

## CONCEPTOS GENERALES Y DESCRIPCION DEL LASER DE Nd: YAG

Dr Gabriel Gómez-Hermosillo  
Dr Eduardo Ortiz-Rivera  
Dr Raúl Santos-Mazal

### RESUMEN

Se mencionan algunos conceptos generales sobre el laser en oftalmología y se hace una descripción de los principios fundamentales del laser de Nd: YAG, se revisan sus dos modalidades (Q-switched y Mode-locked) y se describe el laser de YAG en que los autores basan su experiencia.

### SUMMARY

We reviewed the basic concepts regarding ophthalmic lasers. The two modalities of the Nd: YAG laser (Q-switched and Mode-locked) are also stated. The Q-switched Nd: YAG laser in which the authors have worked is described.

Palabras clave (Key words): Laser, Nd: YAG

### INTRODUCCION

Son muchos los avances tecnológicos que han hecho de la oftalmología, una especialidad privilegiada dentro de la Medicina, y a esto ha contribuido en gran medida el desarrollo de diferentes tipos de rayo laser, los cuales en la actualidad tienen infinidad de usos terapéuticos reales y otros potenciales.

El laser de Nd: YAG se suma a la nueva generación de estos instrumentos ampliando el panorama de la llamada cirugía no invasiva.

Este tipo de laser fue desarrollado desde el punto de vista clínico por la Dra. Daniele S. Aron-Rosa y por el Dr. Franz Fankhauser a principios de los años setentas, con la idea de poder cortar estructuras internas

del globo ocular sin invadirlo quirúrgicamente, esto se logró modificando la tecnología del laser para poder producir desintegraciones ópticas de los tejidos mediante la producción de "plasma", y ondas de choque sin generar calor.<sup>1</sup>

### DEFINICION

Un laser es un dispositivo que amplifica luz. La luz es una forma de energía, la cual se irradia de la materia por átomos individuales, moléculas o iones. Estos átomos, moléculas o iones tienen varios niveles de energía y liberando o absorbiendo radiación electromagnética pueden cambiar de un nivel a otro. En condiciones normales, la mayor parte de los átomos,

moléculas o iones permanecen en el nivel más bajo de energía o estado estable. Sin embargo, cuando se les excita (mediante una fuente de energía externa), se les lleva a niveles más altos de energía o estado inestable. Al ir regresando a su estado normal estable emiten energía en forma de fotones (un fotón es una cantidad de energía la cual es proporcional a la frecuencia de la radiación). La "amplificación" ocurre cuando el fotón disparador y el fotón emitido o liberado continúan interactuando con otros átomos excitados en una reacción en cadena pero limitada a la presencia de suficientes átomos excitados, a esto se le llama inversión de población. La base de este fenómeno es la habilidad de los fotones para estimular la liberación de otros fotones cada uno conservando la misma frecuencia, longitud de onda, amplificación, fase y dirección, por lo que la luz del laser no solamente es coherente sino monocromática, la luz del rayo prácticamente no sufre divergencia (sólo 1 nm por metro). Esta luz se puede coleccionar, y enfocar en un pequeño punto donde alcanzará gran intensidad.<sup>1, 3, 5</sup>

Todos los laser tienen tres componentes básicos: un medio el cual provee los átomos, moléculas e iones que producen la amplificación de luz; una fuente de energía que excita (o estimula) el medio; y un resonador óptico el cual provee una retroregeneración de la luz amplificada. Según se muestra en el siguiente esquema<sup>3</sup> (Fig. 1).

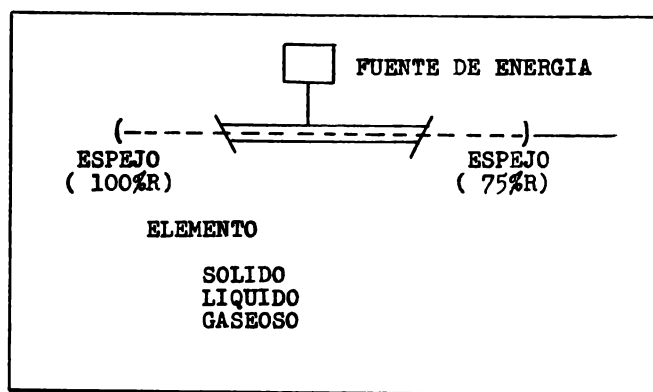


Figura 1. Los elementos básicos del laser, incluyen el elemento o medio, fuente de excitación del elemento y un mecanismo de regeneración de la luz a través del medio, generalmente con espejos.

El medio del laser puede ser de origen sólido, líquido o gaseoso, de cualquier forma la clave de cómo operan los laser es la excitación de electrones, átomos o moléculas a niveles de más altos de energía como se describió anteriormente. En el caso de los laser de tipo

sólido como el YAG, la excitación se adquiere por medio de una lámpara de gran intensidad.<sup>2</sup>

Los laser oftálmicos generalmente son usados en dos formas: a) con emisión continua de la onda los cuales producen calor y coagulan el tejido, la otra modalidad es b) la emisión pulsada del rayo, en la cual la excitación persiste por un corto periodo de tiempo (nanosegundo o picosegundo) adquiriendo una alta densidad de poder, lo que afecta el campo eléctrico y produce ondas de presión, choque y acústicas. Los laser pulsados desintegran el tejido independientemente del color, naturaleza química o consistencia, el efecto sobre el tejido es causado por fuerzas físicas más que por coagulación. El laser de Nd: YAG entra dentro de esta categoría.<sup>3</sup>

### DESCRIPCION

El laser de Nd: YAG es un laser sólido y su elemento activo es el itrio, aluminio y el granate (YAG), y está recubierto con iones de neodimio (Nd). Su longitud de onda se encuentra en la escala infrarroja (1,064 nanómetros) lo que la hace no visible.

Durante la operación pulsada, antes de accionar el laser, un obturador cerrado, el cual se localiza dentro del compartimiento del laser, hace que aumente la energía almacenada en el cristal de YAG. Cuando el obturador se abre se producirán pulsos de corta duración y de gran poder. Los laser de Nd: YAG están diseñados para concentrar la energía en un punto focal y producir pulsos de muy poca duración. La concentración de la energía liberada y enfocada en un pequeño punto da densidades de poder muy altas ( $1.5 \text{ a } 8 \times 10^{12} \text{ watt/cm}^2$ ). Por cada milijoule de energía de

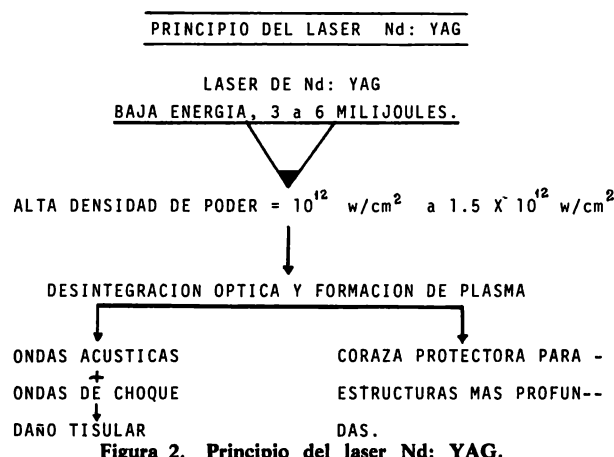


Figura 2. Principio del laser Nd: YAG.

salida, la densidad de poder en el punto focal será de  $1 \times 10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>, cuando el laser se encuentra en la escala de picosegundos.<sup>1</sup>

La energía concentrada en un pequeño volumen, produce una "onda de choque" que se extiende en forma radiada a partir del punto focal y desintegra los tejidos en los cuales se enfocó el rayo. La interacción laser/materia se le llama "desintegración óptica" (optical breakdown), y esto sucede cuando los campos electrónicos son suficientemente fuertes para sacar a los electrones fuera de sus átomos produciendo ionización del tejido y formación de plasma.

La nube plasmática, protege a estructuras oculares localizadas en un plano más profundo al punto de enfoque. Entre más frecuentes o rápidos sean los pulsos del rayo, el plasma se formará más rápido y persistirá por un espacio de tiempo. La densidad electrónica del gas ionizado ( $10^{21}$  e/cm<sup>2</sup>), lo convierte en opaco y reflector de las ondas en el espectro de los 1,064 nanómetros y por lo tanto, bloquea en forma efectiva la transmisión del rayo hacia la retina. La onda de choque, se expande hacia adelante y en forma radiada a las estructuras más superficiales.

También existe vaporización en el sitio de la formación del plasma, con un incremento muy alto de la temperatura, pero la cual sólo se difunde a sólo unas pocas micras (mientras más lentos son los pulsos del rayo, la elevación térmica será mayor). Se ha calculado que la temperatura no es mayor de  $2 \times 10^{-3}$  grados Celsius, lo cual no se considera peligroso para las estructuras oculares.

En la clínica se usan dos tipos de laser de YAG: el Q-switched y el Mode-locked, la diferencia entre los dos está relacionada a la duración del pulso, que en el caso del Q-switched se encuentra en el rango de los nanosegundos, y para el Mode-locked trabaja en picosegundos<sup>1-3</sup> (Fig. 3).

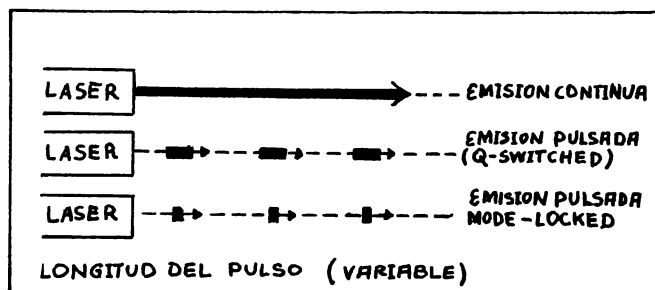


Figura 3.

COMPARACION DE LOS PARAMETROS DE LOS LASER OFTALMICOS:<sup>3</sup>

Laser	Argón	Nd: YAG	Nd: YAG
Parámetro	Fotocoagulador	Q-switched	Mode-locked
l de onda (nm)	488-545 nm	1,064 nm	1,064 nm
Energía (mj)	50-500	4-15	3-6
Duración del pulso (seg)	0.01-1.0	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-11</sup>
Poder máximo (W)	2	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>
Tamaño del impacto (nm)	0.0-1.0	0.05	0.05

Durante el disparo del laser de YAG, en la realidad se producen de 6 a 8 pulsos, con una duración de 3 a 30 nanosegundos en el caso del Q-switched, en contraste con la poca duración del pulso único proveniente del Mode-locked que tiene una duración de 20 a 100 picosegundos. La duración del pulso y el número de ellos por disparo varía según los diferentes tipos de laser YAG.

Los laser de Nd: YAG se encuentran montados para su uso clínico en lámparas de hendidura convencionales, a las cuales se ha dotado de un sistema complejo de lentes, espejos, fibras ópticas, filtros de atenuación y de protección para su manejo. Ya que la onda de radiación de los laser de YAG son invisibles, es necesario el uso de una luz de laser rojo de helio-neón (He-Ne) para hacerla coincidir en el punto focal.

Nuestra experiencia está basada en el uso de un laser de Nd: YAG de tipo Q-switched, el cual tiene una longitud de onda de 1,064, con una energía que se puede seleccionar entre 0— y 10 mj, la duración del pulso es de 10 ns, la luz roja de enfoque proviene de un laser de helio-neón (He-Ne).<sup>5</sup>

Las características propias de este laser Q-switched es que no necesita fuente externa de enfriamiento lo cual lo hace sumamente compacto, la cavidad del laser mide solamente 13 cm x 5 cm x 3 cm, y se encuentra montado en la misma lámpara de hendidura (Hagg-Streit). El panel de controles digitales se localiza en la base de la misma lámpara.

Este laser por funcionar en el sistema Q-switched tiene más energía que los laser Mode-locked, pero menos energía que otros que trabajan en nanosegundos y que pueden alcanzar hasta 15 mj por lo mismo se pueden producir cavitaciones 50% mayores que en los sistemas Mode-locked, una diferencia básica es que la gente que emplea el sistema Mode-locked tienden a

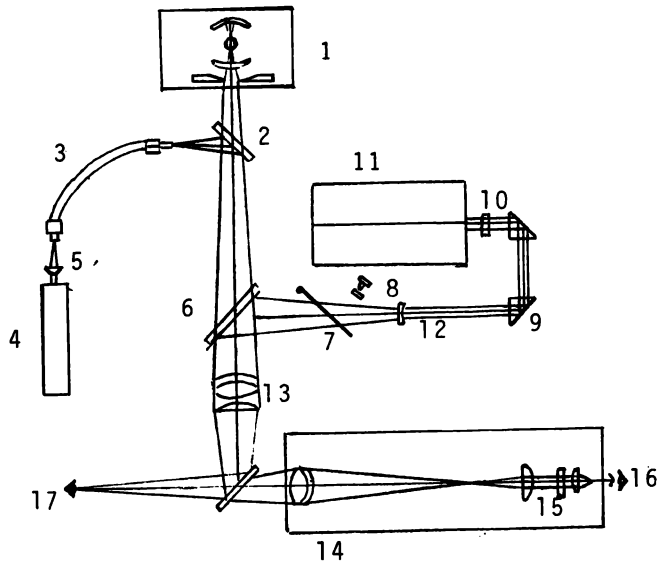


Figura 4. Diagrama del Laser de Nd: YAG. 1. Lámpara de hendidura. 2. Divisor de imágenes. 3. Fibra óptica. 4. Laser de He-Ne. 5. Lente de laser de He-Ne. 6. Espejo. 7. Obturador manual. 8. Filtro de atenuación y detector. 9. Prisma. 10. Filtro de atenuación. 11. Nd: YAG. 12. Lente del laser YAG. 13. Lente de hendidura. 14. Microscopio. 15. Filtro de seguridad. 16. Operador. 17. Paciente.

elegir energías de 1 a 3 mj y en Q-switched las energías que se pueden usar son mayores (8 mj).<sup>4</sup>

Se han hecho estudios "in vitro" para establecer los efectos sobre estructuras del ojo que puedan tener las ondas de presión, acústicas, etc, y todavía no está claro, cuál de estos dos sistemas pueden ofrecer más seguridad, en lo que casi todos los autores están de acuerdo es que los laser Q-switched son más durables, necesitan menos mantenimiento y pueden en teoría ofrecer mayores potenciales de tratamiento.<sup>5</sup>

#### REFERENCIAS

1. Aron-Rosa, DS: Pulsed picosecond and nanosecond YAG LASERS principles and uses. *Cataract* 1984; 1:6, 9-18.
2. Schwartz, L; Spaet, G y Brown, G: Laser therapy of the anterior segment; thorofare, NJ, USA, Slach Incorporated, 1984.
3. Keates, RH; Fry, SM y Link WJ: Ophthalmic neodymium YAG lasers, slak incorporated; thorofare. NJ, USA, 1983; 1-15, 43.
4. Schroeder, E: A comparison of Q-switched and mode-locked Nd: YAG laser shock waves. *Cataract* 1985; 2:2, 28-31.
5. Sharplan Ophthalmic Products: Model 702 Nd: YAG laser operator's manual, 1984.