser. Χώροι που έχουν laser κατηγορίας II ή IIIA πρέπει να έχουν το παρακάτω σήμα:



Στις περιπτώσεις που βρίσκονται laser κατηγορίας IIIB και IV θα πρέπει να υπάρχει το παρακάτω σήμα:



Προστατευτικά γυαλιά

Τα προστατευτικά γυαλιά απαιτούνται, όπου και όποτε κάποιος μπορεί να δει τη δέσμη laser. Πρέπει να έχουν την κατάλληλη οπτική πυκνότητα και τις ανακλαστικές ιδιότητες ανάλογα με τα μήκη κύματος των ακτίνων laser και την έντασή τους. Συγχρόνως, η ανάγκη για την προστασία των ματιών από τα laser πρέπει να ισορροπηθεί από την ανάγκη για την επαρκή ορατότητα. Τα γυαλιά πρέπει να επιθεωρούνται περιοδικά και να εξασφαλίζεται η καλή τους κατάσταση. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά γυαλιά ασφάλειας laser.



ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

ΛΑΘΕΜΕΝΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ LASER

- Δεν πρέπει τα μακριά μαλλιά να αφήνονται λυτά.
- Δεν πρέπει να υπάρχουν τροφές και υγρά μέσα στο εργαστήριο.
- Δεν πρέπει να φοριούνται κοσμήματα και ρολόγια.
- Πρέπει να γίνει αποφυγή των φαρδιών ρούχων και φουλαριών(να υπάρχει η κατάλληλη θερμοκρασία στο εργαστήριο.)

Πρότυπα ασφαλείας

Όπως είναι λογικό πρότυπα ασφαλείας για τη χρήση των laser και όλων των άλλων συσκευών ή εξαρτημάτων που σχετίζονται με αυτά υπάρχουν από τότε που η χρήση τους άρχισε να εξαπλώνεται, λόγω του διευρυμένου πεδίου εφαρμογών τους. Μια μικρή έρευνα μπορεί να αποκαλύψει μια πληθώρα προτύπων που σχετίζονται έμμεσα ή άμεσα με την ασφάλεια των laser. Πιο συγκεκριμένα πρότυπα για την ασφάλεια των laser που χρησιμοποιούνται ευρέως έχουν δημοσιεύσει:

- το Εθνικό Αμερικανικό Ινστιτούτο Προτύπων (**American National Standards Institute**). Τα πρότυπα αυτά έχουν τον κωδικό ANSI και συγκεκριμένα κάποια χαρακτηριστικά πρότυπα ANSI σχετικά με την ασφάλεια των laser είναι τα:

Κωδικός προτύπου	Θέμα
ANSI Z136.1	Ασφαλής χρήση των laser
ANSI Z136.2	Ασφαλής χρήση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων οπτικών ινών που χρησιμοποιούν διόδους laser και πηγές LED
ANSI Z136.3	Ασφαλής χρήση των laser σε εγκαταστάσεις υγείας
ANSI Z136.5	Ασφαλής χρήση των laser σε εκπαιδευτικά ιδρύματα
ANSI Z136.6	Ασφαλής χρήση των laser στο ύπαιθρο

- Το Βρετανικό Ινστιτούτο προτύπων (**British Standards Institute**). Όπως είναι κατανοητό τα πρότυπα αυτά έχουν τον κωδικό BSI και κυριότερος εκπρόσωπος αυτών που αφορούν την ασφάλεια των laser είναι το BSI 4803.
- Η Διεθνής Ευρωπαϊκή Σύμβαση (**International European Convention**) με κωδικό IEC.

Στην Ελλάδα δεν έχουν δημιουργηθεί εθνικά πρότυπα, αλλά, όταν απαιτηθεί, «υιοθετούνται» κάποια από τα διεθνώς γνωστά και αποδεκτά πρότυπα, π.χ. εκείνα που έχουν πιο μεγάλη εφαρμογή είναι αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης (IEC).

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Πολυάριθμα laser και οι πηγές φωτός είναι διαθέσιμα για τη γρήγορη, ασφαλή, και αποτελεσματική αφαίρεση των τριχών. Προσωρινή αφαίρεση των τριχών μπορεί να επιτευχθεί με όλα τα συστήματα laser. Οι πολυάριθμες δημοσιευμένες μελέτες έχουν επιβεβαιώσει τη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα των laser.

Η αποτελεσματικότητα της αποτρίχωσης με laser εξαρτάται από:

- το χρώμα των τριχών ,
- τον τύπο δέρματος ,
- την συχνότητα θεραπείας .

Η ομοιόμορφη μόνιμη μείωση των τριχών έχει αποδειχθεί δύσκολη, διότι εξαρτάται από τον αριθμό των τριχών που βρίσκονται στο αναγενές στάδιο. Μέχρι σήμερα, καμία συγκεκριμένη παράμετρος laser δεν παρέχει την προβλέψιμη μόνιμη καταστροφή του τριχικού θυλακίου. Για τον αριθμό των συνεδριών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πλήρη και μόνιμη αφαίρεση των τριχών λόγω του ότι ,η διαδικασία ανάπτυξης των τριχών σε διαφορετικές ανατομικές περιοχές είναι διαφορετική. Μεγάλο όφελος από την χρήση laser έχουν τα άτομα με ανοιχτό δέρμα και σκούρες τρίχες. Οι επιστημονικές μελέτες απέδειξαν ότι συσκευές laser με μεγάλο μήκος κύματος ,με μεγάλη διάρκεια παλμού και επιδερμική ψύξη ,είναι δυνατό να είναι ακίνδυνες ,αποτελεσματικές στα μελαχρινά άτομα . Παραμένει μεγάλο πρόβλημα η μη αποτελεσματικότητα των lasers στις ανοιχτόχρωμες και άχρωμες τρίχες . Οι σύγχρονες τεχνολογίες καθώς επίσης και η κατανόηση της βιολογίας του θυλακίου θα επιφέρουν καλύτερα αποτελέσματα στην αφαίρεση των τριχών. Η συνδυασμένη χρήση IPL και συσκευών ραδιοσυχνότητας εφαρμόζεται με όχι σπουδαία αποτελέσματα στις ανοιχτόχρωμες τρίχες. Μια μελλοντική εναλλακτική λύση θα είναι η χρήση της φωτοδυναμικής θεραπείας. Σε πειραματική μελέτη ,όπου η ALA συνδυάζεται με τη φωτοδυναμική θεραπεία κόκκινου φωτός, υπόσχεται την μείωση των τριχών. Η χρησιμοποίηση της θεραπείας με ALA εξαλείφει την ανάγκη για χρωστική ουσία στο θυλάκιο των τριχών.

Ωστόσο αν και στο μέλλον θα υπάρχουν εξελίξεις με νέες θεραπευτικές προσεγγίσεις για την αποτρίχωση, σίγουρα σήμερα η χρήση laser είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βασική Δερματολογία –Αφροδισιολογία, Ιωάννης Χατζής, Τόμος β΄, Ενότητα Νοσήματα των εξαρτημάτων, σελίδα 373-378, ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.
 - Δερματολογία –Αφροδισιολογία, Κων/νου Κανιτάκη, Αθήνα 1975, Τόμος Α, σελίδα 47-54, εκδοτικός οίκος Αφοί Σακκουλά.
 - Κλινική Δερματολογία, Π Thomas Fitzpatrick-Richard Johnson-Klaus Wolff-Dick Suurmond, Μετάφραση Ανδρέας Δ Κατσάμπας, σελίδα 1058-1063, Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ.Πασχαλίδης.
-
- Αισθητική Δερματολογία , Τεύχος 18, Ιανουάριος –Μάρτιος 2004, Συμβουλές Αισθητικής, Τεχνικές αποτρίχωσης, σελίδα 70-76.
 - Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος 12, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2002, Επιπλοκές, σελίδα 70-72.
 - Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος 14, Ιανουάριος –Μάρτιος 2003, Ερυθρότητα, οίδημα και σχηματισμός φυσαλλίδων μετά από θεραπεία με laser για αποτρίχωση προσώπου και λαιμού, σελίδα 61-64.
 - Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος 20, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2004, Αποτρίχωση με laser, σελίδα 60-66.
 - Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος 11, Απρίλιος –Ιούνιος 2002, σελίδα 74-76.
 - Ελληνική Δερματολογία, Τόμος 1, Τεύχος 4, Οκτώβριος-Δεκέμβριος 2004, Ελληνική Εταιρείας Δερματοχειρουργικής, σελίδα 324-327.
 - Ελληνική Δερματολογία, Τόμος 1, Τεύχος 3, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2004, Τα laser στη Δερματολογία, σελίδα 218-220, Εκδόσεις Καυκάς.
 - Άρθρα συνεχιζόμενης Ιατρικής Εκπαίδευσης στη Δερματολογία–Αφροδισιολογία (INFO DERMA), American Academy of Dermatology 1938, Μέθοδος αποτρίχωσης, σελίδα 55-62.
 - Ιατρικά lasers: Επιστήμη και κλινική εφαρμογή, Edited by G. Carruth-A. McKenzie, σύγχρονη ενημέρωση και επιμέλεια Α.Α. Σεραφετινίδης και Μ.Ι. Μακροπούλου, Αθήνα 1994, Εκδόσεις Συμμετρία.
 - Surgery of the skin Procedural dermatology. Edited by June K Robinson-C William Hanks-Roberta D Sengelmann-Daniel M Siegel Philadelphia Edinburgh-London-New York-Oxford-St Louis-Sydney-Toronto, Έτος 2005. Unit 35. Laser Hair Removal, σελίδα 575-588, Εκδόσεις Elsevier Mosby.
-
- Laser and Lights Volume 2. Edited by David J Goldberg, Unit 4. Antibiotic prophylaxis for full face laser resurfacing, Έτος 2000, σελίδα 313-315, Εκδόσεις Gaspar Z, Vincuillo C, Eliot T.
-

- Laser Hair Removal, Edited by Christine C.Dierickx-Melanie C.Grossman, σελίδα 61-76
- Cutaneous CO₂ laser resurfacing infection rate with and without prophylactic antibiotics, Edited by Walia S-Alster TS. Έτος 2000,Unit 4, σελίδα 402-404, Εκδόσεις Dermatol Surg.
- Rush to beauty, Edited by Keil Landman, Beth, New York Magazine, 27 May 2002.
- Controversies in dermatologic surgery, Έτος:2002, Geronemus R, Unit 9 σελίδα 856-859.
- Electrolysis, Edited by Richards RN-Meharg GA, Έτος 1995, Εκδόσεις Jam Acad Dermatol, Unit 33, σελίδα 662-666.
- Laser hair removal, Edited by Vittorio CC, Έτος 2003, Ενότητα 19, σελίδα 131-135, Εκδόσεις Lehrer MS.
- Lasers in dermatology(In :Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine) Edited by Grevelink JM-Ross EV-Anderson RR, New York 1999, σελίδα 2901-2921, Εκδόσεις Mcgraw-Hill.
- Selective photothermolysis, Edited by Anderson RR, precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation, Parrish JA 1983, σελίδα524-527.
- "Biophysics of the photoablation process", Edited by G. Muller-K. Dorschel, H. Kar, Unit 6.Lasers in Medical Science,London1998, σελίδα 241.
- "Role of tissue optics and pulse duration on tissue effects during high-power laser irradiation", Edited by S.L. Jaques, Unit 32.Applied Optics, Έτος:1993, σελίδα 2447.
- "The Control of Fire Hazard During Cutaneous Laser Therapy", Edited by R. Dave-P.J. Mahaffey, Unit 17.Lasers in Medical Science, Έτος2002, σελίδα 97.

- Αποτρίχωση από τον/την ΣΤΑΥΡΟ ΑΡΧΟΝΤΑΚΗ
<http://books.google.gr/books?id=rPO1ZHaJA4MC&pg=PT13&lpg=PT13&dq=φωτομηχανικη+καταστροφη>
- Εθνικό μετσόβιο πολυτεχνίο – σχολή εφαρμοσμένων μαθηματικών & φυσικών επιστημών–ασφάλεια κατά τις βιοιατρικές εφαρμογές των LASER. Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος «Εφαρμογές των laser στη Βιοϊατρική και το Περιβάλλον», κατά το ακαδημαϊκό έτος 2003-2004. Ομάδα εργασίας: Κουρκουτάς Βασίλης, Κουταλώνης Μάνθος, Λιβιτσάνος Χρήστος, Μανδρίδης Δημήτρης, Μπέικος Μιχάλης, Ορφανουδάκης Θάνος, Τσαρούχας Διονύσης, Φραγκάκης Ιωάννης.Συντονίστρια: Μακροπούλου Μυρσίνη, Επίκ. Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ.
http://www.physics.ntua.gr/pdf_doc_files/web_mathhmata/Laser_safety_2005_Greek.pdf
- Η ANATOMIA ΤΗΣ ΤΡΙΧΑΣ<http://www.foltene.eu/Index.asp?C=353>
- ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΥΓΕΙΑΣ + ΕΥΞΕΙΑΣ - HEALTH CARE
http://www.physics.ntua.gr/pdf_doc_files/web_mathhmata/Laser_safety_2005_Greek.pdf

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

1. Αισθητική Δερματολογία , Τεύχος 18, Ιανουάριος –Μάρτιος 2004, Συμβουλές Αισθητικής, Τεχνικές αποτρίχωσης, σελίδα70.
2. Άρθρα συνεχιζόμενης Ιατρικής Εκπαίδευσης στη Δερματολογία –Αφροδισιολογία (INFO DERMA), American Academy of Dermatology 1938,Μέθοδος αποτρίχωσης, σελίδα58.

3. Άρθρα συνεχιζόμενης Ιατρικής Εκπαίδευσης στη Δερματολογία –Αφροδισιολογία (INFO DERMA), American Academy of Dermatology 1938, Μέθοδος αποτρίχωσης, σελίδα59.
4. Laser and Lights Volume 2. Edited by David J Goldberg, Unit4. Antibiotic prophylaxis for full face laser resurfacing, Έτος:2000, σελίδα70, Εκδόσεις Gaspar Z , Vincuillo C , Eliot T.

5. Surgery of the skin Procedural dermatology. Edited by June K Robinson-C William Hanks-Roberta D Sengelmann-Daniel M Siegel Philadelphia Edinburgh-London-NewYork-Oxford-StLouis-Sydney-Toronto, Έτος2005. Unit35. Laser Hair Removal, σελίδα584, Εκδόσεις Elsevier Mosby.

6. Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος20, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2004, Αποτρίχωση με laser, σελίδα 63.
7. Ελληνική Δερματολογία, Τόμος1, Τεύχος 3, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2004, Τα laser στη Δερματολογία, σελίδα 219, Εκδόσεις Καυκάς.
8. Αισθητική Δερματολογία, Τεύχος12, Ιούλιος –Σεπτέμβριος 2002, Επιπλοκές, σελίδα 71.