
Láser en medicina

JUAN C. CARDENAS

Se revisan los principios fundamentales del funcionamiento del láser, se hace una breve revisión histórica del mismo y se lo clasifica de acuerdo con la potencia de emisión, los materiales de fabricación y la pulsación. Se enumeran los diferentes mecanismos de acción del láser y sus indicaciones y contraindicaciones haciendo énfasis en lo concerniente al láser de baja potencia, tanto pulsado como no pulsado; se alude a las experiencias nacionales y de otros países.

PALABRAS CLAVE

LASER

CICATRIZACION

LASERTERAPIA

En 1913 Bohr, citado por Colls (1), establece la teoría cuántica en la que propone un nuevo modelo atómico, afirmando que los electrones giran alrededor del núcleo en orbitales energéticos que pueden ser delimitados claramente.

En 1917 Einstein, citado por Boraico (2), menciona que bajo ciertas condiciones un átomo puede absorber luz o cualquiera otra clase de energía electromagnética y quedar en estado de excitación; posteriormente puede desprenderse de esa energía mediante un estímulo; éste es el fundamento del láser.

En 1958 Townes y Shawlow en EE. UU y Basov y Projorov en la URSS, citados por Colls (1), elaboraron, simultánea pero separadamente, el primer modelo teórico de un láser.

El nacimiento del láser se realizó con intervención de Maiman en 1960, citado por Colls (1). Desde entonces la gama de sistemas láser y de sus aplicaciones se ha ampliado vertiginosamente.

En 1961 (3) se extirpa con éxito un tumor de la retina por medio del láser diseñado por Maiman; es la primera aplicación médica del láser de rubí. En 1962 se crea el primer láser de semiconductores y en 1964 el primero de estado gaseoso (3).

En el avance del láser en medicina cabe destacar los aportes de Goldman en EE. UU., Mester en Hungría e Inyushin en la URSS (3).

¿QUE ES Y COMO FUNCIONA UN LASER?

La palabra láser corresponde al acrónimo inglés de la frase "ampliación de la luz por emisión estimulada de radiación".

La energía electromagnética se propaga en ondas que pueden clasificarse desde la de más alta (rayos cósmicos) hasta la de más baja frecuencia (ondas de audio). Del espectro electromagnético sólo una ga-

DR. JUAN C. CARDENAS, Residente, Sección de Cirugía Plástica, Depto. de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

ma muy pequeña de ondas es detectable al ojo humano y un porcentaje un poco mayor se utiliza en los láser.

Según la teoría cuántica se puede explicar el funcionamiento del láser con base en el modelo atómico de Bohr: un átomo de cualquier elemento químico presenta una serie de niveles de energía de valor prefijado; en éstos se sitúan los electrones que tienen carga negativa mientras el núcleo atómico es positivo. Los niveles electrónicos son más energéticos mientras más distantes estén del núcleo; por lo tanto, cuando un electrón pasa de un nivel dado a otro más interno libera energía en forma de paquetes o quantums (fotones); a la inversa, para hacer pasar un electrón a un nivel más externo se requiere aplicar al átomo un quantum de energía (1-3).

La forma más estable del átomo se da cuando tiene sus electrones en los niveles de energía más bajos posibles. Por lo tanto, cuando hay un electrón con un nivel de energía dado, en un átomo que presenta una o más plazas para electrones de menor energía, el electrón tiende a ir a los niveles más bajos liberando un fotón.

Se puede conseguir que una sustancia (generalmente una mezcla de sólidos o de gases) que tenga un número grande de átomos excitados (o sea con electrones ubicados por encima de su nivel habitual), libere un fotón en algunos de ellos; de esa manera se puede inducir en los átomos vecinos la misma liberación y así aumentar el fenómeno en progresión geométrica hasta obtener un haz de fotones que van a conformar el láser (emisión estimulada de radiación). Al igual que la luz los láser se reflejan, se refractan y viajan a 3×10^8 m/s; pero, a diferencia de ésta, son coherentes, unidireccionales y monocromáticos (2).

La coherencia hace alusión al hecho de que todos los fotones emitidos están en fase, o sea que sus crestas y valles coinciden; por ello a través del láser se puede conseguir gran potencia de acción.

El monocromatismo se refiere al hecho de que todos los fotones tienen igual longitud de onda e igual frecuencia.

TIPOS DE LASER

Los láser se pueden clasificar según los siguientes criterios: potencia, tipo de emisión, frecuencia de emisión y material de fabricación. Según el primer

criterio se dividen en los de alta y los de baja potencia (4): los primeros la tienen mayor de 1 W (el ejemplo típico es el láser quirúrgico de CO₂ o de Neodimio) y los segundos menor de 1 W (ejemplos: el láser de Helio-Neón y el semiconductor).

La emisión de los láser puede ser o no pulsada; en la segunda no hay interrupciones de emisión; en la primera la emisión es discontinua o sea que en la unidad de tiempo van varios paquetes de radiación láser. La pulsación se realiza por medio de un oscilador y tiene como objeto ampliar la gama de aplicaciones y mejorar el control de algunos efectos biológicos.

La frecuencia de emisión de los láser puede ir desde el infrarrojo hasta el ultravioleta pasando por todos los colores del espectro visible, en forma seriada o simultánea:

Las potencias enumeradas tienen aplicación médica según el tipo de lesión y de uso que se les quiera dar.

Según el material de fabricación existen los siguientes tipos de láser:

a) **Semiconductor:** los diodos son artefactos que conducen la corriente eléctrica en un solo sentido. Se componen de dos partes, Negativa y Positiva, unidas como un "sánduche"; en su intermedio hay una zona de transición donde se produce gran excitación energética. En el caso particular del Arseniuro de Galio, en esta zona de excitación se puede generar un láser (1) que generalmente es de baja potencia porque tiende al recalentamiento si se trabaja con potencias medias o altas.

b) **de Helio-Neón:** es una mezcla de estos dos gases nobles en un cilindro, que tiene colocados en sus extremos dos espejos (resonador óptico). La mezcla se somete a una descarga eléctrica produciendo excitación electrónica en el Helio, que por vibración contigua se transmite al Neón; una vez excitado, éste genera el láser al liberar fotones en forma coordinada; éstos se van potenciando al rebotar entre los espejos y finalmente salen por un agujero en uno de ellos (1).

c) **de Argón:** tiene un principio de funcionamiento similar al anterior.

d) **de CO₂:** en realidad se trata de una mezcla gaseosa de CO₂, N₂ y Helio; por su gran eficiencia y alta potencia tiene mucha utilización en la industria.

e) **láser sólidos** como los de rubí y Neodimio.

FUNDAMENTOS DE LA APLICACION DEL LASER EN MEDICINA (1-3,5)

Potencia: es la capacidad de un rayo láser para producir energía por unidad de tiempo (Potencia = Energía / Tiempo); se expresa en Watios (1 Watio = 1 Julio/ 1 Segundo). Para los láser de emisión continua, como el de Helio-Neón, la expresión anterior se cumple siempre. En cambio en el láser pulsado hay momentos en que no se está produciendo radiación. Por ello cabe introducir los conceptos de **potencia pico** (máxima potencia que alcanza la radiación en cada paquete de energía) y **potencia media o eficaz** (potencia promedio en la unidad de tiempo).

Frecuencia y longitud de onda: de ellas dependen el color del láser y algunas de sus propiedades sobre los tejidos vivos.

Diámetro y divergencia del haz: el diámetro hace referencia a la superficie que es capaz de abarcar un láser en reposo; es también el área de salida del haz. El concepto de divergencia se refiere al grado de colimación (tendencia a mantener agrupamiento en una determinada dirección) y se mide por el ángulo que forma el eje central del haz con los fotones más dispersos en relación a él.

Densidad de energía: es la cantidad de energía recibida por unidad de superficie; se puede decir que es la medida más aproximada de la posología correcta de aplicación de láser, sobre todo en los de emisión continua (Densidad = Energía / Superficie). Con base en analogías de experimentos en animales (6) y posteriormente en observaciones en humanos (1)

se han postulado algunas dosis según el efecto que se persiga: en general se utilizan 2 a 8 julios por centímetro cuadrado, de radiación Helio-Neón, con fines analgésicos, antiinflamatorios, eutróficos y circulatorios.

Pulsación: se ha demostrado (7) que la influencia de los campos electromagnéticos en los seres vivos es diferente según que sean pulsados o estáticos y que el efecto varía con la frecuencia del pulso.

Aunque no se pudo encontrar un trabajo publicado en revistas internacionales sí existen en Francia publicaciones locales sobre los beneficios del láser semiconductor de baja potencia y pulsado (Gir-láser) (5); se trabaja con siete frecuencias básicas y 42 derivadas de ellas al modularlas en ± 10 , 20 ó 30%; cada frecuencia básica duplica la anterior a partir de 146 Hz (16).

Carvajal en nuestro medio ha desarrollado protocolos propios de aplicación con base en sus observaciones clínicas (9).

Accesorios (1)

a) Fibras ópticas: están hechas de cuarzo, vidrio o plástico, en forma cilíndrica; son flexibles y capaces de conducir la luz; se utilizan para visualizar y tratar lesiones en lugares de difícil acceso.

b) Lentes divergentes: dispersan el rayo láser en forma cónica sobre la superficie de acción; se emplean para ampliar el campo de cobertura.

c) Escaner: es un aparato basado en espejos en vibración; su efecto final es hacer que la radiación se desplace periódicamente sobre una superficie dada que puede modificarse a voluntad.

LASER	COLOR	λ	POTENCIA MEDIA
Helio-Neón	Rojo	632 nm	0.05-50 mw
Diodo	invisible (iR)	780-950 nm	1.00-10 mw
Neodimio: yag	Invisible (iR)	.060 nm	0.01-1000 w
	invisible (iR)	10.600 nm	0.01-5000 w
	verde, azul, violeta	514-496-645 nm	2-20 w
Kriptón	rojo, amarillo, violeta	676... 468 nm	1- 5 w

nm: nanómetros; mw: milivatios; w: vatios

MECANISMOS DE ACCION (2)

Fotodisrupción: se produce estallido de la célula; es tal la energía liberada que la temperatura del tejido se incrementa de 37 a 20.000°C. Se utiliza en la destrucción de lesiones malignas y requiere de gran potencia (láser de Neodimio o de CO₂).

Fotovaporización: se produce evaporación del agua del tejido por donde atraviesa el láser; puede incrementar la temperatura tisular de 37 a 400 °C (láser de CO₂).

Fotocoagulación: se produce cambio en las estructuras terciaria y cuaternaria de las proteínas; eleva la temperatura del tejido local de 37 a 65 °C. Junto con los mecanismos anteriores (9) representa la forma de acción de los láser quirúrgicos (para fotocoagular la sangre es especialmente útil el láser verde o de Argón).

Fotorradiación: se produce una elevación muy leve de la temperatura del tejido (1-2 grados). El efecto del calor local acelera los procesos fisiológicos; puede ser uno de los mecanismos de acción de los láser blandos o de baja potencia.

Fotoestimulación: es el efecto más fascinante pero desconocido del láser: no hay elevación de la temperatura local o es mínima; para explicarlo se han propuesto varias hipótesis, como se describe seguidamente:

Inyushin, citado por Colls (1) y Trelles (3) propone la existencia del bioplasma como un segundo cuerpo en todos los seres vivos; tendría propiedades semiconductoras y estaría constituido por iones, especialmente negativos, que tienen su génesis en el O₂ de la respiración. Este bioplasma sería receptor de mensajes eutróficos. Si la radiación aplicada al tejido tiene una longitud de onda (λ) menor de 350 nm el efecto pasaría a ser distrófico y hasta carcinogénico. Una segunda teoría propone que el láser reduce la carga negativa en la membrana celular, alterando su permeabilidad y favoreciendo el intercambio de algunos iones. La mayoría de las hipótesis respecto a la acción del láser tienden a atribuirle un efecto local, que depende de la profundidad de penetración y otro sistémico que no depende de ésta.

En un modelo experimental realizado en ratas por Mester (6) se demostró cómo la cicatrización de las úlceras y quemaduras era más rápida y mejor con la aplicación de láser.

Tomberg en 1961, citado por Tréllez (3), observó aumento de los eritrocitos y las plaquetas en la

sangre de ratas blancas sometidas a pequeñas dosis de láser de rubí: el hallazgo es diciente porque se sabe que la plaqueta es el elemento más importante en el fenómeno de cicatrización.

En 1972 Schur (11) reporta éxito al tratar con láser úlceras crónicas rebeldes a otras terapias.

Durmanov, citado por Tréllez (3), empleando un láser de Helio-Neón, reportó una disminución de 40 a 50% en el tiempo necesario para la curación de los quemados usando 25 mj / cm² durante 1 a 5 minutos, en quemaduras entre 2 y 5 cm en pacientes entre 23 y 67 años.

Benedicenti, citado por Tréllez (3), ha observado aumento del drenaje linfático en el mesenterio de ratas sometidas a radiación de láser semiconductor de baja potencia.

En cuanto a la penetración cabe anotar que el láser de Helio-Neón llega hasta 7 mm de profundidad desde la capa córnea mientras que el semiconductor penetra hasta 35 mm; este nivel de penetración se debe a que la grasa y el músculo son relativamente transparentes a la radiación infrarroja y a que al aumentar la frecuencia de pulsación aumenta la profundidad de penetración (3).

Algunos de los cambios que se producen con la acción del láser son los siguientes: a) aumento de la adrenalina, el ACTH y el cortisol; b) activación de las prostaglandinas; c) aumento de la circulación local, la neovascularización y la mitosis; d) aumento de la producción de colágeno y elastina; e) potenciación de macrófagos y PMN neutrófilos; f) vasodilatación; g) aumento en la producción de serotonina y endorfinas; h) aumento en la producción de plaquetas y eritrocitos (3).

Desde el punto de vista anatomopatológico en las biopsias tomadas en ratones de laboratorio al momento de practicarles una quemadura artificial y después del tratamiento con láser se observó acantosis del epitelio con marcado aumento de las mitosis en la capa de Malpigio; el núcleo de las células era rico en cromatina y el citoplasma se teñía más de lo normal. Además el área denudada de epitelio disminuyó más rápidamente en las áreas fotorradiadas (6).

CONTRAINDICACIONES DE LA TERAPIA LASER

Pueden ser absolutas o relativas; entre las primeras se cuentan el uso directo en los ojos, por la

posibilidad de lesión retinal y ceguera consecuente; el uso en pacientes con cáncer por la posibilidad de incrementar las mitosis en la neoplasia; la irradiación directa de focos sépticos sin cobertura previa con antibióticos sistémicos pues existe la posibilidad de agravar la infección.

Las contraindicaciones relativas son: el embarazo, pues aunque no se conocen efectos nocivos en el feto, faltan seguimientos a largo plazo; el tratamiento concomitante con fármacos fotosensibilizantes; el tratamiento de enfermedades premalignas (como el ítem anterior, sólo se contraindica para el láser blando).

Es aconsejable, sobre todo cuando se trabaja con láser invisible y de alta potencia, evitar espejos y objetos brillantes y usar adecuado recubrimiento de los ojos con lentes especiales (1).

SUMMARY

LASER IN MEDICINE

The fundamentals of laser functioning and a brief historic description on the subject are presented; laser is classified according to emission potency, materials with which it is built and pulsation. Different mechanisms of action of laser as well as its indications and contraindications are discussed. Emphasis is given to low-power laser. Local and foreign experiences with its medical use are briefly described.

BIBLIOGRAFIA

1. COLLS J. La terapia láser hoy. 3a. ed. Barcelona: Centro de documentación láser, 1986; 179.
2. BORAICO A. A splendid light. *National Geographic* 1984; 165: 335-363.
3. TRELLES MA, MAYAYO E, SCHMIDT C, IGLESIAS JM, BARBER JI. Láser para la salud y la estética. 2a. ed. Barcelona: Etecnes, 1983; 181.
4. MINTON JP. The laser in surgery. *Am J Surg* 1986; 151: 725-729.
5. Gírláser: El láser compacto. Irigny, France: Sedatelec, 1984; 79.
6. MESTER E, BACSY E, KORENYI A, KOVACS I, SPIRY T. Effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg* 1971; 122: 532-535.
7. ADEY WR. Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields. *Physiological Reviews* 1981; 61: 435-513.
8. NOGIER R, NOGIER P. Influence of skin illumination on plasma biogenic amines in the rabbit. In: *Acupuncture and electrotherapeutics. Res Int J* 1982; 7: 247-253.
9. CARVAJAL J. Memorias del Primer Curso de Nivelación en Bioenergética. Medellín: Ilustrar Publicaciones, 1980: 1-115.
10. WIEMAN TJ. Lasers and the surgeon. *Am J Surgery* 1986; 151: 493-500.
11. SCHUR VV. The use of an Optic Quantum Generator (laser) in treatment of wounds. *Vestn Khir Gekova* 1972; 108: 86-89. Citado por TRELLES MA, MAYAYO E, SCHMIDT C, IGLESIAS JM, BARBER JI. Láser para la salud y la estética. 2a. ed. Barcelona: Etecnes, 1983; 181.
12. ABERGEL RP, MEEKER CH, LAM TS et al. Control of connective tissue metabolism by lasers: recent developments and future prospects. *Am Acad Dermatol* 1984; 6: 1142-1150.
13. KOVACS I, MESTER E, GORÖG P. Stimulation of wound healing with laser beam in the rat. *Experientia* 1974; 30: 1275-1276.
14. KOVACS I, MESTER E et GOR-G P. Laser-induced stimulation of the vascularization of the healing wound. An ear chamber experiment. *Experientia* 1974; 30: 341-343.