

# El láser micropulsado en el Glaucoma

**Autores: Lianna Loana Matos Cejas<sup>\*1</sup>**

**Liudmila Sablón Delgado<sup>\*2</sup>**

**Alejandro Hernández Fuego<sup>\*3</sup>**

**Tutora: Dra. Isis Montesino Álvarez<sup>\*\*</sup>**

<sup>\*1</sup> Alumna ayudante de Oftalmología 3er año de Medicina.

<sup>\*2</sup> Alumna ayudante de Cirugía General 3er año de Medicina.

<sup>\*3</sup> Alumno ayudante de Medicina Interna 3er año de Medicina.

<sup>\*\*</sup> Especialista en 1er grado de Medicina General Integral y Oftalmología. Profesora Auxiliar.

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas ISCMH Facultad "Victoria de Girón". Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas. (CIMEQ)

## Resumen

El láser es el dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente tanto espacial como temporalmente. El micropulso es una tecnología láser que consiste en proporcionar solo una fracción de la energía usualmente utilizada para la realización del efecto deseado. La eficacia clínica del láser 577 nm ha mostrado una respuesta terapéutica favorable con mínimos daños colaterales tanto en los tratamientos convencionales de onda continua como en modo micropulsado para algunas enfermedades maculares, como edema macular diabético, retinopatía serosa central, oclusión venosa retiniana y en Glaucoma. IQ577<sup>TM</sup> aumenta la eficiencia al aplicar la terapia y hace el proceso menos doloroso para el paciente. Con el objetivo de argumentar las ventajas de la utilización del láser micropulsado en las operaciones de glaucoma se realizó esta revisión bibliográfica, para lo cual se utilizaron las bases de datos de revistas líderes de Oftalmología, y fueron citados 10 artículos bibliográficos.

**Palabras clave:** láser micropulsado IQ577<sup>TM</sup>, micropulso, fotocoagulación, glaucoma.

## Summary

The laser is the device that uses an effect of quantum mechanics, induced or stimulated emission, to generate a coherent beam of light both spatially and temporarily. The micropulse is a laser technology that consists of providing only a fraction of the energy usually used to achieve the desired effect. The clinical

efficacy of the 577 nm laser has shown a favorable therapeutic response with minimal collateral damage in both conventional continuous wave and micropulsive treatments for some macular diseases, such as diabetic macular edema, central serous retinopathy, retinal venous occlusion and glaucom. IQ577™ increases efficiency when applying therapy and makes the process less painful for the patient. In order to argue the advantages of using micropulsed laser in glaucoma operations, this bibliographic review was carried out, for which the databases of leading ophthalmology journals were used, and 10 bibliographic articles were cited.

**Keywords:** IQ577™ micropulsed laser, micropulse, photocoagulation, glaucom.

## Introducción

Se entiende por láser todos aquellos dispositivos que generan un haz de luz coherente como consecuencia de una emisión inducida o estimulada. Dicho comportamiento fue descubierto en el año 1916 por Albert Einstein. La luz, en su interacción con los tejidos, puede tener varios efectos; pero solo la luz absorbida cederá su energía y tendrá, por tanto, algún efecto fotobiológico.

La fotocoagulación láser es la transferencia de energía luminosa a energía térmica que desnaturaliza proteínas y produce la coagulación del tejido. El espectro de las longitudes de onda del láser varía desde 400 nm hasta 800 nm. La difusión del láser se puede clasificar en onda continua o pulsátil. A menudo el láser utilizado para la terapia retinal es el de onda continua, el cual posee una fuente de bombeo que constantemente excita el material del láser, y hay emisión continua de radiación. A diferencia de este, el láser pulsátil es generado por una lámpara de destello u otra fuente de bombeo que se enciende y se apaga, mientras produce pulsos de luz láser.

La evolución de la fotocoagulación ha tenido un desarrollo constante, desde MeryerShwickerath a finales de los años 1940 cuando describió la fotocoagulación usando coagulación solar y luego con luz de xenón. Theodor Maiman, para el año 1960 creó el primer láser funcional con cristal de rubí. El láser de argón azul-verde fue introducido por L'Esperance en el año 1968, y el láser de kriptón en 1972. Luego de esto introdujo el láser amarillo, verde y diodo de estado sólido, los cuales se usan desde entonces.

Los efectos tisulares del láser buscados por el oftalmólogo dependen en gran medida del tipo de longitud de onda que utilice. Usualmente la absorción del láser es selectiva, porque ciertas longitudes de onda son absorbidas con mayor preferencia que otras. Esto sucede por la presencia de macromoléculas como pigmentos o proteínas. El agua solo absorbe longitudes de onda no visibles como las infrarrojas, que son superiores a 800 nm. El pigmento xantófilo, el cual es el más abundante en las capas neurales de la mácula, alcanza un nivel muy alto de absorción en longitudes de onda azul como la de 460 nm. La hemoglobina absorbe muy bien las longitudes de onda violeta de 420 nm y la verde y amarilla de 540 a 470 nm. La melanina absorbe con mucha fuerza las longitudes de ondas

ultravioletas y las visibles. Tener en cuenta estos detalles a la hora de realizar algún tipo de terapia láser es de gran importancia, porque indicará la longitud de la onda adecuada para el tejido en el que se requiera aplicar la terapia.

La fotocoagulación y la fotoestimulación con láser micropulsado han demostrado ser un tratamiento menos invasivo, sin quemaduras láser y con la misma eficacia que el láser de longitud de onda continua. (1)

## **Objetivo General**

Describir la utilización de los láseres en la especialidad de Oftalmología.

## **Objetivo Específico**

Caracterizar el láser micropulsado, su procedimiento y las ventajas de su utilización en el glaucoma.

## **Desarrollo**

Un láser (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación) es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente tanto espacial como temporalmente. La coherencia espacial se corresponde con la capacidad de un haz para permanecer con un pequeño tamaño al transmitirse por el vacío en largas distancias y la coherencia temporal se relaciona con la capacidad para concentrar la emisión en un rango espectral muy estrecho.

Es una herramienta muy útil en muchas de las ramas de la ciencia principalmente vinculadas con la Ingeniería Mecánica y para el procesamiento de materiales, ya que permite realizar soldaduras, cortes, tratamientos superficiales, taladrados y punzonados de una forma verdaderamente eficiente y más rápida que los métodos convencionales ya que es fácil su control automático Medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

### **La historia del rayo láser.**

En 1915, Albert Einstein estableció los fundamentos para el desarrollo de los láseres y de sus predecesores, los máseres (que emiten microondas), utilizando la ley de radiación de Max Planck basada en los conceptos de emisión espontánea e inducida de radiación.

En 1928, Rudolf Ladenburg informó haber obtenido la primera evidencia del fenómeno de emisión estimulada de radiación, aunque no pasó de ser una curiosidad de laboratorio, por lo que la teoría fue olvidada hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando fue demostrada definitivamente por Willis Eugene Lamb y R. C. Rutherford.

En 1953, Charles H. Townes y los estudiantes de postgrado James P. Gordon y Herbert J. Zeiger construyeron el primer máser: un dispositivo que funcionaba con los mismos principios físicos que el láser pero que produce un haz coherente de microondas. El máser de Townes era incapaz de funcionar en continuo. Nikolái Básov y Aleksandr Prójorov de la Unión Soviética trabajaron independientemente en el oscilador cuántico y resolvieron el problema de obtener un máser de salida de luz continua, utilizando sistemas con más de dos niveles de energía.

Townes, Básov y Prójorov compartieron el Premio Nobel de Física en 1964 por «los trabajos fundamentales en el campo de la electrónica cuántica», los cuales condujeron a la construcción de osciladores y amplificadores basados en los principios del máser-láser.

El primer láser fue uno de rubí y funcionó por primera vez el 16 de mayo de 1960. Fue construido por Theodore Maiman. El hecho de que sus resultados se publicaran con algún retraso en Nature, dio tiempo a la puesta en marcha de otros desarrollos paralelos. Por este motivo, Townes y Arthur Leonard Schawlow también son considerados inventores del láser, el cual patentaron en 1960. Dos años después, Robert Hall inventa el láser generado por semiconductor. En 1969 se encuentra la primera aplicación industrial del láser al ser utilizado en las soldaduras de los elementos de chapa en la fabricación de vehículos y, al año siguiente Gordon Gould patenta otras muchas aplicaciones prácticas para el láser.

El 16 de mayo de 1980, un grupo de físicos de la Universidad de Hull liderados por Geoffrey Pert registran la primera emisión láser en el rango de los rayos X. Pocos meses después se comienza a comercializar el disco compacto, donde un haz láser de baja potencia «lee» los datos codificados en forma de pequeños orificios (puntos y rayas) sobre un disco óptico con una cara reflectante. Posteriormente esa secuencia de datos digitales se transforma en una señal analógica permitiendo la escucha de los archivos musicales. En 1984, la tecnología desarrollada comienza a usarse en el campo del almacenamiento masivo de datos. En 1994, en el Reino Unido, se utiliza por primera vez la tecnología láser en cinemómetros para detectar conductores con exceso de velocidad. Posteriormente se extiende su uso por todo el mundo.

Ya en el siglo XXI, científicos de la Universidad de St. Andrews crean un láser que puede manipular objetos muy pequeños. Al mismo tiempo, científicos japoneses crean objetos del tamaño de un glóbulo rojo utilizando el láser. En 2002, científicos australianos «teletransportan» con éxito un haz de luz láser de un lugar a otro. Dos años después el escáner láser permite al Museo Británico efectuar exhibiciones virtuales. En 2006, científicos de Intel descubren la forma de trabajar con un chip láser hecho con silicio abriendo las puertas para el desarrollo de redes de comunicaciones mucho más rápidas y eficientes.

Aplicaciones del láser en la vida cotidiana

□ Telecomunicaciones: comunicaciones ópticas (fibra óptica), Radio Over Fiber.

- Medicina: operaciones sin sangre, tratamientos quirúrgicos, ayudas a la cicatrización de heridas, tratamientos de piedras en el riñón, operaciones de vista, operaciones odontológicas.
- Industria: cortado, guiado de maquinaria y robots de fabricación, mediciones de distancias precisas mediante láser.
- Defensa: Guiado de misiles balísticos, alternativa al radar, cegando a las tropas enemigas. En el caso del Tactical High Energy Laser se está empezando a usar el láser como destructor de blancos.
- Ingeniería civil: guiado de máquinas tuneladoras en túneles, diferentes aplicaciones en la topografía como mediciones de distancias en lugares inaccesibles o realización de un modelo digital del terreno (MDT).
- Arquitectura: catalogación de patrimonio.
- Arqueológico: documentación.
- Investigación: espectroscopia, interferometría láser, LIDAR, distanciametría.
- Desarrollos en productos comerciales: impresoras láser, CD, ratones ópticos, lectores de código de barras, punteros láser, termómetros, hologramas, aplicaciones en iluminación de espectáculos.
- Tratamientos cosméticos y cirugía estética: tratamientos de Acné, celulitis, tratamiento de las estrías, depilación. (2)

### **El láser en la especialidad de Oftalmología.**

La oftalmología es la rama de la cirugía que más ha progresado en esta última década, pues tenemos nuevos instrumentos de cirugía ocular, nuevas técnicas quirúrgicas para las diferentes enfermedades oculares, y nuevas medicinas.

La mayoría de los equipos e instrumentos modernos de oftalmología son computarizados permitiendo obtener resultados más exactos y rápidos de los diferentes procedimientos, beneficiando a los pacientes.

La única desventaja de estos equipos modernos como los equipos de láser, topógrafo corneal, ecógrafo, etc. es su alto costo, lo cual es un obstáculo para el desarrollo de la oftalmología de avanzada.

Es una luz de origen electrónico. Los electrones de un átomo describen órbitas redondas alrededor de su núcleo central y pueden ser estimulados por la corriente eléctrica, los electrones excitados por la electricidad hacen que esta energía tomada por el electrón describa una órbita elíptica, pero como de todas maneras este electrón tiene que regresar a su estado normal y recuperar su órbita redonda inicial, el electrón para poder regresar tiene que expulsar esta energía y lo hace en forma de luz, esta luz así obtenida de un electrón es la luz láser.

La luz de láser a diferencia de la luz solar o luz artificial, es una luz coherente con propiedades especiales cuyas características son:

- a) Monocromática, todos los rayos luminosos, tienen el mismo color.
- b) Sus rayos luminosos tienen la misma longitud de onda.
- c) Sus rayos luminosos están orientados en una misma dirección.

La luz solar o artificial, a diferencia, presenta las siguientes características:

- a) Es una luz policromática, como se puede ver cuando se descompone la luz del sol en el arcoíris.
- b) Sus rayos tienen diferente longitud de onda.
- c) Sus rayos luminosos no siguen la misma dirección.

La luz del láser por sus propiedades peculiares puede ser transportada a través de una fibra de vidrio a los diferentes equipos sofisticados como gastroscopios, oftalmoscopios e instrumentos quirúrgicos para fotocoagulación. También instrumentos quirúrgicos que se usan en neurocirugía, otorrino cirugía plástica.

### Tipos de Láser para Oftalmología

Los rayos láser para oftalmología pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- Láser continuo: Cuando la luz del láser es continua, que al presionar el disparador del láser se produce la descarga de una luz continua. Es el más usado, y sirve para fotocoagular (quema los tejidos), por eso se llama láser caliente.
- "Pulsed" Láser: Es la luz que se produce en forma intermitente cuando se presiona el disparador del sistema láser, pero estas intermitencias son de muy corta duración. Produce una fotodisrupción de tejidos y puede cortar los tejidos pigmentados o no pigmentados. Debido al poco calor difuso que se presenta se denomina láser frío.

El láser en la medicina es cada vez más usado al actuar muy selectivamente sobre la lesión, dañando mínimamente los tejidos adyacentes. Por eso produce muy pocos efectos secundarios en cuanto a destrucción de otro tejido sano de su entorno e inflamación, así como presentar una esterilización completa al no ser necesario instrumental quirúrgico. En la dermatología, éstos pueden eliminar casi todos los defectos de la piel bajo anestesia local. (3)

### Principios de funcionamiento del láser en la oftalmología

- En oftalmología son utilizados los láseres de excímero, que eliminan capas submicrométricas de la córnea, modificando su curvatura. El ojo es transparente a la luz entre aproximadamente 0.38 y 1.4. A menores longitudes de onda el cristalino y la córnea absorben la radiación y a mayores longitudes de onda son las moléculas de agua presentes en el ojo las que absorben la luz. Por medio de radiación láser (en este caso con láser de argón ionizado) es posible en la actualidad tratar casos de desprendimiento de retina, donde el haz láser es focalizado en la retina por el propio cristalino del paciente. Los láseres de He-Ne han sido utilizados con éxito en dermatología para el tratamiento de manchas en la piel, o como auxiliares para estimular la regeneración de tejido en cicatrices.
- Láser CO<sub>2</sub>: Con el uso de este método se sellan de inmediato los vasos sanguíneos y linfáticos, lo que aporta un campo operatorio limpio; economiza tiempo quirúrgico y anestésico. Además, de evitar el edema posterior a

la intervención y el dolor por la producción casi a cero de la necrosis térmica (muerte por quemaduras extremas) de los tejidos circundantes, lo que ofrece una rápida recuperación.

□ Láser terapia de baja intensidad: También denominado Láser blando (soft-laser), láser terapéutico o low level lasertherapy (LLLT) es un área de la ciencia relativamente reciente. tiene un amplio uso dentro de la práctica médica actual, y existe un gran número de afecciones agudas o crónicas que pueden ser tratadas con esta terapia, con resultados alentadores, muy superiores a los obtenidos con el uso de la terapéutica convencional.

□ Láser para lesiones vasculares: Es un tipo de láser especialmente diseñado para corregir, con gran efectividad y sin riesgo, lesiones vasculares como manchas congénitas, telangiectasias (venitas visibles en forma de araña), estrías recientes, y algunas cicatrices causadas por la cirugía, el acné o quemaduras. El láser es un instrumento que libera una gran cantidad de energía en un espacio de tiempo muy corto. (4)

#### Aplicaciones del láser en el tratamiento de las enfermedades oculares

a) El Glaucoma. Que puede ser agudo y crónico, en el agudo se hará la Iridotomía para poner en comunicación la cámara anterior con la posterior y en el glaucoma crónico simple se hará la trabeculoplastia selectiva y micropulsada, operaciones que facilitan la salida del humor acuoso a través del "trabéculo" disminuyendo la presión intraocular.

b) Corte de membranas secundarias. Después de una operación de catarata, generalmente el paciente tiene buena visión, pero en varios casos después de unos meses de buena visión ésta se vuelve borrosa por la formación de una membrana, la cual es fácilmente eliminada con láser.

c) Retinopatía Diabética. En el tratamiento de la retinopatía diabética el láser es el único tratamiento que se usa pues evita la neovascularización y destruye las zonas de no perfusión (donde no hay irrigación por obstrucción de los capilares retinales). Estas zonas de no perfusión dan lugar a la formación de una sustancia angio-génica, que provoca la neovascularización, siendo estos vasos neoformados tan frágiles que espontáneamente se pueden romper dando lugar a las hemorragias que deterioran la visión.

d) Desprendimiento de Retina. En la que existe rotura de la retina pero con poco líquido subretinal.

e) Edema de Mácula. En enfermedades de la coroides y retina que cursen con E.M.

f) Cirugía del Humor Vítreo (Vitreotomía). Como parte de este procedimiento se recurre al Endoláser o Láser con indirecto.

g) Cirugía Refractiva (Miopía, hipermetropía y Astigmatismo). Hasta hace poco sólo existía la operación de Queratotomía Radiada, operación que consiste en hacer incisiones en forma radial en la superficie de la córnea disminuyendo la

curvatura de la córnea y por ende la miopía; pero con el advenimiento del eximer láser se está prefiriendo la cirugía de la miopía y astigmatismo con este nuevo procedimiento.

La microcirugía

La cirugía de ojos décadas atrás se hacía sin microscopio, en el mejor de los casos se usaba una lupa; pero con el desarrollo del microscopio quirúrgico, en la actualidad la cirugía ocular se hace mejor ya que las técnicas quirúrgicas así lo exigen. Por ejemplo en la extracción de catarata con implante de lente intraocular es indispensable el microscopio quirúrgico, el trasplante de córnea, la queratotomía Radiada, la cirugía de la miopía y del glaucoma, etc., no se puede realizar con seguridad y eficiencia si no se usa el microscopio quirúrgico; de ahí que actualmente el cirujano de ojos tiene que aprender a operar con microscopio desde que empieza su residencia. (3). En la actualidad se mezclan los equipos ópticos como los microscopios quirúrgicos, los biomicroscopios (lámparas de hendidura) y los diferentes equipos laser, acoplados entre sí.

### **El láser micropulsado IRIDEX IQ 577 nm.**

En el año 2009 IRIDEX Corporation presentó el IQ577TM, el primer fotocoagulador oftálmico en incorporar un láser doblado en frecuencia de estado sólido bombeado por semiconductor, capaz de suministrar hasta dos watts de potencia a la longitud de onda preferida de 577 nm o "amarillo verdadero" con una baja dispersión intraocular en el medio ocular, lo que lleva a spots más pequeños en la retina y a una mayor irradiación en el epitelio pigmentario de la retina (EPR), realizable con potencias más bajas. La longitud de onda de 577 nm se considera como la más adecuada y preferida para la fotocoagulación retiniana por sus características: máxima absorción en la oxihemoglobina (HbO), mínima absorción en los pigmentos maculares, incluyendo la xantofila, máxima absorción relativa por la melanina-HbO en el EPR/complejo coriocapilar y baja dispersión en los medios oculares, lo que ofrece la capacidad de utilizar iluminación libre de rojo para realizar tratamientos maculares con una visualización superior de la ubicación de la fovea central. Dentro de su mayor ventaja se encuentra la opción de flexibilidad de cualquier combinación de duración de micropulso.

El láser amarillo 577 nanómetros, permite obtener un efecto terapéutico sin efectos secundarios asociados ni a corto ni a largo plazo.

Su principal ventaja de este novedoso láser es que todos los tratamientos láser tenían como objetivo destruir permanentemente el tejido retiniano para obtener un efecto terapéutico, en detrimento de perder campo visual y agudeza visual: con el láser amarillo 577 nanómetros no se provocan daños en la retina ni se observa estos efectos colaterales.

Esta nueva tecnología permite tratar casos de enfermedades retinianas incipientes; además puede usarse en el tratamiento de degeneración macular incipiente, pacientes con Drusas, Edema Macular, RETINOPATIA DIABETICA, Coroidopatía Serosa Central y en Edema Macular Post Trombosis Venosa. Otros



usos importantes incluyen el sellado de lesiones predisponentes como desgarros o adelgazamientos de retina, así como limitar los desprendimientos periféricos de la retina, suturolisis y pupiloplastías. (5)

#### Protocolo en modo continuo

El láser de 577 nm de longitud de onda ha demostrado producir terapias visibles con eficacia similar, tanto en apariencia y en la clínica, como las logradas por los fotocoaguladores de 532 nm de longitud de onda, solo utilizando el 60-70 % del poder. Esto se traduce en menos molestias para el paciente, menos difusión térmica axial y lateral, menor daño anatómico y funcional y una menor ampliación progresiva de las cicatrices atróficas. Excelente para la realización de panfotocoagulación de la retina. En este modo, el aumento de la temperatura conduce a la fotocoagulación, el calor necesita disiparse; la mayor parte es absorbida por el tejido circundante y produce una quemadura que pasará a ser un escotoma. Estas quemaduras son las opacidades blancas, las cuales los oftalmólogos están acostumbrados a ver al realizar este tipo de fotocoagulación.

#### Protocolo en modo micropulso

El micropulso es una tecnología láser que consiste en proporcionar solo una fracción de la energía usualmente utilizada para la realización de la quemadura. A diferencia del modo continuo, el haz del láser se divide en pulsos de muy poca duración, lo cual permite un control muy fino de la energía entregada, lo que evita el acumulo de calor, que provocaría daño de un área mayor de lo deseado, con lo que logra cambios intracelulares beneficiosos sin ningún daño visible en la retina durante el tratamiento o postratamiento. Técnicamente se considera más una fotoestimulación que una fotocoagulación. El láser fotoestimula las células del epitelio pigmentario retiniano y provoca un balance en la expresión de los factores bioquímicos que resulta en una disminución de los factores antigénicos que inducen el daño vascular, lo que hace totalmente seguro el tratamiento sobre la mácula sin provocar ninguna lesión durante el tratamiento y ninguna cicatriz postratamiento. Esto permite la posibilidad de volver a tratar las áreas que ameritan una segunda terapia.

Esto lleva a una nueva etapa de la fotocoagulación. Lo que antes era considerado un daño necesario con fines de mejoría del paciente, esta nueva tecnología permite ofrecer una terapia que no causa ningún daño, mejora la función visual y da la oportunidad al paciente de ser tratado en etapas más tempranas de la enfermedad, sin el temor de los efectos secundarios de la fotocoagulación provocada por los láseres que no cuentan con esta tecnología, además de ofrecer un tratamiento que puede ser repetido, sin el riesgo de causar las graves complicaciones que se reportan en los tratamientos convencionales.

Mientras los láseres tradicionales utilizan un ciclo de trabajo al 100 %, donde el láser no deja de entregar la energía predeterminada por el oftalmólogo durante la terapia, el láser micropulsado utiliza un modo de "apagado y encendido" para la

entrega de los pulsos de energía. Esto provoca que su ciclo de trabajo para aplicar la misma terapia sea de tan solo el 15 al 5 %, lo que permite el enfriamiento de los tejidos y no provocará ninguna quemadura; es decir, no se producirán opacidades blancas al momento de la terapia, ni después de esta, ni ningún tipo de lesión detectable tanto por angiografía como por tomografía de coherencia óptica de dominio espectral (SD-OCT- spectral domain optical coherence tomography por sus siglas en inglés).

### Tecnología TXCELL

IQ577TM ofrece, además, la tecnología TxCell™ Scanning Laser Delivery creada por IRIDEX, la que permite el uso de patrones con múltiples spots, que aumentan la eficiencia al aplicar la terapia y también hacen el proceso menos doloroso para el paciente.

Una pregunta lógica a la hora del tratamiento sería: ¿Cómo podemos guiarnos para aplicar una terapia que no deja ningún indicio sobre la retina? En esta fase es que entra en función la tecnología TxCell de IRIDEX, la cual ofrece distintos patrones tanto para el modo continuo como para el micropulsado, que permite aplicar de forma más ágil y más segura el tratamiento. Para el modo continuo, así como para el micropulsado, ofrece patrones de rejilla de 2 x 2-7 x 7, patrones en círculo útil para el desprendimiento de retina y el edema macular difuso, y el patrón de triple arco, el cual tiene gran funcionalidad a la hora aplicar terapia en la periferia de la retina. Además, permite realizar una terapia de Spots confluentes necesaria en el modo micropulsado, lo cual no puede ser logrado manualmente.

A la hora de utilizar el láser, este presenta una interfaz sumamente "amigable" para el usuario, la cual permite seleccionar los parámetros tanto para el modo de onda continua como para el modo de micropulso. En este último puede elegir el ciclo de trabajo deseado. El Dr. Tang ha tenido excelentes resultados con el uso de esta tecnología, ya que ha hecho el proceso más eficiente y ha asegurado que el tratamiento sea administrado de igual manera en el área deseada. (1)

### Tratamiento con láser amarillo 577

Los tratamientos con láser no son una novedad en oftalmología, pero la evolución de estos en los últimos años está mejorando cada vez más sus prestaciones. El láser amarillo 577 nanómetros, del que ya se ha demostrado su efectividad en un estudio clínico entre 252 pacientes, permite fotomodular el epitelio pigmentario de la retina y obtener un efecto terapéutico sin efectos secundarios asociados ni a corto ni a largo plazo.

La principal ventaja de este novedoso láser es que hasta la fecha se creía que era necesario destruir la retina neurosensorial (fotocoagular) aumentando la temperatura de la retina hasta 60°C produciendo una coagulación de las proteínas para obtener un efecto terapéutico en las enfermedades de la retina. Todos los tratamientos láser tenían como objetivo destruir el tejido retiniano (destrucción permanente) para obtener un efecto terapéutico, a costa de perder campo visual y

agudeza visual. Con el láser amarillo 577 nanómetros no se provocan daños en la retina ni se observa pérdida de agudeza visual o de campo visual.

Esta nueva tecnología permite tratar casos de enfermedades retinianas incipientes. Puede ser usado para tratar degeneración macular incipiente, pacientes con Drusas, en edema macular, retinopatía diabética, Coroidopatía central serosa y en edema macular post trombosis venosa. En casos de Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE) se intentado evitar o ralentizar la progresión de la enfermedad en estadios más avanzados, algo que no se puede asegurar de manera taxativa pero que apuntan los últimos estudios. (6)

#### Principios básicos del láser micropulsado

Para poder entender los principios de la tecnología del láser micropulsado hay que hacer una distinción entre la fotocoagulación convencional de onda continua y la fotocoagulación micropulsada. En la fotocoagulación de onda continua, una vez que el láser es activado, emite energía durante la totalidad de la duración del pulso (Figura 1). Aunque el tejido blanco sea el epitelio pigmentado de la retina (EPR), la onda de calor no se limita al EPR sino también afecta la retina y el EPR aledaño ya que no hay tiempo de enfriamiento, causando daño colateral.

En contraste, en el modo micropulsado cada pulso de láser se subdivide en múltiples micropulsos de corta duración. En cada uno de estos micropulsos éste emite energía por un periodo de tiempo determinado, seguido por otro periodo de tiempo donde no hay emisión de energía. Usualmente el periodo de emisión de energía es mucho más corto que el periodo de no emisión, lo cual permite que el tejido tenga el tiempo suficiente para enfriarse y así eliminar la posibilidad de daño a través de la propagación termal vertical y horizontal. Este ciclo se repite múltiples veces durante cada disparo de láser. El ciclo de trabajo se refiere al periodo de tiempo en el cual emite energía durante cada micropulso dividido entre la duración completa del micropulso. El ciclo de trabajo ideal para un láser de longitud de onda amarillo es de 5%. A pesar de que la literatura está repleta de trabajos que recomiendan un ciclo de trabajo de 15%, actualmente se ha demostrado que al utilizar un ciclo de trabajo del 5% se logra disminuir el daño colateral sin afectar la efectividad del tratamiento. Por ejemplo, si uno escoge un pulso que dure 200 ms y escoge un ciclo de trabajo de 5% significa que cada micropulso emite energía por 100  $\mu$ s y luego hay un periodo de 1900  $\mu$ s donde no se emite energía.

Actualmente desconocemos el mecanismo exacto de cómo actúa el láser. Una de las hipótesis que se maneja, es que los fotorreceptores dañados son reemplazados por células gliales, las cuales consumen menos oxígeno, producen menos factor de crecimiento vascular endotelial (FCVE) y por consiguiente producen menos edema.

Tamaño del spot, densidad del tratamiento, multispot y modo resume

En vista de que el objetivo del tratamiento con MicroPulsos no es causar un daño termal, el tamaño del spot recomendado es de 160  $\mu\text{m}$ . Este tamaño nos asegura de que toda el área de interés sea tratada de una manera uniforme y completa. Se ha demostrado que un tratamiento denso (quemaduras confluentes sin espacio entre ellas) en el área de interés es crítico para que el tratamiento con Micropulsos sea exitoso. En vista de que las «quemaduras» micropulsadas son invisibles, es imperativo que se utilice un láser con capacidad de generar un patrón de tratamiento con Multispot para implementar el tratamiento con Micropulsos. Ya que el tratamiento con MicroPulsos requiere de pulsos largos de 200 ms, Quantel Medical desarrolló el modo Resume que permite reanudar el tratamiento utilizando el patrón seleccionado si éste es interrumpido por cualquier motivo. En este modo los disparos restantes pueden ser disparados uno a la vez o el patrón completo se dispara automáticamente. El láser cuenta con un dispositivo de seguridad que puede interrumpir el tratamiento si hay un exceso de movimientos oculares: si el paciente se mueve durante el tratamiento y no se logra completar el tratamiento, podemos apagar el láser y reacomodar al paciente. Una vez acomodado, podemos encender de nuevo el láser y terminar el tratamiento preestablecido.

En casos de edema macular diabético, tratamos toda el área edematosa basado en el mapa de OCT. En casos de corioretinopatía serosa central la zona de tratamiento se basa en los hallazgos angiográficos con fluoresceína e indocianina verde. Tratamos las zonas donde se observe fuga angiográfica. (7)

### **El láser micropulsado en el glaucoma.**

El glaucoma es una enfermedad visual que afecta al nervio óptico y que se produce por un aumento anormal de la tensión intraocular. En sus primeras fases es asintomática y su detección precoz es fundamental para conseguir un buen pronóstico ya que la pérdida visual que provoca suele ser irreversible. El tratamiento del glaucoma pasa por el control de la presión ocular a través del uso de ciertos tipos de medicamentos (colirios) y, en los casos más graves, por la cirugía.

El glaucoma o "ceguera silenciosa", sobre todo entre la población mayor de 40 años de edad. El glaucoma es el aumento de la presión intraocular, que causa atrofia del nervio óptico, llevándonos a la ceguera, sin apenas síntomas. El diagnóstico y tratamiento precoz del glaucoma es la solución a esta grave enfermedad. En los últimos años han aparecido nuevos medicamentos, que han dado un gran empuje al tratamiento médico y los avances en la microcirugía del glaucoma, con técnicas no perforantes y tratamientos con láser están consiguiendo controlar esta grave enfermedad ocular. (8)

El efecto del láser micropulsado en el tratamiento del glaucoma mediante la trabeculoplastia se basa en el incremento del flujo uveoescleral por medio de un

aumento de los espacios extracelulares, con la gran ventaja de que la trabeculoplastia. Láser con micropulso (MLT) no es destructiva a diferencia de la trabeculoplastia tradicional y permite la posibilidad de retratamientos a los pacientes que no alcanzan la presión intraocular deseada. En diferentes estudios se ha logrado una reducción de la presión intraocular de hasta el 55 % con una tasa de éxito del 73 % con esta técnica y una durabilidad a largo plazo con una reducción mantenida del 43 % en 78 meses postratamiento.

El MLT ha sido comparado con la trabeculoplastia láser selectiva (SLT), ambas terapias con buenos resultados, fácil aprendizaje, pueden disminuir la dependencia del paciente a uso de medicamentos tópicos, y se pueden usar tempranamente en el manejo del glaucoma. Estas terapias difieren en su mecanismo de acción. La terapia con SLT se enfoca en la melanina intracelular y activa los macrófagos, y selectivamente daña las células pigmentadas en la malla trabecular, lo que induce a inflamación posoperatoria y a picos presión intraocular (PIO). La terapia con MLT afecta las células trabeculares sin destruirlas y permite un tiempo de enfriamiento entre los pulsos; de esta manera evita la destrucción del tejido. La meta es estimular una respuesta biológica de la malla trabecular para evitar el daño de esta. Por lo tanto, la idea del láser micropulsado es minimizar el aumento térmico del tejido con el resultado de la ausencia de daño fisiológico del tejido ocular.

Dentro de las grandes ventajas que ofrece MLT encontramos: no uso de esteroides postratamiento, no hay cicatrización, no riesgo de infección, es repetible, es un tratamiento bien tolerado por el paciente que no necesita de un quirófano para aplicarse; solo necesita anestesia tópica y no afecta el éxito de ninguna cirugía de glaucoma necesaria en el futuro. (1)

¿Cómo funciona?

Dentro del ojo, un líquido transparente llamado humor acuoso es producido por una parte del ojo llamada cuerpo ciliar que está situada justo detrás de la parte coloreada del ojo (iris). Este líquido transparente circula dentro del ojo antes de salir fuera del ojo a través de unos canales de drenaje.

En el glaucoma, estos canales de drenaje no funcionan correctamente y esto genera que la presión dentro del ojo aumente.

Esta presión puede dañar el nervio óptico que transmite la información visual desde el ojo al cerebro pudiendo afectarse la visión.

El aumento de la presión ocular se produce cuando se genera una mayor cantidad de fluido dentro del ojo del que se drena hacia el exterior.

El láser de micropulsado produce pequeñas quemaduras en la parte del ojo que produce el fluido (el cuerpo ciliar), de manera que se disminuye su producción y baja la presión ocular.

Este procedimiento reduce el fluido de dentro del ojo, que es diferente y está separado del fluido que produce las lágrimas. (9)

#### Beneficios a largo plazo de la cirugía láser de glaucoma

Las cirugías láser de glaucoma ayudan a reducir la presión intraocular (PIO) en el ojo. La cantidad de tiempo durante la cual la PIO se mantendrá baja depende del tipo de cirugía láser, del tipo de glaucoma, la edad, la raza y muchos otros factores. Algunas personas podrían necesitar que se repita la cirugía para controlar mejor la PIO.

#### Medicación tras una cirugía láser

En la mayoría de los casos, sigue siendo necesario el uso de medicación para controlar y mantener la presión ocular. Sin embargo, es posible que la cirugía disminuya la cantidad de medicación necesaria.

#### Tiempo de recuperación

En general, los pacientes pueden retomar sus actividades diarias normales al día siguiente de la cirugía láser.

El procedimiento generalmente se realiza en el consultorio del médico o en una clínica oftalmológica. Antes de la cirugía, se le anestesiara el ojo con medicamentos. Es posible que el ojo presente una pequeña irritación y que la vista sea levemente borrosa después de la cirugía. Deberá coordinar el traslado a su hogar para después de la cirugía.

Al igual que con cualquier tipo de cirugía, la cirugía láser puede presentar algunos riesgos. Algunas personas experimentan un aumento a corto plazo de la presión intraocular (PIO) poco después de la cirugía. En otros casos donde se necesita una cirugía de ciclotocoagulación con láser YAG, existe el riesgo de que la PIO baje demasiado como para mantener la forma y el metabolismo normal del ojo. El uso de medicamentos para el glaucoma antes y después de la cirugía puede ayudar a reducir este riesgo. (10), hasta ahora no se reportan riesgos y complicaciones con el micropulsado.

### **Conclusiones**

Los láseres son en la actualidad una herramienta de gran beneficio en las operaciones visuales.

El láser amarillo IREDEX IQ 577, es actualmente una novedad en las ciencias médicas.

Las ventajas de la utilización del láser micropulsado en el glaucoma es posibilitar un tratamiento repetible, bien tolerado, con mínimos daños, sin necesidad de tratamiento pre y pos-operatorio.

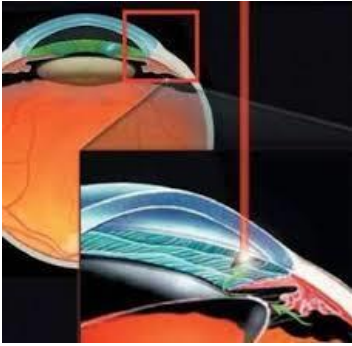
## Recomendaciones

1. Profundizar en los conocimientos del uso del láser en la Medicina, especialmente en la especialidad de Oftalmología.
2. Indagar en las investigaciones sobre la utilización del láser micropulsado en la cirugía ocular.
3. Ampliar las fuentes bibliográficas sobre el tema desarrollado.
4. Utilizar nuestro trabajo como material de apoyo para los estudiantes y profesores que deseen conocer el tema en cuestión.

## Bibliografías

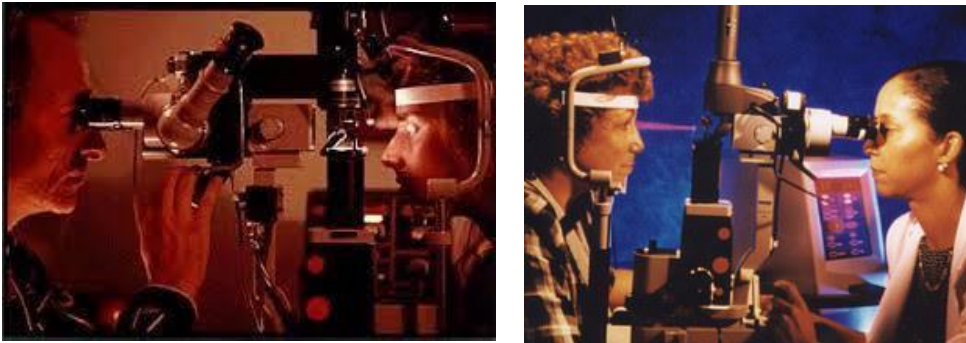
1. Meisy Ramos López, Melvin Rafael Gutiérrez Paulino, Gleydis Pupo Roca, Martha Isabel Cerón Muñoz, Abner Hernández Valdez, Elianne Perera Miniet. Láser micropulsado IRIDEX IQ 577 nm. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba. 2018.
2. Láser. «<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Láser&oldid=121935060>». Consultado el 13 de diciembre del 2019.
3. Dr. Manuel Quiroz Haro. Láser en Oftalmología. Revista de Oftalmología. 2016.
4. Láser. <https://www.ecured.cu/index.php?title=Rayo láser&oldid=3504762>. Consultado el 13 de diciembre del 2019.
5. Colectivo de autores. Láser amarillo micropulsado. Col. García Ginerés Mérida C.P. 97070, Mérida. Yucatán. 2017.
6. Fuentes Najas, José Antonio. El láser amarillo 577 nanómetros se abre paso como técnica para tratar las patologías de la retina. Profesor de optometría y baja visión de la universidad de Sevilla. 10 de octubre de 2017.
7. Lihteh Wu, M.D. Un tratamiento láser que trata y preserva la retina: MicroPulse Macular Laser Therapy. Instituto de Cirugía Ocular. San José, Costa Rica. 2017.
8. Dr. Fernando A. Rodríguez Mier. El Láser en Oftalmología. Consultorio de Oftalmología Y Microcirugía Ocular. 2018.
9. Panamericano de Ojos. Láser micropulsado en el glaucoma. San Salvador. Salvador. 2016.
10. Glaucoma Research Foundation. Cirugía Láser. San Francisco, California. Estados Unidos. 12 de septiembre de 2016.

### Anexo 1



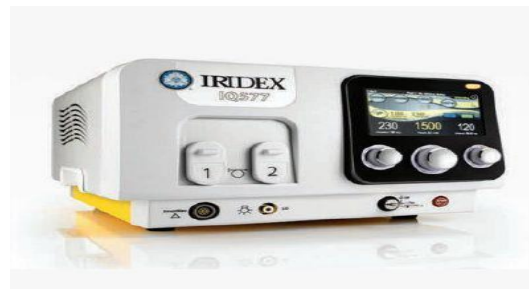
El Cuerpo Ciliar, región del ojo donde el láser produce pequeñas quemaduras para disminuir la producción del fluido y la presión ocular.

### Anexo 2



Representación de la forma en que se realiza la cirugía láser.

### Anexo 3



Equipos utilizados en las cirugías oculares. Microscopio quirúrgico y láser micropulso.