

بسم الله الرحمن الرحيم

دوز تشعشع لیزر

دکتر سید مهدی مهدوی مرتضوی

mortazavi@laserdarmani.com

دوز تشعشع به تنهایی مهمترین پارامتر در لیزردرمانی کم توان می باشد و حتی خود بتنهایی مهمتر از نوع لیزر استفاده شده (مرئی یا نامرئی ، پالسی یا پیوسته) می باشد . دوز با واحد ژول (Joules) بر نقطه درمان شده (J/point) یا بر سانتی متر مربع (J/Cm²) اندازه گیری می شود . هر دو نوع محاسبه دوز (J/Cm² و J/point) ضروری می باشد چون لیزردرمانی کم توان بعضی اوقات بر نقطه خاصی (AHSHI point ، TPs ، APs ، local point ، و غیره) و بعضی اوقات بر سطوح بزرگتر (زخمها ، جراحات ، ضرب دیدگی ها و غیره) اعمال می شود .
برای گرفتن نتایج موفقیت آمیز با لیزردرمانی کم توان توجه به نکات زیر ضروری است :

برای ایجاد اثر بهینه در تحریک زیستی ، دوز اشعه دارای یک حد اقل و یک حداکثر است که مقدار بهینه آن حد وسط می باشد . اگر دوز خیلی کم باشد ممکن است اثری قابل اندازه گیری نداشته باشد . اگر دوز خیلی زیاد باشد (بیش از مقدار لازم برای تحریک زیستی) ممکن است اثری نداشته باشد یا اثر منفی از خود بجای گذارد (Kana و همکاران 1981) .

دوزهای کم ولی تکراری که در نوبت های 1 تا 7 روز داده شود باعث ایجاد اثر قوی تری نسبت به

همین مقدار دوز یکجا و در یک نوبت می شود (Laor و همکاران 1965 Abergel و همکاران 1986) .

اثر تحریک زیستی جمعی است . بدین معنی که دوزهای تکراری با نوبت های نسبتاً کوتاه و مناسب ، پاسخ اضافه تری نسبت به دفعات قبلی ایجاد می کند و اثرات آن ها نیز با هم جمع می شود (Mester و همکاران 1973) .
مستردریافت که دوز بهینه لیزردرمانی کم توان در پوست با لیزر هلیوم- نئون 1J/Cm² در هفته می باشد .
Abergel (1984) دوز مناسب برای فیبروبلاست ها را با لیزر گالیوم-آرسناید خیلی کمتر از دوز لیزر هلیوم- نئون عنوان نمود .

دوز لازم برای نقاط آکوپانکچر در مقالات پیشین روسها در حدود 0/1 J/AP گفته شده است . با یک لیزر دارای قدرت متوسط خروجی (MOP) 3 یا 60 میلی وات ، می توان 33 یا 1/65 ثانیه در هر نقطه آکوپانکچر تاباند .
(جدول 4)

1-5 محاسبه دوز تشعشع

ژول (J) واحد مقدار انرژی می باشد . یک ژول برابر است با یک وات ثانیه (Ws) یعنی مقدار انرژی که یک وات توان برای مدت یک ثانیه ایجاد می کند . دوز تشعشع مقدار انرژی است که به درون بافت وارد می شود . این که

انرژی مورد بحث از یک نقطه وارد شود (مثلاً یک میلی متر مربع) و یا از چندین سانتی متر مربع وارد شود ، بسیار مهم است . بنا بر این ، برای درمان سطوحی از قبیل زخمها ، جراحات و غیره بهتر است دوز را بصورت چگالی انرژی (energy density) بیان کنیم یعنی بصورت J/cm^2 .

چون یک ژول مساوی است با یک وات ثانیه ($1J = 1Ws$) ، پس دوز تشعشع (D) را می توان بصورت زیر محاسبه نمود :

$$D (J/Cm^2) = \frac{P(W) \times t(s)}{A(Cm^2)} \quad \text{معادله (7)}$$

که در آن :

$D =$ دوز لیزر (ژول بر سانتی متر مربع)

$P =$ قدرت لیزر که به بافت تابانده می شود (وات)

$t =$ زمان تشعشع (ثانیه)

$A =$ مساحت تحت درمان (سانتی متر مربع)

که می تواند برای محاسبه زمان لازم برای درمان تغییر کند :

$$t (s) = \frac{D(J/Cm^2) \times A(Cm^2)}{P(W)} \quad \text{معادله (8)}$$

برای محاسبه زمان لازم برای قرار گرفتن در ناحیه هدف (A) ، MOP یا قدرت متوسط لیزر باید تبدیل به وات شود . به عنوان مثال یک لیزر با قدرت متوسط خروجی 15 میلی وات دارای تابش :

$$\frac{15}{1000} = 0.015 W$$

می باشد . از آنجا که $1J = 1Wsec$ و $1W = 1J/sec$ بنابراین اگر لیزر دارای قدرت متوسط خروجی 15 میلی وات باشد انرژی ساطع شده از آن $0.015 J/sec$ می باشد . در 10 ثانیه انرژی ساطع شده برابر است با: $10 \times 0.015 = 0.15 J$

جدول 4 (پایین) لیزرهای با قدرت متوسط خروجی در محدوده 3 تا 60 میلی وات دوز تشعشع در ثانیه و در دقیقه و زمان تشعشع لازم را برای دوز به ترتیب 1 و 2 ژول نشان می دهد .

| Mean output power | Emission dose per second | | Emission dose per minute | | Emission time needed to deliver a target dose of 1 J or 2 J | |
|-------------------|--------------------------|------|--------------------------|------|---|---------|
| | mW | mJ | J | mJ | J | min-sec |
| 3 | 3 | .003 | 180 | .18 | 5-34 | 11-08 |
| 6 | 6 | .006 | 360 | .36 | 2-47 | 5-34 |
| 8 | 8 | .008 | 480 | .48 | 2-05 | 4-19 |
| 10 | 10 | .010 | 600 | .60 | 1-40 | 3-20 |
| 12 | 12 | .012 | 720 | .72 | 1-23 | 2-46 |
| 15 | 15 | .015 | 900 | .90 | 1-07 | 2-13 |
| 20 | 20 | .020 | 1200 | 1.20 | 0-50 | 1-40 |
| 25 | 25 | .025 | 1500 | 1.50 | 0-40 | 1-20 |
| 30 | 30 | .030 | 1800 | 1.80 | 0-33 | 1-07 |
| 40 | 40 | .040 | 2400 | 2.40 | 0-25 | 0-50 |
| 60 | 60 | .060 | 3600 | 3.60 | 0-16.5 | 0-33 |

جدول 4

جدول 4 نشان می دهد که یک لیزر کلاس 3B با قدرت 60 mW می تواند در مدت 33 ثانیه 2 ژول را در موضع هدف تخلیه نماید. در حالی که یک لیزر کلاس A با قدرت متوسط خروجی 3 میلی وات 20 برابر بیشتر زمان لازم دارد (11 دقیقه و 8 ثانیه) تا همین دوز را (2J) تولید کند بنا براین مزیت استفاده از لیزرهای با قدرت بالاتر در کلاس 3B مشخص می باشد این لیزرهای کلاس 3B زمان هر جلسه درمان را به مقدار قابل ملاحظه ای پایین می آورند. اگر یک لیزرهای گالیوم- آرسناید برای کار بصورت تک پالسهای فرکانس پایین ساخته شده باشد (تصویر 8) قدرت متوسط خروجی آن بسیار پایین است. برای اینکه بتوانیم مقایسه ای مستقیم بین مدل های مختلف لیزرهای پالسی داشته باشیم، انرژی خروجی ساطع شده از آن در هر پالس (EP) (μJ) emitted energy output (μJ) per plse (EP) و فرکانس پالس در ثانیه the pulse frequency per second (F) (Hz) بایستی مشخص باشد. مقادیر اندازه گیری شده برای انرژی هر پالس از 0/1 تا 5 میکرو ژول و فرکانس پالس ها از 10 تا 10000 می باشد. قدرت متوسط خروجی یک پالس لیزر به فرکانس F و انرژی ساطع شده از هر پالس Ep بستگی دارد (شکل 5). قدرت متوسط خروجی

(میلی وات) برابر است با $Ep \times \frac{F}{1000}$

$$\text{MOP (mW)} = F \times \frac{Ep}{1000}$$

به عنوان مثال اگر پالس های لیزر 10 هزار هرتز و دارای 5 میکروژول در هر پالس باشد:

$$10000 \times \frac{5}{1000} = \text{MOP mW} \quad , \quad \text{MOP (mW)} = 50 \text{ mW}$$

جدول 5 - MOP لیزر گالیوم-آرسناید پالسی در فرکانس های مختلف و انرژی متفاوت در هر پالس.

| Pulse Freq. (F) in Hz | Pulse energy (Ep) | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------|------|------|------|
| | 0.1 μJ | 0.3 μJ | 1 μJ | 3 μJ | 5 μJ |
| | Mean output power (MOP) in mW | | | | |
| 10 | 0.001 | 0.003 | 0.01 | 0.03 | 0.05 |
| 100 | 0.01 | 0.03 | 0.1 | 0.3 | 0.5 |
| 1000 | 0.1 | 0.3 | 1.0 | 3.0 | 5.0 |
| 10000 | 1.0 | 3.0 | 10.0 | 30.0 | 50.0 |

جدول فوق نشان می دهد که لیزر تک پالس در صورتی که فرکانس زیر 1000 هرتز باشد مؤثر نمی باشد. به عنوان مثال یک لیزر با انرژی پالس (Ep) $1 \mu J$ و فرکانس پالس 100 هرتز دارای قدرت متوسط خروجی فقط 0.1 mW می باشد. اگر یک سطح 5×5 سانتی متری نیاز به $1 J/Cm^2$ لیزر داشته باشد، زمان تابش بر طبق معادله (8) بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$(D) : 1 J / Cm^2 \text{ دوز مطلوب}$$

$$MOP (P) : 0.1 mW = 0.0001 W$$

$$(A) : 25 Cm^2 \text{ سطح مورد نظر (ناحیه هدف)}$$

$$t = \frac{D \times A}{P} \quad \text{معادله (8)} \quad t = \frac{1 \times 25}{0.0001} = 250000s$$

بنا بر این، زمان $t = 4167 \text{ min}$ که معادل 70 ساعت می باشد. (2)

این موضوع نشان می دهد که لیزری با قدرت متوسط خروجی 0/1 میلی وات دارای استفاده عملی و سودمندی در لیزر درمانی کم توان نمی باشد. همچنین نشان می دهد که هر شخص نیاز به دانستن قدرت متوسط خروجی (ویا فرکانس و توان متوسط در هر پالس) لیزر خود دارد و نیز باید بداند چگونه دوز تشعشع را برای یک لیزر درمانی کم توان مؤثر محاسبه نماید. بخاطر ندانستن این پارامترهای مهم تا کنون هزاران بار لیزر درمانی کم توان با دوز بسیار پایین تر از مقدار مؤثر بالینی انجام شده است.

این محاسبات و جدول قبلی (جدول 5) مزیت لیزرهای حالت pulse – train گالیوم-آرسناید را نسبت به لیزرهای تک پالس نشان می دهد. قدرت متوسط خروجی کاملاً وابسته به فرکانس نیست. همین قضیه در لیزرهای روشن-خاموش (switch-on / switch-off) در صورتی که زمان روشن بودن به همان مقدار خاموش بودن باشد صادق است.

(2) در مقایسه برای یک لیزر با قدرت متوسط خروجی 60 میلی وات زمان تابش برای دادن $1 J/cm^2$ باید :

$$\frac{1 \times 25}{0.06} \text{ ثانیه یا } \frac{25}{3/6} \text{ دقیقه یا } 7 \text{ دقیقه می شود که } \frac{1}{600} \text{ زمان قبلی است .}$$