



Laser terapeutici: basi fondamentali - differenti fonti di luci disponibili, fototermolisi frazionata

S. Mordon

La cute è schematicamente costituita da una sovrapposizione di tre strati di spessore variabile (epidermide, derma, ipoderma), che hanno ognuno una composizione molto eterogenea. La lesione selettiva di un bersaglio situato in profondità di quest'organo (pelo, vaso, ecc.) è, quindi, complessa e dipende da numerosi fattori: i parametri ottici del tessuto (riflessione, assorbimento, diffusione), che condizionano la penetrazione della luce nella cute, i parametri fisici (termico e meccanico) del bersaglio e del tessuto circostante, che svolgono un ruolo importante nella generazione di un danno specifico, e, infine, i parametri legati alla fonte laser (lunghezza d'onda, durata di emissione, energia applicata, dimensione dello spot, fluenza e irradianza), che influenzano i meccanismi di interazione. Si possono, così, distinguere quattro azioni principali: elettromeccanica, fotoablattiva, fototermica e fotochimica.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tutti i diritti riservati.

Parole chiave: Laser; Emoglobina; Metemoglobina; Acqua; Melanina; PDT; Fotosensibilizzanti; Interazione; Termico; Elettromeccanico; Fotoablattivo; Fotochimico; Riflessione; Diffusione; Irradianza

Struttura dell'articolo

| | |
|---|----|
| ■ Luce e cute - generalità | 1 |
| Riflessione | 2 |
| Assorbimento, diffusione | 2 |
| Profondità di penetrazione della luce nella cute | 3 |
| Diametro dello spot | 3 |
| Distribuzione della luce | 4 |
| ■ Meccanismi d'azione del laser | 4 |
| Effetto fotochimico | 5 |
| Effetto fototermico | 6 |
| Effetti fotomeccanici | 9 |
| Effetto fotoablattivo | 10 |
| ■ Differenti fonti di luce | 10 |
| Laser | 10 |
| Lampade intense pulsate | 10 |
| Fonti di luce per la terapia fotodinamica in dermatologia | 11 |
| Diode elettroluminescente organico | 11 |
| ■ Fototermolisi frazionata | 12 |
| Fototermolisi frazionata ablattiva | 12 |
| Fototermolisi frazionata non ablattiva | 13 |

■ Luce e cute - generalità

Numerosissimi laser, delle lampade intense pulsate (IPL), sono adatti a numerose applicazioni cliniche. Degli apparecchi meno potenti, lampade convenzionali, *light-emitting diode* (LED), *organic light-emitting diode* (OLED) e così via, sono più adatti per la terapia fotodinamica. Il carattere ablattivo o meno della fototermolisi frazionata è determinato dalla scelta della lunghezza d'onda del laser.

Anche se la natura dell'interazione tra la luce e la materia è molto ben conosciuta negli ambienti omogenei e/o multistrato, la descrizione precisa del comportamento dei fotoni in un ambiente multistrato ed eterogeneo, come la cute, non è, al giorno d'oggi, totalmente acquisita. Tuttavia, l'applicazione delle leggi fondamentali dell'ottica, legata al gran numero di studi sperimentali realizzati, ha permesso di arrivare a una caratterizzazione molto avanzata dell'ottica della cute.

La cute è schematicamente costituita da una sovrapposizione di tre strati di spessore variabile (epidermide, derma, ipoderma), ciascuno con una composizione molto eterogenea. La lesione selettiva di un bersaglio situato in profondità di quest'organo è, quindi, complessa e dipende da numerosi fattori.

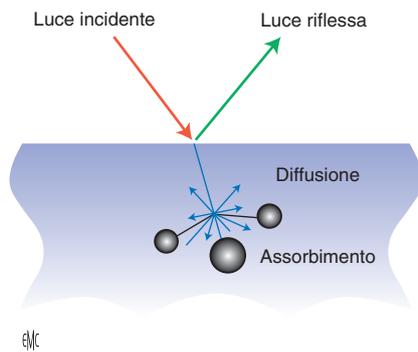


Figura 1. Interazione luce/materia in un ambiente omogeneo.

In linea generale, tre principi di base caratterizzano l'interazione della luce con la materia: la riflessione e la rifrazione, l'assorbimento e la diffusione (Fig. 1).

Riflessione

La riflessione e la rifrazione sono regolate dalle leggi di Fresnel. Quando un fascio di luce passa da un mezzo a un altro, di indice diverso (come l'aria e la cute), una parte di questo fascio è riflessa al confine dei due mezzi (fenomeno di riflessione), mentre una seconda parte attraversa questo confine e penetra nell'altro mezzo (fenomeno di rifrazione). Nei mezzi opachi, come la cute, la rifrazione è trascurata di fronte ai fenomeni di assorbimento e di diffusione. La conoscenza precisa della riflessione della luce da parte dei tessuti è una necessità per valutare la quantità esatta di energia che sarà o assorbita o diffusa nel tessuto.

Riguardo alla cute, l'approccio più globale consiste nel prendere in considerazione solo i fenomeni di riflessione presenti ai due principali confini che materializzano un forte cambiamento di struttura: aria/epidermide ed epidermide/derma.

L'interfaccia aria/epidermide è materializzata dallo strato corneo. Dal momento che questo è formato dall'accatastamento di cellule cheratinizzate, appiattite e prive di organuli, la superficie formata presenta forti irregolarità, il che ha, come conseguenza, quella di indurre una riflessione diffusa e anisotropa della luce (Fig. 2).

L'interfaccia epidermide/derma è, dal canto suo, materializzata dalla giunzione dermoepidermica. Dal momento che l'embricatura dell'epidermide nel derma avviene mediante creste epidermiche, questa giunzione induce un fattore molto importante di anisotropia della luce riflessa. Inoltre, la variazione della quantità di melanina presente nella cute e/o la presenza di una vascolarizzazione anormale nel derma (caso degli angiomi) possono modificare notevolmente lo spettro di riflessione ottenuto.

Assorbimento, diffusione

Quando un'onda elettromagnetica incidente attraversa un materiale non diffusivo, la sua attenuazione è solamente dovuta al fenomeno di assorbimento. Al momento di questo processo, l'energia luminosa è convertita in calore e, inoltre, induce la fotodistruzione delle molecole. Diversi cromofori svolgono questo ruolo di assorbitore ottico. I principali sono l'acqua, il sangue e la melanina. Lo spettro di questi cromofori (molecola responsabile dell'assorbimento ottico) è rappresentato nella Figura 3^[1].

Mentre l'assorbimento nella regione dell'infrarosso (IR) è attribuito soprattutto all'acqua, le proteine assorbono più nella regione degli ultravioletti (UV). L'assorbimento della melanina e dell'emoglobina avviene principalmente nello spettro visibile, tuttavia con forti variazioni. L'emoglobina, costituente principale dei tessuti vascolarizzati (come la cute), presenta diversi picchi di assorbimento a 280 nm, 420 nm, 540 nm e 580 nm, mentre l'assorbimento della melanina (presente nell'epidermide) diminuisce in modo quasi esponenziale in funzione della lunghezza d'onda. Così, si può vedere che la lesione di un cromoforo endogeno nello spettro visibile deve avvenire tenendo conto dell'assorbimento degli altri cromofori endogeni. Per questo motivo, si possono osservare grandi differenze di assorbimento tra due tessuti, a seconda che essi contengano pochi o molti cromofori (per esempio, la radiazione laser *neodymium doped yttrium aluminum garnet* (Nd:YAG) raddoppiata (532 nm) è molto più assorbita dalle cuti molto melanizzate che dalle cuti caucasiche)^[2].

Tuttavia, dal momento che la cute non è un ambiente ottico ideale, la luce è sottoposta innanzitutto a un fenomeno di diffusione ottica che conduce a molteplici alterazioni di traiettorie legate a riflessioni, rifrazioni e diffrazioni presenti in ogni mezzo altamente strutturato, come i tessuti viventi. La direzione del raggio incidente è alterata da eterogeneità del tessuto.

Nel rosso e nell'IR vicino dove l'assorbimento della cute è basso, la diffusione è il meccanismo ottico dominante. Questo fenomeno porta a una maggiore penetrazione della luce in profondità e, di conseguenza, a dei volumi illuminati importanti. Per convincersene, è sufficiente guardare la propria mano posta davanti a una lampadina elettrica accesa: solo il rosso «passa», mentre gli altri colori sono assorbiti. La penetrazione della luce nella cute dipende, quindi, dal coefficiente di assorbimento e dal coefficiente di diffusione. Si può, così, determinare la profondità di penetrazione della luce (distanza a cui si ha solo il 37% dei fotoni emessi), per mezzo della seguente equazione: $\delta = [3\mu_a (\mu_a + \mu_s')]^{1/2}$, dove μ_a è il coefficiente di assorbimento (cm^{-1}) e μ_s' è il coefficiente di diffusione ridotto (cm^{-1}); $\mu_s' = \mu_s (1-g)$, g che rappresenta l'anisotropia dell'ambiente.

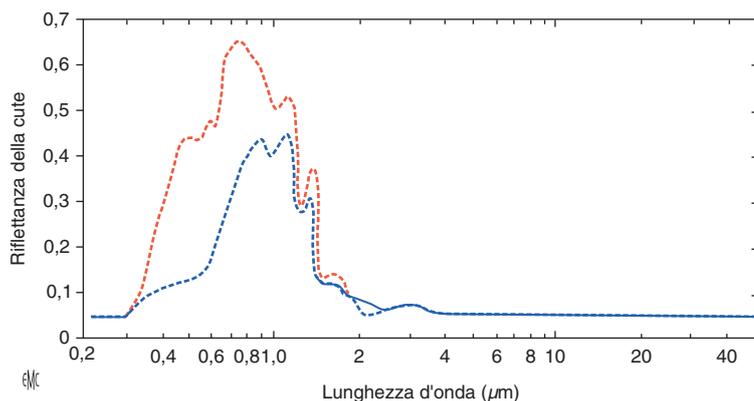


Figura 2. Riflessione della cute umana fototipo I e fototipo IV (Slincy e Worlbarsh, 1980).

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/3196695>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/3196695>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)