

Διεθνής Ημέρα Ιατρικής Φυσικής 2018

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΗΜΕΡΙΔΑ

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ LASERS ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ - ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η τεχνολογία των lasers στις ιατρικές εφαρμογές

ΔΡΑΚΑΚΗ ΕΛΕΝΗ

ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

ΟΤΑΝ Ο ΙΑΤΡΟΣ ΑΠΟΦΑΣΙΣΕΙ ΟΤΙ ΘΕΛΕΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΙ ΕΝΑ
LASER ΩΣ ΜΕΡΟΣ ΜΙΑΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ, ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΝΑ ΕΧΕΙ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Μάθαμε από την προηγούμενη παρουσίαση **τι ακριβώς συμβαίνει κατά την ακτινοβολία βιολογικού υλικού με laser, τι είδους είναι αυτά τα φαινόμενα και ποιες φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες επαγονται στο βιολογικό υλικό.**

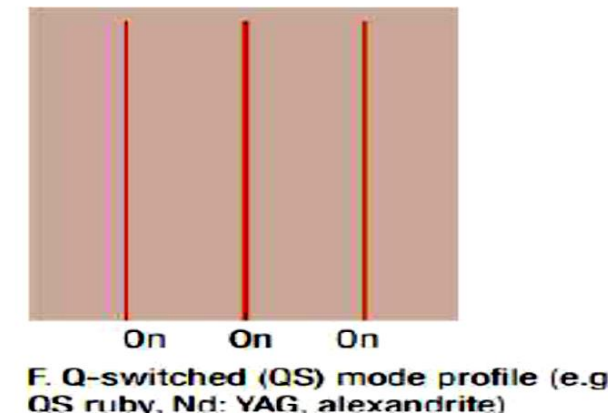
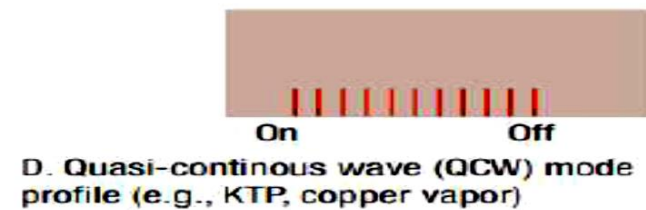
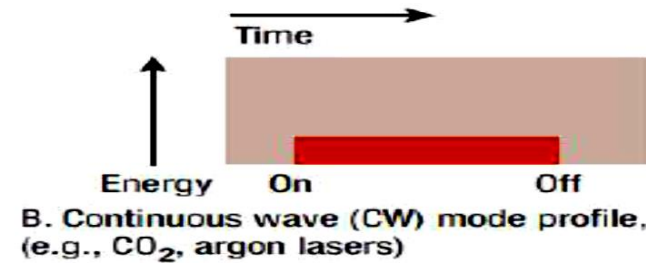
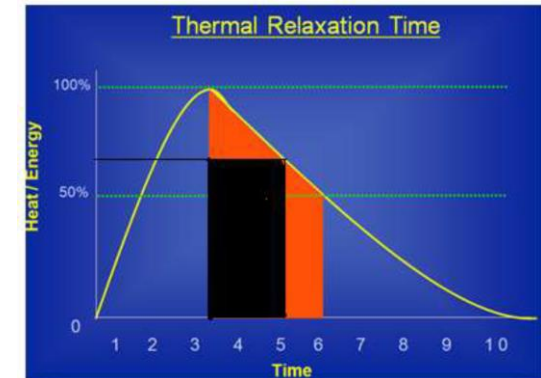
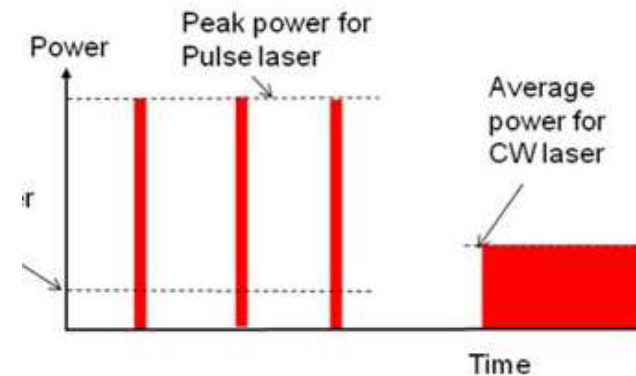
Είναι τόσο **πολλες** και **διαφορετικές** οι παραμετροί που θα πρέπει να λαβούμε υπόψη, πριν επιλέξουμε το καταλληλό laser για την κάθε ιατρική εφαρμογή .

Η φυσική, χημική και βιολογική επίδραση της ακτινοβολίας laser εξαρτάται από:

Τα χαρακτηριστικά της πηγής

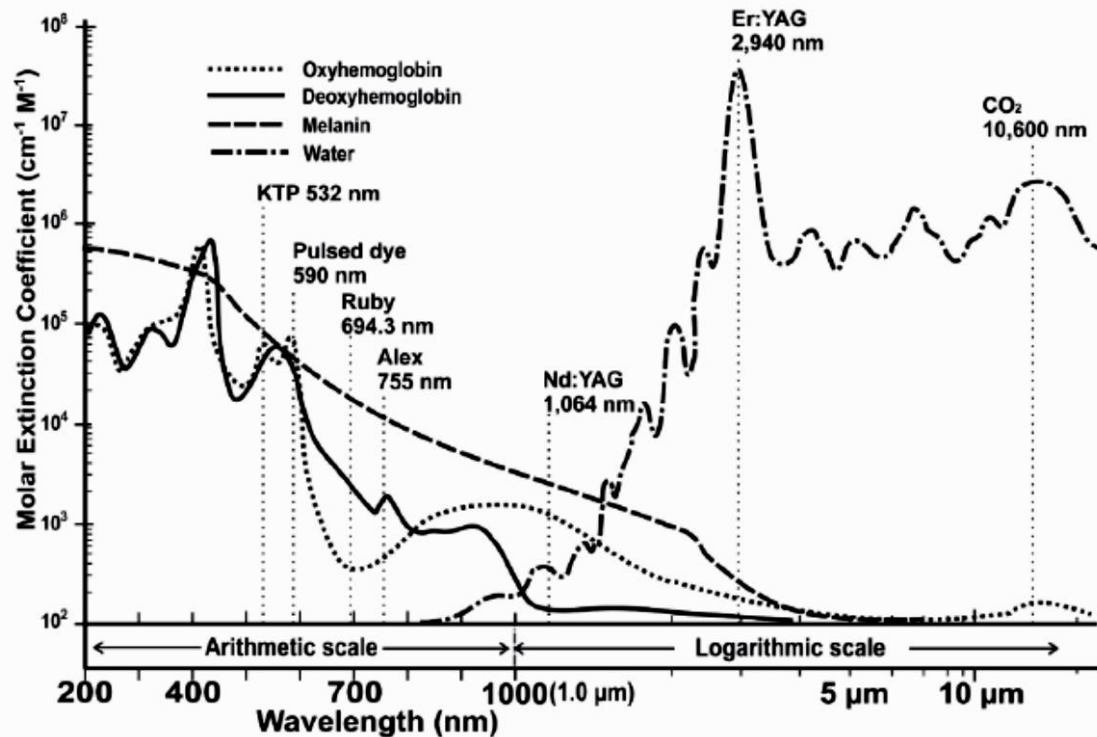
- Ισχύς
- Ενέργεια
- Πυκνότητα ενέργειας (Joules / cm²).
- Πυκνότητα ισχύος (W / cm²).
- Μέγεθος ακτινας δεσμής, εστίαση δεσμής και ποιότητα δεσμής
- Παλμική συχνότητα επαναληψής (Hz).
- Διάρκεια παλμού (πχ ms, μs, ns)
ή συνεχή λειτουργία
- Χρονος εκθεσης

Τις οπτικές, θερμικές και μηχανικές ιδιοτητες του βιολογικού ιστού



Χρωμοφόρα του δερματικού ιστού που απορροφούν την ακτινοβολία laser είναι:

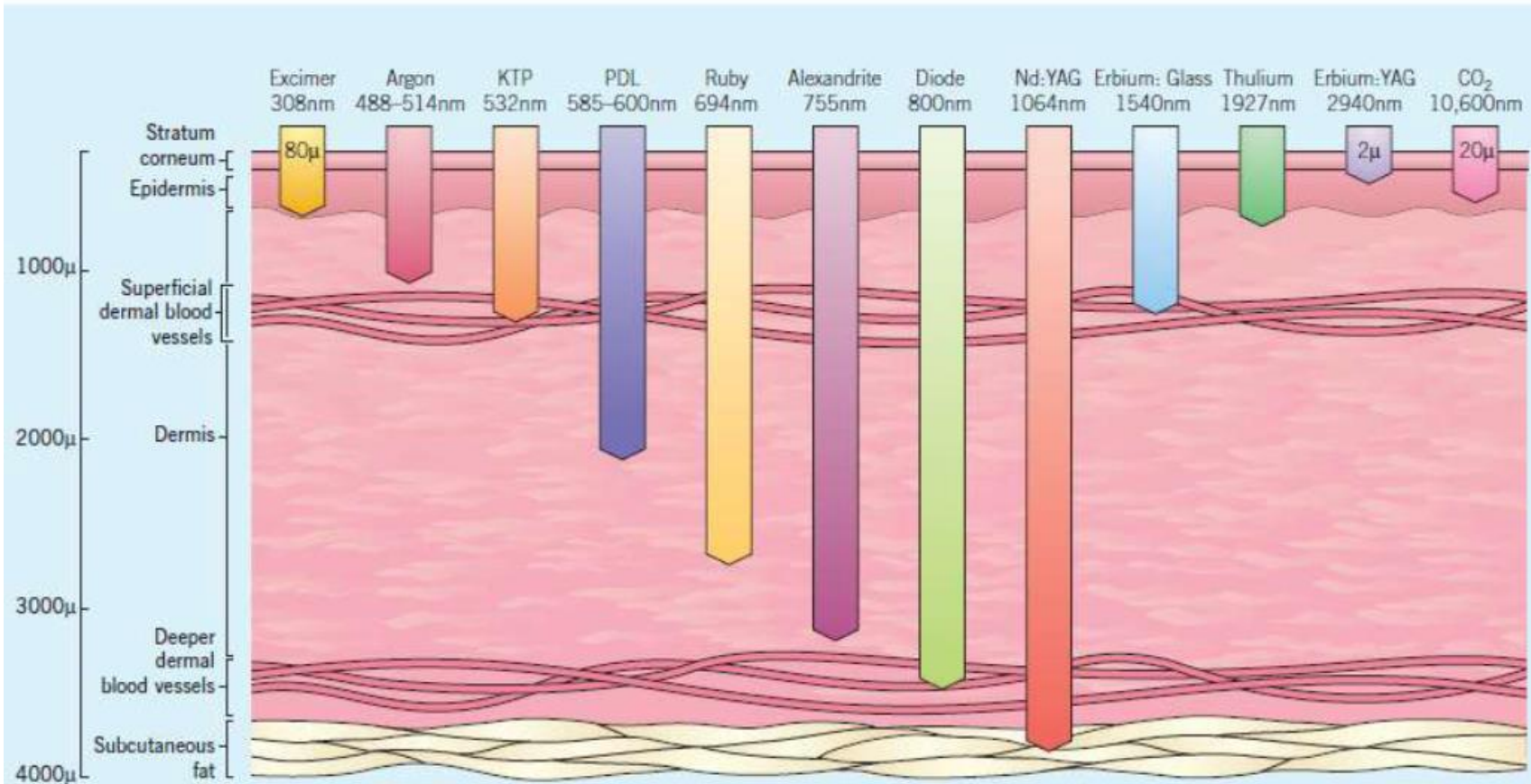
1. **Μελανίνη** (πχ. Εφαρμογή στην αποτρίχωση).
2. **Αιμοσφαιρίνη**-Hb (πχ.Εφαρμογή στις αγγειακές βλάβες)
3. **Νερό** (πχ.Εφαρμογή σε όγκους)



Laser Wavelengths & Associated Targets

514	Argon or Dye	Melanin, Blood
532	Doubled Nd:YAG	Melanin, Blood
578	Copper Vapor	Blood
555-600	Pulsed Dye	Blood
694	Ruby	Melanin
755	Alexandrite	Melanin, Blood
810	Diode	Melanin, Blood
1064	Nd:YAG	Melanin, Blood
1319	Nd:YAG	Water
2940	Erbium YAG	Water
10600	CO ₂	Water

DEPTH OF OPTICAL PENETRATION BY VARIOUS LASERS

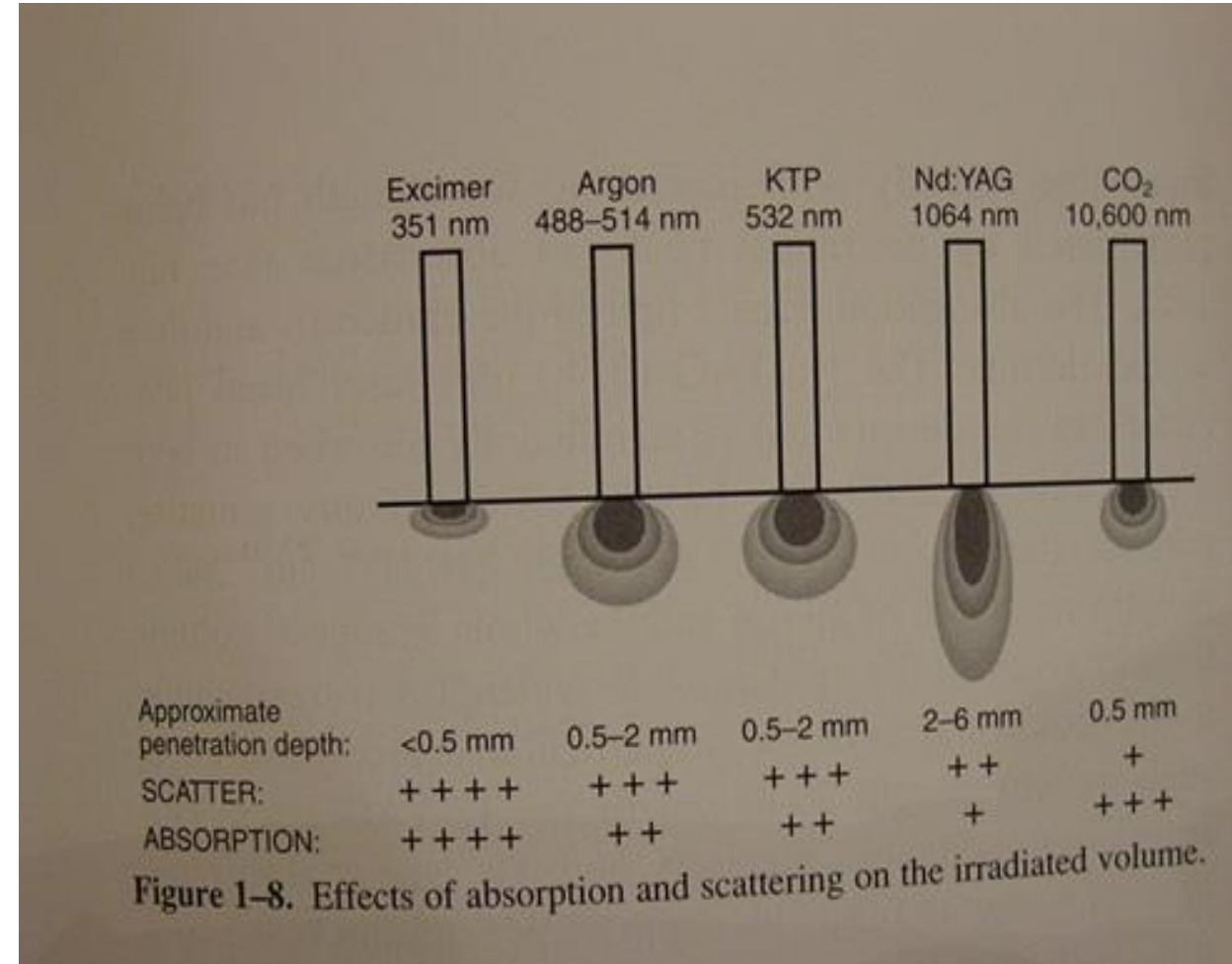
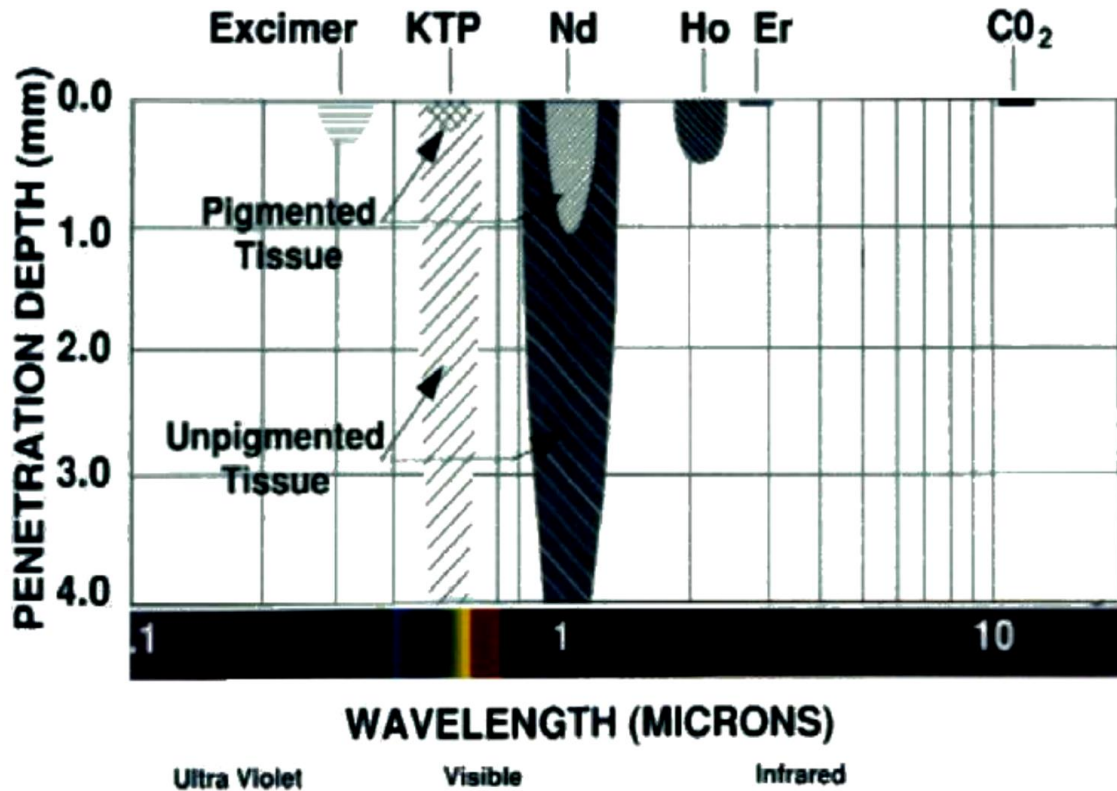


Διείσδυση των laser στο δέρμα

1. Συνεισφορά απορρόφησης και σκέδασης του ιστού.
2. Το ευρος διείσδυσης αυξάνεται με μήκος κύματος*
3. Η ποσότητα της σκέδασης είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος

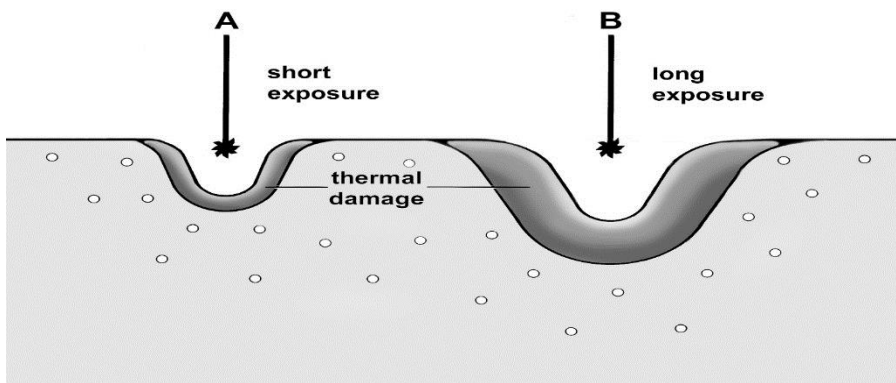
ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ - ΣΚΕΔΑΣΗ ΟΠΤΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ

Το βάθος διείσδυσης είναι αντιστρόφως ανάλογο του συντελεστή απορρόφησης και σκέδασης του ιστού.



Η **διάχυση της θερμότητας** που αναπτύσσεται είναι από τις βασικές αιτίες για την δημιουργία ανεπιθύμητων περιοχών νέκρωσης ή άλλης βλάβης στον ιστό, γύρω από το σημείο εφαρμογής του laser. Για να **ελαχιστοποιηθεί** η διάχυση της θερμότητας, το **βάθος απορρόφησης της ακτινοβολίας laser** πρέπει να περιοριστεί στο **λεπτότερο** στρώμα κοντά στην επιφάνεια του ιστού.

Επίσης η διάχυση της θερμότητας συνδέεται με το χρόνο θερμικής αποκατάστασης (**Thermal Relaxation Time**) του υλικού. Οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την αλλαγή φάσης, χωρίς να θερμανθούν οι παρακείμενοι ιστοί, επιτυγχάνονται **μόνο** εάν η έκθεση του ιστού στην ακτινοβολία είναι μικρότερη από το χρόνο θερμικής αποκατάστασης.



Εάν στη διάρκεια αυτού του χρόνου, ο ιστός ακτινοβοληθεί εκ νέου, τότε καταστρέφεται (διάρκεια παλμού Laser => μικρότερη του TRT του ιστού στόχου).

Εάν ο χρόνος παλμού Laser παραταθεί πέραν του TRT του ιστού, τότε ο ιστός «προλαβαίνει να συνέλθει» και δεν καταστρέφεται.

Συστήματα lasers

Κάποιες ιατρικές εφαρμογές

Table 1. The commonly used medical CW lasers^a.

Laser	Medium	λ (nm)	Power	$\delta_{\text{water}}^{\text{b}}$	δ_{tissue} (Ref. [15])	$\delta_{\text{pigment. tissue}}$
HeCd	Gas	325.0	<100 mW	3.2 m	8 μm	
		442.0	<200 mW	20 m	0.3 mm	
Argon ion	Gas	488.0	2–10 W	23 m	0.8 mm	
		514.5	10–100 W	18 m	1 mm	
Kr ion	Gas	530.9	0.1–10 W	16 m	1.1 mm	
		568.2	0.1–10 W	13 m	1.6 mm	
		676.4	0.1–10 W	12 m	5 mm	
KTP/Nd: YAG	Solid state	532.0	1–10 W	16 m	1.1 mm	0.2 mm
HeNe	Gas	632.8	100 mW	4.8 m	3.5 mm	
Dye	Liquid	400–500	1–100 W	11–20 m	0.1–0.9 mm	
		550–700		14–2 m	1–5 mm	
GaAlAs	Semiconductor	780	1–100 W	60 cm	7 mm	
		820		46 cm	8 mm	
		870		25 cm	7 mm	
Nd: YAG	Solid state	1 064	100 W	4 cm	4 mm	0.9 mm
Nd: YAP	Solid state	1 080	10–100 W	5 cm	4 mm	
		1341		8 mm	4 mm	
Ho: YAG	Solid state	2100	10–100 W	0.2 mm	1 mm	
HF	Chemical	2600–3000	150 W	200–0.5 μm	300–1 μm	
CO ₂	Gas	10 600	100 W	10 μm	20 μm	

^a The optical penetration depth (δ) is the tissue thickness that causes light to attenuate to 37% of its initial value.

^b <http://omlc.orgi.edu/spectra/water/data/warren95.dat>

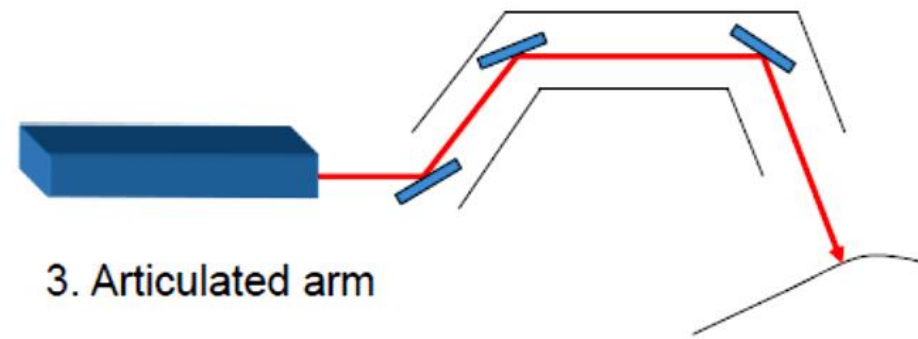
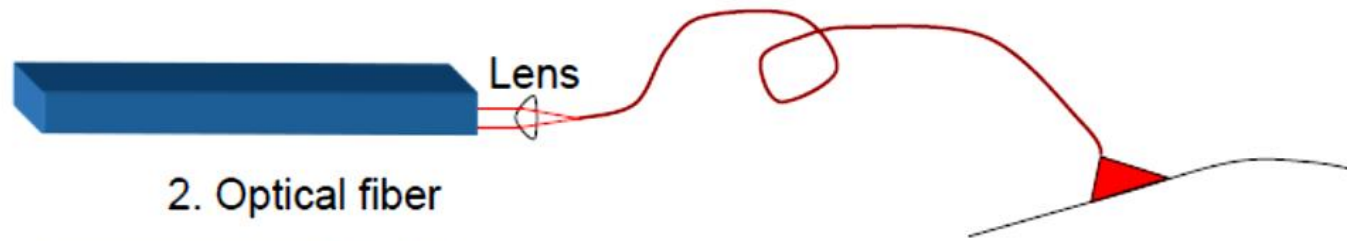
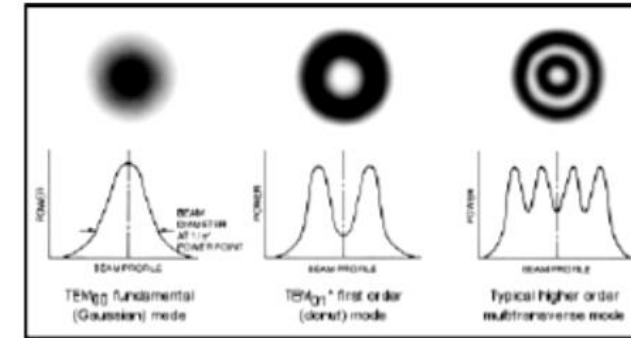
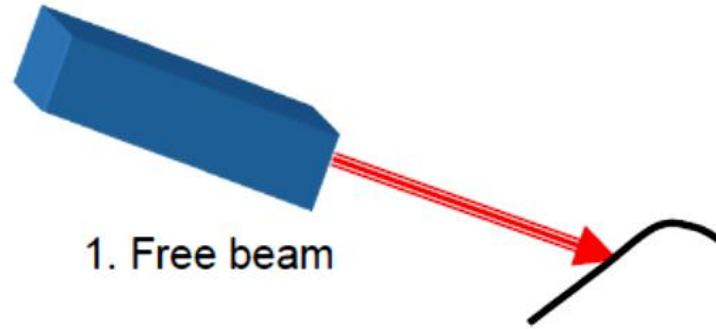
Table 2. The commonly used medical pulsed lasers^a.

Laser	Medium	λ (nm)	Pulse duration	δ_{water}^b	δ_{tissue} (Ref. [15])	$\delta_{\text{pigm. tissue}}$
Excimer ArF	Gas	193	5–25 ns	25 cm	<1 μm	
Excimer KrCl	Gas	222	250 ns	90 cm	1 μm	
Excimer KrF	Gas	248	2–50 ns	1.5 m	1.2 μm	
Excimer XeCl	Gas	308	20–300 ns	2.5 m	5 μm	
Excimer XeF	Gas	351	1–30 ns	5 m	20 μm	
Cu	Metal	511	2.5–20 ns	19 m	0.9 mm	
	vapour	578		5 m	1.6 mm	
KTP/Nd : YAG	Solid state	532	100 ns–250 μs	10 m	1.1 mm	0.2 mm
Nd : YAG	Solid state	1064	30–100 ps	3 cm	4 mm	0.9 mm
Ruby	Solid state	694	20 ns–1 ms	60 cm	5 mm	0.4 mm
Alexandrite	Solid state	720–800	0.1 ms	0.2 m	6–8 mm	0.5 mm
GaAS	Semiconductor	904	150 fs	5 cm	4 mm	
Ti : sapphire	Solid state	700–1000	10–100 fs	60–1 cm	5–8 mm	
Ho : YAG	Solid state	2100	100 ns–250 μs	0.1 mm	1 mm	0.4 mm
Er : YAG	Solid state	2940	10 ns	0.3 μm	1 μm	
Free electron laser	Electrons	800–6000	2–10 ps	20 cm–2 μm	8 mm–30 μm	
CO ₂	Gas	10 600	100 ns–1 ms	10 μm	20 μm	

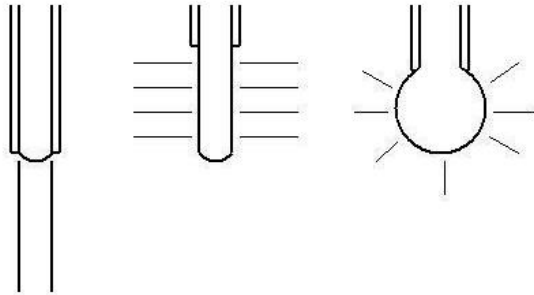
^a The optical penetration depth (δ) is the tissue thickness that causes light to attenuate to 37% its initial value.

^b <http://omlc.ogi.edu/spectra/water/data/warren95.dat>

Συστήματα οδήγησης της δέσμης



■ Συστήματα μεταφοράς δέσμης

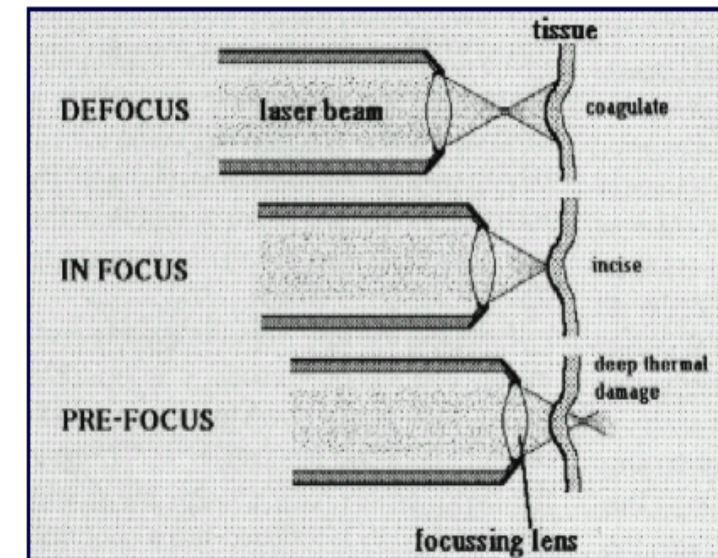
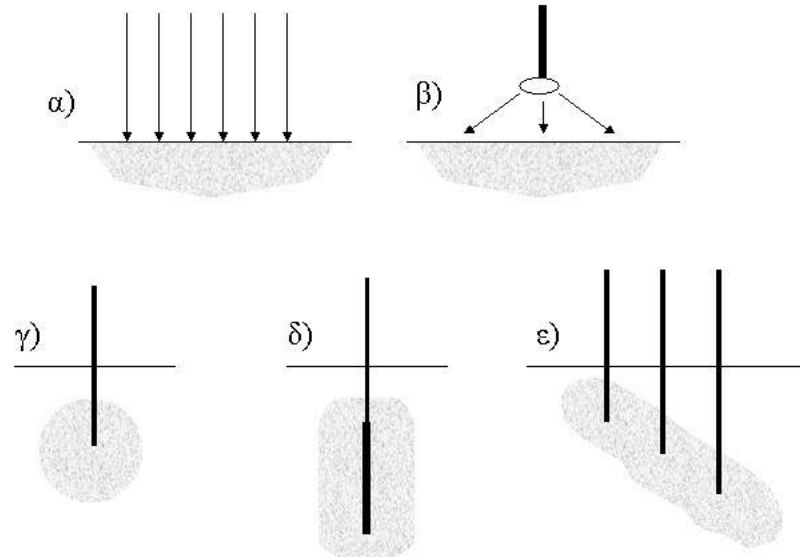


Η κατανομή του φωτός από το άκρο οπτικών ινών

Παραδείγματα γεωμετρίας ακτινοβολίας.

α), β) επιφανειακή ακτινοβολία από ευρεία δέσμη ή οπτ. ίνα με φακό.

γ) - ε) εσωτερική ακτινοβολία με διάφορες οπτικές ίνες



Laser διοξειδίου του άνθρακα (*Carbon dioxide laser*)



- Περιέχει μείγμα **ηλίου** (60-80%), **αζώτου** (~ 25%) και CO_2 (~ 5%).
- Λειτουργούν είτε σε CW είτε σε παλμική λειτουργία, ανάλογα με την εφαρμογή. Μπορούν να κατασκευαστούν με εκπομπή μέχρι αρκετά kW, αλλά 10-20 W είναι επαρκή για τις περισσότερες χειρουργικές επεμβάσεις. Υπό παλμική λειτουργία έχουν μετρηθεί ενέργειες παλμών έως και 100 KJ και διάρκειας παλμών από nsec έως msec.
- Το μήκος κύματος του κυμαίνεται μεταξύ 9μm–11μm, με πιο συνηθισμένα τα 9,6μm και τα 10,6μm), ενώ η δέσμη του είναι υψηλής ποιότητας σε σχέση με τη μονοχρωματικότητα και την ευθυγράμμιση.
- Η ακτινοβολία αυτού του laser δεν μπορεί να μεταδοθεί μέσω συμβατικών οπτικών ινών πυριτίου. Ωστόσο, ένα σύστημα κατόπτρων, φακών(πχ. ZnSe) και ειδικών κυματοδηγών και οπτικών ινών (πχ.TlBr-thallium bromide) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα αρθρωτο βραχίονα.

Laser διοξειδίου του άνθρακα (*Carbon dioxide laser*)

Δεδομένου ότι η υπέρυθη ακτινοβολία σε 10,6 μm είναι αόρατη, χρησιμοποιούνται για την στόχευση He-Ne laser. Το βάθος διείσδυσης στο νερό είναι περίπου 10 μm -20 μm και τα βάθη διείσδυσης στους ιστούς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περιεκτικότητα σε νερό.

Το laser χρησιμοποιείται για έναν αριθμό χειρουργικών, οφθαλμολογικών και δερματολογικών εφαρμογών, για την κοπή μαλακών ιστών σε βάθος και αναίμακτα, για την κοπή σκληρών ιστών, εκτός οδοντικών, για την εξάτμιση των ιστών ή την εξομάλυνση και αποκατάσταση του δέρματος. Η χρήση τους στην Οδοντιατρική είναι σχετικά περιορισμένη, χειρουργικές επεμβάσεις όπως εκβάθυνση της ουλοπαρειακής αύλακας για προσθετική αποκατάσταση, χαλινεκτομή, αφαίρεση ογκιδίων, αιμαγγειωμάτων κ.λ.π

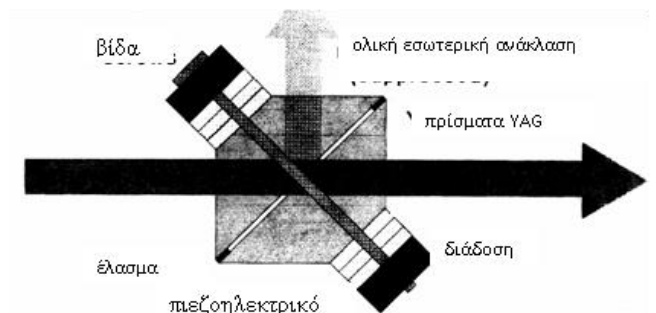
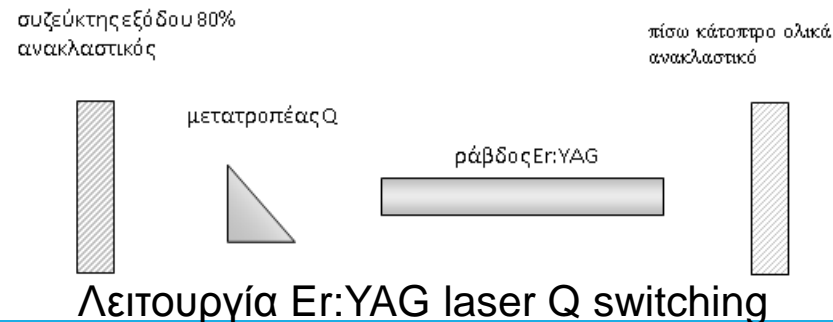
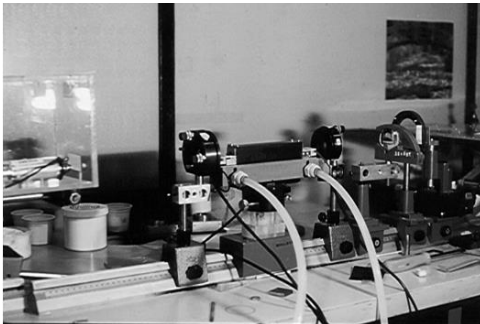
CO₂ Laser Surgery

- Less Pain
- Less Bleeding
- Less Swelling
- Quicker Recovery



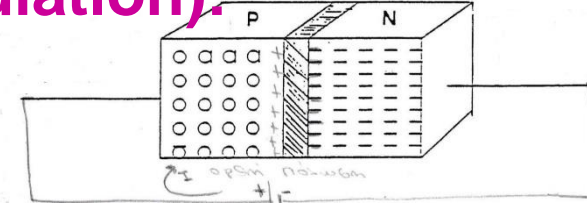
Erbium : YAG laser

- The Er:YAG laser έχει μήκος κυματος στα 2940 nm, το οποίο είναι κοντα στην κυρια περιοχή απορροφησης του νερου.
- Γι' αυτο το λογο το βαθος διεισδυσης είναι πολύ μικρο και η ολη διεργασια του laser με τους ιστους γινεται μεσω εξατμισης και αποδομησης.
- Τα συστατικα που περιεχουν τα οστα και τα δοντια απορροφούν επίσης έντονα σε αυτό το μήκος κύματος, το οποίο καθιστά δυνατή την επεξεργασια τους και τη διάτρηση τους με αυτό το laser. Χρησιμοποιηται στην οδοντιατρικη για την **επιλεκτική αφαίρεση τερηδόνας, για την οδοντική χειρουργική (σφράγισμα), την ενδοδοντία και την περιοδοντία.**

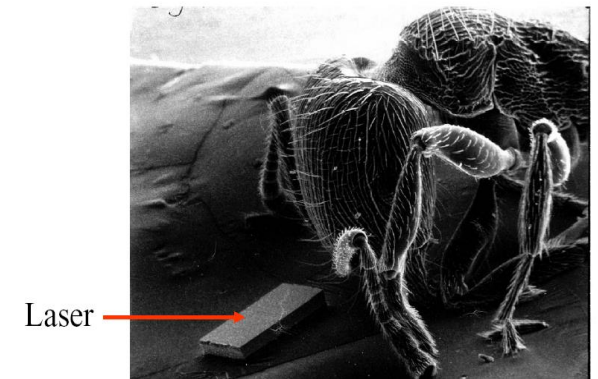


Laser ημιαγωγών (*direct conversion of electric energy into radiation*):

light-emitting diodes(LEDs), semiconductor lasers

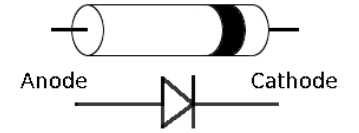


- Τα laser ημιαγωγών είναι από τις πιο σημαντικές κατηγορίες laser σήμερα εξαιτίας της μεγάλης κλίμακας των εφαρμογών τους αλλά και τη πολύ σημαντική χρήση τους ως **αντλητικά laser για laser στερεάς κατάστασης**.
- Είναι τα πιο μικρά σε διαστάσεις lasers.
- Το μέσο ενίσχυσης, όπως δηλώνει και το όνομά τους, είναι ημιαγώγιμα υλικά [συνδυασμός στοιχείων της τρίτης ομάδας του Περιοδικού Πίνακα (π.χ. **Al, Ga, In**) και της πέμπτης ομάδας (π.χ. **N, P, As, Sb**), για παράδειγμα **GaAs, AlGaAs**].
- Τα μήκη κύματος καλύπτουν μια ευρεία περιοχή του φάσματος του **ορατού και κοντινού υπερύθρου**. Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη σήμερα είναι η κρυσταλλοδίοδος GaAlAs η οποία εκπέμπει στα $0,82\mu\text{m}$ και αποτελεί ιδανική φωτεινή πηγή για οπτικές επικοινωνίες.



Laser ημιαγωγών (*direct conversion of electric energy into radiation*):

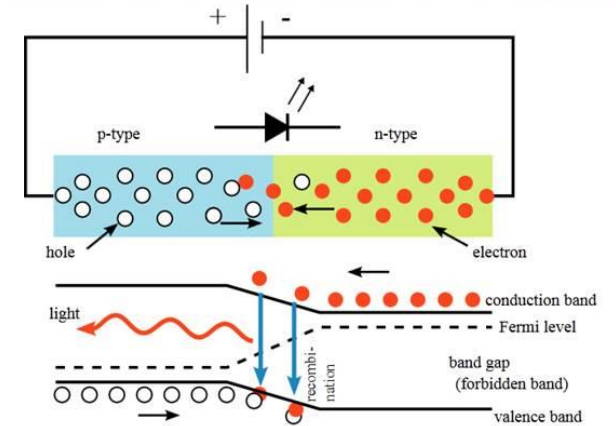
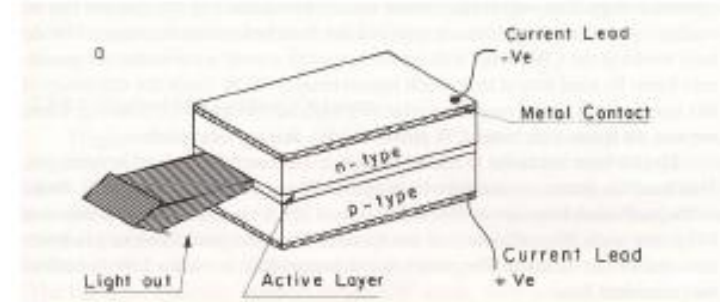
light-emitting diodes(LEDs), semiconductor lasers



Όταν η δίοδος είναι ορθά πολωμένη, τότε εκπέμπει ακτινοβολία, ενέργειας ίσης με αυτήν του ενεργειακού χάσματος του.

Αν δημιουργηθεί αναστροφή πληθυσμών τότε η εκπομπή θα είναι εξαναγκασμένη και θα έχουμε εκπομπή laser.

Αν η εκπομπή είναι αυθόρμητη τότε θα έχουμε εκπομπή φωτοδιόδου (L.E.D.) και όχι εκπομπή laser.



Laser medium:

GaN ~400 nm: 5 mW, 200 mW

AlGaAs ~800 nm (near IR): 5 mW, 50 mW, 4 W

InGaAs ~670 nm (red): 5 mW, 40 mW, 400 mW

~635 nm (bright red): 5 mW

UV – AlGaIn

Blue – GaN, InGaIn

Red, green – GaP

Red, yellow – GaAsP

IR- GaAs



Laser ημιαγωγών (*direct conversion of electric energy into radiation*):

light-emitting diodes(LEDs), semiconductor lasers

Εχουμε ιατρικές εφαρμογές στη οφθαλμολογία και στη θεραπεία επούλωση πληγών ανακούφισης από τον πόνο (Low level laser therapy)

Τα Diode bars (~800 nm, 1 – 20W) χρησιμοποιούνται για:

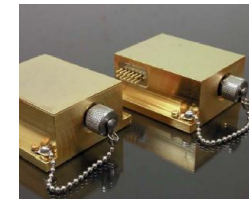
- την κοπή ιστού, αφαίρεση τριχοφυΐας,
- την οπτική αντληση του Nd:YAG laser
- τη θερμική επεξεργασία των ιστών (πχ. για την καλοήγη υπερπλασία του προστάτη)

DC3300



GIGAA LASER

CE FDA



gigaalaser.en.alibaba.com



RT-808G

Χειρουργική κοπή με laser

Για τα χειρουργικά laser που κυκλοφορούν στην αγορά σήμερα (diode laser, Er:YAG και CO₂), η ενέργεια του laser μετασχηματίζεται μέσω της απορρόφησης στη θερμότητα μέσα στον ιστό,



CO2 laser, muscle tissue incision / chicken leg
7 Watts, 0.25mm spot size

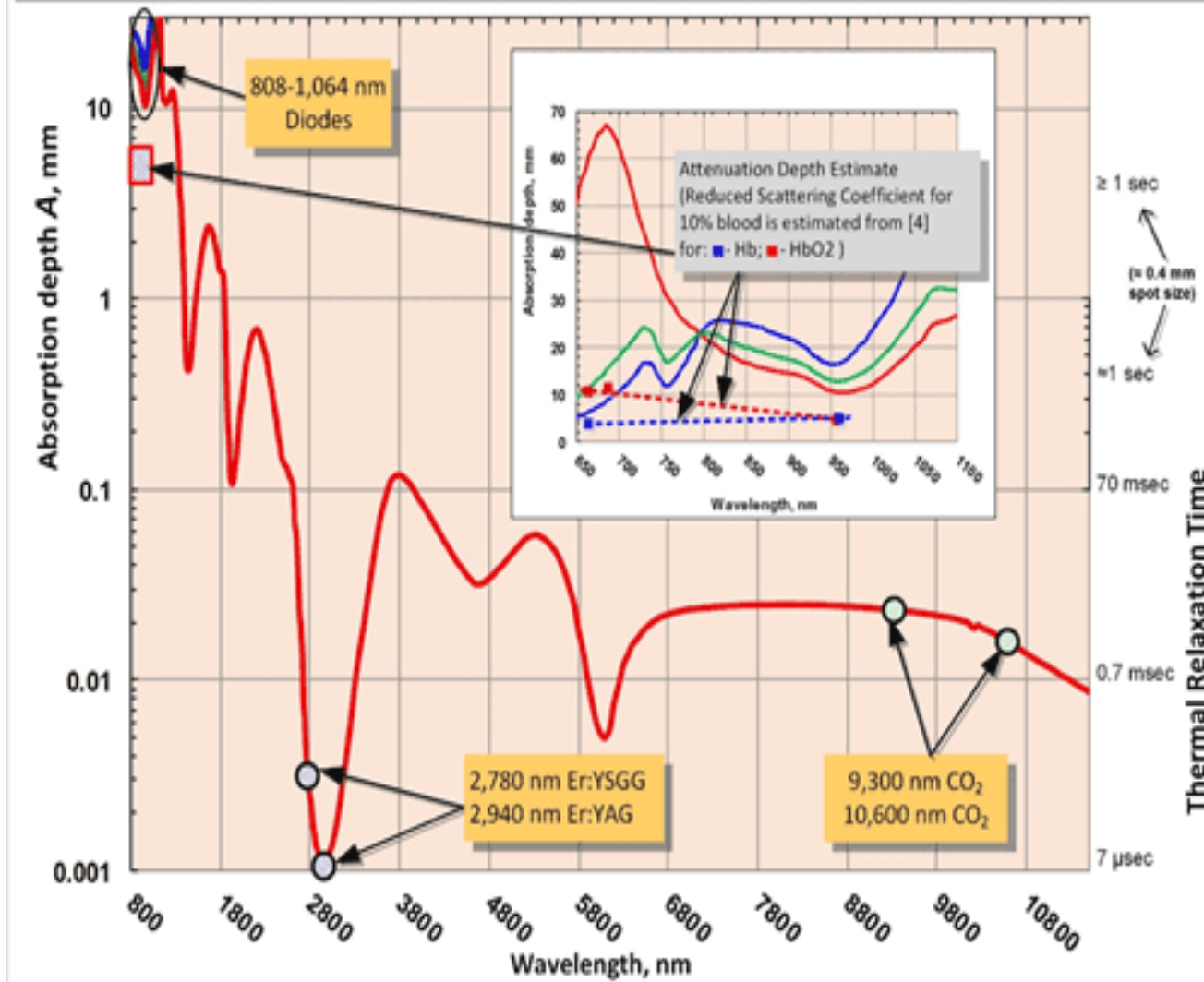


Diode laser, muscle tissue incision / chicken leg
7 Watts, 0.30mm spot size, non-contact

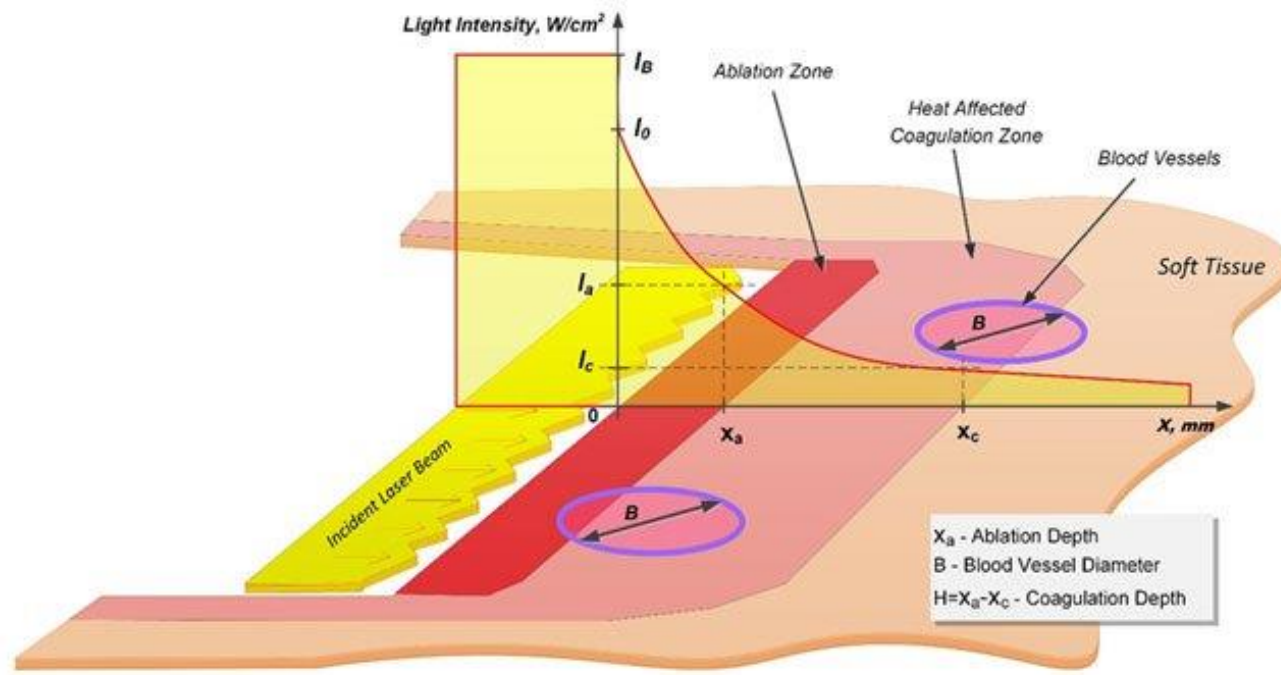
οδηγώντας σε αυξημένες θερμοκρασίες ιστού, που με τη σειρά τους μπορεί να οδηγήσουν σε αφαίρεση και πήξη ιστού .

Δεν είναι όλα τα laser αποτελεσματικά τόσο στην **τομή** όσο και στην **πήξη** των μαλακών ιστών. Ορισμένα μήκη κύματος laser (πχ τα **Er:YAG**) είναι ικανοποιητικά στην **κοπή**, αλλά δεν είναι αποτελεσματικά στην πήξη. Άλλα μήκη κύματος laser (όπως τα **diode laser**) είναι πολύ αποτελεσματικά ως πηκτικοί παράγοντες, αλλά είναι φτωχά ως νυστέρια. Υπάρχουν επίσης laser (όπως το CO₂) που είναι αποτελεσματικά τόσο στην **τομή** όσο και στην **πήξη** του μαλακού ιστού.

Absorption depth and Thermal relaxation time for sub-epithelium connective oral soft tissue with X=75% Water and 10% Blood (Z = 150g/L HbO₂ (red curve); Z = 150g/L Hb (blue); Z = 75g/L Hb + 75g/L HbO₂ (green)).



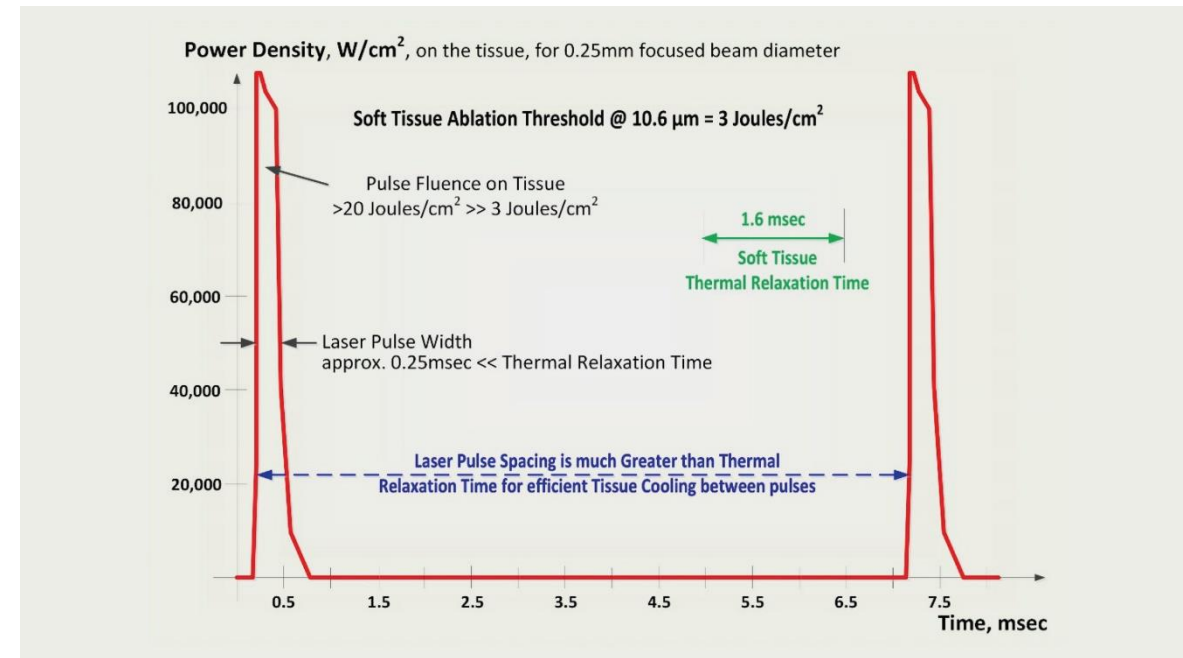
Βαθος απορρόφησης και χρόνος θερμικής αποκατάστασης μαλακού ιστού υποεπιθηλίου / υπο επιδερμίδας με 75% νερό και 10% αίμα. Σημειώστε ότι τα τμήματα **Near-IR** των φασμάτων κάτω από 1.500 nm δεν ισχύουν για άλλους τύπους ιστών, καθώς άλλα χρωμοφόρα (π.χ. μελανίνη στο επιθήλιο ή στην επιδερμίδα ή τον αμφιβληστροειδή) και διαφορετικές ιδιότητες σκέδασης φωτός μπορούν να τροποποιήσουν την φασματοτική συμπεριφορά απορρόφησης και εξασθένησης ιστού. Ταυτόχρονα, **τα μεσαία IR και FIR** τμήματα του φάσματος του βάθους απορρόφησης είναι αντιπροσωπευτικά όλων των άλλων τύπων μαλακών μορίων λόγω αμελητέας μικρής σκέδασης φωτός σε σχέση με την ισχυρή απορρόφηση από το νερό πάνω από 2.000 nm.



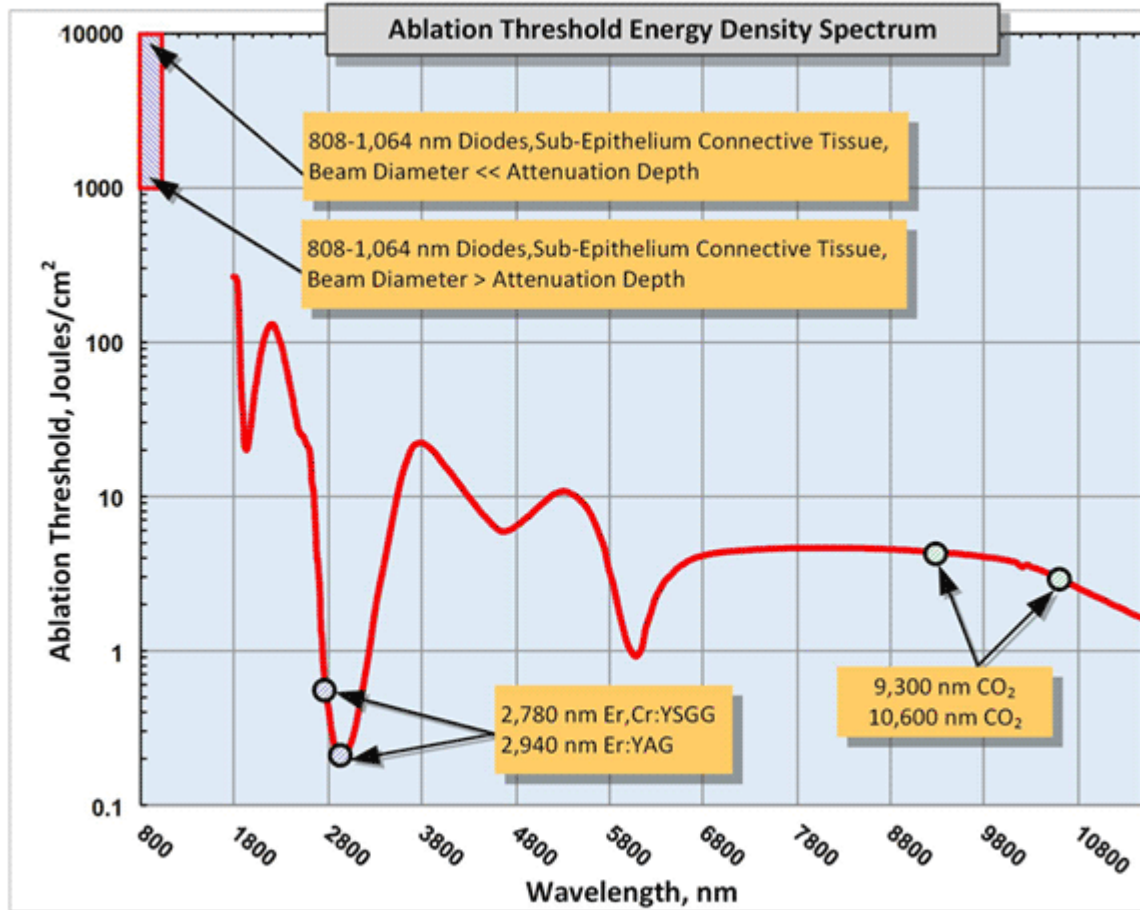
Απλοποιημένη γραφική παράσταση της παλμικής ($t \leq TRT$) ενέργειας laser που απορροφάται στον μαλακό ιστό, απουσία σκέδασης.

Η πιο αποτελεσματική θέρμανση του ακτινοβολημένου ιστού λαμβάνει χώρα όταν η παλμική ενέργεια laser είναι υψηλή και η διάρκεια της είναι πολύ μικρότερη από το TRT.

Η πιο αποτελεσματική ψύξη του ιστού δίπλα στην αφαιρεθείσα ζώνη λαμβάνει χώρα εάν η χρονική διάρκεια μεταξύ παλμών laser είναι πολύ μεγαλύτερη από το TRT.



Lasers με υψηλή ισχύ και σύντομο παλμό, μεγιστοποιούν το ρυθμό αφαίρεσης των μαλακών μορίων και περιορίζουν τη διαφυγή θερμότητας από τον ακτινοβολημένο ιστό.



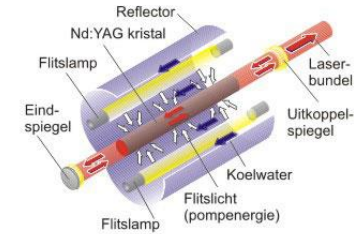
Ενεργειακή πυκνότητα κατωφλιού κατώτερου επιθηλίου / υπο επιδερμίδας.

Σε αντίθεση με τα μήκη κύματος NIR, τα μήκη κύματος Mid-IR (Erbium) και FIR (CO₂) παρουσιάζουν πολύ μικρότερα βάθη απορρόφησης, που καθιστά τα laser αυτά πολύ πιο ακριβή και ασφαλέστερα στο χώρο του μαλακού ιστού.

Η ενεργειακή πυκνότητα κατωφλιού εκτομής για μαλακό ιστό πλούσιο σε νερό 75% είναι 3 J / cm² για το CO₂. Τα μήκη κύματος των NIR laser χαρακτηρίζονται από περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας φωτο-θερμικής αφαίρεσης, πράγμα που καθιστά τη φωτο-θερμική εξατμισμό του μαλακού ιστού ανεφικτη.

Laser στερεάς καταστάσης

Nd:YAG (Neodymium:yttrium aluminium garnet)



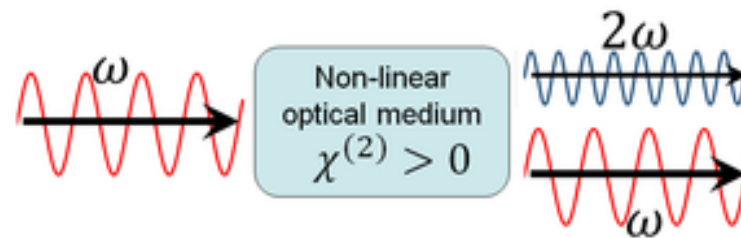
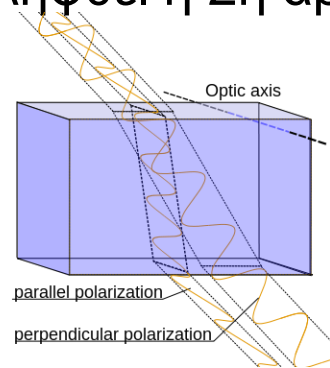
- Ενεργό υλικό του laser Nd-YAG είναι ένας κρύσταλλος, το **αργυλικό ύτριο**.
- Βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι η αναστροφή των πληθυσμών επιτυγχάνεται με τη διαδικασία της οπτικής άντλησης (**CW η flashed Xe lamps ή diode lasers**).
- Δεδομένου ότι η απόδοση είναι συνήθως κάτω από 2%, είναι απαραίτητη η **ψύξη του με νερό**.
- Παράγεται ακτινοβολία σε τρία διαφορετικά μήκη κύματος, στα 0.9, 1.06 και 1.35 μm , με τη γραμμή **1.06** να είναι η πιο ισχυρή.
- Το Nd:YAG laser μπορεί να λειτουργήσει με μετατροπή Q (Q switching) και με τη μέθοδο εγκλειδομένων ρυθμών (mode locking).
- Άλλα χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή ισχύς εξόδου τους (τάξης MW σε παλμική λειτουργία) και η δυνατότητα παραγωγής παλμών μικρής χρονικής διάρκειας της τάξης των **nsec** η **ps**.



Laser στερεάς καταστάσης

Nd:YAG (Neodymium:yttrium aluminium garnet)

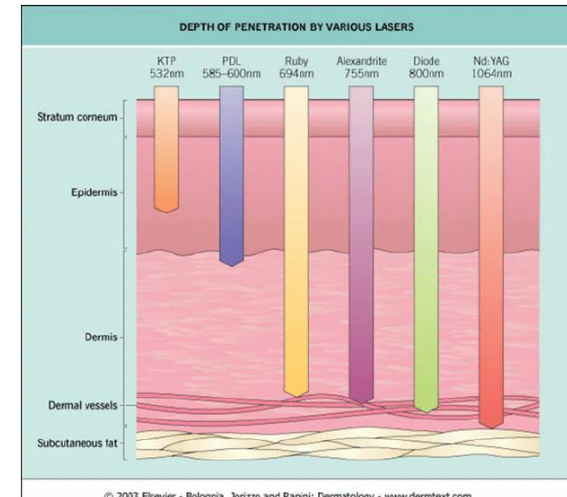
Όταν ένας μη γραμμικός οπτικός κρύσταλλος (πχ. φωσφορικό οξείδιο του τιτανίου (K₂TiOPO₄:KTP) τοποθετηθεί στο σύστημα (φαινόμενο της διπλοθλαστικότητας), μπορεί να ληφθεί η 2η αρμονική της κύριας γραμμής, δηλαδή στα 532 nm.



KTP laser

Q-Switched Nd:YAG laser

- + Melasma
- + Hyperpigmentation
- + lentiginos
- + Speckle
- + Tattoo Removal etc.



© 2003 Elsevier - Bologna, Jorizzo and Rapini: Dermatology - www.dermtext.com

Το λεγόμενο laser KTP (532 nm) έχει μικροτερη διείσδυση στον ιστό σε σχέση με το 1064 nm (3-5mm), αλλά και τα δυο έχουν καλές ιδιότητες πήξης.

Χειρουργικές εφαρμογές όπου γίνεται χρήση των Q-switched Nd:YAG laser 1064 nm και 532nm (2 ω) είναι οι καυτηριάσεις, οι τομές ακριβείας, το σταμάτημα αιμορραγιών, και μάλιστα εντός του ανθρωπίνου σώματος μέσω οπτικής ίνας με ενδοσκοπική χορήγηση της δέσμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ουρολογία, στην πνευμονολογία και στην γαστρεντερολογία, καθώς επίσης και στην οφθαλμολογία για τη θεραπεία του δευτερογενούς καταρράκτη του και άλλων παθήσεων.



Laser στερεάς κατάστασης

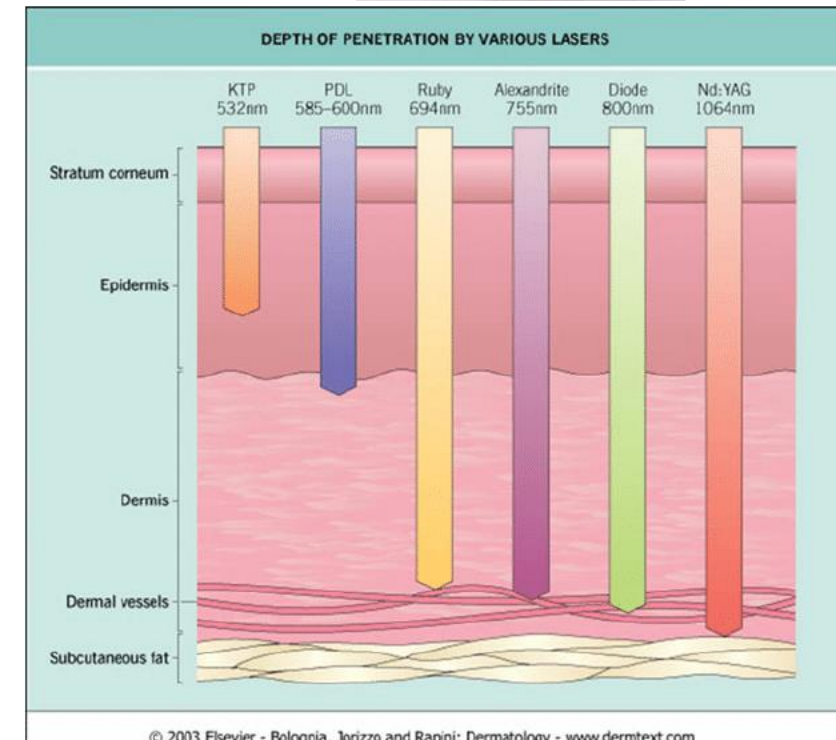
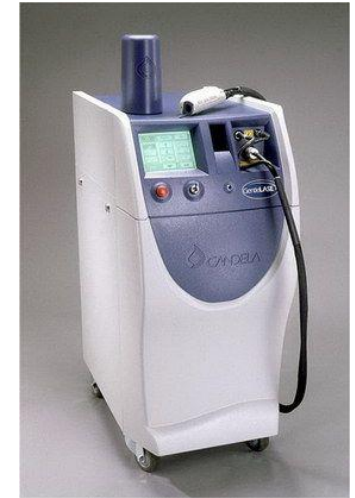
Alexandrite laser

chromium-doped chrysoberyl (alexandrite) $Cr^{3+} : BeAl_2O_4$

Αυτό το στερεάς κατάστασης laser, που είναι ρυθμιζόμενο στο εύρος μήκους κύματος 700-830 nm, μπορεί να λειτουργήσει σε CW ή παλμική λειτουργία.

Η μέση ισχύς (fluence rate) του μπορεί να φτάσει τα 100W.

Αυτά τα μηκη κυματος απορροφονται από μελανίνη και άλλες χρωστικές, αλλά όχι σημαντικά από το αίμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη λιθοτριψία, η για να καταστρέψει δομές που περιέχουν μελανίνη (τρίχες, κρεατοελιές) και να αφαιρέσει τατουάζ.



Βαση των παραπανω, εύλογα προκύπτει η ανάγκη ικανότητας της συσκευής Laser να επιδέχεται τροποποίηση του χρόνου παλμού, προσαρμοζόμενη στην εκάστοτε περίπτωση (σκούρο ή ανοιχτόχρωμο δέρμα, σκούρα ή ανοιχτόχρωμη τριχοφυΐα, μικρό ή μεγάλο αγγείο κ.λπ.).

TRT της δομής των τριχοθυλάκων \approx 40-100 msec

TRT της επιδερμίδας \approx 3 -10 msec

TRT λεπτού επιπολής αγγείου, διαμέτρου 100 μ m (0.1mm) \approx 5 msec

TRT μικροαγγειακής δομής, διαμέτρου 50 μ m (0.05mm) \approx 1 msec

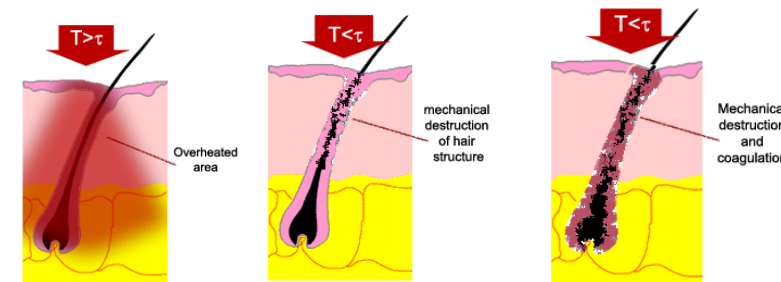
10 msec < διάρκεια παλμού < 20 -30 msec

TRT επιδερμίδας < διάρκεια παλμού < TRT ιστού στόχου

TRTs and Hair Diameter

Hair Diameter (microns)	Thermal Relaxation Time (msecs)
10	0.048
20	0.190
50	1.20
100	4.80
200	19.0
500 (0.5mm)	42.6

Συνεπώς, εφόσον ο ιστός πχ. η επιδερμίδα ακτινοβοληθεί με χρόνο παλμού **μεγαλύτερο** του TRT της ($TRT_{\text{επιδ}}$), και ταυτόχρονα ο στόχος (αγγείο, τριχικός θύλακας κ.λπ.) ακτινοβοληθεί με μια δέσμη Laser **μικρότερη** του δικού του TRT ($TRT_{\text{στόχου}}$), τότε επιτυγχάνεται επιλεκτικά καταστροφή του στόχου, χωρίς σημαντική βλάβη της επιδερμίδας.

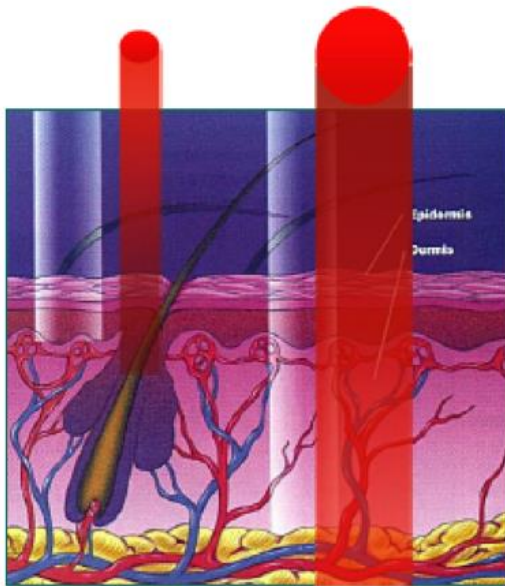


Επιδράση της μεταβολής του μεγεθους της δεσμης laser (Spot size)

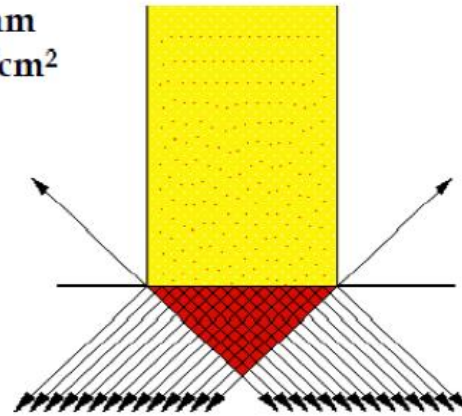
Spot Size and Depth of Optical Penetration

Small spot size for superficial targets

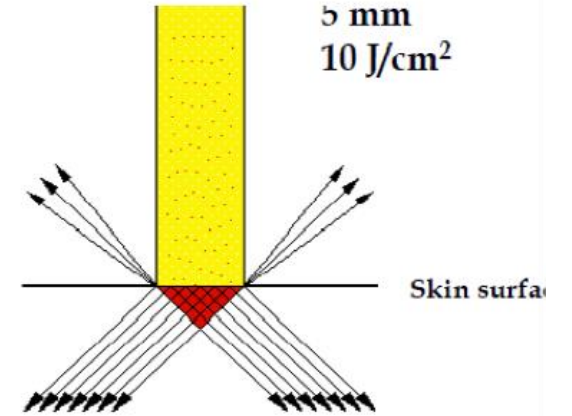
Large spot size for deeper targets



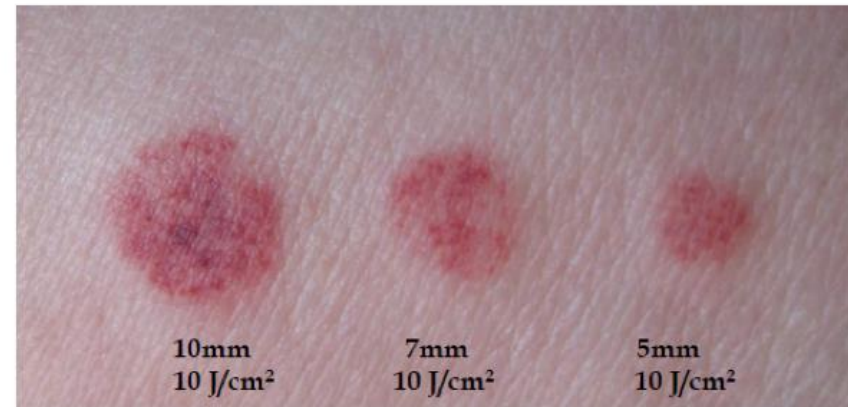
10 mm
10 J/cm²



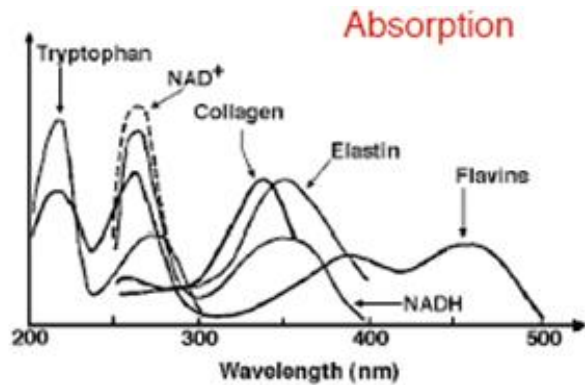
5 mm
10 J/cm²



Pulsed Dye Laser
 $\lambda = 595 \text{ nm}$
PD = 2 msec

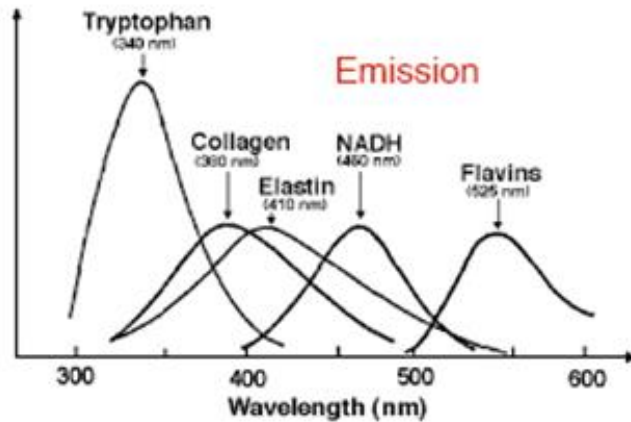


ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΤΟΥ LASER ΕΠΑΓΟΜΕΝΟΥ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ



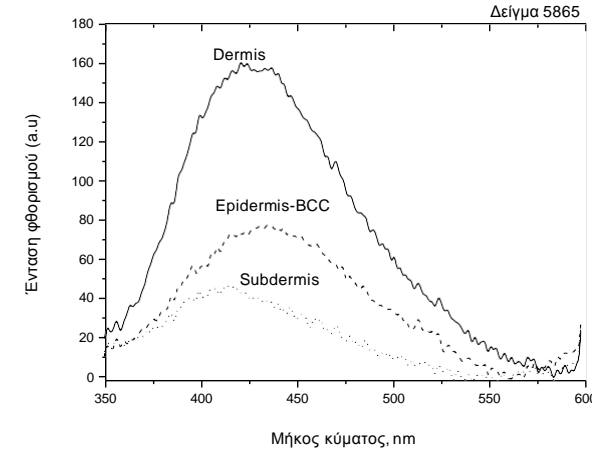
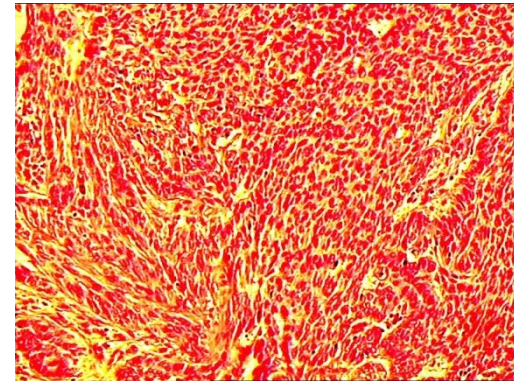
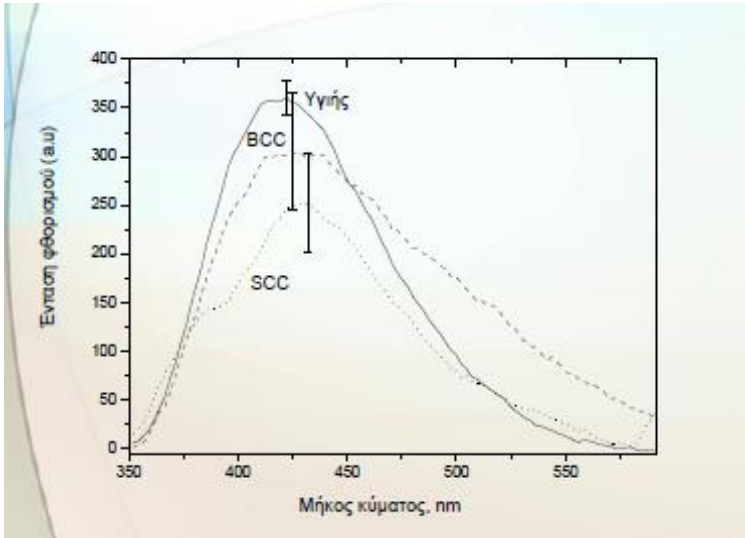
Η μεταβολή του φθορισμού οφείλεται σε φυσιολογικές, μορφολογικές ή βιολογικές αλλαγές των ιστών. Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι φθορισμού μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του μορίου του οποίου ο φθορισμός θα δώσει την διαγνωστική πληροφορία. Το μόριο αυτό μπορεί να είναι είτε ενδογενές, (αυτό-φθορισμός), είτε εξωγενές.

- Αναγνώριση μοριακής ταυτότητας δομών
- Μεταβολική δραστηριότητα
- Χημική και φυσική συμπεριφορά



- Ανίχνευση καρκίνου
 - Ανίχνευση προκαρκινικών καταστάσεων
 - Οδηγός για βιοψία
 - Παρακολούθηση ασθενών
- Ανίχνευση αρτηριοσκλήρωσης
- Ανίχνευση τερηδόνας

Βασοκυτταρικό καρκίνωμα

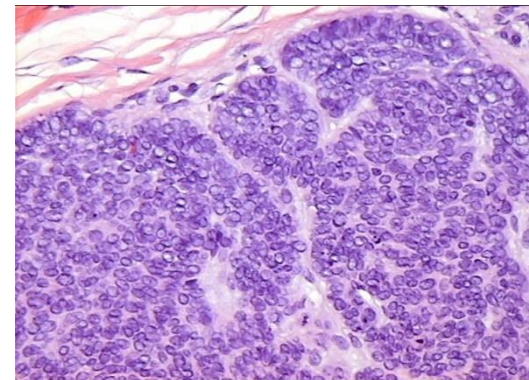


Μείωση στο κολλαγόνο (εκπομπή περίπου 390 nm - 405 nm) και την ελαστίνη (εκπομπή περίπου 400 nm - 410 nm),

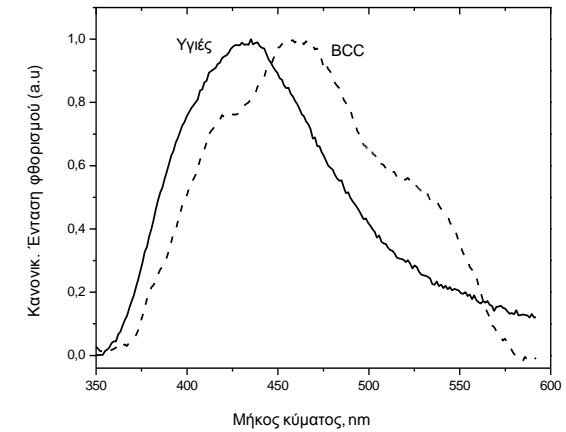
Μείωση των επιπέδων της NADH (εκπομπή περίπου 440 nm - 460 nm) (διαφορετικές μεταβολικές οξειδοαναγωγικές διαδικασίες).



Αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες δερματικού δείγματος με BCC κακοήθεια.



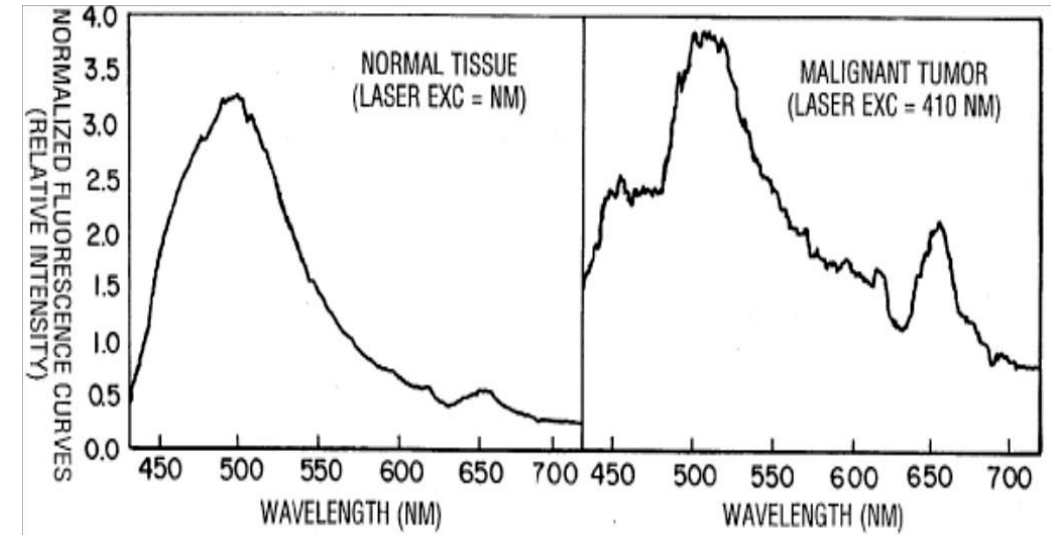
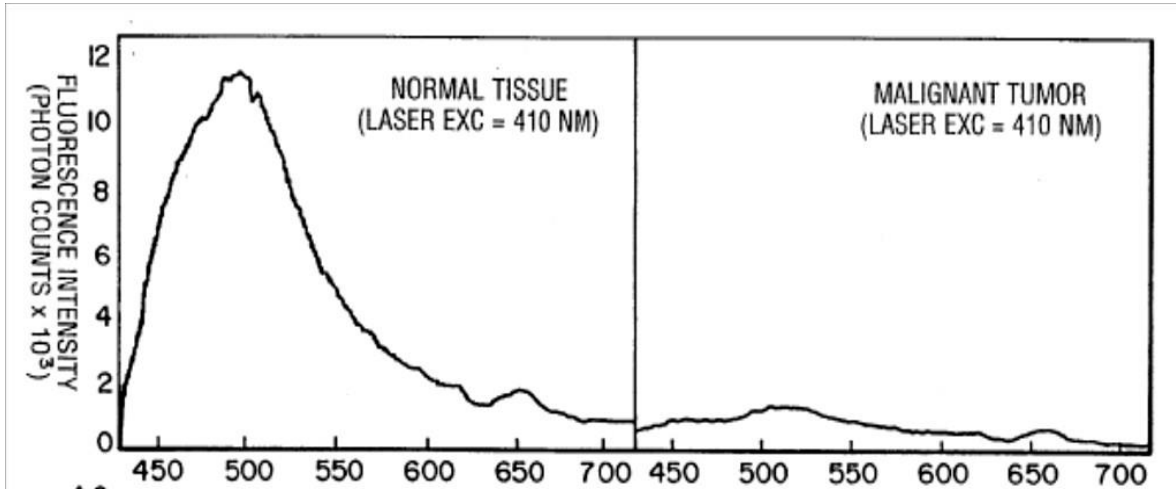
Φωτογραφίες μικροσκοπίου- Ιστολογική ανάλυση



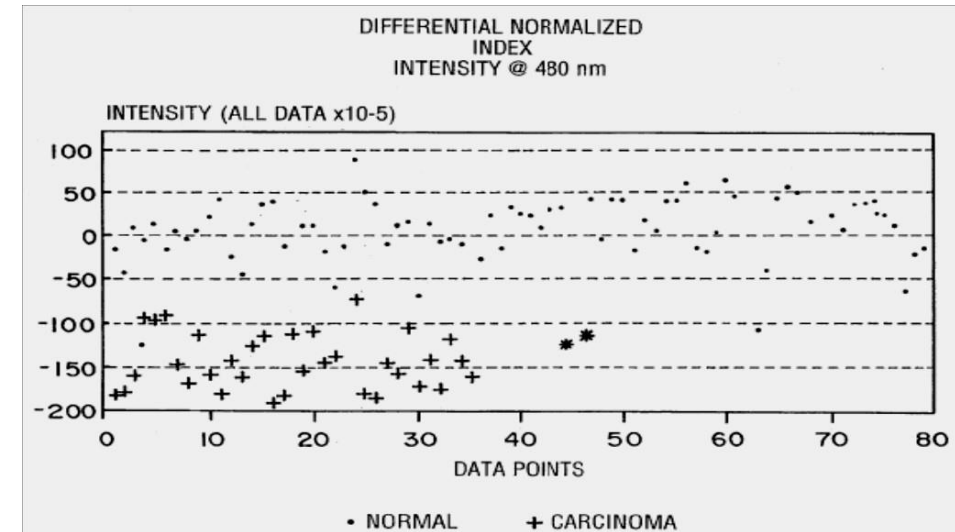
Φάσματα φθορισμού

Φωτοδιάγνωση νεοπλασιών του δέρματος με τη μέθοδο του laser επαγόμενου φθορισμού

Αδενοκαρκίνωμα Οισοφάγου



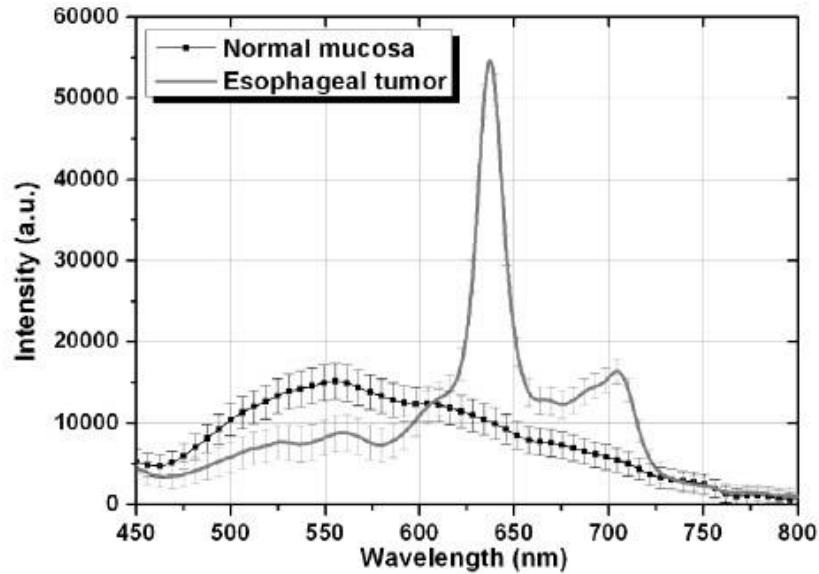
Αυτοφθορισμός με laser nitrogen-pumped dye, 410 nm



Tuan Vo-Dihn 1994

Γαστρεντερικός Καρκίνος

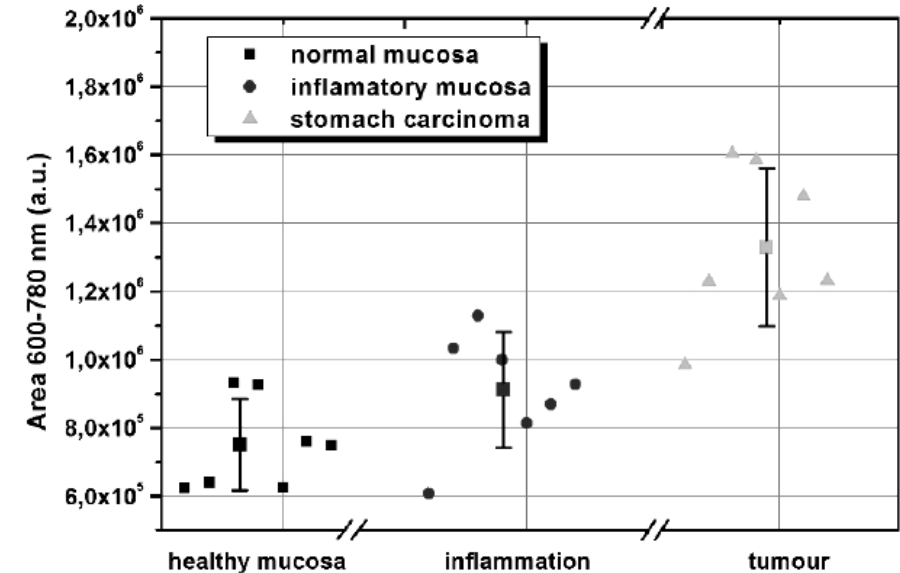
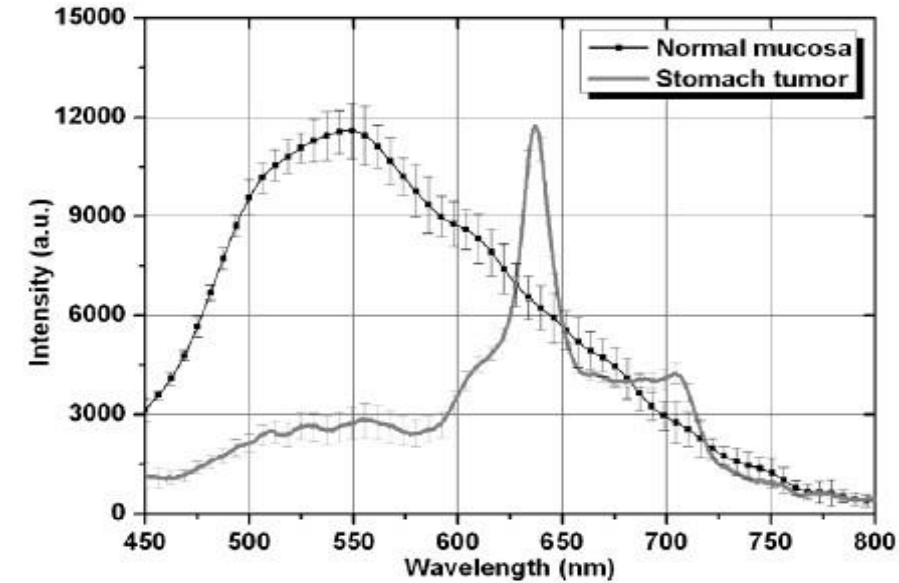
5-ALA Διέγερση στα 405 nm



450-650 nm
περιοχή γενικού
φθορισμού

630-710 nm περιοχή
οπου φαίνεται η
συνεισφορά της PpIX

530-580 nm περιοχή
οπου έχουμε
απορρόφηση του
φθορισμού από την οξυ-
hemoglobin



Borisova E κ.α. 2011

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Ευχαριστώ για το ενδιαφέρον και την προσοχή σας !