

Letteratura Scientifica



High
Therapy



Breve storia del laser

1917, Einstein presentava la sua teoria della "emissione stimolata" che si trova alla base del processo di rafforzamento della luce e che si basa sulla teoria del quantum di Planck.

La prima applicazione teorica

Townes nel 1954 rende applicativa la teoria del rafforzamento dei raggi con il "Maser" (Magnetic Amplification by Stimulated of Radiation) in cui le onde elettromagnetiche erano rafforzate dal principio di emissione stimolata.

Nel 1958 Townes conclude che era possibile applicare tale rafforzamento nel campo dei raggi visibili e in particolare della LUCE.

Il primo laser

1960, Maiman presenta il suo primo "maser" a rubino.

1961, Javan presenta "maser" ottico a gas (miscela di gas Elio e Neo).

Da allora il nome "maser" fu cambiato in "laser" per evidenziare l'azione nel campo delle onde luminose.

Cos'è la luce

Esattamente come la materia la luce ha due "Facce":

- un carattere ondulatorio
- un carattere corpuscolare

Carattere ondulatorio

la luce è una perturbazione di un campo elettrico e di un campo magnetico che si propaga nello spazio.

Carattere corpuscolare

Il raggio luminoso è un flusso di fotoni ciascuno dei quali trasporta un'energia.

Caratteristiche ondulatorie

Quest'onda è caratterizzata da:

- un periodo T (frequenza $F=1/T$)
- una lunghezza d'onda
- si trasmette nel vuoto a velocità $C=3.108m/sec$ (Dove $C=F \times L$)

Esiste quindi un rapporto fra la frequenza e la sua lunghezza d'onda. La parte visibile dello spettro, parte della quale è sensibile il nostro occhio è posta tra: 10 alla 15esima e 10 alla 16esima Hertz, cioè in lunghezza d'onda noi vediamo le luci tra i 400 nm (violetto) e 760 nm (rosso).

Caratteristiche corpuscolari

Un raggio luminoso è un flusso di fotoni ciascuno dei quali trasporta un'energia che risulta uguale a:

$$E = h \times f$$

Energia/h = cost. Planck / frequenza

Evoluzione

Max Planck affermava che l'energia di irradiazione elettromagnetica non era continua ma poteva essere frammentata in piccoli elementi denominati quanti. Einstein conferma questa teoria e afferma che anche la propagazione dell'energia luminosa nello spazio si realizza sotto forma di piccole particelle i Fotoni.

Teoria dei quanti atomici quando un elettrone cambia di livello energetico viene scambiata una determinata quantità di energia o quanto di energia.

Emissione spontanea (o fotone)

Si verifica che quando un elettrone dell'atomo eccitato, dopo alcuni nanosecondi, torna alla sua orbita primitiva, possiede un surplus di energia che libera sotto forma di emissione luminosa

Questa è la luce.

Emissione stimolata

Quando un atomo si trova già in una situazione di eccitazione può essere stimolato ad emettere un fotone. Questo si produce quando l'atomo entra in collisione con un altro fotone.

Quando un elettrone a livello energetico primitivo assorbe un fotone si eccita e può irradiare spontaneamente energia liberando a sua volta un fotone. Un atomo eccitato può anche essere stimolato per liberare un fotone quando viene toccato da un fotone esterno.

I due fotoni avranno la stessa lunghezza d'onda ma il livello di energia del fotone entrato in collisione si accresce con il fotone ceduto dall'atomo.

Principi Fisici

Laser è l'acronimo di "*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*" ovvero Luce Amplificata tramite l'Emissione Stimolata di Radiazioni; altro non è che un raggio di energia:

- coerente
- unidirezionale
- monocromatica
- in fase

Grandezze fisiche

L'emissione laser è una luce amplificata caratterizzata dalle seguenti grandezze fisiche:

Frequenza: numero di oscillazioni complete in un secondo (una frequenza di 200 Hz indica che ci sono 200 emissioni di luce laser in un secondo).

Lunghezza d'onda: spazio percorso dall'onda in un periodo.

Potenza: misurata in Watt è data dall'energia nell'unità di tempo.

Energia: misurata in Joule è data dal rapporto tra la potenza e il tempo.

Intensità: misurata in Watt/cm² è data dalla potenza per unità di superficie.

Fluenza: misurata in Joule/cm².

Spotsize: misurato in cm² è data dalla dimensione della sezione del raggio laser che colpisce il tessuto biologico. coerente, unidirezionale, monocromatica ed in fase.

Brillanza: estrema intensità e collimazione angolare del fascio di luce emesso non riscontrabile in nessun'altra sorgente naturale e tale da consentire una facile veicolazione in fibra ottica.

Tipi di laser

Laser solid-state

Viene qui utilizzato un vetro cristallino “drogato” con gli ioni che gli forniscono gli stati di energia necessaria. Per esempio il primo laser di questo tipo erano i laser a rubino (cromo drogato corindone). L'inversione di popolazione è mantenuta dal “drogante” cromo o neodimio. In questo caso “allo stato solido – solid state” si riferisce al cristallo o vetro che fornisce gli ioni. Il neodimio è il più comune “drogante” tra le differenti tipologie di laser solid-state e include ittrio vanadato (Nd: YVO4), fluoruro di ittrio e litio (Nd: YLF), granato di ittrio e alluminio (Nd: YAG). Tutti questi laser possono produrre alte potenze nello spettro dell'infrarosso, in particolare a 1064 nm. Laser a stato solido sono barrette di cristalli drogati con terre rare o elementi di transizione, come per esempio lo YAG (granato di ittrio e alluminio) drogato con neodimio, o lo zaffiro (ossido di alluminio) drogato con cromo (rubino).

Laser a gas

Il materiale attivo è allo stato gassoso o di vapore, costituito da atomi neutri, ioni, molecole, con aggiunta di altri elementi (in particolare l'elio) per facilitare la scarica elettrica e migliorare il rendimento energetico. I laser a gas vengono pompati mediante luce ultravioletta, fasci di elettroni, corrente elettrica o reazioni chimiche. GAS: tra questi ve ne sono a miscele di: gas atomici (He-Ne), molecolari (CO2 vapori di H2O), e ionici (Argon, Krypton, Xenon, vapori di metallo, elio-cadmio).

Diodo Laser

Un diodo laser è composto da materiale semiconduttore drogato presente su uno strato molto sottile sulla superficie di un wafer di cristallo. Il cristallo viene drogato per produrre una regione di semiconduttore di tipo “N” e una regione di semiconduttore di tipo “P”, una sopra l'altra, per ottenere una giunzione “P-N”, cioè un diodo.

Come in altri tipi di diodo, quando il diodo viene polarizzato direttamente, le lacune provenienti dalla regione “P” vengono iniettate nella regione “N”, dove gli elettroni sono i portatori maggioritari di carica. Analogamente, gli elettroni dalla regione “N” sono iniettati nella regione “P”, dove le lacune sono i portatori maggioritari.

Quando un elettrone e una lacuna sono presenti nella stessa regione, possono ricombinarsi per emissione spontanea, cioè l'elettrone può rioccupare lo stato energetico della lacuna, emettendo un fotone con un'energia uguale alla differenza tra gli stati dell'elettrone e della lacuna coinvolti. Le proprietà dei diodi laser sono determinate dalla geometria della cavità ottica.

La lunghezza d'onda emessa è una funzione del gap di energia tra le bande del semiconduttore e dei modi di propagazione della cavità ottica. In generale il guadagno massimo si ottiene per fotoni con energia leggermente superiore a quella del gap, e i modi di propagazione più vicini al picco di guadagno emetteranno in modo predominante.

Se il diodo è pilotato con sufficiente potenza, si avranno anche emissioni addizionali, dette modi laterali. I diodi laser operano a lunghezza d'onda fissa.

Ultimi sviluppi tecnologici del diodo

L'evoluzione dei diodi laser ha avuto in questi ultimi anni sviluppi impensabili. Grazie alla ricerca per l'applicazione di questi laser a livello industriale, si sono sviluppati laser diodi di potenze superiori ai 3 KW. Per l'applicazione di questi sistemi nel taglio di metalli o nella loro incisione è di primaria importanza, oltre che la potenza, la brillantezza del fascio luminoso la quale determina la qualità del taglio e la perfezione dell'incisione perché in questi casi sono necessarie macchie focali molto piccole.

Grazie a questi ultimi progressi tecnologici i laser diodi hanno eguagliato la qualità dei

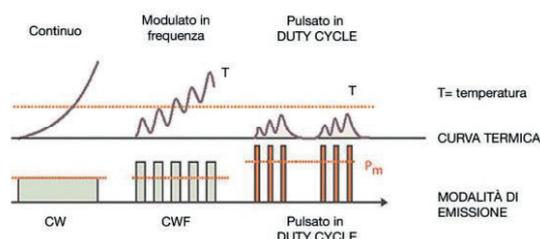
sistemi a CO₂ e dei laser a fibra, e li stanno via via sostituendo per la loro dimensione meno ingombrante, per i minori costi di gestione e per la maggiore affidabilità. Questo sviluppo tecnologico ottenuto dalla ricerca e applicato in ambito industriale, può ora essere trasferito in ambito medicale, senza temere il confronto con i più classici sistemi laser ancora oggi usati.

Modalità di emissione della luce laser

Continua, pulsata e Duty Cycle Un laser può essere classificato in base alla modalità operativa cioè in continuo o in pulsato, dipende se il segnale in uscita è essenzialmente continuo nel tempo o se viene emesso sotto forma di pulsazioni di luce.

Cw = in continuo,

CWF = pulsato, e Pulsato in Duty Cycle



Modalità continua

Il fascio laser viene emesso in continuo durante il tempo, finché non si spegne lo strumento. Un laser di questo tipo viene definito a onda continua (CW – Continuous Wave).

Modalità pulsata

La luce laser viene emessa in modalità pulsata (CWF – Continuous Wave Fluctuation). Fa parte della modalità pulsata il Duty Cycle.

Duty Cycle

Il Duty Cycle è una modalità di emissione di energia, in particolare è una modalità ultrapulsata. Con il Duty Cycle è possibile somministrare alte dosi energetiche all'organismo, senza però surriscaldare (e quindi danneggiare) i tessuti.

Questo perché la pausa tra un impulso energetico e l'altro è tale da permettere al tessuto di assorbire l'energia e di disperdere quella in eccesso; il tessuto è così più "pronto" ad assorbire l'impulso energetico successivo.

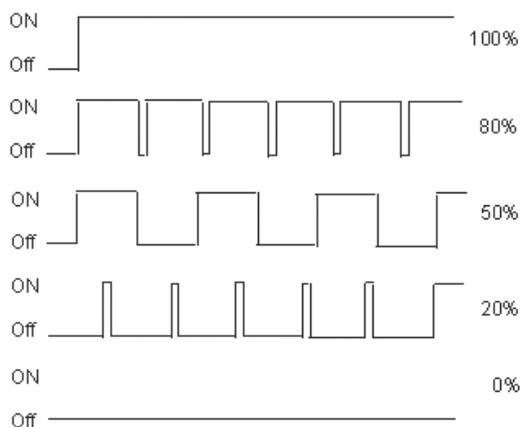
Si consideri un'onda quadra. Il Duty Cycle è il rapporto che c'è tra il periodo in cui c'è il

segnale ed il periodo di pausa.

Può essere espresso con un valore percentuale oppure con un valore frazionario.

Se il Duty Cycle è al 50% (oppure 1/2) significa che il segnale energetico dura tanto quanto il periodo di pausa.

Se il Duty Cycle è al 20% (20/100) significa che il segnale è al 20%, mentre il periodo di pausa è pari all'80%.



Esempio di emissione in Duty Cycle

Profondità e assorbimento

Ogni laser emette il proprio raggio ad una ben definita lunghezza d'onda, ed ovviamente ciascun diverso tipo di laser ha la capacità di raggiungere una certa profondità nei tessuti bersaglio.

Esperimenti di laboratorio condotti in varie Università hanno indicato un aumento di assorbimento di ossigeno da parte di colture cellulari sottoposte ad irraggiamento con energia Laser di diverse lunghezze d'onda. In particolare, si ha attivazione per due zone dello "spettro delle lunghezze d'onda": tra i 600 ed i 1200 nm.

	Lunghezza D'onda	Tipo Di Laser
Proteine Acidi Nucleici	200/500 Nm	Eccimeri
Melanine	400/600 Nm	Argon
Acqua	10.000 Nm In Su	Co ₂
Finestra Terapeutica	Tra 600 E 1200 Nm	I.R. - Yag - Diodo

Assorbimento e dispersione

Dal punto di vista della "Fisica", il raggio laser attraversando le strutture biologiche interagisce attraverso due meccanismi: l'assorbimento e la dispersione.

Infatti, la cellula dei tessuti viventi si presenta come un sistema semitrasparente (una specie di boccia di vetro con un contenuto semiopaco) che trattiene una certa quantità di energia, e che cede l'eccedenza dell'energia che la colpisce in parte per

“riflessione” ed in parte per il suo “attraversamento” e cessione verso gli strati sottostanti.

Penetrazione ed incidenza

Anche se nell’impatto con la cute il raggio laser è perpendicolare (ed i fotoni sono in parallelo), via via che avviene la penetrazione nei tessuti (per effetto della dispersione) la sezione di tessuto irradiata avrà uno sviluppo vagamente conico e reso irregolare dalla diversa densità delle strutture attraversate.

Assorbimento

In presenza di radiazioni laser le molecole del tessuto biologico interagiscono assorbendo energia, operando a stati energetici più elevati.

Di conseguenza si può verificare un’interazione sugli stati vibrazionali e di rotazione nei nuclei atomici e interessare gli elettroni che passano su quanti energetici più alti.

Con l’assorbimento della luce laser si associa anche la sparizione di più livelli quantomeccanici il cui valore di energia è:

$$E = h\nu$$

(h) è la costante di Planck - ($h = 6,67 \times 10^{-27}$)

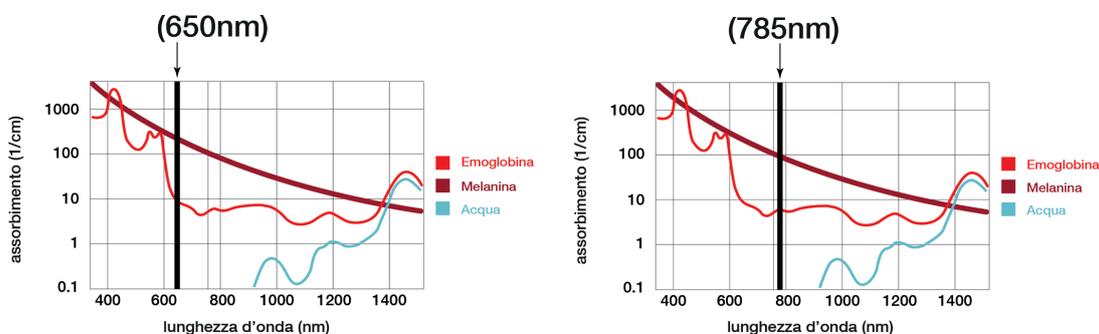
(ν) è la frequenza.

Il fenomeno di assorbimento si manifesta in rapporto a leggi di probabilità quantistiche che dipendono da diversi parametri tra i quali:

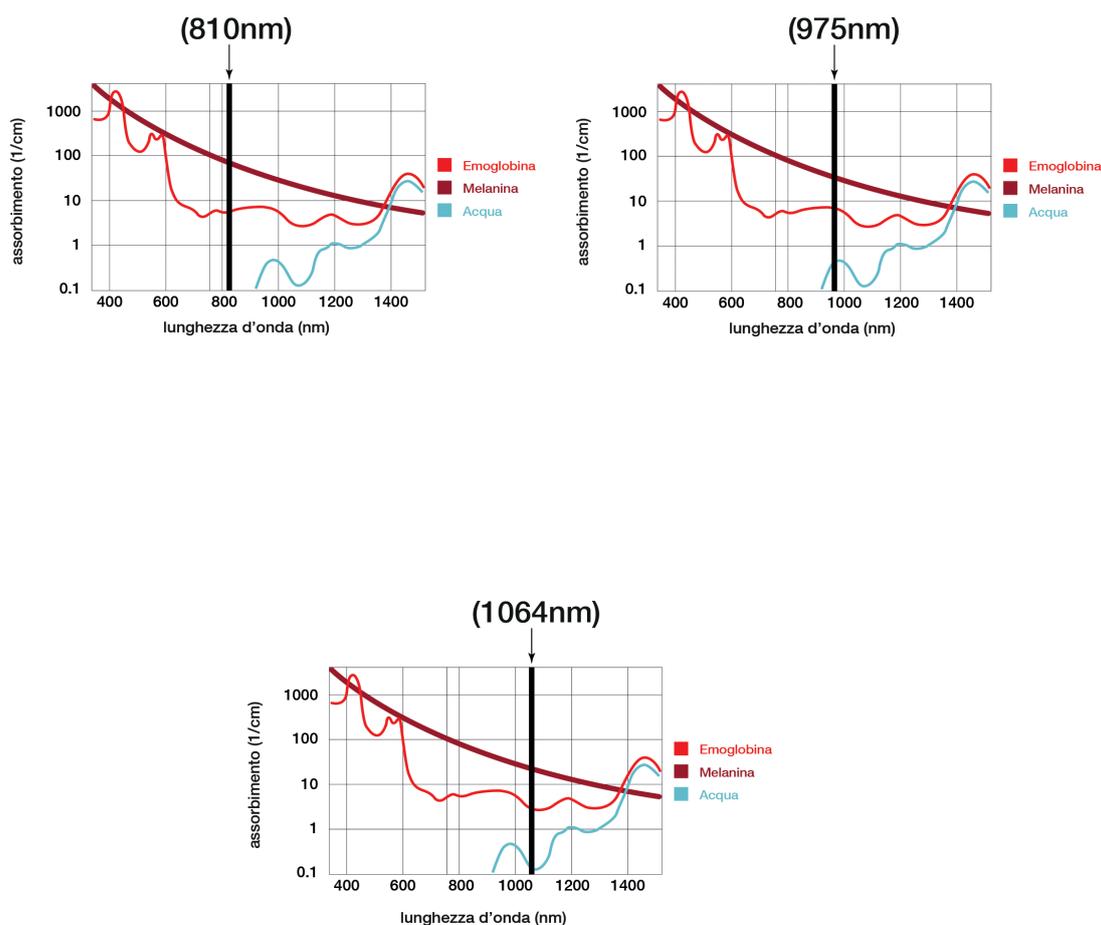
- **frequenza e polarizzazione della emissione incidente**
- **l’intensità della emissione (numero di fotoni)**
- **la durata dell’esposizione alla emissione**
- **il momento del dipolo elettrico della molecola colpita dalla luce laser, ecc.**

Da questo si può dedurre che maggiore è il numero di fotoni che interagiscono con la molecola più si verifica la probabilità che una percentuale di essi vengano assorbiti e, di contro, se il numero di fotoni diventa esiguo si può verificare la possibilità di avere una emissione laser presente ma una bassa probabilità che essa sia assorbita e automaticamente l’assenza di effetti biostimolanti.

Diventa quindi importante trovare i giusti parametri che portino in profondità il massimo dell’energia senza danneggiare il tessuto biologico.



Questi grafici permettono di osservare che all’aumentare della lunghezza d’onda non è strettamente correlato un aumento del livello di assorbimento da parte dei tessuti.



Come è possibile osservare, la maggior parte dell'energia assorbita si ferma nei primi strati cutanei (epidermide e derma). Un fattore estremamente importante sono i cromofori, ovvero le particelle che assorbono le radiazioni luminose e che rendono il laser uno strumento a elevata selettività e precisione per la cura della patologia. Il grafico è estremamente utile per comprendere a che livello si va ad agire in base alla lunghezza d'onda.

Infatti ogni lunghezza d'onda è selettiva e adatta per il tipo di patologie e di trattamento che si vuole fare. A parità di energia somministrata, le differenze di applicazione in virtù della lunghezza d'onda, determineranno l'interazione con i cromofori presenti.

La lunghezza d'onda di 650, 785 e 810nm è assorbita prevalentemente dalla melanina, invece i 975 nm e 1064 nm vengono riconosciuti prevalentemente dall'emoglobina. A parità di energia assorbita dai tessuti e di profondità, l'interazione delle lunghezze d'onda determinerà risposte terapeutiche specifiche differenti tra loro.

Interazioni laser e tessuti biologici

Ogni laser emette ad una determinata lunghezza d'onda, responsabile di specifici effetti biologici a seconda delle caratteristiche ottiche del substrato attraversato¹, della concentrazione di cromofori² presenti, della modalità di emissione (continua, pulsata...), della focalizzazione del fascio e della quantità di energia fornita al tessuto.

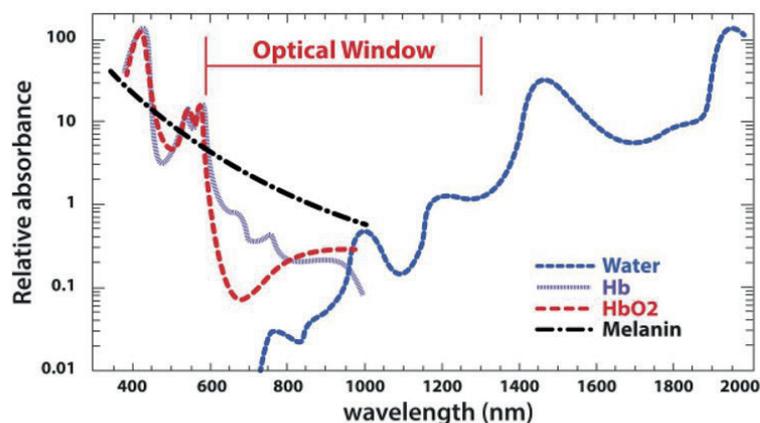
Sulla base di questi parametri possiamo raggruppare gli effetti biologici in quattro macrocategorie:

Fotochimico
Fotomeccanico
Fototermico
Fotoablattivo

L'**effetto fotochimico** si ottiene quando la lunghezza d'onda utilizzata è uguale o inferiore a 810nm e l'emissione avviene in modalità continua, con una durata dell'impulso che va dai 10/30 ai 1.000 secondi. La potenza erogata solitamente è compresa nel range 0,1-10 W/cm².

Questo effetto si esplica su tessuti biologici fotosensibili e si traduce in modifiche conformazionali e strutturali delle molecole e dei substrati trattati. È un tipo di interazione molto specifica rispetto a quella fototermica e meccanica in quanto il target finale risultano essere unicamente i cromofori (endogeni o somministrati).

I cromofori sono le molecole responsabili dell'assorbimento della radiazione ottica e della colorazione del tessuto, la loro composizione è una delle variabili che determina la risposta del tessuto stesso alla radiazione laser.



Mechanism of Low Level Laser Therapy - Hamblin 2006

annoverati nella categoria anche la deossiemoglobina, alcune proteine (es. fenilalanina, tirosinasi...) ed acidi nucleici (basi azotate del DNA – adenina, guanina, citosina, timina).

Esistono anche dei cromofori di tipo esogeno, particelle colorate che vengono iniettate all'interno del tessuto per renderlo fotosensibile.

I laser solitamente presentano una certa selettività per uno o più cromofori sulla base dei coefficienti di assorbimento della luce, della profondità e della concentrazione di queste particelle nei tessuti.

Ad esempio per quanto riguarda la cute ed i suoi due maggiori cromofori, cioè melanina ed emoglobina, questi sono presenti ciascuno in uno strato differente: in particolare, la melanina si può trovare nello strato più superficiale (epidermide), mentre l'emoglobina nello strato più profondo (reticolo vascolare del derma).

La **melanina** comprende due forme biochimiche, eumelanina e feomelanina: la combinazione di queste determina diversi fototipi umani (capelli, colore degli occhi e pelle). L'assorbimento di melanina è alto nelle lunghezze d'onda più corte (picco sui 400nm) e precipita dopo i 700nm.

L'emoglobina ha un picco di assorbimento nel range di lunghezza d'onda che va dai 900 ai 1000nm (in particolare intorno a 975nm), anche se risulta maggiormente significativo il primo picco ossia quello previsto nel range 525 - 650nm (a 650nm c'è una buona affinità con questo cromoforo). L'assorbimento si riduce progressivamente fino ai 1200nm (vicino a 1064nm non c'è praticamente alcuna selettività per l'assorbimento dell'emoglobina).

L'azione terapeutica svolta dalle lunghezze d'onda maggiori sul corrente ematico può essere spiegata con l'**effetto fototermico** (spiegato nel paragrafo successivo).

L'acqua non presenta praticamente alcun coefficiente di assorbimento per la luce sotto gli 700nm, mentre **dai 975 nm** in poi inizia ad avere **alta affinità con la luce laser**. Inoltre possiede una concentrazione in percentuale alta rispetto agli altri cromofori, ma con caratteristiche di assorbimento inferiori: necessita quindi di maggior quantità di energia per produrre un risultato terapeutico (effetto più fototermico che fotochimico).

È di massima importanza valutare le caratteristiche ottiche, la concentrazione e profondità dei cromofori del target di trattamento, in modo da ottimizzare i risultati della terapia.

¹ - L'emissione laser nell'interazione con i tessuti biologici sottostà alle regole fisiche dell'ottica, quindi può essere riflessa, trasmessa, diffusa ed assorbita a seconda delle caratteristiche specifiche di ogni substrato interposto. Ad esempio, l'interazione con il tessuto muscolare (target di trattamento) può variare a seconda della consistenza delle componenti connettivali sovrastanti (tessuto adiposo, fasciale, presenza di fibrosi...etc) e dalla concentrazione di cromofori eccitabili all'interno del target.

² - CROMOFORI: sono le molecole responsabili dell'assorbimento della radiazione ottica e della colorazione del tessuto; la loro composizione determina la risposta del tessuto stesso alla radiazione laser.

L'effetto fotochimico viene sfruttato per:

- Biostimolazione Tissutale;**
- Low Level Laser Therapy (fotobiomodulazione o laserterapia a bassa intensità)³;**
- Terapia Fotodinamica (Photodynamic Therapy)⁴;**
- Polimerizzazione dei compositi (ambito odontoiatrico);**

A livello tissutale le reazioni fotochimiche sono il primo step nel complesso processo fotobiologico che conduce a possibili effetti utili o nocivi sui tessuti irradiati (come nel caso della terapia fotodinamica per aggredire il tessuto neoplastico).

Inoltre a livello inter ed intracellulare viene favorita la produzione enzimatica, vi è un incremento della sintesi di acidi nucleici e di proteine nonché viene accelerato il metabolismo energetico cellulare, con un concomitante aumento della concentrazione di ATP. Un aumento di produzione di ATP si traduce in una maggior quantità di energia disponibile a livello cellulare in grado di accelerare i processi di riparazione e guarigione nel caso di stato infiammatorio. Vengono ottimizzate le funzioni della pompa Na⁺/K⁺ a livello di membrana cellulare in parallelo con un aumentata sintesi proteica e con un significativo innalzamento del numero di mitosi.

L'effetto fotomeccanico si sviluppa quando l'energia della radiazione laser viene liberata in brevissimi intervalli di tempo, dai 10 ai 20 secondi: alti livelli di picco che generano campi elettrici con produzione di microplasma. L'espansione di plasma genera un'onda d'urto sferica che copre una distanza di circa 30 micron: durante tale espansione si raggiungono le temperature più alte e pressioni nell'ordine di qualche Kbar. L'onda acustica associata alla rapida espansione del plasma genera una **rottura meccanica localizzata** nei punti in cui l'aumento della pressione eccede le forze di coesione tissutale.

L'effetto fototermico si determina quando i fotoni dell'emissione laser vengono assorbiti da parte dei cromofori tissutali: questi entrano in uno stato elettronico vibrazionale eccitato e collidono tra loro determinando un incremento della loro energia cinetica e propagandola alle altre molecole presenti nel tessuto/mezzo. Ciò determina un aumento della temperatura locale che a livello macroscopico può avere diversi effetti a seconda della sua entità: dal **miorilassamento accompagnato da vasodilatazione** nel caso di bassa temperatura (laser HIGH THERAPY), alla vaporizzazione e incisione (laser chirurgici) nel caso di temperature comprese tra i 60 e i 100°C.

Per ottenere questi effetti vengono utilizzati laser con lunghezze d'onda superiore a 650nm, con una modalità di emissione in continuo o pulsata ed una densità di potenza solitamente nel range di 10 W/cm² e 106 W/cm².

³ La Low Level Laser Therapy (LLLT o Fotobiomodulazione) consiste nell'applicazione di luce rossa od infrarossa su zone di algia, traumi e lesioni per migliorare la riparazione tissutale, ridurre l'infiammazione e dare sollievo nel dolore acuto e cronico.

⁴ La terapia fotodinamica (o PDT) è un trattamento che utilizza un farmaco definito fotosensibilizzante e una particolare sorgente luminosa (in questo caso la luce Laser). Il farmaco (es. porfirine) viene iniettato nel tessuto da trattare che successivamente viene esposto ad una specifica lunghezza d'onda: questo processo porta le molecole di ossigeno ad uno stato di eccitazione ad elevata affinità elettronica e determina la produzione di radicali liberi ossidrilici capaci di distruggere le cellule tumorali adiacenti. Il danno termico ai tessuti sani è pressochè nullo.

La durata dell'impulso va da 1 secondo a 500×10^6 - nell'ordine dei microsecondi.

Il tipo di effetto termico ottenuto varia compatibilmente all'aumento della temperatura a livello tissutale ed alla durata dell'esposizione.

È possibile controllare questo aspetto grazie ad uno specifico parametro ossia il "tempo di rilassamento termico del tessuto" che definisce le tempistiche delle interazioni fototermiche: se la durata dell'impulso sarà inferiore al tempo richiesto dal tessuto per raffreddarsi (la temperatura generatasi deve almeno essere dimezzata) non si avrà propagazione di calore alle strutture adiacenti, con un rischio di danni collaterali ridotto al minimo.

Il calore rimarrà quindi confinato nel distretto irradiato ed il forte aumento di temperatura con eventuale relativo danno termico saranno localizzati, mentre i tessuti circostanti subiranno un modesto riscaldamento dovuto alla successiva dispersione termica senza essere danneggiati.

Al contrario se il tempo di emissione della luce laser è maggiore del tempo di rilassamento termico del tessuto, il calore si diffonderà in profondità e in vastità aumentando il rischio di produrre danni anche ai tessuti circostanti, sempre compatibilmente con la temperatura raggiunta.

Per mezzo del tempo di rilassamento termico del tessuto è possibile quindi classificare gli effetti termici della luce laser:

effetti di bassa temperatura (range 43-50 C°) miorigilamento, neocollagenesi (40-45°C), vasodilatazione;

effetti di temperatura medio-alta (>100 C°) dominati dalla vaporizzazione dell'acqua, con confinamento e rilascio di vapore acqueo da parte dei tessuti (laser chirurgici);

termoablazione, indotta da temperatura elevata (da 300° fino a migliaia di gradi C°) che produce vaporizzazione del tessuto, ustione, dissociazione molecolare e/o formazione di plasma.

La fotoablazione è un processo complesso, determinato da interazioni di tipo fototermico/fotomeccanico. La modulazione di un tipo di interazione rispetto ad un'altra dipende sia dai parametri di irraggiamento che dalle caratteristiche ottiche, termiche, meccaniche e chimiche dei tessuti. È fortemente legata e dipendente alla presenza di acqua intratissutale e presenta una distinzione importante per comprendere quale tipo di interazione abbia il maggior coinvolgimento: regime sotto soglia di vaporizzazione (prevede un impulso molto rapido e a bassa energia ed un forte gradiente di pressione sebbene non sia possibile nessun processo termico di vaporizzazione) e regime sopra soglia di vaporizzazione (processo puramente fototermico dovuto ad intensità sufficientemente elevate con durate dell'impulso brevi e che determina ionizzazione del materiale con formazione di plasma).

LASER HIGHTHERAPY

I Laser della linea HIGHTHERAPY sfruttano le interazioni di tipo fotochimico e fototermico a scopo terapeutico per ottenere i seguenti effetti biologici:

EFFETTO ANTINFIAMMATORIO

L'iperemia generata dal trattamento laserterapico produce vasodilatazione a livello capillare e linfatico, procurando un effetto sulla distribuzione delle sostanze proinfiammatorie nei tessuti danneggiati e sulla rimozione dei cataboliti associati.

La vasodilatazione dei piccoli vasi garantisce inoltre un maggior apporto di ossigeno e sostanze nutritive ai tessuti lesi [H. Jang et al. (2012)]. *L'effetto antiflogistico viene raggiunto anche tramite il blocco degli effetti dati dal rilascio dei ROS in un modello di lesione traumatica [come da studio di C.F. Rizzi et al. (2006)].*

EFFETTO ANTIEDEMATIGENO

Le interazioni fototermiche a bassa intensità producono una stimolazione del microcircolo locale, sia ematico che linfatico, con effetto anche sulla permeabilità dell'endotelio, accelerando il riassorbimento del versamento infiammatorio e della peristalsi linfatica in presenza di stasi dei liquidi. [L. Baratto et al. (2011)].

EFFETTO ANTALGICO

Tramite la controllata iperemia tissutale si attua un'azione miorilassante ed elasticizzante sui tessuti miofasciali, le quali si traducono in una diminuzione della percezione dei sintomi dolorifici. Inoltre l'impulso laser può interferire con la conduzione del segnale doloroso a livello periferico, attraverso un blocco del potenziale d'azione delle fibre nervose superficiali [K. Jimbo et al. (1998)]. Autori quali Svensson hanno riscontrato un'innalzamento della permeabilità della membrana plasmatica allo ione potassio ed una parziale ma concomitante stimolazione endorfinica del sistema nervoso centrale [P. Svensson et al (1991)].

Una scoperta simile è stata supportata anche dall'autore Hagiwara, il quale nel suo studio scoprì come in seguito a laserterapia si assista ad un'aumento di produzione di sostanze morfino-mimetiche, di chiara azione analgesica [S.Hagiwara et al. (2007)].

EFFETTO BIOSTIMOLANTE e METABOLICO (cellulare e tissutale)

A livello cellulare si assiste ad una chiara attivazione enzimatica, con un incremento della sintesi di acidi nucleici e proteine e con un potenziamento del turnover metabolico. L'accelerazione del metabolismo cellulare conduce necessariamente ad un'incremento della produzione di ATP, la valuta energetica fondamentale per le reazioni alla base della vita intracellulare: il risultato è una maggior quantità di energia disponibile a livello cellulare. In presenza di processi infiammatori o degenerativi, questa riserva energetica garantisce un'ottimizzazione dei tempi di recupero strutturale e funzionale.

L'aumento della quota di ATP mitocondriale, consente un aumento della proliferazione

delle cellule satelliti nel muscolo, le quali sono promotrici di nuove fibre atte a sostituire quelle necrotizzate [R. Bischoff - C. Heintz (1994) e N. Weiss - U. Oron (1992)].

Inoltre Hudlicka et al. (1992) hanno scoperto che la vasodilatazione (in particolare quella capillare) apporta nutrienti e fattori di crescita (quali FGF - fattori di attivazione dei fibroblasti e promotore dell'angiogenesi): la conseguente attivazione dei fibroblasti porta ad un aumento della sintesi di collagene determinante nel processo di riparazione tissutale [D. Deveci et al. (2002)].

Vasodilatazione e neoangiogenesi (apertura di nuovi vasi da capillari pre-esistenti) sono aspetti strettamente correlati al recupero e ricondizionamento muscolare, in quanto garantiscono un'estesa perfusione e quindi trasporto di ossigeno ai tessuti affaticati o danneggiati.

Lunghezza d'onda	650 nm	785 nm	810 nm	975 nm	1064 nm
Effetto biologico					
Biostimolazione superficiale	•				
Azione Metabolica Cellulare	•	•	•	•	•
Neoangiogenesi	•	•			•
Biostimolazione a livello connettivo e miofasciale		•	•		•
Biostimolazione profonda (ossea, articolare)			•	•	
Effetto antiinfiammatorio			•		•
Effetto antalgico			•		•
Incremento del metabolismo dell'ipoderma				•	
Azione antiedemigena				•	•

I laser terapeutici a 1064nm si distinguono principalmente per la potenza del dispositivo: **potenze maggiori consentono un più alto turn-over di pazienti**, data la più breve durata complessiva della terapia.

Campi d'applicazione

MEDICINA DELLO SPORT:

controllo dello stato flogistico e dell'algia associata a traumatismo sportivo (distorsione articolare, lesione legamentosa, lesione muscolare...), ottimizzazione del recupero funzionale e del gesto atletico, effetto decontratturante e defaticante sulla muscolatura.

MEDICINA FISICA E RIABILITATIVA:

controllo del dolore e dello stato infiammatorio acuto e subacuto, dolore miofasciale, dolore irradiativo, cervicalgia, dorsalgia, lombalgia, contrasto dell'edema infiammatorio e del versamento articolare, artropatie cronico denegerative, tendinopatie, capsuliti e borsiti, meniscopatie, condropatie e lesioni legamentose, dolore fibromialgico e dolore reumatologico in generale, coadiuvante al recupero funzionale, linfodrenaggio distrettuale.

ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA:

controllo dell'algia post-operatoria, ritardi nelle tempistiche di riparazione/guarigione tissutale, lesioni muscolari, distorsioni di vario grado, contusioni, emartri, microfratture da stress, edemi ossei e dei tessuti molli, versamenti articolari, ecchimosi;

CHIRURGIA GENERALE:

controllo del dolore, riduzione degli effetti secondari, effetto antiedemigeno, accelerazione del processo infiammatorio, riduzione della somministrazione farmacologica e delle tempistiche di degenza ospedaliera anche nel day surgery.

NEUROCHIRURGIA:

controllo dell'algia post-operatoria con azione sui nocicettori e sulle fibre nervose periferiche, riduzione della risposta flogistica, riassorbimento degli edemi.

ODONTOIATRIA:

paradontiti, effetto analgesico, azione antibiotica, antiinfiammatoria ed antifungina, trattamento dell'ipersensibilità dentinale, rigenerazione del tessuto gengivale, eliminazione del fango dentinale.

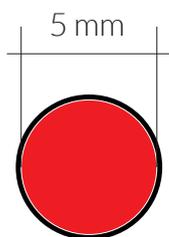
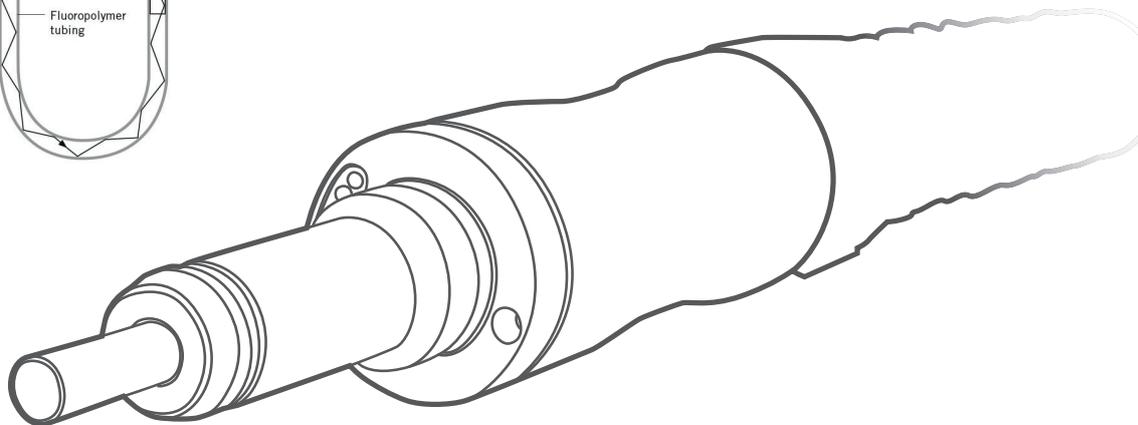
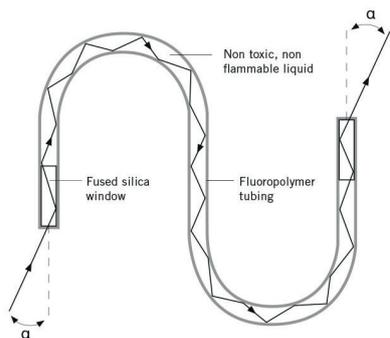
Bibliografia

- "Antologia – parte scientifico-teorica " pagg. 106-111 Winform Medical Engineering Srl (2017)
- "Interazione laser-tessuti" Pasotti P. - relazione del 15/03/2013, Master EMDOLA
- "Applicazione della laserterapia nella gestione delle patologie secondarie ai trattamenti oncologici: sicurezza ed efficacia" Cialdai F., Capaccioli S., Università degli Studi di Firenze; Tesi di Dottorato di ricerca in scienze biomediche indirizzo oncologico sperimentale e clinico (2012/2014); Cap. 2.2 – 2.3; pagg. 18-28
- "A review of the optical properties of biological tissue" W-F- Cheong, S.A. Prael e A.J.Welch leee Journal of Quantum Electronics, Vol. 26, N. 12, Dicembre 1990; pagg. 18-28
- "Absorption characteristics of tissues as a basis for the optimal wavelength choice in photodermatology" G.B. Altshuler, PhD, I. Yaroslavsky, PhD Palomar M. T., MA
- "Biological Effects of low level laser therapy" S.Farivar, T.Malekshabi, R.Shiari Department of genetics, Faculty of Biological Science, Shahid Beheshti University (GV), Tehran, Iran; Department of Pediatrics, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Journal of Lasers in Medical Sciences, Vol. 5, N. 2, Spring 2014
- "La laser terapia al neodimio in un ventennio di applicazioni: attuali prospettive" Intervento al corso di formazione "Le articolazioni dell'Homo Faber (dell'uomo costruttore): ecografia e non solo. (Stazione Leopolda – Pisa, 29-30 settembre 2012) Dr. Bonciani P. Direttore Sanitario Ambulatorio Medicina dello Sport
- "Movimento Studio" di Navacchio, Pisa Ass. professionale centro medicina dello spost di Viareggio
- "Meta-analysis of pain relief effects by laser irradiation on joint areas" H. Jang, H. Lee Photomed Laser Surg. 2012; Aug.Vol. 30, n.8; pagg. 405-417
- "Suppressive effects of low-power laser irradiation on bradykinin evoked action potentials in cultured murine dorsal root ganglion cells" K. Jimbo, K.Noda, K.Suzuki, K.Yoda; Neurosci Lett 1998; Jan Vol. 240, n.2; pagg 93-96
- "Effects of low-level laser therapy (LLL) on the nuclear factor (NF)-kappaB signaling pathway in traumatized muscle" CF Rizzi, JL Mauriz, DS Freitas Correa, AJ Moreira, CG Zettler, LI Filippin, NP Marroni, J Gonzalez-Gallego; Lasers Surg Med 2006, Aug; Vol. 38, n.7; pagg. 704-713
- "Comparison of four laser types for experimental pain stimulation on oral mucosa and hairy skin" P Svensson, P. Bjerring, L. Arendt-Nielsen, S. Kaaber; Lasers Surg Med. 1991; Vol. 11, n. 4; pagg. 31-324
- "Comparison of the analgesic effect of ultrasound and low level laser therapy in patient suffering from plantar fasciitis (calcar calcanei)" L. Navratil, J.Skopek, J. Hornkova, J.Kymplova, J. Knizek; Proc. SPIE (2001) Vol. 4606; pagg 114-121
- "Ga-Al-As (830nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats" S.Hagiwara, H.Iwasaka, K.Okuda, T.Noguchi; Lasers Surg Med. (2007),Dec. Vol. 39, n. 10; pagg. 797-802
- "Ultra-low-level laser therapy" L. Baratto, L.Calzà, R.Capra, M.Gallamini, L. Giardino, A. Giuliani, L. Lorenzini, S.Traverso; Lasers Med Sci (2011), Jan, Vol. 26, Vol.1; pagg. 103-112
- "Enhancement of skeletal muscle regeneration" R.Bischoff, C.Heintz; Dev Dyn (1994) Vol. 201; pagg 41-54
- "Angiogenesis in skeletal and cardiac muscle" O. Hudlicka, M. Brown, S. Egginton; Physiol Rev. (1992) Apr., Vol. 72, n.2; pagg. 369-417
- "Muscle ischaemia in rats may be relieved by overload-induced angiogenesis" D. Deveci, JM Marshall, S. Egginton; Exp Physiol. (2002), Vol. 87; pagg. 479-488
- "Enhancement of muscle regeneration in the rat gastrocnemius muscle by low energy laser irradiation" N. Weiss, U. Orun; Anat. Embryol (Berl) Vol. 186, pagg. 497-503

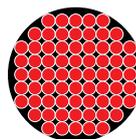
PRIMI laser
al mondo che integrano
più lunghezze d'onda in un'unica
fibra ottica liquida

JUMBO CORE



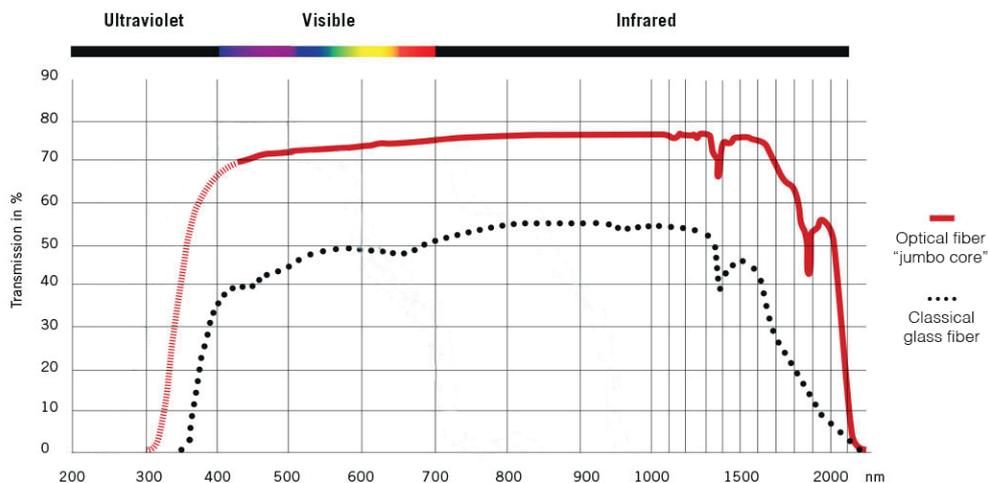


La fibra ottica liquida Jumbo Core di Winform ha un diametro di 5mm, superficie che viene sfruttata totalmente per trasmettere con la massima brillantezza e intensità la luce laser ottenendo un effetto concentrato nel punto senza dispersioni.



Le fibre ottiche classiche utilizzate invece sono costituite da tante fibre di diametro inferiore inserite all'interno di un tubo più grande. Questo fa sì che si creino degli spazi vuoti tra le fibre e quindi si ha una dispersione di luce non indifferente.

SPECTRAL CHARACTERISTICS





Sistema di autodiagnosi dello stato delle sorgenti laser con feedback all'operatore

Il sistema controlla in tempo reale che le sorgenti laser siano efficienti, per garantire trattamenti sempre performanti ed efficaci. Qualsiasi anomalia viene segnalata all'utente in modo preciso e puntuale.

Sistema di raffreddamento

Il dispositivo dispone di un innovativo sistema di raffreddamento, progettato da Winform Medical Engineering, che permette di dissipare in modo efficace e silenzioso il calore prodotto dalle sorgenti senza necessità di radiatori a liquido di complicata gestione e manutenzione.

Fibra ottica liquida "Jumbo Core"

L'emissione laser è veicolata al paziente a mezzo di una fibra ottica liquida che si caratterizza per il "jumbo" core che permette di irradiare in modo efficace una ampia superficie evitando le perdite derivanti dall'utilizzo di lenti defocalizzanti.

Sensore di temperatura

L'innovativo manipolo è dotato di luce guida che permette una visualizzazione rapida del punto di trattamento e di un sensore termico (°C) che consente all'operatore di controllare in tempo reale l'evoluzione dei processi infiammatori del tessuto sottostante.



YOUR VALUE
OUR PASSION
YOUR SUCCESS

Università La Sapienza di Roma,
IFO Istituti Fisioterapici Ospitalieri-Roma,
ULSS di:
Milano, Venezia,
Palermo, Firenze,
Padova, Udine, Treviso

WINFORM Medical Engineering srl
T. +39 0421 222026
info@winformweb.it
www.winformweb.it

