

DOSIMETRIA EN LASERES DE BAJA POTENCIA:

Dr. Adel Hernández Díaz

Dra. Alina Orellana Molina

Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)

El láser de baja potencia ha sido utilizado con gran éxito terapéutico en muchas de las especialidades de la Medicina ya sea como tratamiento único o en combinación con otros procedimientos fisioterapéuticos o con la terapia farmacológica.

La efectividad de la terapia láser se fundamenta en el aporte de suficiente energía para que mediante su absorción y transformación en los tejidos pueda generarse el proceso terapéutico.

Es necesario conocer por parte del médico y del operador de los equipos una serie de parámetros que nos van a permitir el máximo de aprovechamiento en la dosis calculada, lo cual contribuye a elevar la eficacia energética del tratamiento.

Existen dos tipos de emisión de energía luminosa: **la continua** y **la pulsada**, por lo que el cálculo de las dosificaciones variará de acuerdo al tipo de energía utilizada. Otro parámetro a tener en cuenta sería la **potencia exacta de emisión** que nos indica la energía que se entrega por segundos y está relacionada con el tipo de emisión y la potencia de salida del equipo. Su unidad de medida es el watt (W).

$$\text{Potencia (P)} = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo (t)}}$$

Por tanto, despejando la energía de la fórmula quedará:

$$\text{Energía (E)} = \text{Potencia (P)} \times \text{Tiempo (t)}$$

Si el láser emite en régimen continuo la energía sólo será identificada por su potencia de emisión, mientras que en los de régimen pulsado se necesitarán otros parámetros para conocer cuanta energía se aporta por segundo:

- Potencia pico (**Pp**)
- Duración del impulso (**tp**)
- Frecuencia de emisión (**f**)

$$P_m = P_p \times t_p \times f$$

La eficacia terapéutica estará en dependencia de la cantidad de energía suministrada, del tipo empleado para ello, y por último, de la forma en que sea suministrada. Siempre es aconsejable reducir las superficies de aplicación, por lo que si la zona a irradiar es muy amplia debemos realizar varios depósitos puntuales de energía a una distancia no mayor de los 2 ó 3 cm. para obtener la máxima eficiencia.

Como ya vimos anteriormente, debemos tener siempre bien claro que la **Energía (E)** solamente depende del tiempo empleado y de la potencia de emisión utilizada, mientras que cuando hablamos de **Densidad de Energía (D.E.)** dependerá de la superficie donde es depositada la energía, que viene dada por el spot del emisor láser. Este dato suele ser facilitado por el fabricante del equipo; en otras ocasiones aparece en forma de diámetro del haz, pero el cálculo total del área sería muy sencillo, aunque de forma práctica les mostramos la correlación existente entre estos dos parámetros.

Diámetro del haz (mm)	Superficie (cm ²)
1	0,0078 cm ²
1,5	0,0174 cm ²
2	0,0314 cm ²
3	0,073 cm ²

La **Densidad de Energía (D.E)** no es más que la relación existente entre la energía suministrada por un emisor láser y la superficie del spot primario de éste, no del área total de tratamiento. Se expresa en Julios/cm² (J/cm²).

$$D.E (J/cm^2) = \frac{P (W) \times t (seg.)}{S (cm^2)}$$

Recordando que la D.E es la relación existente entre la energía suministrada por el equipo y la superficie donde se irradia.

$$\text{D.E.} = \frac{\text{E (Julios)}}{\text{S (cm}^2\text{)}}$$

Entonces, la Densidad de Energía (D.E) no será la incógnita matemática y si el **tiempo** durante el cual se deberá estar irradiando en cada una de las aplicaciones, por lo tanto, despejando el tiempo de la fórmula quedará:

$$\text{t (seg.)} = \frac{\text{D.E. (J/cm}^2\text{) x S (cm}^2\text{)}}{\text{P (W)}}$$

Para evitar el cálculo para cada dosis deseada es sencillo establecer una tabla dosimétrica que relacione cada dosis con el tiempo necesario para obtenerla.

Ej. : **2 J/cm² = 12 seg. por puntos.**

3 J/cm² = 18 seg. por puntos.

4 J/cm² = 24 seg. por puntos.

Generalmente los equipos existentes en el mercado mundial disponen del cálculo de la dosis de forma automática. En el caso del equipo de fabricación cubana **FISSER 21** con que cuentan nuestras Salas de Rehabilitación Integral de la Atención Primaria de Salud el operador solo tiene que indicar la potencia de emisión y el tiempo de exposición siendo el propio aparato el que calcula la **Dosis de Energía (Joules)** suministrada al paciente en cada aplicación.

A diferencia de la terapia farmacológica no encontraremos en el láser terapéutico una dosis letal, pero es innecesario el uso de altas dosis ya que con irradiaciones inferiores se puede obtener el mismo efecto.

La elección de la dosis a utilizar dependerá de la experiencia individual de cada médico, aunque existen rangos de dosis muy variables con resultados aceptables publicados en la literatura internacional.

En todo tratamiento después del diagnóstico adecuado se efectuará un plan dosificado de aplicación de la energía como mostramos a continuación:

EFECTO TERAPEÚTICO DESEADO	DOSIS RECOMENDADA
Analgésico ▪ Dolor muscular ▪ Dolor articular	2-4 J/cm²
	4-8 J/cm²
Antinflamatorio ▪ Agudas ▪ Crónicas	4-6 J/cm²
	4-8 J/cm²
Reparación tisular	8-12 J/cm²

A modo de práctica y para el buen entendimiento de los interesados mostramos a continuación un ejemplo de cálculo de dosis para su mejor comprensión.

Disponemos de un equipo diodo láser semiconductor AlGaAs de emisión continua y pulsada con una longitud de onda de 780 nm y una potencia máxima de salida de 40 mw. La superficie de depósito o spot primario es de 0,073 cm² y queremos realizar 5 depósitos puntuales de energía de 8 J/cm² en días alternos alrededor del maleolo externo para lograr efecto antiinflamatorio en un esguince crónico. ¿Qué tiempo debemos emplear en cada aplicación? ¿Cuál será la energía suministrada al paciente durante el tratamiento?

Cálculo y resultado:

$$D.E (J/cm^2) = \frac{P (W) \times t (seg.)}{S (cm^2)}$$

Despejando el tiempo de la fórmula

$$t \text{ (seg.)} = \frac{\text{D.E. (J/cm}^2\text{)} \times \text{S (cm}^2\text{)}}{\text{P (W)}}$$

$$t = \frac{8 \text{ J/cm}^2 \times 0,073 \text{ cm}^2}{0,040 \text{ W}}$$

$$t = 14,6 \text{ seg.}$$

$$t \approx 15 \text{ seg. por puntos}$$

IMPORTANTE:

Recordar que la potencia de emisión en los equipos láser terapéuticos viene dada en miliwatt (mw), pero en la fórmula trabajamos en watt, por lo que siempre hay que correr la coma 3 lugares a la izquierda para no cometer errores al realizar los cálculos matemáticos.

Tiempo total empleado: 15 seg. X 5 aplicaciones = 75 seg.

Energía total aportada al paciente:

$$E = P \times t$$

$$E = 0,040 \text{ W} \times 75 \text{ seg.}$$

$$E = 3 \text{ J}$$

A fin de prescindir del cálculo para cada dosis frente al paciente y obtener el efecto terapéutico apropiado según la patología con que acuda el enfermo al tratamiento, y puesto que contamos con datos fijos que nos aporta el fabricante con el equipo láser como son la potencia de emisión y el spot o superficie de depósito, aconsejamos construir una tabla que relacione dosis con el tiempo necesario para alcanzarla para de esta forma agilizar el trabajo logrando una eficacia terapéutica adecuada.

Lo más importante para lograr un tratamiento exitoso es el diagnóstico etiológico preciso de la patología a tratar ya que si este es errado no vale calcular bien la dosis a irradiar por puntos.

TABLAS DOSIMÉTRICAS POR APARATOS:

FISSER 21 CLASE III-B

DOSIS DESEADA (Spot: 0.073 cm²)	POTENCIA A LA SALIDA DEL APLICADOR	
	20 mw (ROJO)	40 mw (IR)
<i>1 J/cm²</i>	<i>4 seg.</i>	<i>2 seg.</i>
<i>2 J/cm²</i>	<i>8 seg.</i>	<i>4 seg.</i>
<i>3 J/cm²</i>	<i>12 seg.</i>	<i>6 seg.</i>
<i>4 J/cm²</i>	<i>16 seg.</i>	<i>8 seg.</i>
<i>5 J/cm²</i>	<i>20 seg.</i>	<i>10 seg.</i>
<i>6 J/cm²</i>	<i>24 seg.</i>	<i>12 seg.</i>
<i>7 J/cm²</i>	<i>28 seg.</i>	<i>14 seg.</i>
<i>8 J/cm²</i>	<i>32 seg.</i>	<i>16 seg.</i>
<i>9 J/cm²</i>	<i>36 seg.</i>	<i>18 seg.</i>
<i>10 J/cm²</i>	<i>40 seg.</i>	<i>20 seg.</i>

LASERMED 401 CLASE II-B

DOSIS DESEADA (Spot: 0.031 cm ²)	POTENCIA SALIDA DEL APLICADOR
	7 mw (IR)
<i>1 J/cm²</i>	<i>4 seg.</i>
<i>2 J/cm²</i>	<i>8 seg.</i>
<i>3 J/cm²</i>	<i>12 seg.</i>
<i>4 J/cm²</i>	<i>16 seg.</i>
<i>5 J/cm²</i>	<i>20 seg.</i>
<i>6 J/cm²</i>	<i>24 seg.</i>
<i>7 J/cm²</i>	<i>28 seg.</i>
<i>8 J/cm²</i>	<i>32 seg.</i>
<i>9 J/cm²</i>	<i>36 seg.</i>
<i>10 J/cm²</i>	<i>40 seg.</i>

FISSER 25 CLASE III-B

DOSIS DESEADA (Spot: 0.031 cm ²)	POTENCIA SALIDA DEL APLICADOR
	15 mw (ROJO)
<i>1 J/cm²</i>	<i>2 seg.</i>
<i>2 J/cm²</i>	<i>4 seg.</i>
<i>3 J/cm²</i>	<i>6 seg.</i>
<i>4 J/cm²</i>	<i>8 seg.</i>
<i>5 J/cm²</i>	<i>10 seg.</i>
<i>6 J/cm²</i>	<i>12 seg.</i>
<i>7 J/cm²</i>	<i>14 seg.</i>
<i>8 J/cm²</i>	<i>16 seg.</i>
<i>9 J/cm²</i>	<i>18 seg.</i>
<i>10 J/cm²</i>	<i>20 seg.</i>

Y para terminar, mostramos a continuación todos los equipos láseres de fabricación cubana que están ubicados en los distintos Servicios de Rehabilitación del país con el objetivo que conozcan sus características técnicas, así como los datos que ofrecen los fabricantes que son muy necesarios para el cálculo de la dosis a emplear para las distintas afecciones. Estos parámetros deben ser del conocimiento de toda persona que indique o manipule los equipos de fisioterapia láser para impedir errores por desconocimiento que pueden ser evitados.

I. FISSER 21 (diodo semiconductor):

- Tipo de láser..... AlGaAs
- Clase.....III B (según CEI 825)
- Longitud de onda 650 nm (rojo)
..... 780 nm (infrarrojo)
- Potencia máxima de salida..... 20 mw (rojo)
..... 40 mw (infrarrojo)
- Modo de emisión.....continuo o pulsado
- Frecuenciasentre 0 y 100
- Spot de salida.....0,073 cm²



II. LASERMED 401 (diodo semiconductor):

- Tipo de láserGaAs
- Clase..... III B (según CEI 825)
- Longitud de onda 904 nm (infrarrojo)
- Potencia media máxima de salida..... 7 mw
- Duración del impulso.....200 nseg.
- Modo de emisión.....pulsado
- Spot de salida.....0,031 cm²



III. FISSER 25 (diodo semiconductor):

- Tipo de láserAlGaAs
- Clase.....IIIB (según CEI 825)
- Longitud de onda..... 650 nm (rojo)
- Potencia máxima de salida..... 15 mw
- Modo de emisión.....continuo
- Spot de salida.....0,031 cm²



IV. FISSER III (láser gaseoso):

- Tipo de láserHeNe (gaseoso)
- Clase.....III B (según CEI 825)
- Longitud de onda..... 632,8 nm (rojo)
- Potencia máxima de salida..... 25 mw
- Modo de emisión.....continuo
- Spot de salida.....0,126 cm²

