

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA

Conceptos básicos en el uso de un láser odontológico

tesis para obtener el título de
Licenciada en Odontología
presenta

ANA MAGETZY SANTAMARÍA
URBIOLA

Director de tesis
C.D. FRANCISCO MAGAÑA MOHENO

México 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEMARIO

CAPITULO I

HISTORIA Y FISICA DEL LASER

CAPITRULO II

COMPONENTES DE UN LASER

CAPITULO III

DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA

CAPITULO IV

LASERES MÁS UTILIZADOS EN ODONTOLOGÍA

CAPITULO V

**NORMAS E INICIATIVAS SOBRE LA UTILIZACIÓN
DE LOS LASERES EN EL AMBIENTE
MEDICO-ODONTOLOGICO**

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología se han desarrollado con gran rapidez en las últimas décadas. Actualmente muchas de nuestras actividades cotidianas están vinculadas con algún producto de esta

Continua inquietud por alcanzar un lugar especial en nuestro mundo .

Uno de los productos que han causado cambios profundos en la ciencia y tecnología, es el láser que permite avances que nunca habrían sido posibles.

Esta tesis se estructura con el fin de que aquellos odontólogos especialistas usuarios o no del láser puedan tener orientaciones precisas acerca de lo que es la radiación láser, su historia y como funciona un aparato láser, su estructura cuantos tipos de láser existen y lo más importante la seguridad y su aplicación dentro de un consultorio.

Se busca que el odontólogo que tenga acceso a esta tecnología, que actúa directamente en clínica pueda emplear menos tiempo en el desarrollo del tratamiento, por lo que inevitablemente repercute en mayor comodidad para el paciente que con frecuencia asiste a la clínica nervioso, con dolor y en muchos de los casos sumamente irritado.

CAPITULO I

Historia de laser

La historia comenzó en 1916, cuando Albert Einstein estudiaba el comportamiento de los electrones en el interior del átomo. Por regla general, los electrones son capaces de absorber o emitir luz. En realidad, los electrones emiten luz espontáneamente sin ninguna intervención externa. Sin embargo, Einstein previó la posibilidad de estimular los electrones para que emitieran luz de una longitud de onda determinada. El estímulo se lo proporcionaría una luz adicional de la misma longitud de onda. A pesar de que R. Ladenberg verificó el pronóstico de Einstein en 1928, nadie pensó seriamente en construir un dispositivo basado en el fenómeno en cuestión hasta principios de los años cincuenta.

Recordemos que láser significa amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. Einstein descubrió la emisión estimulada, pero para fabricar un láser se precisa también amplificación de dicha emisión estimulada

Es en general extremadamente difícil establecer prioridades científicas inequívocamente cuando un gran número de investigadores a estado trabajando y contribuyendo simultáneamente en el mismo campo.

A falta de eso, puede ser una alternativa deseable intentar una descripción cronológica de los avances y las publicaciones que han representado los hitos del progreso del láser. Es esto lo que se hace en la presente sección.

Las contribuciones básicas de Planck, Einstein, Bohr, Retherford y otros estableciendo los principios de la teoría cuántica y de la estructura atómica son bien conocidas. Einstein en 1917 introdujo los conceptos de la emisión espontánea de radiación por la materia, y Dirac y otros formalizaron la matemática estadística aplicable. En 1945 Bloch propuso los principios de la inversión de poblaciones y sus efectos sobre la radiación; Mas tarde, en 1950 la expresión absorción negativa con inversión de población fue empleada en un trabajo de Lamb y Rethenford. Esto fue seguido poco después por un trabajo de Purcell y Pound en 1951 que describía un ejemplo de inversión de poblaciones y emisión estimuladas.

Fue por esta época que empezó a producirse una actividad significativa que presagiaba el advenimiento del maser. En 1951 Townes discutió la posibilidad de generar radiaciones electromagnéticas por medio de oscilaciones moleculares coherentes. En 1953 Weber, publico un trabajo con consideraciones sobre inversión de población en un sólido y en un gas. En 1954 Townes e independientemente Basov y Prokhorov presentaron sus teorías sobre un sistema amplificador molecular coherente de gas en el cual las moléculas de gas en el estado fundamental eran eliminadas selectivamente del sistema, aumentando así la inversión de población. Este sistema (como todos los osciladores en funcionamiento)

empleaba, realimentación positiva de energía para compensar las pérdidas existentes en el sistema.

En 1954, Gordon, Zeiger y Townes anunciaron que el primer artefacto de radiación molecular que utilizaba emisión estimulada de radiación estaba en funcionamiento. Este era el maser de amoníaco; la palabra maser era la sigla de "microwave amplification by simulated emission of radiation".

La utilización de maseres como amplificadores prácticos fue considerada por Combrisson, Honig y Townes en 1956. En esa oportunidad indicaron que ciertos sólidos con impurezas paramagnéticas podían ser utilizados para conseguir condiciones de umbral maser.

El maser de amoníaco tipo haz de Gordon, Zeiger y Townes implica un sistema de dos niveles de energía en los estados de transición de las moléculas excitadas. En 1955, Basov y Prokhorov propusieron un sistema de tres niveles que implicaba un sistema molecular de haz. Esto fue seguido en 1956 por la propuesta de un maser de estado sólido de tres niveles hecha por Bloembergen. En el sistema de tres niveles la energía de bombeo primero lleva el átomo a un nivel máximo de energía. Ahí por emisión estimulada sufre una transición a un nivel intermedio y a continuación (después de un retardo significativo) vuelve a caer al primer nivel. El retardo es el mecanismo por lo cual la condición de la inversión de población se mantiene el tiempo suficiente como para que produzca acción maser.

En 1957 Scovil y otros desarrollaron el primer maser paramagnético usando iones de tierras raras en un cristal soluble en agua. En 1958 Makhov y otros obtuvieron acción maser de rubí. En el mismo año

R.H. Dicke obtuvo una patente por la aplicación del interferómetro de Fabry-Perot como una estructura de cavidad sin pérdidas. Esto representó un importante avance en el diseño de estructuras de cavidad.

En 1958 Schawlow y Townes propusieron medios para desarrollar el maser en las regiones del infrarrojo lejano, óptica y ultravioleta utilizando resonadores Fabry-Perot.

En 1960 Schawlow propuso el uso del rubí como material para el láser y en ese mismo año Maiman, usando una cavidad resonante tipo Fabry-Perot, anunciaría haber logrado el primer láser. El material usado fue rubí como red cristalina huésped, con cromo en una concentración de 1:2000 como material activo. Estructuralmente el aparato era una barra de rubí con una superficie totalmente reflectora en un extremo y parcialmente reflectora en el otro; la barra estaba insertada a lo largo del eje de un tubo de lámpara de destello (flash).

En 1961 Javan, Bennett y Herriott consiguieron poner en funcionamiento un láser continuo de gas basándose en ideas previamente presentadas por Javan. El sistema usaba átomos de neón excitados por colisión con helio que había sido llevado a un estado meta estable.

En 1962 Keyes y Quist descubrieron diodos luminiscentes altamente eficientes de arseniuro de galio. Este descubrimiento fue seguido poco después por el desarrollo independiente del láser de semiconductor por Hall, Nathan, Quist y otros..

En 1961 Hellearth propuso la técnica de conmutación de Q (Q-switching) para aumentar la potencia de pico en los láseres pulsados.

Una descripción mas detallada de esta técnica fue dada en 1963 por Maclung y Hellwarth.

En 1964 Bell obtuvo acción láser con un medio gaseoso ionizado (mercurio simplemente ionizado) usando pulsos de alta corriente. Posteriormente Bridges y Bennett y otros publicaron datos sobre varias líneas láser visibles en Argón y obtuvieron acción láser continua con una potencia de salida del orden de 1 Watt. Patel y otros informaron sobre acción láser en CO₂ en 1964; posteriormente Patel Ridgen y otros informaron sobre el funcionamiento de un láser de muy alta potencia que empleaba este gas.

En la actualidad no se puede hacer una evaluación del impacto de los laseres sobre nuestra civilización. Las comunicaciones, la navegación, el control, la electrónica medica, la fotografía, la soldadura, el fresado, etc son ejemplos particulares de los campos afectados.

Algunas ideas interesantes sobre la posible aplicación de los laseres para comunicaciones interplanetarias e interestelares fueron propuestas por Schwartz y Townes en 1961. Estos autores hicieron notar que los masers ópticos pudieron haber sido descubiertos en la década de 1930 como el resultado muy avanzado que en esta época tenia la espectroscopia. Si el láser hubiese sido desarrollado entonces, la civilización moderna posiblemente habría progresado a lo largo de líneas muy distintas

FISICA DEL LASER

Los lasers son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X. Un haz de luz es coherente cuando sus ondas, o fotones, se propagan de forma acompasada, o en fase (véase Interferencia). Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color (frecuencia). Los maseres son dispositivos similares para microondas.

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Los lasers obligan a los átomos a almacenar luz y emitirla en forma coherente. Primero, los electrones de los átomos del láser son bombeados hasta un estado excitado por una fuente de energía. Después, se los “estimula” mediante fotones externos para que emitan la energía almacenada en forma de fotones, mediante un proceso conocido como emisión estimulada. Los fotones emitidos tienen una frecuencia que depende de los átomos en cuestión y se desplazan en fase con los fotones que los estimulan. Los fotones emitidos chocan a su vez con otros átomos excitados y liberan nuevos fotones. La luz se amplifica a medida que los fotones se desplazan hacia atrás y hacia adelante entre dos espejos paralelos desencadenando nuevas emisiones estimuladas. Al mismo tiempo, la luz láser, intensa, direccional y monocromática, se “filtra” por uno de los espejos, que es sólo parcialmente reflectante.

En 1958, los físicos estadounidenses Arthur Schawlow y Charles Hard Townes describieron a grandes rasgos los principios de funcionamiento del láser que son:

1. **La naturaleza cuántica del átomo.** Los átomos pueden existir en niveles de energía discretos según el grado en que han sido excitados.

2. **La naturaleza cuántica de la luz.** La luz consiste de paquetes discretos de energía llamados fotones, y los niveles de energía de estos fotones son directamente proporcionales a su frecuencia.

3. **Las propiedades de interacción de la luz y la materia.** Cuando los átomos cambian de nivel de energía, emiten o absorben fotones.

4. **Emisión estimulada.** El paso de un electrón de un nivel de energía a otro puede ser estimulado por un foton si la frecuencia del foton es igual a la frecuencia de la correspondiente transición. Los niveles de energía de un átomo están relacionados con frecuencias específicas.



5. **Ampliación de la luz.** Si un foton hace caer a un electrón a un nivel de energía bajo, el electrón emite un foton en la misma dirección

de movimiento que el foton original. Por lo tanto es posible hacer que se produzca ampliación de fotones.



Obtuvieron la patente, pero posteriormente fue impugnada por el físico e ingeniero estadounidense Gordon Gould. En 1960, el físico estadounidense Theodore Maiman observó el primer proceso láser en un cristal de rubí.

INVERSIÓN DE POBLACIÓN

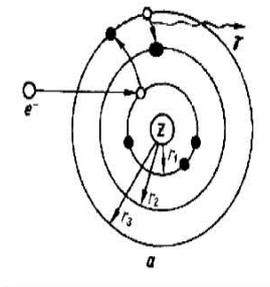
Es necesario excitar tantos átomos como sea posible para crear la condición de “Inversión de población”, en la cual hay más átomos excitados que átomos en un nivel de energía menor, de modo de favorecer el proceso emisor de luz, frente al de absorción por los átomos desexcitados.

Se dice que cualquier medio puede laserar, con tal que se bombee energía con suficiente intensidad. En la década de los años 60 esto fue observado en un gran número de casos.

A veces la condición de inversión de población se puede obtener de una manera muy inteligente. Por ejemplo, en los láseres de excímeros una molécula de XeCl no es estable, pues el xenón al ser un gas

estable no se combina con nada en estado básico. Pero si se da suficiente energía al sistema, el átomo de cloro comparte un electrón con el átomo de xenón, formando una molécula metaestable (estable por un periodo de tiempo relativamente largo, microsegundos) en un estado excitado a la que se llama excímero (excited dimer). Así, la inversión de población es automática, pues las moléculas del estado fundamental se disocian más rápidamente que los excímeros

Inversión de la población

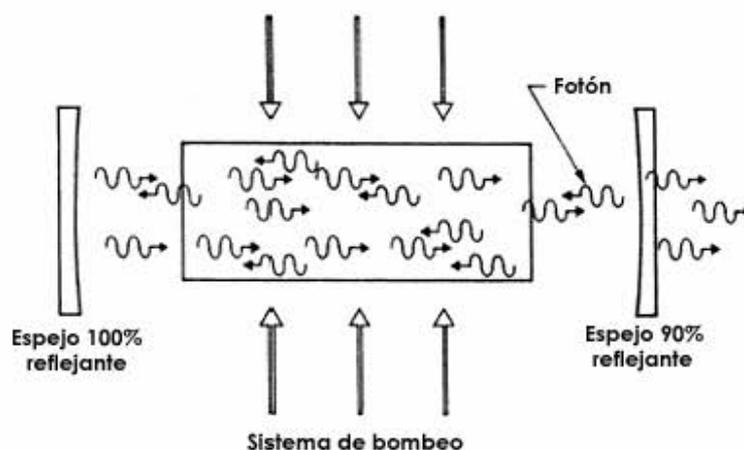


CAPITULO II

Componentes de un laser

Todos los aparatos de rayo láser constan de los siguientes elementos:

- A) **Medio láser.**- El cual puede ser sólido, liquido o un gas.
Este medio determina la longitud de onda de la luz emitida del láser, al igual que le va a dar el nombre y la clasificación al rayo láser.
- B) **Cavidad óptica o tubo del láser.**- Va a contener dos espejos altamente pulidos, colocados a cada lado de la cavidad óptica, uno de estos completamente reflexivo y otro parcialmente transmitido.
- C) **Una fuente de poder externa.**- Esta puede ser mecánica, química u óptica; la cual se va a encargar de excitar, “bombear” o estimular a los átomos encontrados en el medio láser a niveles de energía mas altos.



TIPOS DE LASER

Según el medio que emplean, los láseres suelen denominarse de estado sólido, de gas, de semiconductores o líquidos.

- ***Láseres estado sólido***

Los medios más comunes en los láseres de estado sólido son varillas de cristal de rubí o vidrios y cristales con impurezas de neodimio. Los extremos de la varilla se tallan de forma que sus superficies sean paralelas y se recubren con una capa reflectante no metálica. Los láseres de estado sólido proporcionan las emisiones de mayor energía. Normalmente funcionan por pulsos, generando un destello de luz durante un tiempo breve. Se han logrado pulsos de sólo $1,2 \times 10^{-14}$ segundos, útiles para estudiar fenómenos físicos de duración muy corta. El bombeo se realiza mediante luz de tubos de destello de xenón, lámparas de arco o lámparas de vapor metálico. La gama de frecuencias se ha ampliado desde el infrarrojo (IR) hasta el ultravioleta (UV) al multiplicar la frecuencia original del láser con cristales de dihidrogenofosfato de potasio, y se han obtenido longitudes de onda aún más cortas, correspondientes a rayos X, enfocando el haz de un láser sobre blancos de itrio.

■ ***Lasers de gas***

El medio de un láser de gas puede ser un gas puro, una mezcla de gases o incluso un vapor metálico, y suele estar contenido en un tubo cilíndrico de vidrio o cuarzo. En el exterior de los extremos del tubo se sitúan dos espejos para formar la cavidad del láser. Los lasers de gas son bombeados por luz ultravioleta, haces de electrones, corrientes eléctricas o reacciones químicas. El láser de helio-neón resalta por su elevada estabilidad de frecuencia, pureza de color y mínima dispersión del haz. Los lasers de dióxido de carbono son muy eficientes, y son los lasers de onda continua (CW, siglas en inglés) más potentes.

■ ***Lasers de semiconductores***

Los lasers de semiconductores son los más compactos, y suelen estar formados por una unión entre capas de semiconductores con diferentes propiedades de conducción eléctrica. La cavidad del láser se mantiene confinada en la zona de la unión mediante dos límites reflectantes. El arseniuro de galio es el semiconductor más usado. Los lasers de semiconductores se bombean mediante la aplicación directa de corriente eléctrica a la unión, y pueden funcionar en modo CW con una eficiencia superior al 50%. Se ha diseñado un método que permite un uso de la energía aún más eficiente. Implica el montaje vertical de lasers minúsculos, con una densidad superior al millón por

centímetro cuadrado. Entre los usos más comunes de los láseres de semiconductores están los reproductores de discos compactos (véase Grabación de sonido y reproducción) y las impresoras láser.

■ ***Láseres líquidos***

Los medios más comunes en los láseres líquidos son tintes inorgánicos contenidos en recipientes de vidrio. Se bombean con lámparas de destello intensas —cuando operan por pulsos— o por un láser de gas —cuando funcionan en modo CW. La frecuencia de un láser de colorante sintonizable puede modificarse mediante un prisma situado en la cavidad del láser.

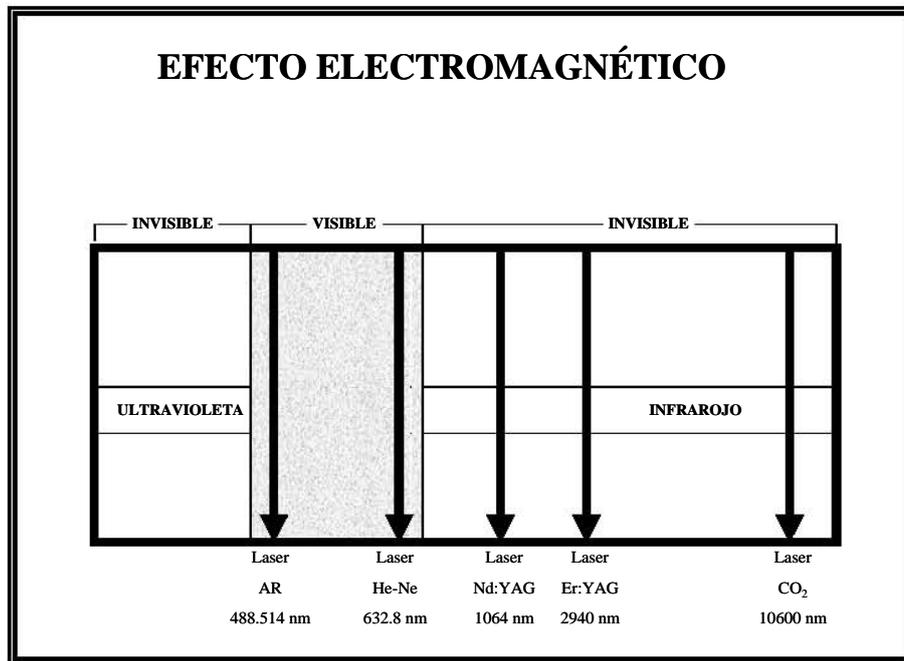
■ ***Láseres de electrones libres***

En 1977 se desarrollaron por primera vez láseres que emplean para producir radiación haces de electrones, no ligados a átomos, que circulan a lo largo de las líneas de un campo magnético; actualmente están adquiriendo importancia como instrumentos de investigación. Su frecuencia es regulable, como ocurre con los láseres de colorante, y en teoría un pequeño número podría cubrir todo el espectro, desde el infrarrojo hasta los rayos X. Con los láseres de electrones libres debería generarse radiación de muy alta potencia que actualmente resulta demasiado costosa de producir.

CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ LÁSER

La radiación láser ocupa gran parte del espectro electromagnético aunque, en general, cerca de la parte visible. Su posición concreta depende de su longitud de onda, la cual es el principal parámetro que delimita la tasa de absorción de la luz por los tejidos (coeficiente de absorción). Luces con una longitud de onda entre 400 y 750 nanómetros (nm) se sitúan en el rango visible del espectro; las que están por debajo de 400 nm hasta 10 nm constituyen el espectro ultravioleta, mientras que las ondas de 750 nm a 106 nm forman el espectro infrarrojo.² Los láseres comúnmente utilizados en cirugía ocupan desde el rango ultravioleta (excímer, con 193 nm) al infrarrojo (CO₂, de 10.640 nm).

EFFECTO ELECTROMAGNÉTICO



A diferencia de otros tipos de luz, la luz láser procedente de una misma sustancia activa se transmite en una sola frecuencia, o longitud de onda única (es monocromática), y en una misma dirección en un haz paralelo y estrecho. Estas dos características se denominan coherencia (espacial y temporal) y es lo que permite que la luz láser pueda ser absorbida específicamente por determinados componentes tisulares y que pueda concentrarse y enfocarse por lentes y fibras convencionales. La luz normal, por el contrario, está formada por múltiples longitudes de onda dispuestas al azar.

La frecuencia de emisión de ondas (su relación temporal) determina de manera importante el efecto del láser en el tejido. La frecuencia de emisión se considera continua cuando la luz láser oscila en pulsos de

más de 0,25 s, resultando en la liberación de una cantidad de energía constante, pero que resulta menor que la emitida por los láseres denominados pulsátiles. Éstos, por el contrario, emiten a intervalos del orden de milisegundos (normalmente entre 10 y 100 ms) y permiten, por tanto, una mayor compresión de la amplitud del pulso (o duración) con un aumento correspondiente de su potencia y precisión de corte. El término **súper pulso** se refiere a láseres de gran potencia con longitud de pulso aún más corta, mientras que los de pulso gigante tienen pulsos extremadamente cortos y, por tanto, intensidades muy elevadas.

Por un lado el desarrollo militar, y por el otro el industrial, han abarcado su utilización a muchos niveles, existiendo en la actualidad más de un centenar de tipos distintos de emisores láser.

Cualquier emisor láser posee una cavidad de resonancia, donde se coloca el medio activo (sustancia sólida, líquida o gaseosa) y mediante un aporte de energía se produce la emisión estimulada. La luz láser se caracteriza por ser caracterizada por ser amplificada, monocromática, unidireccional y coherente. Cuando esta luz incide sobre una materia, puede producir efectos físicos muy distintos según el tipo de sustancia en que se encuentre en la cavidad de resonancia. Comúnmente junto a la palabra láser se utiliza el nombre de la sustancia que se encuentre en la cavidad de resonancia. Es por ello

que cuando se hace mención a un emisor láser, se debe de mencionar que tipo de láser es, comúnmente junto a la palabra láser se utiliza el nombre de la sustancia principal del medio activo, por ejemplo el láser de Nd-YAG tiene un efecto físico muy diferente al de He-Ne.

Así pues se pueden clasificar según sea su medio activo (sólido, líquido o gaseoso), según su longitud de onda (ultravioleta, visibles o infrarrojos) y otras clasificaciones más, pero quizás desde el punto de vista clínico, la clasificación según su aplicación clínica es la que más clarifica su acción; se divide en dos tipos: El **soft láser** y el **power láser**. El soft láser o láser blando o láser terapéutico, que se utiliza con fines analgésicos y antiinflamatorios esencialmente, y los power láser o láser duro o láser quirúrgico que son utilizados con fines quirúrgicos principalmente.

Dentro del grupo de los soft láser cabe destacar los de Helio-Neón (He-Ne), lo de Arseniuro de Galio (GaAs) y los de Arseniuro de Galio y Aluminio (Ga-As-Al). La literatura existente sobre este tipo de láser, es muy controvertida, y si para unos su utilidad práctica a nivel clínico es indiscutible, para otros su acción es muy discutida, basado sus resultados en efecto placebo.

Los laseres, utilizados en odontología son: láser de CO₂, láser de Nd-YAG, , láser de Er.-YAG, Láser de Argón ,láser de diodo y los laseres para láser terapia.

CAPITULO III

Distribución de energía

Cuando una radiación electromagnética de frecuencia apropiada incide sobre determinados metales, de su superficie se desprenden cargas eléctricas negativas (hoy sabemos que se trata de electrones). Los aspectos importantes de este fenómeno son los siguientes: 1) la energía de cada electrón desprendido sólo depende de la frecuencia de la fuente luminosa, y no de su intensidad; 2) la cantidad o el ritmo de emisión de electrones sólo depende de la intensidad de iluminación, y no de la frecuencia (siempre que se supere la frecuencia mínima o umbral capaz de provocar la emisión); 3) los electrones se desprenden en cuanto se ilumina la superficie. Estas observaciones, que no podían ser explicadas por la teoría electromagnética de la luz desarrollada por Maxwell, llevaron a Einstein en 1905 a suponer que la luz sólo puede absorberse en cuantos, o fotones, y que el fotón desaparece por completo en el proceso de absorción y cede toda su energía E a un solo electrón del metal. Con esta sencilla suposición, Einstein amplió la teoría cuántica de Planck a la absorción de radiación electromagnética, lo que concedió una importancia aún mayor a la dualidad onda-corpúsculo de la luz. Por este trabajo logró Einstein el Premio Nóbel de Física

INTERACCION DEL LÁSER CON EL TEJIDO

La acción quirúrgica del láser se debe principalmente a la absorción de la energía electromagnética por el tejido y a la conversión de ésta en calor (efecto térmico). La luz láser, al incidir en la superficie tisular puede ser absorbida, reflejada, dispersada o transmitida. La producción de uno u otro efecto depende principalmente de la composición de los tejidos y de su afinidad por cada longitud de onda (es decir por el coeficiente de absorción de la luz en los tejidos). Cuanto mayor es la capacidad de absorción, mayor es la energía depositada en una unidad de volumen de tejido. De manera inversa, cuanto menor es la capacidad de absorción, mayor es la penetración o transmisión de la energía a través del tejido (la energía del láser disminuye exponencialmente con la profundidad de penetración)

La luz puede también reflejarse (desvío del haz de luz al incidir sobre el tejido receptor) lo cual supone un riesgo para el paciente o el operador, o dispersarse en múltiples direcciones a través del tejido, por diferencias en los índices de refracción de los componentes tisulares, pudiendo lesionar las zonas adyacentes al tejido diana. La longitud de onda del láser es, por tanto, el principal factor que define la naturaleza del efecto térmico, aunque también influyen la densidad de energía, el diámetro del haz de luz y la distancia desde la punta del fibroscopio.

En ambientes confinados, los lasers pulsátiles producen principalmente un efecto termo-elástico debido a la limitación que presentan estos ambientes a la expansión natural de los materiales

producida por el calor. Este fenómeno hace que se generen burbujas de vapor que se expanden y colapsan a la velocidad del pulso generando ondas acústicas las cuales al transmitirse al tejido producen efectos mecánicos y estallido o destrucción celular.

LESION TISULAR

La lesión producida por el efecto térmico depende de la temperatura alcanzada: hacia los 60°C se produce una desnaturalización de las proteínas y coagulación de los vasos sanguíneos (coagulación térmica). A temperaturas próximas a los 100°C se evapora el líquido intracelular produciendo deshidratación y pérdida del volumen tisular. Por encima de los 100°C el contenido celular se evapora. Por debajo de la zona de vaporización suele haber un fondo de necrosis.

La lesión térmica típica producida por el láser suele presentar tres zonas más o menos diferenciadas: un cráter de vaporización, una zona de necrosis o de tejido "hervido" por debajo y, a mayor profundidad, una zona de coagulación.

Capítulo IV

Lasers mas utilizados en Odontología

LASER DE CO²

El láser de bióxido de carbono CO² es el ejemplo más importante de los lasers moleculares. El medio activo en este láser es una mezcla de bióxido de carbono (CO²), nitrógeno (N²) y helio (He), aunque las transiciones láser se llevan a cabo en los niveles energéticos del CO².

Funcionamiento de un láser de CO².

Aunque todos los lasers de CO² funcionan debido a los mismos principios, es conveniente analizar por separado los diferentes tipos de lasers de CO², los cuales pueden ser clasificados por la manera en que se hace circular la mezcla gaseosa y por los métodos de producir la descarga eléctrica. En esta sección se describirán los lasers de CO² de flujo axial y de flujo y excitación transversal, dejando para más adelante el láser dinámico de CO², que involucra un sistema de bombeo diferente al de la descarga eléctrica.

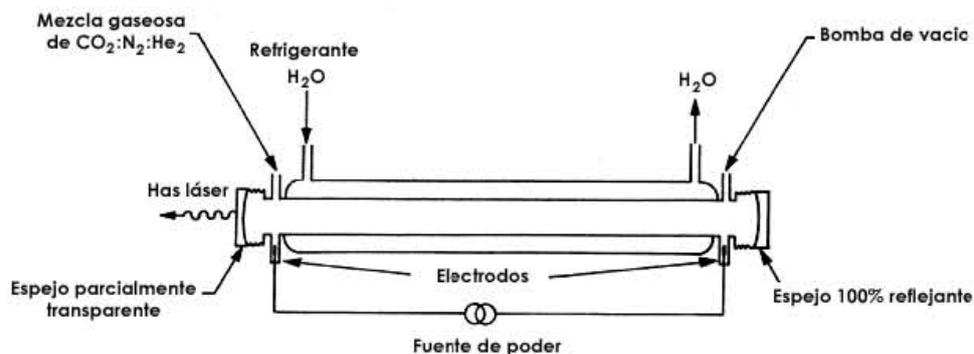
a) Láser de CO² de flujo axial. Estos lasers, también conocidos como "lasers longitudinales de CO²", constan básicamente de un tubo enfriado por medio de agua (o algún otro refrigerante) en cuyos extremos se colocan los espejos del resonador. La mezcla de gas se hace fluir por el tubo al mismo tiempo este se excita eléctricamente utilizando dos electrodos. La simplicidad de estos aparatos y la facilidad con que pueden construirse los hacen muy

atractivos para aplicaciones que requieren potencias bajas y medianas (menores de 500 watts continuos.)

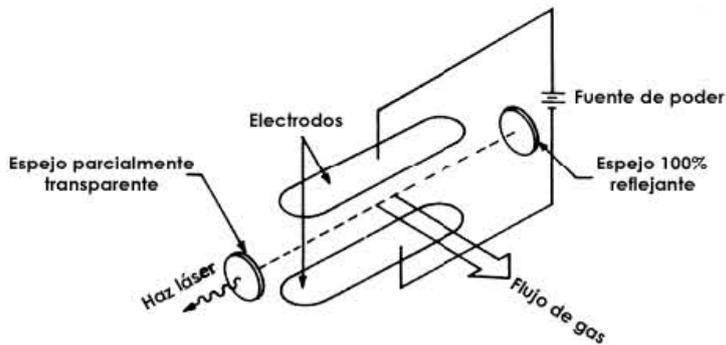
Una mezcla de gas típica de CO_2 : N_2 : He está en la relación 0.8:1.0:7.2. Éstas proporciones son hasta cierto punto aproximadas, ya que las razones que proporcionan la salida máxima se encuentran de manera empírica, variando las proporciones de la relación de gas durante la operación. La eficiencia de un láser de CO_2 puede aproximarse al 25%; esto los sitúa entre los laseres más eficientes.

b) Láser de flujo y excitación transversal de CO_2 .

Para los laseres de flujo axial existe un límite en la potencia máxima que pueden proporcionar. Esto se debe a que gran parte de la potencia eléctrica que consumen es disipada en forma de calor. En estos laseres el calor se elimina por difusión del centro del tubo hacia las paredes, las cuales son enfriadas.



Una forma más eficiente de realizar el enfriamiento consiste en hacer que el gas fluya perpendicularmente a la descarga.



Si el flujo es lo bastante rápido, el calor se elimina por convección más que por difusión, y la excitación es realizada por una descarga perpendicular al eje del resonador. El flujo de gas y de corriente eléctrica de descarga puede aumentarse considerablemente (en relación con un láser de flujo axial) y por tanto la potencia de salida también aumenta. Potencias continuas de 3 kW y aun mayores son fácilmente alcanzables.

Debido a que estos láseres operan a presiones de gas más elevadas que las de los láseres de excitación longitudinal, tendremos una mayor potencia de salida debido al incremento de la cantidad de centros activos por unidad de volumen en la región de excitación.

En conclusión, podemos ver que la excitación de la molécula de CO^2 es lograda eficientemente debido a la presencia del N^2 , mientras que la desexcitación de la molécula de CO^2 se logra debido a la presencia del He.

ALGUNAS APLICACIONES

Además de estas aplicaciones industriales, destacan las aplicaciones médicas del láser de CO^2 . Esto es debido a que la radiación láser

emitida de 10.6 mm es fuertemente absorbida por las moléculas de agua. Dado que el cuerpo humano está compuesto en más del 80% por estas moléculas, al hacer incidir dicha radiación en el tejido humano ésta es rápidamente absorbida. Al focalizar esta radiación en un tejido se produce una fina quemadura, cuya profundidad (para un sistema de focalización dado) puede controlarse variando la potencia del láser, lo cual constituye el principio de operación del bisturí láser. Las aplicaciones de este instrumento en cirugía general están ampliamente difundidas en la actualidad. Una importante ventaja que tiene sobre los bisturís convencionales radica en que con el láser al mismo tiempo que se corta se está cauterizando; de este modo, es posible realizar complicadas intervenciones quirúrgicas sin gran pérdida de sangre y con mayor rapidez.

Aparte de las aplicaciones quirúrgicas del láser de CO² destacan sus aplicaciones en dermatología, ginecología, proctología y, recientemente, odontología.

El láser de CO² presenta gran afinidad por los tejidos con gran cantidad de agua sin importar su color presenta un gran rango de absorción por lo que la radiación actúa en la superficie del tejido con muy poca profundidad de penetración (0.2 a 0.3 mm)⁷, no presenta dispersión, reflexión, ni transmisión por lo que no daña los tejidos subyacentes. De todos los láseres de uso bucal el de CO² es el más rápido para la remoción de tejido. El láser de CO² puede ser transmitido en forma continua o pulsátil con una potencia de 10 a 1000 watts;^{2,7} como se encuentra en la barra de infrarrojo es invisible por lo que debe utilizarse junto con un rayo guía generalmente de He-Ne.

LÁSER DE ARGÓN

Las transiciones radiactivas entre niveles altamente excitados de gases nobles se conocen desde hace largo tiempo, y la oscilación láser en este medio activo data desde la década de los sesenta. Entre estos laseres, el de argón ionizado es el que más se utiliza, debido a sus intensas líneas de emisión en la región azul-verde del espectro electromagnético y a la relativa alta potencia continua que se puede obtener de él.

El bombeo, necesario tanto para ionizar el argón como para lograr la población de los niveles energéticos superiores de éste, se realiza por medio de colisiones múltiples entre electrones producidos por una descarga eléctrica con iones y átomos activos.

El nivel superior de la transición láser corresponde al nivel espectroscópicamente denotado por $4p$, que es poblado en forma colisional, siguiendo los procesos:

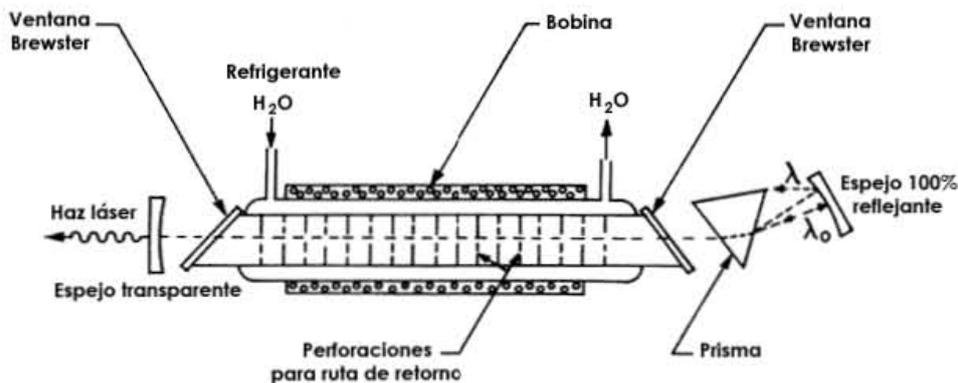
$3p \rightarrow 4p$, el primero de ellos llamado "en cascada" y el segundo "directo". No obstante, la población del nivel superior de la transición láser puede también producirse debido a transiciones de niveles energéticamente superiores al $4p$ hacia el nivel $4p$. El nivel inferior de la transición láser es el $4s$.

El láser de argón tiene varias líneas de emisión, debido a que los "niveles" $4p$ y $4s$, de hecho, están compuestos por 15 y 8 niveles espectrales respectivamente. Sin embargo, algunas transiciones son más intensas que otras: dos de las más importantes corresponden a 0.515 mm de longitud de onda.

Funcionamiento del láser de argón. Como hemos visto, en este láser el bombeo se realiza por una descarga eléctrica cuya corriente típica es entre 15 y 50 amperes, que al pasar por el tubo de descarga puede producir densidades de corriente del orden de 1 000 amperes/ cm².

Para evitar que los electrones de excitación pierdan energía al colisionar con las paredes del tubo de descarga se utiliza una bobina que produce un campo magnético para limitar el movimiento de los electrones en la dirección longitudinal del tubo. El esquema típico de un láser de argón ionizado se muestra en la. Debido a la alta corriente, el movimiento de los iones hacia el cátodo y de los electrones hacia el ánodo producirá una diferencia en la distribución de iones y de presión en el tubo, la cual puede interrumpir la oscilación del láser. Para solucionar este problema, una conexión de retorno para el gas se coloca entre el cátodo y el ánodo cuidando que la trayectoria de la columna de descarga en el tubo para evitar que la descarga eléctrica se realice en la conexión de retorno.

Para poder seleccionar una sola longitud de onda de oscilación en el láser, dentro de la cavidad óptica se introduce un "elemento dispersor", cómo por ejemplo un prisma. De este modo sólo retornará a lo largo del eje óptico del láser radiación de una sola longitud de onda.



ALGUNAS APLICACIONES

Dado que estos láseres pueden proporcionar potencias continuas de hasta 100 watts y también ser operados en forma pulsada, se les ha encontrado diversas aplicaciones médicas, técnicas y científicas.

El láser de argón tiene una gran afinidad por los tejidos pigmentados de color oscuro, por las células melaninicas y por la hemoglobina por lo que son excelentes para la destrucción de coágulos y hemangiomas con daño mínimo a tejidos adyacentes, sobre tejidos bucales no presenta reflexión y solo un poco de absorción, transmisión y dispersión. Trabaja tanto en modo de contacto como de no contacto bajas potencias presenta una característica de "dragabilidad" y requiere movimientos para evitar la acumulación de tejido sobre la punta. Este láser posee la capacidad para polimerizar resinas compuestas que es una característica que no tiene ningún otro láser. La longitud de onda de 488nm. (luz visible) es la que se puede utilizar para el cuidado de resinas mientras las de 510nm (luz verde)^{2,4,9} se utiliza para procedimiento de tejidos blandos y coagulación.

Otro importante campo de aplicación de estos láseres está en el área médica. En particular destacan sus aplicaciones en oftalmología para la fotocoagulación y "soldadura" de pequeñas áreas. El ojo es transparente a la luz entre aproximadamente 0.38 y 1.4 mm. 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

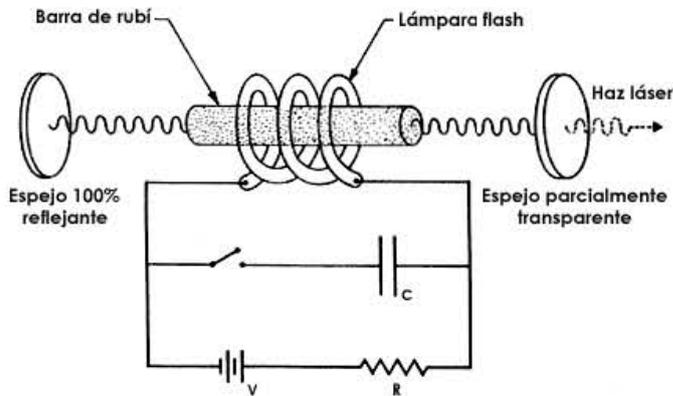
láser es posible en la actualidad tratar casos de desprendimiento de retina.

LASER ND-YAG

Este láser ha sido utilizado con éxito en aplicaciones industriales, militares, médicas y científicas. No obstante, hay que mencionar que debido a lo costoso y complicado de fabricación de las barras sintéticas de rubí, desde hace algunos años este tipo de láser ha sido desplazado por lasers similares en concepción y diseño que utilizan como centros activos iones de neodimio. La diferencia básica entre ambos lasers está en la longitud de onda de emisión: en el láser de rubí es de 0.6943 μm y en el de neodimio de 1.064 μm . (1.06 μm) por lo que también es invisible, se encuentra en un rango infrarrojo del espectro. Por lo tanto, prácticamente en todas las aplicaciones que a continuación se describen debemos tener en mente que se puede usar indistintamente un láser de rubí o uno de neodimio.

La excitación del rubí se realiza mediante la energía óptica proporcionada por lámparas flash conectadas a un banco de capacitores. Esto se muestra en la figura 4. Una de las grandes desventajas de los lasers bombeados ópticamente (incluido, claro está, el láser de rubí), es su baja eficiencia, que por lo general es menor del 0.1%. Otro inconveniente del láser de rubí consiste en la dificultad del crecimiento de los cristales sintéticos de rubí. Ello ha ocasionado que en la actualidad se prefiera como medio activo el uso

de vidrios de fácil fabricación (como por ejemplo, vidrios con impurezas de neodimio) y no de cristales como el rubí.



Este tipo de láser también puede ser transmitido mediante fibra óptica de 320mc de diámetro de potencia de 3 hasta 500watts por lo que es versátil y su acceso a la boca prácticamente no tiene límites; la mayoría usan guía de He-Ne. Hasta la fecha el láser de Nd-YAG ha recibido la aprobación de la FDA solamente para su uso en tejidos blandos; sin embargo desde 1987 algunos investigadores lo han estado evaluando para su uso en tejidos mineralizados.

Los lasers de ND-YAG son atraídos por los tejidos pigmentados, su absorción tisular es relativamente baja, sin embargo hay dispersión óptica lo que produce una penetración mas profunda y uniforme del tejido; prácticamente no presenta reflexión. Trabajan tanto del modo de contacto como de no contacto;4,7 dependiendo del método de transmisión pueden penetrar desde 0.5mmhasta 4mm en los tejidos bucales. Debido a su atracción por los tejidos pigmentados y tejidos oscuros algunos operadores utilizan un campo negro para aumentar

la acción de velocidad del láser. La mayoría de los lasers Nd-YAG trabajan de modo pulsátil con potencias altas se forma un gas caliente llamado plasma que puede ser responsable de los efectos de coagulación, vaporización o corte, pero si no es enfriado puede causar daño a los tejidos circundantes. Entre las aplicaciones médicas se puede mencionar su uso en el tratamiento de problemas dermatológicos y tumores cancerosos, y su uso como cauterizador o bisturí láser. Ya que la radiación producida por este láser puede propagarse a través de fibras ópticas, es posible realizar en forma simple, segura y sin muchas molestias para el paciente, intervenciones en el estómago para el tratamiento de úlceras, o en las venas para destruir obstrucciones que podrían causar serios problemas circulatorios. En ambos casos dichas operaciones pueden realizarse en cuestión de minutos, y no requieren hospitalización ni cirugía mayor.

LASER ER-YAG.

Es de tipo sólido compuesto por Erblio y un cristal de Ytrio, Aluminio y Granate. Tiene en su longitud de onda 2.94 mc por lo que se encuentra en el rango infrarrojo del espectro electromagnético.

Es uno de los lasers mas recientes y se encuentra en etapa de investigación.

LÁSERES DE SEMICONDUCTORES

Los lasers de semiconductores son los lasers más eficientes, baratos y pequeños que es posible obtener en la actualidad. Desde su invención en 1962 se han mantenido como líderes en muchas aplicaciones científico-tecnológicas y su continua producción masiva nos da un inicio de que esta situación se prolongara por mucho tiempo.

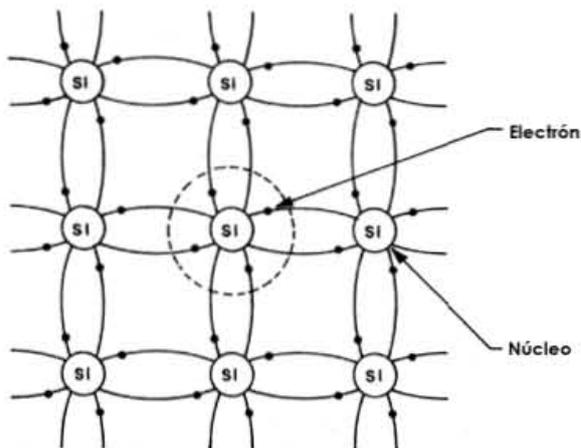
Dispositivos Semiconductores

Hemos visto en el segundo capítulo que podemos considerar a los átomos como pequeños sistemas solares con electrones girando en órbitas específicas alrededor de un núcleo con carga positiva. Los electrones localizados en la última órbita son llamados electrones de valencia y no son retenidos tan firmemente como los que se encuentran en las órbitas interiores. Cuando varios átomos se combinan para formar una molécula o una estructura cristalina los electrones de valencia son intercambiados libremente, ligando con esto a los átomos.

Elementos semiconductores típicos son el silicio y germanio. Un material semiconductor como el silicio en su forma cristalina tiene sus

cuatro electrones de valencia entrelazadas con los átomos adyacentes.

Es una representación bidimensional de la estructura cristalina del silicio, en ella se muestran sus electrones de valencia y sus núcleos. A muy bajas temperaturas el silicio se comporta como un aislador, ya que no hay electrones libres que puedan conducir corriente eléctrica. Sin embargo, a temperatura ambiente, por la agitación térmica, algunos electrones serán separados de su posición dentro de la red cristalina, quedando libres y dejando en su lugar un "hueco" con carga positiva. Si a través del cristal se aplica un campo eléctrico circulará una pequeña corriente eléctrica debido al movimiento de electrones libres y de huecos.



Todos los materiales existentes pueden clasificarse en las siguientes categorías: conductores, aislantes o semiconductores. Los primeros son materiales que conducen con facilidad una corriente eléctrica a través de ellos. Los segundos difícilmente conducen corrientes eléctricas y los últimos están en una situación intermedia.

Un buen conductor como la plata tiene una conductividad de 6×10^7 mohs/ metro, mientras que un buen aislante como el cuarzo fundido tiene una conductividad de 2×10^{-17} mohs/ metro. Es decir que hay 24 órdenes de magnitud de diferencia en su conductividad. Un semiconductor tiene una conductividad típica de 7 a 14 órdenes de magnitud menor que un buen conductor. Ejemplos de materiales semiconductores son el germanio (Ge), el silicio (Si) y algunos compuestos como el arsenuro de galio (GaAs) y el sulfuro de plomo (PbS). Es posible aumentar en forma controlada la conductividad de un semiconductor. Para realizar esto, durante la formación del semiconductor puro se introduce una pequeña cantidad de átomos "contaminantes" con tres o con cinco electrones de valencia en lugar de sólo cuatro. La introducción de átomos contaminantes con tres electrones de valencia como por ejemplo el bario (Ba), el galio (Ga) o el indio (In), da lugar a una estructura cristalina imperfecta en la cual han quedado "huecos positivos" que aumentan la conductividad del material. Este tipo de materiales se conocen como semiconductores tipo P y su representación bidimensional se muestra en la siguiente

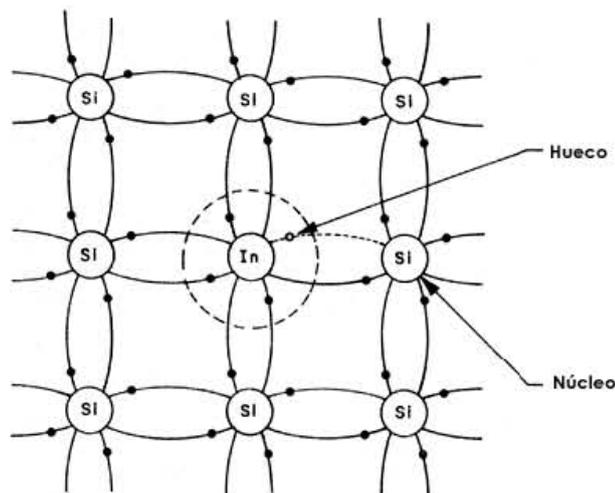
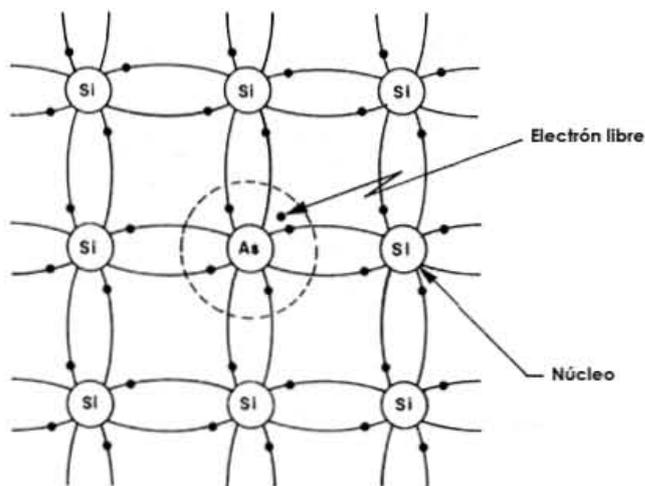


figura.

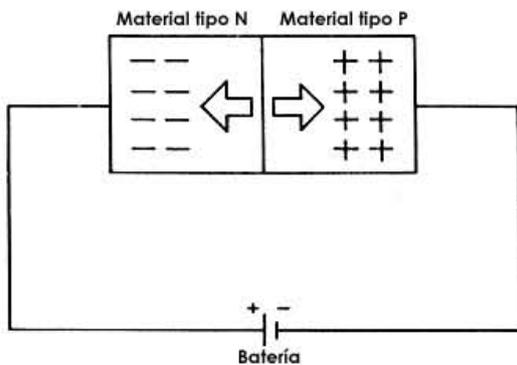
De manera similar, la introducción de átomos contaminantes con cinco electrones de valencia, como por ejemplo el fósforo (P), el arsénico (As), el bismuto (B) o el antimonio (Sb), da origen a una estructura cristalina imperfecta en la cual han quedado electrones en exceso que incrementan la conductividad del material. Estos materiales contaminados con átomos con cinco electrones de valencia son llamados semiconductores tipo N. Su representación bidimensional se muestra en la figura.



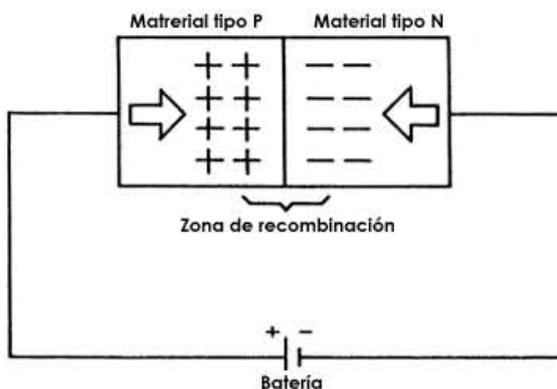
Diodos y láseres semiconductores

Cuando un trozo de material semiconductor tipo P y uno tipo N se unen tenemos una "unión P-N que es también conocida como diodo. Si en este diodo colocamos una batería, conectando el polo positivo con el material tipo N y el polo negativo con el material tipo P, el resultado es que los huecos son atraídos por el potencial negativo de la batería y el potencial positivo de la batería atrae a los electrones libres. En este caso no puede haber circulación de corriente eléctrica a

través del diodo y decimos que está polarizado en sentido inverso como se muestra en la figura 9. Por el contrario, si conectamos una batería con el polo positivo al material tipo P y el negativo al material tipo N, los huecos positivos son repelidos por el potencial positivo de la batería y dirigidos hacia la unión de los materiales P y N. Por otra parte, los electrones libres de la región N son repelidos por el potencial negativo de la batería y dirigidos también hacia la unión de los materiales P y N. En dicha unión los electrones y los huecos se recombinan y permiten así el paso de corriente.

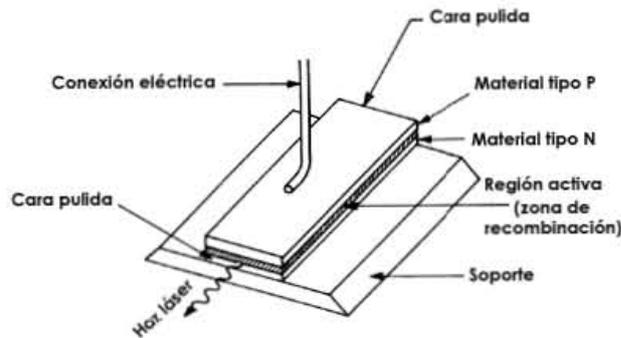


En este caso decimos que tenemos polarización en sentido directo, Durante la recombinación de huecos y electrones pueden ser emitidos fotones que generalmente caen en la región infrarroja del espectro.



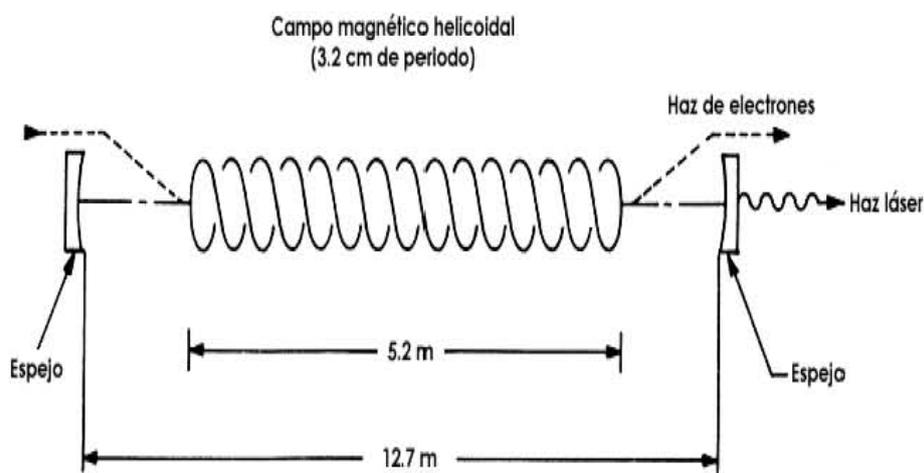
Diseñando una unión P-N de forma adecuada, podemos formar una cavidad láser, cuya región activa está formada por la región de unión

de los materiales P y N. La realización práctica de un láser de semiconductor se muestra esquemáticamente en la figura 10.



Debido a su solidez y a sus reducidas dimensiones, estos láseres encuentran aplicación en cualquier área tecnológico-científica que demande un láser de no muy alta intensidad. Hoy en día, una de las aplicaciones principales de estos láseres se encuentra en los sistemas electro-ópticos de comunicación, en los cuales las líneas de transmisión por medio de cables eléctricos son sustituidas por fibras ópticas que tienen la ventaja de poder transmitir bastante más información que los cables eléctricos convencionales, además de ser prácticamente insensibles a perturbaciones eléctricas exteriores. En la actualidad es posible transmitir hasta 50 000 conversaciones telefónicas simultáneamente, por medio de una sola fibra óptica. Estos revolucionarios avances logrados en sistemas de comunicación que utilizan fibras ópticas y diodos láser eran inimaginables hace unas cuantas décadas. Otra aplicación actual muy importante de los diodos

láser la encontramos en los sistemas de lectura de discos ópticos compactos, mejor conocidos como discos láser o discos compactos. Estos discos contienen cierta información (por lo común es música pero también puede ser la Enciclopedia Británica), grabada digitalmente por medio de perforaciones cortas o largas en una laminilla metálica que es encapsulada en el plástico que constituye el disco. Su emisión típica en los 904nm de longitud de onda la proporciona una capacidad de sumo interés en el tratamiento de afecciones tendinomusculares y osteoarticulares.



Capítulo V

Normas e iniciativas de seguridad sobre la utilización de los láseres en el ambiente médico-odontológicos.

Por todos los efectos que puede tener un láser se necesita conocer y aplicar una normativa específica sobre el diseño y la utilización segura de estos.

En algunos países como Alemania, Francia o Reino Unido disponen de documentos de referencia o como en Italia borradores de documentos referentes a la utilización segura de un láser.

En España no existe un documento específico para la utilización de un láser pero en cambio existe un documento técnico elaborado por la Generalitat de Cataluña (1993) por lo serían de aplicación y referencia sobre láser en general y los ámbitos comunitarios, tanto en las normas europeas como de organismos internacionales a los que pertenece España.

A continuación se enumeran normas e iniciativas para el uso de los diferentes láseres:

a) Norma EN 60-825. Seguridad de radiación de productos láser,

clasificación de equipos, requisitos y guía de usuario (Comité Europeo en Normalización Electrónica, 1992).(Publicada en castellano como norma UNE EN 60825 en el año 1993)

a) Norma CEI 601-2-22. Part.2. "Particular requirements for the safety

b) of diagnostic and therapeutic laser equipment" (Comité

Internacional de Electrónica, 1991

c) British Standard. "Radiation safety of laser products and systems"

BS 4803 (Londres,1983).(Part 1:General; Part 2:Specificacion for

manufacturing; Part 3: Guidance for Users)

d) Department of Health and Social Security.(Londres,1984).

"Guidance on the safe use of laseres in medical practice".

e)American National Standard Institute: ANZI Z136.1 (Nueva

York,1986)."For the safe use of lasers".

e) American Conference of Governamental Industrial

Hygienists.Valores limite e indices biològicos de exposició. Versión en

castllano autorizada y editada por la Conelleria de Treball i SS de la

Generalitat Valenciana (Valencia,1987).

f) American National Standard Institute: ANZI Z136.3 (Nueva

York,1988)For the safe use of lasers in health care facilities.

INICIATIVAS

Iniciativas de la Comisión de las Comunidades Europeas

- Iniciativas de la IRPA (International Radiation Protection Association), creando recientemente la Comisión Internacional de Protección contra las radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)

Iniciativas de la Sociedad Española de laser Médico-Quirúrgico.

- Iniciativas de servicios hospitalarios de Física M

RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES DE SEGURIDAD PARA LOS LASERES

A continuación se detallan algunas de las recomendaciones y los requisitos más importantes que pueden extraerse de las normativas mencionadas anteriormente y de otras fuentes (laser Institute of America, 1984, American college of Medical Physics, 1990; Rockwell Associated, 1990; WHO, 1982; Health Physics, 1989) y que serian de aplicación para los laseres de uso médico. Se ha buscado en lo posible hacer referencia básicamente a la legislación de ámbito comunitario y, por tanto, de mayor

repercusión y de futura aplicación en nuestro país.

UBICACIÓN

Los láseres de las clases 3B y 4 solo pueden utilizarse en áreas controladas (EN 60-825.1992, sec. 12.5 a).

Entendiendo como área controlada una zona donde la permanencia y la actividad de las personas están sujetas a control y supervisión por motivos de protección frente a los riesgos de radiaciones; se trata por lo tanto de un espacio delimitado, perfectamente identificado, de acceso restringido a personal autorizado y con sistemas de bloqueo que impidan que impidan el acceso accidental de la zona controlada en el momento de la emisión Láser.

SEÑALIZACIÓN

Los accesos a las distintas áreas deberán estar identificados con una señal de aviso adecuadas (EN 60-825. 1992, sec. 10.5 y 12.5 e).

ACCESO

El acceso próximo al lugar en donde están utilizando el láser debe estar limitado al personal que lleven protectores oculares y ropa adecuada (EN 60-825. 1992, sec. 12.5.3 a).

Los equipos laser 3B y 4 deberán de disponer de un conector externo ligado a un interruptor general de desconexión de emergencia en caso de apertura de la puerta de instalación.

EMISIÓN DE LA RADIACIÓN AL EXTERIOR

Se debe entender que ningún tipo de radiación laser puede emitirse fuera del recinto señalado como área controlada (ANSI Z 136.1-1996, norma Americana).

Ello implica un especial cuidado en el diseño del sitio donde se utilizara el láser (no espejos, mirillas transparentes, ventanas).

ETIQUETADO

Cada láser deberá llevar una o más etiquetas rectangulares con fondo amarillo y recuadro negro en las que aparezca la información sobre la clasificación del láser.

Deberá citarse excepto para los laseres clase 1

- Potencia máxima de la radiación
- Duración del impulso
- Longitud de onda emitida

Fecha de publicación de la norma respecto a la que clasifico el

equipo (EN 60-825. 1992, sec. 5)

Las aperturas por donde es posible la emisión láser deberán estar ejemplificadas con un triangulo de fondo amarillo y borde negro en cuyo interior aparece un símbolo negro de radiación láser (estrella de 24 trazos alternando largos y cortos y uno de ellos conectado al borde del triangulo).

Indicadores de la emisión de la radiación laser

Cualquier láser de las clases 3B y 4 deberá tener un aviso audible o visible cuando se produzca la emisión de la radiación láser (EN 60-825.1992, sec.4.6) este requisito aparece de forma más estricta en la norma CEI 601-2-22.1991, en donde se señala que el aviso debe de iniciarse segundos antes de la emisión de la radiación para tomar las precauciones necesarias.

Fugas de la radiación láser

Todo equipo láser dispondrá de una carcasa protectora que impedirá el acceso del operador a la radiación láser con valores de exposición superiores a los que pudiera emitir un láser de la clase 1 En donde la emisión será la que corresponda a la clasificación del equipo (EN 60-825.1992, sec. 10.1).

Supervisión Responsable de la Seguridad Laser

Para las instalaciones donde se utilicen laseres de una clase superior a la 3A deberá nombrarse un responsable de la seguridad laser que será el encargado de revisar la aplicación de todas las normas a tener en cuenta (EN60-825.1992,sec.10.1)

Acreditación y formación en protección laser

El uso de sistemas laser de las clase 3A ,3B y 4 representan un riesgo, no solo para el usuario sino también para otras personas situadas a una distancia considerable del equipo emisor debido a esto solo deberán estar al frente de dichos sistemas personas que hayan recibido un nivel de formación adecuado.

Dicha formación podrá realizarla el propio fabricante como el proveedor del sistema, el responsable de la seguridad laser del centro o unidad, o una organización externa acreditada y deberá incluir al menos lo siguiente:

- Familiarizar los procedimientos operativos del sistema
- El uso adecuado de procedimientos de control de riesgos ,señales de aviso ,etc.
- La necesidad de protección personal.

- Los procedimientos de notificación de accidentes.
- Los efectos biológicos del laser sobre ojo y piel.(EN60-825.1992,sec.10.10).

LLAVE DE SEGURIDAD

Al usarse los equipos láser de las clases 3B y 4 deberán protegerse contra el uso no autorizado extrayendo la llave correspondiente (EN 60.825. 1992, sec. 10.3)

Es necesario que los equipos láser de clases 3B y 4 incorporen una llave extraíble que podría ser cualquier otro dispositivo de control como tarjetas magnéticas , claves cifradas etc.,como lo dice también la norma europea antes citada.

Controles médicos

Que sea necesario o no realizar controles médicos a personal que trabaja con laseres es un problema sin solución en este momento. Las personas que trabajen con laseres 3B o 4 tienen que someterse a un control médico periódico, oftalmológico especifico realizado por calificados especialistas al producirse una exposición ocular aparentemente lesiva, deberá realizarse

un examen medico con un especialista calificado como también deberá completarse con una investigación completa por especialistas en física medica o protección de las circunstancias que se produjo el accidente.

Al personal que utilice los laseres 3B y 4 se plantean exámenes oftalmológicos por motivos médicos legales sin que formen necesariamente un programa de seguridad (EN 60-825. 1992, sec. 10.11)

La protección ocular deberá utilizarse en todas las áreas de riesgo donde se empleen laseres de las clases 3B o 4 (EN 60-825. 1992, sec.10.8).

Es importante resaltar que distintos tipos de laseres (longitudes de onda y potencia) requieren distintos tipos de protección ocular.

Es responsabilidad del supervisor de protección laser o en su defecto del propio usuario conocer que tipo de gafas son necesarias para su equipo y asegurarse que todo el personal que pueda encontrarse en la zona de riesgo tengan puestas las gafas al momento de utilizar el equipo láser así como también

cuando sea previsible una exposición a la piel deberá de utilizarse ropa protectora adecuada (EN 60-825. 1992 sec. 10.9) esto es especialmente importante en la utilización de láseres tipo 4 dado al potencial de riesgo de incendio por lo que la ropa utilizada deberá de ser resistente al fuego.

Protección del paciente

Evitar reflexiones no intencionadas (EN 60-825. 1992 sec. 12.5.2) Es importante en ciertas aplicaciones quirúrgicas donde se trabaja con haz libre en las proximidades de materiales metálicos altamente reflejante como es generalmente el instrumental quirúrgico, por ejemplo el utilizar radiación infrarroja lejano (CO₂) el haz y el área de incidencia deberían estar rodeados por material opaco a dicha longitud de onda por ejemplo gasas húmedas rodeando la zona de tratamiento.

Por ello se hace imprescindible usar protectores adecuados en los ojos de los pacientes aún en el caso de no estar irradiando cerca de ellos.

Indicadores de la zona de irradiación

El fabricante de equipos láser de las clases 3B y 4 para aplicaciones médicas deberá suministrar un dispositivo indicador del blanco (EN 60-825. 1992 sec. 7.1 c). esta norma no suministra gran detalle sobre lo que se debe entender como indicador del blanco sin embargo este aspecto esta perfectamente recogido en la norma CEI 601-2-22, que establece que se trata de una clara indicación visible de la localización donde la radiación láser va a tener efecto y debe de ser visible antes de comenzar la acción terapéutica con el láser por ejemplo la utilización de un laser en el espectro rojo visible (He-Ne).

Indicación de la irradiancia suministrada

El fabricante de laseres tipo 3B y 4 para aplicación medica deberá suministrar un medio para cuantificar el nivel de radiación laser prevista para irradiación del cuerpo humano con un margen de error en la medida que no sea superior al 20%.(EN 60-825.1992, sec. 7.1 a y b)

Esto se debe a que los fabricantes suministran información con respecto a la potencia de salida del tubo pero no suministran información real sobre la irradiancia real sobre el paciente y las modificaciones de potencia por el uso de fibras ópticas, brazos articulados punteros u otros dispositivos ópticos que pueden modificar hasta un 50% de pérdida con respecto a los valores nominales por lo que se hace necesaria una calibración por medio de medidas con sistemas y detectores externos CEI 601-2-22, 1991.

Contaminación atmosférica

Esto es producida por la vaporización del material blanco, la norma europea es la única que constata este riesgo (EN 60-825,1992, sec. 11.1).la norma americana es más explícita en este punto (ANZI Z 1326.3-1998) señalando que durante el acto quirúrgico los contaminantes atmosféricos producidos por el uso del laser (vapor, humo etc.) deben de ser controlados por medio de mecanismos de ventilación y protección respiratoria de modo que se capture lo mas cercanamente posible al punto de formación cuidando en todo momento al paciente ya que puede producir emisiones molestas que puede causar lagrimeo o náusea esto ocurre principalmente con el uso de laseres tipo 4. Las mascarillas quirúrgicas estándar filtran partículas de hasta 5 micras de tamaño con una eficiencia de un 99% sin embargo las partículas en suspensión tras una vaporización con un laser puede ser de 0.3 micras lo que se ha observado en estudios recientes de VIH y VPH.

Explosión o fuego

En este punto solo la norma europea constata el riesgo es más explícita la norma ANZI Z136.3-1998 que señala el riesgo de explosión o fuego con el uso de láseres tipo 4 por incidencias de gases y preparaciones anestésicas, riesgo de perforaciones de tubos endotraqueales o endobronquiales o por incidencia de gases como metano (zona perineal) o mezclas ricas en oxígeno presentes en el tracto respiratorio durante operaciones de laringe o endoscopia láser.

Indicaciones y contraindicaciones de un láser

En la actualidad los láseres los podemos dividir en quirúrgicos y no quirúrgicos.

Dentro de los primeros se encuentran el láser de CO₂, ERBIUM-YAG, Nd-YAG, Argón, Diodos.

El CO₂ está indicado principalmente para tejidos blandos dentro de las siguientes especialidades como cirugía maxilofacial, periodoncia, implantología endodoncia, odontología conservadora y en algunas ocasiones en odontología general.

Contraindicado en tejidos duros como esmalte y en cirugía ósea.

El Erbium-YAG se puede utilizar tanto en tejido blando como en tejido duro la diferencia consiste en la disminución de agua al momento de trabajar el tejido indicado, sus aplicaciones son desde frenectomía, como eliminación de caries y cirugía ósea en las diferentes especialidades

Su contraindicación se basa en que el efecto coagulación no es similar al del CO₂

El Argón en odontología se utiliza para el curado de resinas como también para el blanqueamiento dental.

Su contraindicación es la cantidad de energía depositada en la superficie del diente que puede alterar la pulpa dental provocando desde una hiperemia pulpar hasta necrosis.

El láser de diodo tiene las mismas indicaciones de corte que un láser de CO₂ algunos los utilizan para sistemas de blanqueamiento dental

Las contraindicaciones son las mismas que un láser de CO₂ y de un Argon

El Nd-YAG es un láser también de corte que se utiliza para tejidos blandos exclusivamente por su gran efecto en la coagulación

La contraindicación que se puede tener con el uso de este láser es similar con Co₂, Diodo, argón.

Los láseres no quirúrgicos son los comprendidos en la terapia foto dinámica y en la láser terapia. (terapéuticos)

El componente también es un diodo láser como en los quirúrgicos pero su diferencia es la potencia de salida que se tiene mientras que los quirúrgicos tienen salida en watts los terapéuticos su salida es en miliwatts. sus funciones son de analgesia, desinflamatoria, y de estimulación.

La contraindicación principal es el desconocimiento de la cantidad de energía depositada en los diferentes tejidos así como los objetivos buscados.

CONCLUSIONES

El laser es sin duda uno de los temas mas controvertidos esto se debe en gran parte, a la desinformación que causa los reportes basados en estudios con nula validez, es por eso que debemos seleccionar con mucha precaución la información para lograr alcances reales.

Que el rayo laser se haya introducido a la odontología brinda sin duda grandes ventajas, sin embargo la legislación ante la practica de esta tecnología nos traerá muchos sinsabores, a pesar de que el paciente cambia de una relación tensa e incómoda por una más relajada y amistosa, de esta manera el estrés, la aprensión y la incomodidad están siendo cambiadas por la tecnología laser. La confianza del paciente se incrementa y el estrés es altamente reducido.

Es importante mencionar que el conocimiento de la física del laser es básico para poder llevar a cabo una buena aplicación y solicitar a quien de esto sea responsable la legislación correspondiente y estricta para bien del paciente y del que ofrece el servicio. Teniendo en cuenta que no existe un manual de uso aplicación (ya que estos varían de una compañía a otra).

Antes de utilizar esta tecnología debemos preguntarnos que es lo que conocemos del laser. Que tipo de capacitación necesitamos para utilizarlo, y quizás la pregunta más importante cuantos pacientes están dispuestos a pagar un tratamiento con laser para saber si es realmente costeable, y no caer como muchos en tener tecnología de punta y no saber utilizarla.

BIBLIOGRAFÍA

Ostapchenko, E. Iniciación al láser. Barcelona: Marcombo, 1975

Carrol, J. M. Fundamentos y aplicaciones del láser. Barcelona: Editorial Boixareu, 1978.

Hecht, J. y Teresi, D. El rayo láser. Barcelona: Editorial Argos Vergara, 1982.

Orza Segade, J. M. y otros. Láseres. En colección Nuevas Tendencias. Madrid: Ediciones C.S.I.C., 1986

Mauldin, John. Luz, láser y óptica. Madrid: Editorial McGraw-Hill, 1991

ABOITES Vicente. El Láser. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 1991. Pgs. 59 –69

Han, M. La vida secreta de los cuantos. Madrid: Editorial McGraw-Hill, 1992.

.

- ◆ Laser Surg. Med. 1994. 15(3):269-76. SEM comparison of acid-tached, CO2 laser irradiated, and combined treatment on dentin surfaces.

- ◆ Journal Endodontics 1995 Jan. 21(1): 4-8. Effects of a CO2 laser on human root dentin.

- ◆ Journal of Endodontics. 21(9):464-9, 1995 Sep. Comparision of sealing ability of laser-softened, laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha.

- ◆ Endodontics and dental Traumatology. 11(5): 225-8, 1995 Oct. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate tree calcium hydroxide-based sealers.

- ◆ International Endodontics Journal 1996 Jan. 29(1):13-22. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd:YAG, CO2 and Argon laser.

- ◆ Journal of Endodontics. 22(2): 71-3, 1996 Feb. Apical leakageafter root canal filling with an experimental calcium hydroxide gutta-percha point.

- ◆ Journal Clinic Laser Med. Surg 1996 Feb. 14(1):17-21. The radicular dentine temperature during laser irradiation: an experimental study.

◆ Australian Dental Journal. 43(4):262-8, 1996 Aug. An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed guttapercha with Ketac-Endo and AH-26.

◆ Journal Clinic Periodontal 1997 Sep. 24(9 pt 1): 595-602. The effects of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study.

International Endodontics Journal. 30(5): 332-4, 1997 Sep. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer.

Rechman P,Goldin DS.Henning T. Er:YAG lasers in dentistry: An overview.In: Featherstone JDB,Rechmann P,Fried DS,ed. Lasers in dentistry IV, San Jose, California, Proc.SPIE 3248. SPIE-The International Society for Optical Engineering,Bellingham,WA,1998:2-13

□ Fife CG,Zwahlen BJ,Ludlow TN,White JM. Preparation time and pulpal temperature effects of Er-YAG laser treatment.J Dent Res 1998; 77 (Spec.Issue A) : 284,abstract 1428

- ◆ Journal Endodontics 1998 Feb. 24(2):77-81. Scanning electron microscopic study of dentin lased with Argon, CO2 and Nd:YAG laser.

- ◆ Journal of Endodontics. 24(5):343-5, 1998 May. Apical saling ability of glass ionomer sealer with and without smear layer.

- ◆ Journal Clinic Laser Med. Surg 1998 Jun. 16(#):167-73. Morfhological and atomic analytical changes after CO2 laser irradiation emitted at 9. Microns on human dental hard tissues.

- ◆ Journal Periodontology 1999 Sep. 70(9): 1046-52. Effect of CO2 laser on periodontally involved root surfaces.