

11234
2 y 2/

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO DE OFTALMOLOGIA
FUNDACION " CONDE DE VALENCIANA "

IRIDOTOMIAS CON EL LASER DE NEODIMIO:YAG

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO EN
OFTALMOLOGIA
DRA. GRACIELA KATO AGUILAR

MEXICO, D. F.

1989

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N T R O D U C C I O N

Al correr de los años, el hombre ha buscado los conocimientos necesarios para dar a su organismo el máximo de cuidados. La necesidad de extender su periodo vital ha llevado al hombre a instrumentar la salud, primero empíricamente, después técnica y científicamente.

Los avances de la ciencia y de la tecnología han permitido mejorar substancialmente algunos procedimientos de la cirugía oftalmológica; pero la moderna ciencia visual tiene una enorme deuda de gratitud con el pasado. Las teorías y los experimentos de precursores como Albert Einstein siguen ejerciendo poderosa influencia en las investigaciones actuales.

Un invento de relativamente reciente adquisición es el rayo laser, forma de luz muy especial, que la oftalmología puede utilizar en un número de maneras asombroso. La terapéutica del glaucoma con rayos laser aparece a partir de los años 70, como una alternativa al tratamiento quirúrgico en aquellos pacientes en los que el tratamiento máximo tolerado no lograba el adecuado control de la presión intraocular.

El presente trabajo, tiene como fin dar a conocer: la historia y fundamentos del rayo laser en oftalmología, así como los resultados de un estudio clínico prospectivo con el laser de Neodimio:YAG para realizar iridotomías.

I N D I C E

Pag.

1.	HISTORIA	
1.1	HISTORIA DEL DESARROLLO DEL LASER.....	1
1.2	HISTORIA DE LOS LASERS EN OFTALMOLOGIA.....	5
2.	FUNDAMENTOS	
2.1	CONCEPTO DEL LASER.....	11
2.2	LASER DE NEODIMIO:YAG.....	15
3.	REPORTE CLINICO	
3.1	RESUMEN.....	20
3.2	INTRODUCCION.....	21
3.3	MATERIAL Y METODO.....	23
3.4	RESULTADOS.....	25
3.5	DISCUSION.....	39
3.6	CONCLUSIONES.....	43
	BIBLIOGRAFIA.....	45

I. HISTORIA

1.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DEL LASER

La historia del desarrollo del laser es básicamente la historia de siete hombres. Tres de ellos -el norteamericano Charles H. Townes, y los rusos Nikolai G. Basov y Aleksander M. Prokhorov- compartieron el premio nobel en 1964 por sus estudios y trabajos que condujeron finalmente a la invención del laser. Un cuarto hombre, Arthur L. Schawlow, colaborando con Townes obtuvo la primera patente norteamericana que cubria los principios fundamentales del rayo laser, y también compartió el Premio Nobel de Física en 1981, por el uso del rayo laser aplicado al estudio de la naturaleza de los átomos y las moléculas. Otro hombre, Theodore Harold Maiman, trabajando solo, construyó el primer laser en 1960. Un sexto hombre, Gordon Gould también tuvo un papel en el desarrollo del laser (I).

Estos 6 hombres hicieron el trabajo pionero en 1950. Pero para hacer justicia a la historia del laser, tenemos que retroceder 60 años antes, al séptimo hombre, Albert Einstein que sentó las bases teóricas para construir los rayos laser.

La historia comienza en 1916, cuando Albert Einstein estaba estudiando los procesos involucrados en los electrones del átomo. Normalmente los electrones pueden absorber o emitir luz. De hecho, los electrones emiten luz espontáneamente sin ninguna intervención externa. En 1917 Einstein propuso que las partículas de luz con energía de una frecuencia específica podrían estimular a los electrones de un átomo para emitir energía radiante, como luz de la misma frecuencia. En este fenómeno se basa el funcionamiento del laser. Aunque las

predicciones de Einstein fueron verificadas en 1928 por - R. Landenberg, no fué sino hasta los años de 1950 que alguien consideró seriamente construir un aparato que hiciera uso de ese fenómeno (2).

Einstein descubrió la emisión estimulada, pero para construir el laser se necesitaba la amplificación de esa emisión.

En 1951 se construyó el primer amplificador de emisión estimulada con una patente soviética, por V. A. Fabrikant y dos de sus estudiantes. Sin embargo no se publicó sino hasta 1959, y por lo tanto no tuvo influencia en otras investigaciones (I).

En 1953 Joseph Weber, de la Universidad de Maryland, propuso la amplificación de la emisión estimulada, un concepto que se exploró con mucho más detalle al año siguiente en un reporte dado por los dos rusos Basov y Prokhorov (I).

En 1951 Charles K. Townes asistió a una reunión de físicos en Washington D. C., y le tocó compartir el cuarto del hotel con Arthur Schawlow. El interés de Townes era, cómo generar ondas de corta longitud para aplicación en la investigación, y el día 26 de Abril de ese año, estando en el parque Franklin de Washington se dió cuenta de las condiciones que necesitaba para amplificar la emisión de microondas estimuladas. Supuso que podría obtener moléculas de amoniaco "excitadas" haciendo llegar a ellas energía, calorífica o eléctrica, y seguidamente pensó exponer dichas moléculas excitadas a un rayo de microondas de la frecuencia natural de la molécula de amoniaco o incluso a un rayo más débil. Una molécula incidida por una microonda de este tipo, adquiriría el estímulo de emitir su propia energía en la forma de una microonda del mismo tipo, que a su vez incidiría

sobre otra molécula ocasionando la respectiva pérdida de energía. El rayo incidente débil primitivo de microondas actuaría como un iniciador de cascada, reacción en cadena que finalmente produciría toda una avalancha de microondas. Formuló el problema como tesis tónica y se la dió a trabajar a uno de sus estudiantes graduados en la Universidad de Columbia, James P. Gordon (I).

Tres años más tarde, en Columbia, Gordon, Townes y Herbert Zeiger obtuvieron el primer MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

En los años siguientes los Masers proliferaron, pero desafortunadamente hubo pocos usos para los masers. Los físicos pronto empezaron a buscar otras áreas del espectro electromagnético, específicamente la luz visible y la luz infrarroja, y así comenzó la gran carrera hacia el laser.

En Septiembre de 1957, Townes diseñó un esquema para un "maser óptico" que podría emitir luz visible, e invitó a colaborar en la construcción a su viejo amigo Arthur Schawlow (I).

En Noviembre de 1957, Gordon Gould dibujó su propia idea de como construir un laser. Se dió cuenta que el laser era una fuente no térmica de luz y que podía ser capaz de generar temperaturas más elevadas que la propia (I).

Theodore H. Maiman, un físico, en Malibú, California había estado trabajando con un rubi sintético como un cristal maser, y había estudiado el material cuidadosamente. Otros investigadores habían desechado al rubi como candidato para producir el laser, debido a las características internas de sus átomos, pero los

cálculos de Maiman lo convencieron que era el material adecuado para trabajarlo. Construyó un pequeño artificio en el cual un cristal cilíndrico de rubí de un centímetro de diámetro, con extremos cuidadosamente pulidos, planos y paralelos, y rodeado por una lámpara helicoidal de destellos. Cuando los destellos de luz duraban pequeñas millonésimas de segundo producían pequeños pulsos de luz laser. El 7 de Julio de 1960 Maiman anunció a la prensa que había operado el primer rayo laser. El laser de Maiman producía cerca de 10,000 watts de luz, pero solamente por pocas millonésimas de segundo cada vez, la luz era tan cercana al extremo rojo que apenas era visible, requería de instrumentos sofisticados para mostrar que los pulsos de luz no eran fluorescencia ordinaria, sino que era un tipo de luz que nunca se había visto antes, la luz laser. Fue el inicio de la Era laser (I,2).

El primer laser de gas, y dos lasers cristalinos se construyeron en 1960, uno de éstos últimos fue realizado por Schawlow. Dos nuevos lasers fueron hechos en 1961, uno de ellos por Gould, siendo su material activo el Cesio. El desarrollo del primer laser de bióxido de Carbono (CO₂), se le acredita a C. K. N. Patel, en 1963 (I,2).

Pronto se encontró que muchas otras substancias podían servir como medios activos para la emisión laser.

1.2 HISTORIA DE LOS LASERS EN OFTALMOLOGIA

El reconocimiento de que la energía radiante del sol podía dañar al ojo humano fue el primer escalón en el desarrollo de la fototerapia ocular. El diálogo titulado Fedón de Platón contiene un pasaje en el cual Sócrates advierte que uno debe tener cuidado de no ver directamente al sol durante un eclipse, sino que hay que mirar dicho reflejo en el agua o en algún otro medio. La primera descripción de un escotoma central debido a la quemadura solar de la retina fue reportada por Bonetus (1620-1689). Las descripciones de la apariencia oftalmoscópica de las quemaduras solares se volvieron muy abundantes después del inicio del uso del oftalmoscopio, creado por Helmholtz en 1850 (3).

El concepto de una iridectomía fue primeramente introducido por Albrecht Von Graefe en 1856 como terapia para glaucomas de tensiones intraoculares muy elevadas (4,5).

Czerny (1867) y Deutschmann (1882), enfocaron la luz del sol en las retinas de conejos por medio de un espejo cóncavo y lentes convexas y notaron la aparición de quemaduras de color grisáceo que finalmente produjeron cicatrices hiperpigmentadas. La monumental monografía de 1916, escrita por Verhoeff, Bell y Walker denominada Efectos Patológicos de la Energía Radiante en el Ojo fue una contribución importante para el desarrollo de la fotobiología (3).

No fue sino hasta en 1920 en que Curran se dió cuenta que las iridectomías funcionaban mejor en aquellos casos en que el ángulo del ojo era estrecho. En 1952 Chandler introdujo el método utilizado generalmente para realizar una iridectomía. El

procedimiento es relativamente seguro, pero no está exento de complicaciones; entre éstas las principales son: iridectomias incompletas, filtración por la herida quirúrgica, aplanamiento de la cámara anterior, formación de catarata, endoftalmitis y glaucoma maligno. Para reducir estas complicaciones quirúrgicas, la energía luminosa ha sido utilizada para realizar iridotomias, sin necesidad de abrir el ojo. El hecho de aplicar la energía luminosa al ojo es anterior a la aparición del rayo laser (4).

La historia moderna de la fotocoagulación se inicia con el trabajo de Gerd Meyer-Schwickerath, un joven oftalmólogo de la Universidad de Hamburgo. El demostró que la energía radiante enfocada podría usarse para crear lesiones corio-retinianas de valor clínico. Su interés se despertó por la observación personal de varios pacientes que habían sufrido daño macular durante el eclipse solar del 10 de Julio de 1945. La primera fuente que utilizó Gerd Meyer para la fotocoagulación de un ojo humano fué el arco de Carbón. Desafortunadamente la intensidad para producir una lesión en el ojo humano era mucho mayor que la requerida para el ojo del conejo y no pudo lograrse la lesión buscada con el arco de Carbón. Desarrolló, posteriormente, un fotocoagulador que usaba la luz del sol como fuente de energía; sin embargo, los frecuentes días nublados en el norte de Europa hicieron que el fotocoagulador de luz solar fuera impráctico. En 1850 sus experiencias junto con las del Littman cristalizan con la creación del arco de Xenón para fotocoagulación a nivel del iris intentando perforarlo. Sin embargo, se presentaron problemas a nivel corneal y opacidades del cristalino debido al

gran periodo de descarga del Xenón (3,4,6,7,8,9,10).

Zaret, en 1961, empleó un laser de rubí para fotocoagular el iris y la retina en conejos. Para 1963, Campbell, Koester y Zweng habian desarrollado un sistema para fotocoagulación retineana empleando un laser de rubí (3,5,6,10,11).

En 1962, Hellwarth desarrolló la técnica del laser Q-switched, lo cual hizo posible la cración del laser de rubí con pulsos de duración breve (3).

En 1964, Flocks y Zweng realizaron iridotomías con el laser de rubí, teniendo poco éxito en los iris de color azul. Beckman realizó iridotomías usando una gran cantidad de energía en periodos cortos de duración, sin embargo él también tuvo poco éxito en iris de color claro (3,5,6,10,11).

Muchos créditos deben ser para Zweng, L'Esperance, y Patz quienes de 1968 a 1972 reportaron su trabajo de adaptación de un laser de Argón a una lámpara de hendidura. Con esta adaptación hubo poca absorción de la energía del laser por medios oculares (cristalino, córnea) y la quemadura producida por el laser fué dependiente de la presencia de pigmento y gránulos de melanina. Este trabajo pionero verdaderamente abrió las puertas para el uso de lasers en el tratamiento de enfermedades vasculares retineanas y del glaucoma. Entre 1970 y 1976 los primeros trabajos experimentales con el uso del laser de Argón en la producción de iridotomías fué publicado (3,5,6,10,11).

En 1971 se realizaron experimentos de fotocoagulación con el laser de Cripton y el de Neodimio: YAG (3).

Abraham (1972), Khuri (1973), Anderson (1975) y Pollack

(1976) reportaron series exitosas de pacientes en quienes la energía laser de Argón fuè utilizada para realizar iridotomias (5,10,11).

En 1973, Krasnov fuè el primero en demostrar que los pulsos de alta energía podían usarse para producir una ruptura deseable clínicamente en las estructuras oculares. En 1972, él reportó el uso de un laser de rubí tipo Q-switched para tratar la malla trabecular de los ojos que tenían glaucoma de ángulo abierto (9,11).

En 1979, Gaasterland realiza lo que probablemente fuè el primer corte en una membrana pupilar con el laser de rubí tipo Q-switched (3).

Varios descubrimientos convergieron en hacer la fotodisrupción (uso de pulsos de laser ionizante de alta potencia para romper los tejidos) oftálmica en una herramienta práctica y deseable: el uso de los lasers de Neodimio tipo Q-switched y Mode-locked, los estudios pioneros de Aron-Rosa y Fankhauser, y el aumento de la cirugía de extracción extracapsular de catarata acompañándose de la necesidad, en algunos casos, de la capsulotomía posterior. Fankhauser y sus asociados Van der Zypen, Bebie, y Loertscher adaptaron un laser de Neodimio: YAG (Nd:YAG) a una lámpara de hendidura, y realizaron estudios clínicos y experimentales dirigidos hacia nuevas técnicas para la terapéutica del Glaucoma. Aron-Rosa, en Octubre de 1978 reconoció la utilidad del laser de Neodimio:YAG para realizar capsulotomía posterior después de una extracción de catarata. En Abril de 1981, ella reportó sus resultados clínicos, este reporte marca el inicio del desarrollo y

utilización clínica del laser de Neodimio:YAG (3).

2. FUNDAMENTOS

2.1 CONCEPTO DEL LASER

El laser es una de las fuentes de energía luminosa. "LASER" es un acrónimo que se forma con las letras iniciales de unas palabras científicas en inglés: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, las palabras indican lo que el laser puede hacer, es decir: amplificación de la luz por medio de la emisión de radiaciones estimuladas. Un laser es básicamente un aparato que almacena energía para después liberarla concentrada en un haz de luz muy intenso.

Las propiedades de la luz laser son: monocromaticidad, direccionalidad, coherencia, polarización e intensidad.

Los lasers emiten la luz en una sola longitud de onda y algunas veces en una combinación de varias longitudes de onda que pueden separarse fácilmente; de esta manera se logra obtener un haz de luz puro o monocromático. Otra propiedad útil del monocromatismo, es que no existe la aberración cromática en los sistemas de enfoque con lentes; de este modo la luz monocromática se puede enfocar a puntos más pequeños que aquellos logrados con la luz blanca (12, 13).

La segunda propiedad de la luz laser es la direccionalidad. Los laser emiten un haz de luz estrecho. Un rayo de laser tiene una divergencia de haz de un mili-radián (mrad), lo cual indica que el haz aumenta alrededor de un milímetro en diámetro por cada metro viajado. Dicha direccionalidad hace que sea fácil concentrar toda la energía luminosa en un simple sistema de lentes y enfocar esa luz a un punto pequeño (12, 13).

La coherencia es el término más asociado con los lasers, el

2.1 COCEPTO DEL LASER

El laser es una de las fuentes de energí luminosa. "LASER" es un acróstico que se forma con las letras iniciales de unas palabras científicas en inglés: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, las palabras indican lo que el laser puede hacer, es decir: amplificación de la luz por medio de la emisión de radiaciones estimuladas. Un laser es básicamente un aparato que almacena energía para después liberarla concentrada en un haz de luz muy intenso.

Las propiedades de la luz laser son: monocromaticidad, direccionalidad, coherencia, polarización e intensidad.

Los lasers emiten la luz en una sola longitud de onda y algunas veces en una combinación de varias longitudes de onda que pueden separarse fácilmente; de esta manera se logra obtener un haz de luz puro o monocromático. Otra propiedad útil del monocromatismo, es que no existe la aberración cromática en los sistemas de enfoque con lentes; de este modo la luz monocromática se puede enfocar a puntos más pequeños que aquellos logrados con la luz blanca (12, 13).

La segunda propiedad de la luz laser es la direccionalidad. Los laser emiten un haz de luz estrecho. Un rayo de laser tiene una divergencia de haz de un mili-radian (mrad), lo cual indica que el haz aumenta alrededor de un milímetro en diámetro por cada metro viajado. Dicha direccionalidad hace que sea fácil concentrar toda la energía luminosa en un simple sistema de lentes y enfocar esa luz a un punto pequeño (12, 13).

La coherencia es el término más asociado con los lasers, el

2.1 COCEPTO DEL LASER

El laser es una de las fuentes de energía luminosa. "LASER" es un acróstico que se forma con las letras iniciales de unas palabras científicas en inglés: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, las palabras indican lo que el laser puede hacer, es decir: amplificación de la luz por medio de la emisión de radiaciones estimuladas. Un laser es básicamente un aparato que almacena energía para después liberarla concentrada en un haz de luz muy intenso.

Las propiedades de la luz laser son: monocromaticidad, direccionalidad, coherencia, polarización e intensidad.

Los lasers emiten la luz en una sola longitud de onda y algunas veces en una combinación de varias longitudes de onda que pueden separarse fácilmente; de esta manera se logra obtener un haz de luz puro o monocromático. Otra propiedad útil del monocromatismo, es que no existe la aberración cromática en los sistemas de enfoque con lentes; de este modo la luz monocromática se puede enfocar a puntos más pequeños que aquellos logrados con la luz blanca (12, 13).

La segunda propiedad de la luz laser es la direccionalidad. Los laser emiten un haz de luz estrecho. Un rayo de laser tiene una divergencia de haz de un mili-radián (mrad), lo cual indica que el haz aumenta alrededor de un milímetro en diámetro por cada metro viajado. Dicha direccionalidad hace que sea fácil concentrar toda la energía luminosa en un simple sistema de lentes y enfocar esa luz a un punto pequeño (12, 13).

La coherencia es el término más asociado con los lasers, el

grado de coherencia es la extensión en la cual el campo electromagnético de la onda de luz varía regular y predeciblemente en tiempo y espacio. La polarización es otro aspecto de la coherencia, la polarización se incorpora en el sistema laser para permitir su transmisión máxima a través del medio sin perder nada a causa de la reflexión (12, 13).

En la mayor parte de las aplicaciones médicas la propiedad más importante es el brillo o intensidad; intensidad es la potencia de un rayo de un tamaño angular dado. Brillo es la intensidad por unidad de área. La salida del laser se cuantifica en joules o watts. En los lasers oftálmicos con rayos continuos de luz, como los de Argón y Criptón, se mide la potencia en watts; mientras que en laser pulsátil, como el Nd:YAG, la potencia se da en joules (12, 13).

En suma la direccionalidad, polarización y coherencia y en cierto modo la monocromaticidad aumentan la característica más importante de los lasers que es su brillo.

Todos los equipos laser tienen tres elementos fundamentales: la sustancia emisora, que proporciona átomos, iones o moléculas que producen la amplificación de la luz; una fuente de energía para excitar el medio y un resonador óptico para facilitar la retroalimentación de la luz que se amplifica (12, 13).

No todas las sustancias tienen las propiedades para ser medios emisores laser, puesto que un medio eficaz de emisión laser debe ser suficientemente excitable para alcanzar el estado que se conoce como "inversión de población". En esta condición hay una ganancia neta en la luz que se genera. Es decir, el medio excitado produce más fotones de los que absorbe. Ciertos

materiales, incluyendo sólidos, líquidos y gases son capaces de mantener la amplificación de la luz. La variedad de los medios emisores en los equipos laser de estado sólido es menor, aunque una barra de rubí sintético haya sido el primer material que se empleó con éxito para efectuar el fenómeno de emisión laser. De los equipos laser de estado sólido, los tipos Nd:YAG y Nd:cristal son los que se emplean más comúnmente.

En esencia, el fenómeno de la emisión laser está determinado por la capacidad que tienen los fotones (fotón es una cantidad de energía la cual es proporcional a la frecuencia de la radiación) para estimular la emisión de otros fotones, cada uno con igual longitud de onda y dirección de desplazamiento que los primeros.

Conforme a la teoría cuántica, los átomos y las moléculas tienen niveles definidos de energía y pueden pasar de un nivel a otro en saltos discontinuos. El cambio de energía necesario para un salto, es dado por la absorción o la emisión de una cantidad discreta de radiación electromagnética. Las frecuencias de la radiación y los intervalos entre los niveles de energía son característicos del átomo y por tanto difieren de elementos a elementos (13).

En condiciones normales, la mayoría de los átomos o moléculas permanecen en su nivel más bajo de energía o estado fundamental. Cuando estas partículas son excitadas por un destello de luz, por una descarga eléctrica o por otros medios y pasan a un nivel de energía superior, al regresar de nuevo al estado fundamental, emiten energía en forma de fotones. En una cavidad laser, tales fotones emitidos quedan atrapados entre

espejos paralelos y altamente pulidos, forzándolos a reflejarse hacia adelante y atrás dentro de la cavidad. Siempre que un fotón pase cerca de otra partícula excitada con la misma energía esta segunda partícula será estimulada para que emitan un fotón que será idéntico en longitud de onda, fase y coherencia espacial al primero. Ambos fotones son ahora capaces de estimular la emisión de más fotones semejantes a ellos mismos y éstos también formarán parte de la cantidad creciente de fotones entre los espejos. La emisión laser empieza cuando hay suficientes fotones dentro de la barra. Si uno de los espejos es parcialmente transparente, se emite un haz de luz coherente, intenso y altamente ordenado (13).

Los lasers oftálmicos generalmente son usados en dos formas: a) con emisión continua de la onda, los cuales producen calor y coagulan el tejido; la otra modalidad es b) la emisión pulsada del rayo, en la cual la excitación persiste por un corto periodo de tiempo (nanosegundo o picosegundo) adquiriendo una alta densidad del poder, lo que afecta el campo eléctrico y produce ondas de presión, choque y acústicas. Los lasers pulsados desintegran el tejido independientemente del color, naturaleza química o consistencia, el efecto sobre el tejido es causado por fuerzas físicas más que por coagulación. El laser de Nd:YAG entra dentro de esta categoría (13).

2.2 LASER DE NEODIMIO:YAG

El laser de Nd:YAG es un laser sólido, su elemento activo es el itrio, aluminio y el granate (YAG); está recubierto con iones de Neodimio (Nd). Su longitud de onda se encuentra en la escala infrarroja (1.06 nanómetros) lo que la hace no visible (14, 15).

Los lasers de Nd:YAG están diseñados para concentrar la energía en un punto focal y producir pulsos de muy poca duración. La concentración de la energía liberada y enfocada en un pequeño punto de densidades de poder muy altas (1.5 a 8×10^{12} watts/cm²). Por cada milijoule de energía de salida, la densidad de poder en el punto focal será de (1×10^{12} W/cm²) cuando el laser se encuentra en la escala de picosegundo (16).

La energía concentrada en un pequeño volumen, produce una "onda de choque" que se extiende en forma radiada a partir del punto focal y desintegra los tejidos en los cuales se enfocó el rayo. La interacción laser/materia se llama "desintegración óptica" (optical breakdown), y esto sucede cuando los campos electrónicos son suficientemente fuertes para sacar a sus electrones fuera de sus átomos produciendo ionización del tejido y formación del plasma. En un plasma los electrones que se encuentran disociados de sus átomos, los cuales se tornan iones positivos en un proceso que sucede en la presencia de fotones. De este modo el plasma es un conductor de la electricidad, igual que un metal, pero en la mayor parte de sus propiedades el plasma se conduce como gas. Se considera al plasma adecuadamente, como un cuarto estado de la materia, junto con los sólidos, líquidos y gases, en cierta manera semejante a la antigua creencia de que

existían 4 elementos fundamentales que eran: aire, agua, tierra y fuego (17).

Pierre Augé demostró que la formación del plasma requiere de 3 pasos: preionización, ionización y absorción. La preionización es la producción de electrones iniciales que inducen la formación subsecuente del plasma. Este proceso puede variar dependiendo de si el depósito de energía es instantáneo como sucede con los lasers de picosegundos o gradual como en los lasers de nanosegundos. La ionización es la expansión de la producción del plasma y se debe a una avalancha de electrones en la cual la energía se transfiere al pulso del laser de YAG. El pulso de absorción principia cuando la población de electrones aumenta a un grado tal que excede una densidad crítica y el plasma entonces refleja, absorbe o disemina la luz subsecuente del pulso (18, 19).

También existe vaporización en el sitio de la formación del plasma, con un incremento muy alto de la temperatura, pero la cual sólo se difunde a unas pocas micras (mientras más lentos son los pulsos del rayo, la elevación térmica será mayor). Se ha calculado que la temperatura no es mayor de 2×10^{-3} grados Celsius, lo cual no se considera peligroso para las estructuras oculares (18, 20).

En la clínica se usan dos tipos de laser de YAG: el Q-switched y el Mode-locked, la diferencia entre los dos está relacionada a la duración del pulso, que en el caso del Q-switched se encuentra en el rayo de los nanosegundos, y para el Mode-locked trabaja en picosegundos.

Durante el disparo del laser de YAG, en la realidad se producen de 6 a 8 pulsos, con una duración de 3 a 30 nanosegundos en el caso del Q-switched en contraste con la poca duración del pulso único proveniente del Mode-locked que tiene una duración de 20 a 100 picosegundos (16, 21).

La onda de choque del laser a velocidad de picosegundo es más corta y por tanto más limitada, que la onda producida por el tipo Q-switched, la cual es más amplia y prolongada. La onda de choque más poderosa del laser tipo Q-switched se adapta mejor para el tratamiento del glaucoma: para efectuar iridotomias, para reabrir trabeculectomias bloqueadas o para realizar trabeculoplastias (16, 21).

El tipo Mode-locked tiene un mecanismo pasivo que consiste en células que contienen una solución teñida fotosensitiva, las células se localizan en una cavidad adyacente al espejo posterior. Cuando el medio de laser se estimula, los fotones liberados empiezan a blanquear la solución teñida, cuando hay suficiente blanqueamiento entre ambos espejos la cavidad del laser se abre a los fotones y empieza el proceso de amplificación de la luz. Una propiedad intrínseca de la solución teñida es que su tiempo de recuperación después del blanqueamiento es muy rápido generalmente unos pocos picosegundos. El resultado de la interacción entre células teñidas y los fotones es un simple pulso de luz que dura únicamente unos picosegundos (16, 21).

El segundo tipo es el mecanismo del Q-switched, en la mayor parte de los lasers es un mecanismo electroóptico (células de Pockell). La conmutación Q produce el efecto de un obturador que

se moviera rápidamente, interceptando y dejando pasar el haz, limitando la salida de la luz hasta que se almacena gran cantidad de energía radiante en el resonador. Cuando el obturador queda abierto finalmente, se libera un gran pulso de potencia. El obturador polarizante se localiza generalmente dentro del tubo laser a cierta distancia de los tubos reflectores (16, 21).

El efecto deseado de los rayos laser pulsados de Nd:YAG, es el "cortar" tejidos en una modalidad considerada como no invasiva, desde el punto de vista mecánico. Con la popularización de la "técnica extracapsular" para extracción de catarata, surgió la primera indicación del rayo laser de Nd:YAG; con el tiempo se le han encontrado nuevas aplicaciones (22, 23, 24, 25), como son las siguientes:

- 1) Capsulotomías anterior (22).
- 2) Capsulotomías posterior (26, 27, 28, 29, 30).
- 3) Ablandamiento del núcleo cristalino (31).
- 4) Tratamiento de membranas fibrosas (32).
- 5) Tratamiento de bloqueo vítreo-pupilar (33, 34).
- 6) Sección de bandas de vítreo, en C.A. atrapadas con herida córneo-escleral (35, 36).
- 7) Apertura de trabeculectomías quirúrgicas cerradas (37, 38).
- 8) Iridotomías (39).
- 9) Trabeculopuntura (40, 41).
- 10) Ciclodialisis y Goniotomía (24).

3. REPORTE CLINICO

3.1 RESUMEN

En el campo de la terapéutica antiglaucomatosa, tratando de evitar al máximo técnicas invasivas para el paciente, se han buscado nuevas alternativas, como ejemplo de ello tenemos la utilización del laser de Neodimio:YAG para realizar iridotomias. Este procedimiento tiene pocas complicaciones y por lo mismo se ha incrementado su utilización en los últimos años.

En el presente estudio se analizan los resultados obtenidos en 51 pacientes (84 ojos) a quienes se les efectuó iridotomía con el laser de Neodimio:YAG con un seguimiento de 3 meses. Se obtuvieron resultados satisfactorios en un porcentaje alto de pacientes, comparables a la mayoría de los resultados de otros autores reportados en la literatura.

3.2 INTRODUCCION

En 1856 Albrecht von Graefe fué el primero en reportar como efectiva, la realización de una iridectomía quirúrgica en sector, para el tratamiento del glaucoma. La idea de una iridectomía periférica como un tratamiento efectivo fué introducida por varios cirujanos alrededor de 1890 (4).

El uso del laser en el tratamiento del glaucoma de ángulo cerrado fué un gran avance clínico sobre la iridectomía quirúrgica. En el año de 1956 Meyer-Schwickerath fué el primero en usar un fotocoagulador de arco de Xenón para realizar perforaciones a nivel del iris humano. En el año de 1970 varios autores reportaron el uso exitoso del laser de Argón para producir iridotomías (6).

Desde que R. K. Abraham en 1972, describió su técnica para realizar iridotomías con la finalidad de tratar a los pacientes con glaucoma por cierre angular, han sido publicados gran cantidad de trabajos en relación con esta técnica no invasiva; como una alternativa válida a la intervención quirúrgica. Abraham diseñó un sistema de lentes para facilitar la iridotomía, el cual es una lente de Goldmann modificada que tiene en su periferia una lente plano-convexa de 66 dioptrías con lo cual se consigue incrementar el poder del impacto 4 veces, ya que concentra el rayo de luz y lo hace converger en forma mucho más aguda; su punto focal está a 15 mm. Presenta el inconveniente de que por ser pequeño, el paciente lo puede expulsar fácilmente y esto puede dificultar su uso (6).

Quigley en 1981 expuso las ventajas de las iridotomías con

laser: ya que es posible evitar las complicaciones que resultan de la anestesia retrobulbar o general, de la filtración de la herida con subsecuente aplanamiento de la cámara anterior; otras ventajas son que no es necesario que se hospitalice el paciente y que además no existe posibilidad de infección (10).

Fankhauser y colaboradores fueron los primeros en utilizar el laser de Neodimio:YAG tipo Q-switched para realizar iridotomias. Ellos tuvieron 100% de éxito en sus primeros 85 pacientes. Estas investigaciones han estimulado estudios sobre las variaciones de la presión intraocular debido a la energía del laser en el ojo (3).

La forma de acción del laser de Neodimio:YAG tipo Q-switched es la fotodisrupción, esta última crea una "onda de choque" con su consecuente efecto mecánico de corte en los tejidos (3).

OBJETIVO DEL TRABAJO

Los principales propósitos de esta investigación fueron el de reportar nuestra experiencia con el laser de Neodimio:YAG para realizar iridotomias y estudiar los cambios de la presión intraocular que ocurren después del impacto del laser en el iris.

3.3 MATERIAL Y METODO

Este estudio fué realizado en el departamento de Glaucoma del Instituto de Oftalmología Fundación "Conde de Valenciana", de Febrero a Septiembre de 1988.

De los pacientes que acuden a la consulta del servicio de Glaucoma, a 51 de ellos se les realizó iridotomías. Se valoró: la edad, el sexo, lugar de residencia, antecedentes patológicos del paciente, capacidad visual, error de refracción, ángulo y excavación.

Todos los procedimientos fueron practicados ambulatoriamente con un laser de Neodimio:YAG tipo Q-switched (marca Sharplan 702 Oftálmico).

Antes de realizar el procedimiento, al paciente se le tomaba la presión intraocular, se anestesiaba tópicamente con Clorhidrato de Tetracaina el ojo a tratar, se colocaba al paciente cómodamente en la lámpara de hendidura y se le explicaba el procedimiento a fin de lograr la mayor colaboración. Se aplicaba el lente de Abraham y de preferencia en una cripta en cuadrante superior se efectuaban los disparos. Al terminar la iridotomía se aplicaba una gota de Maleato de Timolol al 0.5% y se tomaban controles subsecuentes de la presión intraocular que se realizaban: inmediatamente, a la hora, dos y tres horas. Se enviaba a su casa al paciente con una prescripción para que se administrara en forma tópica: Bromhidrato de Homatropina al 2% cada 8 horas y esteroide a base de Dexametasona en dosis decreciente por 10 días. Se valoraba al día siguiente la permeabilidad de la iridotomía y la tensión intraocular. Al

tercer mes una nueva valoración de la tensión intraocular era realizada.

3.4 RESULTADOS

En 51 pacientes (84 ojos) se realizaron iridotomías. Siendo el 50% de los ojos (42), ojos derechos. Cuarenta y nueve pacientes (80 ojos = 95.23%) presentaban iris de color oscuro, mientras que solamente 2 pacientes (4 ojos = 4.76%) tenían iris de color azul claro.

Cuarenta y un pacientes (80.39%) eran de sexo femenino y 10 (19.60%) eran de sexo masculino.

Edad:

Las edades oscilaron entre 9 y 87 años, teniendo como promedio 66 años, siendo el grupo de edad más numeroso el de 61-80 años con el 58.80%, seguido por el de 41-60 años con 23.52%.

Grupo	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje
1 - 20 años	1	-	1	1.96%
21 - 40 años	2	-	2	3.92%
41 - 60 años	12	-	12	23.52%
61 - 80 años	22	8	30	58.80%
Mayor de 80 años	4	2	6	11.76%

Residencia:

La mayor parte de los pacientes eran residentes de México, D.F.: 30 pacientes (58.82%); del Estado de México eran 8 (15.68%), y 13 residían en el interior de la República Mexicana (25.49%).

Lugar	No. de pacientes	Porcentaje
México, D.F.	30	58.82%
Estado de México	8	15.68%
Otros Estados:	13	25.49%
Chiapas	2	3.92%
Hidalgo	2	3.92%
Michoacan	2	3.92%
Veracruz	2	3.92%
Durango	1	1.96%
Guanajuato	1	1.96%
Oaxaca	1	1.96%
San Luis Potosi	1	1.96%
Tlaxcala	1	1.96%

Antecedentes patológicos del paciente:

El 96.07% de los pacientes tenían glaucoma crónico de ángulo estrecho o cerrado. Dos pacientes, uno con antecedentes de traumatismo ocular y otro con antecedente de cuadros de uveitis no eran glaucomatosos, sin embargo presentaban una cámara anterior estrecha motivo por el cual se les realizó la iridotomía en el ojo afectado. Tres pacientes (5.88%) eran áfacos y un paciente (1.96%) era pseudofaco con LIO de cámara posterior.

Antecedentes	No. de pacientes	Porcentaje
Glaucoma	49	96.07%
H.T.A.S.	17	33.33%
Diabetes Mellitus	12	23.52%
Traumatismo	1	1.96%
Uveitis	1	1.96%
Afaco	3	5.88%
Pseudofaco	1	1.96%
Rubeosis	1	1.96%

El 60.77% de los pacientes presentaban glaucoma de menos de un año de evolución. Todos los glaucomas eran primarios.

Tiempo	No. de pacientes	Porcentaje
Menos de 6 meses	21	41.17%
6 meses - 1 año	10	19.60%
1 año - 2 años	10	19.60%
2 años - 4 años	4	7.84%
4 años - 6 años	2	3.92%
6 años - 8 años	1	1.96%
Mayor de 8 años	1	1.96%

El 33.33% de los pacientes padecían de Hipertensión Arterial Sistémica, de éstos en el 21.56% la evolución de su Hipertensión era de menos de 5 años.

Tiempo	No. de pacientes	Porcentaje
Menos de 5 años	11	21.56%
6 años - 10 años	3	5.88%
11 años - 20 años	2	3.92%

21 años - 30 años 1 1.96%

El 23.52% de los pacientes padecían de Diabetes Mellitus, en la tercera parte de ellos, es decir en el 7.80% el tiempo de la evolución de la Diabetes era de menos de 5 años.

Tiempo	No. de pacientes	Porcentaje
Menos de 5 ans	4	7.84%
6 años - 10 años	4	7.84%
11 años - 20 años	3	5.88%
21 años - 30 años	1	1.96%

Diez pacientes (19.60%) presentaban ojos únicos, siendo la principal causa de pérdida del ojo contralateral un glaucoma neovascular (8.33%).

Causa de pérdida del ojo contralateral	No. de pacientes	Porcentaje
Glaucoma neovascular	7	8.33%
Glaucoma absoluto	1	1.19%
Eviscerado por glaucoma	1	1.19%
Desprendimiento de retina	1	1.19%

Capacidad Visual:

El 27.38% de los ojos tenían una capacidad visual de 15/15.

Capacidad Visual	Número de ojos	Porcentaje
15/15	23	27.38%
15/20 a 15/50	36	42.85%
15/60 a 15/200	8	9.52%
14/200 a 2/200	11	13.09%
1/200 a M.M.	5	5.95%
P.P.L.	1	1.19%

Error de Refracción:

El 57.12% de los ojos presentaban algún tipo de error de refracción siendo el más frecuente de éstos la hipermetropía (22.61%).

Error Refractivo	Número de ojos	Porcentaje
Hipermetropía (+0.50 a +16.00)	19	22.61%
Miopía (-1.00 a - 8.00)	9	10.71%
Astigmatismo Hipermetrópico	9	10.71%
Astigmatismo (-0.25 a - 1.50)	6	7.14%
Astigmatismo Miópico	5	5.95%
Neutro	7	8.33%
No valorable	29	34.52%

Angulo:

Prácticamente todos los pacientes presentaban ángulos estrechos o cerrados.

Angulo	Número de ojos	Porcentaje
0	31	36.90%
0 - I	27	32.14%
I - II	20	23.80%
II	6	7.14%

Excavación:

En el 77.36% de los ojos se encontraban excavaciones glaucomatosas. En un paciente no se pudo valorar la excavación debido a que presentaba catarata.

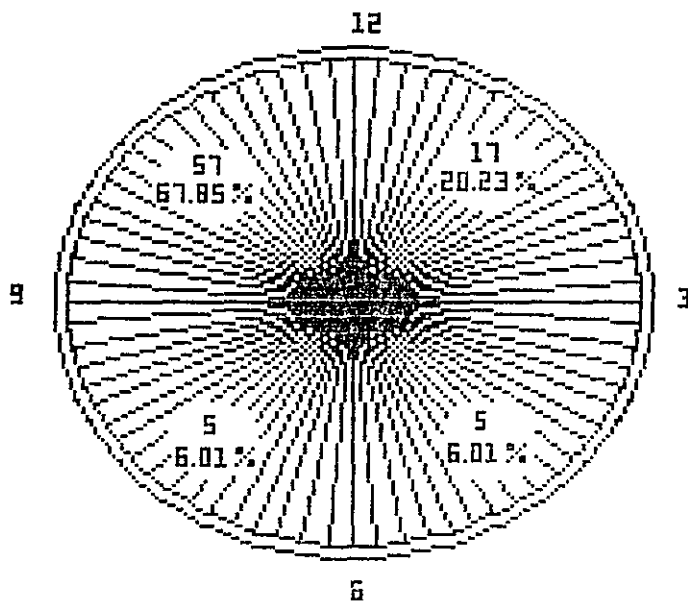
Excavación	Número de ojos	Porcentaje
Hasta 30%	18	21.42%
31 - 40%	22	26.19%
41 - 50%	16	19.04%
51 - 60%	5	5.95%
61 - 70%	6	7.14%
71 - 80%	4	4.76%
81 - 90%	8	9.52%
91 - 100%	4	4.76%
No valorable	1	1.19%

Sesiones:

En la mayor parte de los pacientes sólo se requirió de una sesión para realizar la iridotomía. En 5 ojos (5.95%) hubo la necesidad de realizar una segunda sesión para hacer otra iridotomía ya que la primera no se encontraba permeable. El tiempo entre sesión y sesión varió entre 3 días y 3 meses, teniendo como promedio 22 días.

Sitio de la iridotomía:

En el 88.08% de los ojos la iridotomía fué efectuada en la mitad superior del iris y solamente en el 12.02% fué realizada en la mitad inferior de éste.



SITIO DEL IRIS DONDE SE REALIZO LA IRIDOTOMIA

Número de disparos:

La cantidad de disparos efectuados para realizar una iridotomía varió de 1 a 34 disparos teniendo como promedio 7. En el 82.14% de los ojos se requirió de más de un disparo y en el 17.85% sólo se efectuó un disparo.

	No. de disparos	Promedio de disparos
Total	1 - 34	7
a) Para perforar iris	1 - 31	4
b) Para ampliar la iridotomía.	1 - 20	3

El 80.95% de los ojos recibieron no más de 10 disparos, mientras que en el 19.04% fué necesario dar más de 10 disparos.

Número de disparos en total	1 - 10	11 - 20	21 - 34
Número de ojos	68	7	9
Porcentaje	80.95%	8.33%	10.71%

Cantidad de Energía:

Se utilizó una energía promedio para perforar el iris de
+
4.94 - 0.658 mJ.

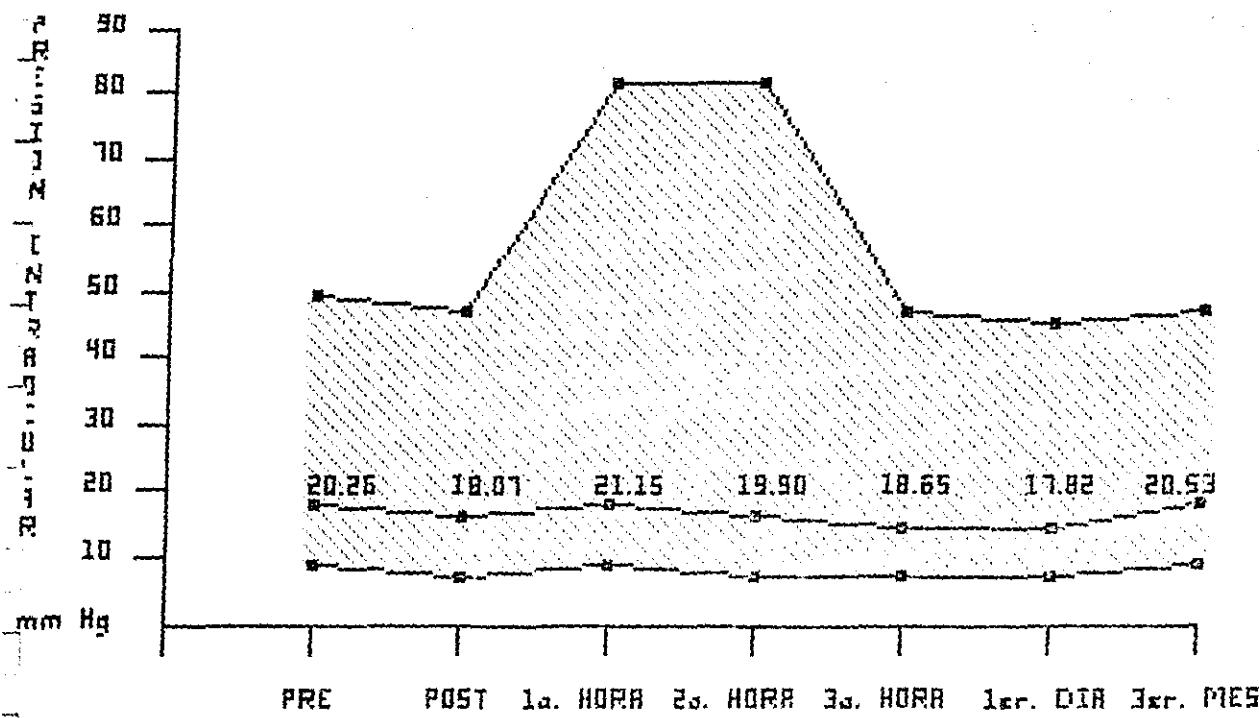
	Rango	Promedio
Energía por disparo para perforar	2.5-6.1 mJ	4.94 + 0.658 mJ
Energía por disparo para ampliar	1.3-5.6 mJ	4.37 + 0.939 mJ
Energía total por ojo por sesión	3.1-174 mJ	34.86 mJ

Tensión Intraocular:

En el 73.03% de los ojos la presión intraocular inmediatamente después tiende a disminuir o permanecer igual, aunque en un 26.96% aumenta. Teniendo como promedio de disminución 5.42 mm Hg y de aumento 4.83 mm Hg. En la primera

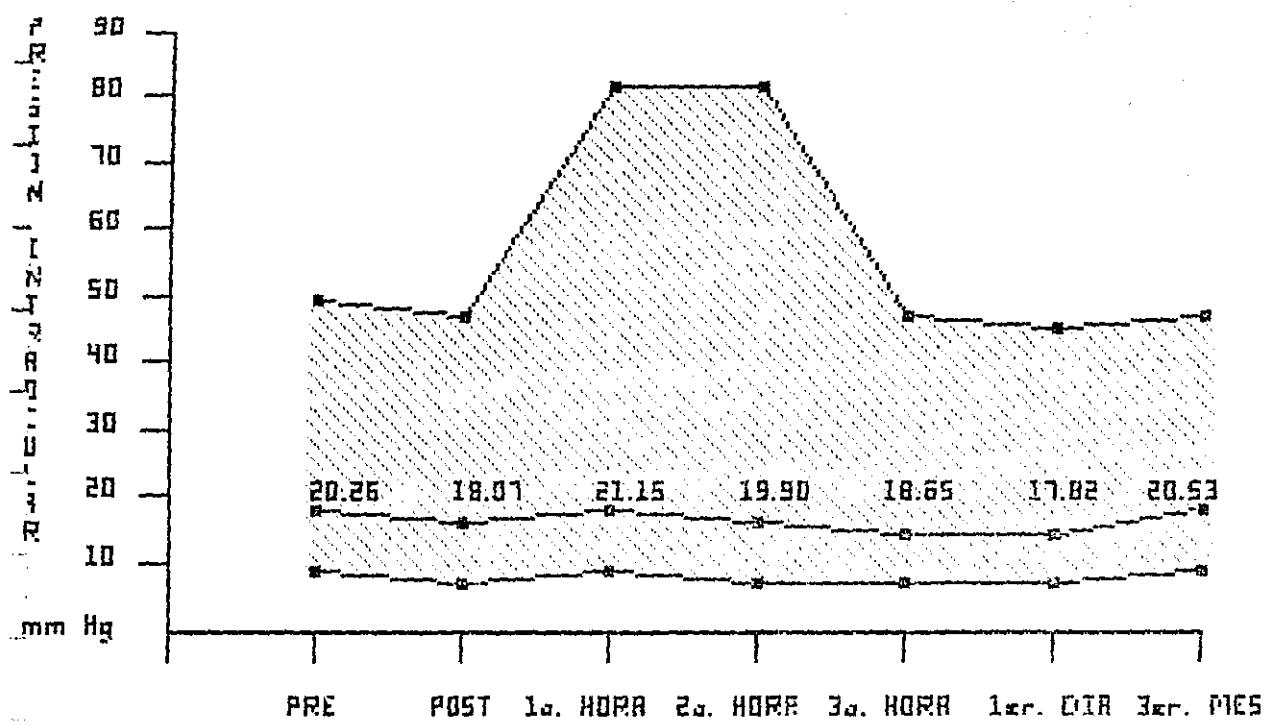
hora después de la iridotomía el 44.94% de los ojos presentaron una disminución de la presión, teniendo como promedio de disminución 5.17 mm Hg. En la segunda y tercera horas encontramos el mismo porcentaje de ojos (56.17%) en que la presión disminuyó teniendo como promedios de disminución 5.08 y 5.81 mm Hg respectivamente. En el primer día el promedio de disminución fue de 6.62 mm Hg. Al tercer mes aún encontramos que en el 49.35% de los ojos la presión intraocular aumentó con respecto a la presión valorada previa a la iridotomía, aunque dentro del límite superior de lo normal.

	Rango de Tensión intraocular	Promedio
Pre-iridotomía	8.5 - 56 mm Hg	20.26 + 8.74 mm Hg
Post- iridotomía	6 - 52 mm Hg	18.07 + 9.57 mm Hg
1a. Hora	9 - 81.7 mm Hg	21.15 + 11.87 mm Hg
2a. Hora	6 - 81.7 mm Hg	19.90 + 11.52 mm Hg
3a. Hora	6 - 51.7 mm Hg	18.65 + 9.15 mm Hg
1er. Día	6 - 40 mm Hg	17.82 + 7.24 mm Hg
3er. Mes	9 - 56 mm Hg	20.53 + 9.08 mm Hg



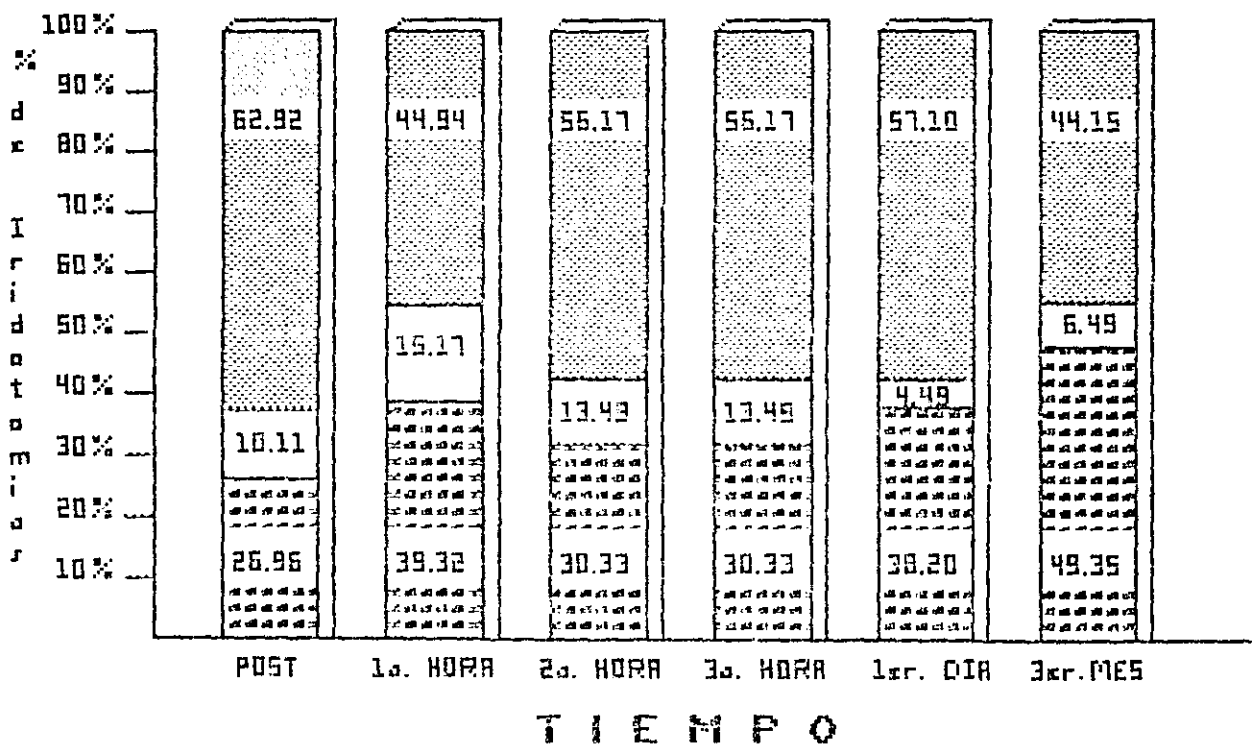
T I E M P O




RELACION PRESION INTRAOCULAR Y TIEMPO



T I E M P O

RELACION PRESION INTRAOCULAR Y TIEMPO



-  Disminución de la presión intraocular que la pre-iridotomía
-  Igual presión intraocular que la pre-iridotomía
-  Aumento de presión intraocular con respecto a la pre-iridotomía

PORCENTAJE DE IRIDOTOMIAS RELACIONADAS A LAS VARIACIONES DE LA PRESION INTRAOCULAR CON RESPECTO AL TIEMPO.

Presión Intraocular	Rangos de Disminución	Promedio	Rangos de Elevación	Promedio
	mm Hg		mm Hg	
Post-iridotomía	1 - 24	5.42	1 - 24	4.83
1a. Hora	1 - 26	5.17	1 - 36	6.41
2a. Hora	1 - 22	5.08	1 - 36	8.33
3a. Hora	1 - 25	5.81	1 - 18	4.68
1er. Día	1 - 36	6.62	1 - 16	5.08
3er. Mes	1 - 38	7.5	1 - 31	6.71

Relacionando el número de disparos con el aumento de la presión intraocular se observó que no existía una relación directa, ya que el rango de mayor elevación de la presión lo encontramos en el grupo de menos de 10 disparos, seguido por el grupo de 21-34 disparos. La cantidad de aumento de la presión intraocular por mili-Joule(mJ) es mayor también en el grupo de menos de 10 disparos.

Número de disparos en total	1 - 10	11 - 20	21 - 34
Rango de elevación de presión intraocular (mm Hg)	1 - 36	1 - 14	1 - 26
Promedio de elevación de presión intraocular (mm Hg)	4.59	10.85	11.15
Promedio de aumento de la presión intraocular (mm Hg)/mJ	0.50-0.47	0.10-0.07	0.08-0.07

En cuanto a dificultades técnicas, en 5 ojos (5.95%) se cambió el sitio escogido al principio al ver que éste no se lograba perforar, debido a que el iris en dicho lugar era grueso.

La complicación más frecuentemente observada fué el sangrado leve y la salida de fibrina que se presentó en el 10.71% de los

ojos (9); un paciente de los que no presentaba rubeosis fué el que presentó un hifema de 1/3, posiblemente esto fué a causa de que la iridotomía fué hecha muy periféricamente y posiblemente se lesionó uno de los vasos del círculo arterial mayor del iris.

Complicaciones	No. de ojos	Porcentaje
Sangrado y fibrina	9	10.71%
Lesión en córnea	2	2.38%
Hifema 1/3	1	1.19%

Al primer día después de la iridotomía el hifema había disminuido a 1/4. El tyndall que se observaba en los ojos era de leve a moderado.

	No. de ojos	Porcentaje
Hifema de 1/4	1	1.19%
Tyndall +	74	88.09%
Tyndall ++	9	10.71%

De los pacientes que tuvieron lesión en córnea ninguno presentó una opacidad permanente.

Al tercer mes sólo se pudo valorar a 47 pacientes (77 ojos) debido a que 4 pacientes ya no regresaron a control, posiblemente porque 3 de ellos residían en provincia: Durango, Guanajuato y Veracruz.

El 23.37% de los ojos tenían un buen control de presión intraocular con solo la iridotomía. El 58.44% se les continuaba administrando Maleato de Timolol al 0.5% después de haber realizado la iridotomía. En el 12.98% se les continuaba aplicando Maleato de Timolol al 0.5% y Pilocarpina al 2%.

Medicamento	No. de ojos	Porcentaje
Maleato de Timolol al 0.5%	45	58.44%
Sin tratamiento	18	23.37%
Maleato de Timolol y Pilocarpina	10	12.98%
Pilocarpina al 2%	2	2.59%
Metilpranolol	2	2.59%

El número de medicamentos prescritos al paciente para el buen control de la presión intraocular disminuyó, ya que el 63.62% de los ojos sólo requirieron de un medicamento tópico.

No. de Medicamentos	No. de ojos	No. de ojos
	Pre-iridotomía (%)	Post-iridotomía (%)
0	3 (3.57%)	18 (23.37%)
1	0	49 (63.62%)
2	81 (96.42%)	10 (12.98%)

En el 76.62% de los ojos la presión intraocular se encontraba dentro de límites normales.

Presión Intraocular	Hasta 20	21-30	31-40	41-50	Mayor 50
No. de ojos	59	10	3	4	1
Porcentaje	76.62%	12.98%	3.89%	5.19%	1.29%

Cuatro pacientes están pendientes de cirugía filtrante, y a una paciente 3 meses después de habersele realizado la iridotomía se le intervino quirúrgicamente para hacerle una cirugía filtrante (trabeculectomía), debido a que no se pudo controlar la presión intraocular ni con tratamiento médico máximo.

3.5 DISCUSION

Las iridotomias realizadas con el laser de Neodimio:YAG constituyen un nuevo procedimiento reportado por primera vez en 1983, por F. Fankhauser (42).

El estado sólido del laser de Neodimio:YAG con mínima demanda eléctrica y el no requerir agua para enfriamiento, son las características que hacen que este tipo de laser sea más pequeño, portátil y menos caro; por lo cual es bastante útil para realizar iridotomias en algunas regiones como Alaska (Alan L. Robin, 1986) y Singapur (Loh R. C. K., 1980) donde la incidencia del glaucoma de ángulo estrecho es más frecuente que el del ángulo abierto (43,44).

La cantidad de disparos requeridos para realizar la iridotomia, así como las energías utilizadas en este estudio son similares a las reportadas por: Alan L. Robin (44), Even J. Higginbotham (45), Karim F. Tomey (46), James B. Wise (43), Michael V. Drake (47) y N. Naveh (48).

El aumento de la presión intraocular que se presentó alrededor del 35.74% de los casos de este estudio es similar al porcentaje reportado por: Alan L. Robin (20-27%) (44), Michael V. Drake (25-40%) (47), Marlene R. Moster (31.6%) (49) y N. Naveh (42%) (48). En este estudio la mayor elevación fue de 36 mm Hg, sin embargo se han reportado aumentos de hasta 50 a 60 mm Hg (Henry K. C. y Schrems W.) (47). No hubo relación directa entre la cantidad de energía requerida y el incremento de la presión intraocular, al igual que los resultados reportados por Alan L. Robin (44) y N. Naveh (48); aunque el pigmento y las células

liberadas del estroma por el procedimiento tienen el poder de obstaculizar el sistema de flujo trabecular, otros factores también pueden tener un papel importante. La onda de choque asociada con la iridotomía realizada con el laser de Neodimio:YAG puede afectar la función del trabéculo o permitir cambios en el humor acuoso o vítreo que afecten la presión intraocular.

El sangrado leve que se presentó en el 10.71% de los ojos es un porcentaje más pequeño que lo reportado en la literatura por: Alan L. Robin (20-36%) (42,44), James B. Wise (60%) (43,50), Marlene R. Moster (34.2%) (49) y N. Naveh (20%) (48). El hifema que se presentó en el 1.19% en este estudio no estuvo relacionado con rubeosis o aumento severo de la presión intraocular, Gilbert C. M. (47) reportó el hifema como una rara complicación, N. Naveh (48) reportó una incidencia del 5% de que esto ocurra. En 1986, Marlene R. Moster (49) reportó un caso de hifema que se consideró relacionado al aumento de la presión intraocular.

Las opacidades corneales en este estudio se presentaron en el 2.3% y fueron transitorias, este porcentaje también es menor al reportado en la literatura: N. Naveh (12.5%) (48), Alan L. Robin (18-25%) (42,44). En 1984, este último autor (51) reportó que las opacidades producidas con el laser de Neodimio:YAG parecen como fracturas lineales o deformaciones en el estroma posterior y la membrana de Descemet. En 1987, en el estudio realizado también en este Instituto por la Dra. Stella Echeverría, el porcentaje de las opacidades corneales fue de 33%.

Solamente en 2 pacientes (3 ojos = 3.57%) de este estudio la agudeza visual mejoró un línea de la cartilla de Snellen después

de haber realizado la iridotomía. Alan L. Robin (44) y Marlene R. Moster (49) reportaron que en sus estudios los pacientes no presentaron ninguna mejoría de la agudeza visual. Karim F. Tomey (46) reportó que el 75% no mejoraron y solamente hubo mejoría en el 8%.

El grado de inflamación ocular fué observado en este estudio en un grado que osciló de leve a moderado y cedió a la semana. Resultados similares han sido reportados por Alan L. Robin (44) y N. Naveh (48). En 1984, Schrems W. (47) dijo que el disparo del rayo produce alteraciones de la barrera hematoacuosa mediada por prostaglandinas, sin embargo la uveítis clínicamente significativa es menor que la usualmente observada con el laser de Argón (52).

Estudios experimentales realizados por Martin N. F., Meyer K. T. y Ken Muir (47) han demostrado pérdida mínima de células endoteliales cuando el laser de Neodímio:YAG es enfocado a un milímetro o menos de la superficie posterior endotelial. Richardson T. M. (45) y colaboradores reportaron daño al endotelio corneal y a la malla trabecular después de haber realizado iridotomías con el laser de Neodímio:YAG en monos. La microscopia especular ha demostrado que la pérdida de células endoteliales en pacientes en que se les ha realizado la iridotomía con el laser de Neodímio:YAG es mínima.

Karjalainen K. (47) y Salim Bishara (53) han reportado desprendimiento de retina no reghmatogeno, después de haber realizado exitosamente iridotomías con el laser de Neodímio:YAG.

Se han reportado opacidades focales cristalínianas por N. Naveh (48), Latina M. A. y Welch D. B. (45) después de haber

realizado la iridotomía con el laser de Neodimio:YAG sin progresión de las mismas.

También se han reportado cierres de las iridotomías efectuadas con el laser de Neodimio:YAG en ojos con uveítis (Alan L. Robin (44) y Schwartz L. W. (47)) y en pacientes con rubeosis (Klapper R. M. (47)). N. Naveh (48) reportó una incidencia de esta complicación en el 10% de los pacientes y dijo que era debido a proliferación del epitelio.

3.6 CONCLUSIONES

- A) La iridotomía en nuestro estudio fué una técnica rápida e inocua en el 85.72% de los casos, fué efectiva en el 94.05%, siendo fácil de repetir si era necesario en el 5.95%, evitó todo tratamiento médico en el 23.37% y en el 63.62% de los ojos se les disminuyó la cantidad de medicamentos prescritos para el buen control de la presión intraocular.
- B) Lo más frecuente es que en una sola sesión se pueda realizar la iridotomía.
- C) Un segundo sitio puede ser fácilmente penetrado cuando ya se hizo un intento en un primer sitio que mostró cierta resistencia. Por lo tanto el simple hecho de moverse a un área diferente puede simplificar el éxito de la tarea. Si insistimos en realizar la iridotomía en el sitio inicial, se provoca mayor reacción inflamatoria.
- D) Hay que escoger un área delgada del iris, preferentemente la base de una cripta.
- E) Los cuadrantes más frecuentemente utilizados para realizar la iridotomía son los superiores, preferentemente el cuadrante comprendido entre las 9:00 y las 12:00 horas.
- F) En el 80.95% de los casos se pudo realizar la iridotomía con pocos disparos, menos de diez, sin embargo en el 19.04% se requirieron de más disparos para poderla hacer, lo que nos indica que en algunos pacientes posiblemente el iris sea más grueso, en estos casos quizás la aplicación previa de Pilocarpina hubiese facilitado el procedimiento.
- G) En cuanto a las complicaciones se refiere, en este estudio

se presentaron complicaciones de poca importancia y relativamente fáciles de manejar. La hipertensión intraocular transitoria se presentó en el 30.33% de los casos, generalmente en las tres primeras horas. No hubo relación entre la cantidad de energía requerida para realizar la iridotomía y las complicaciones.

- H) Al realizar una iridotomía debe de existir un control tonométrico obligado y utilizarse hipotensores oculares en forma preventiva.

B I B L I O G R A F I A

1. Asimov I. Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología. Barcelona: Ediciones de la Revista de Occidente, 1971:526-526e
2. La Ciencia. Gran enciclopedia didáctica ilustrada. México: Salvat, 1985:96-9
3. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Historical Considerations. En: The Nd:YAG laser in Ophthalmology. Philadelphia: Saunders, 1985:5-10
4. Rivera A. H., Brown R. H., Anderson D. R.: Laser iridotomy vs surgical iridectomy. Arch Ophthalmol 1985;103:1350-54
5. Rostron C. K.: Acute angle-closure glaucoma: surgery or laser?. Glaucoma 1985;7:268-74
6. Beckman H., Barraco R., Sugar S.: Laser iridectomies. Am J. Ophthalmol 1971;72:393-402
7. Bonney C. H., Gaasterland D. E.: Low-energy, Q-switched ruby laser iridotomies in macaca mulatta. Invest Ophthalmol Visual Sci 1979;18:278-85
8. Kinoshita A., Beckman H., Sugar S.: Intraocular pressure alteration following. Arch Ophthalmol 1972;87:688-92
9. Mata-Flores F., Hofman M. E.: Laser y glaucoma. An. Soc. Mex. Oftalmol. 1983;57:265-9
10. Pérez-Hick A.: El laser en el segmento anterior ocular. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 1983;45:57-63
11. Rubín B. F. Utilización del laser en glaucoma. An. Soc. Mex. Oftalmol. 1986;60:8-19
12. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Laser fundamentals. En:

- The Nd:YAG laser in Ophthalmology. Philadelphia:Saunders, 1985:11-5
13. Shields M. B.: Laser surgery. En: Glaucoma. Baltimore: Williams and Wilkins, 1982:439-44
 14. L'Esperance F. A.: Clinical photocoagulation with the frequency doubled neodymium yttrium-aluminum-garnet laser. Am J. Ophthalmol 1971;71:631-8
 15. Lamotte J. O., Weiss D. M., Pérez E. S.: Intraocular pressure stability following Nd:YAG laser posterior capsulotomies through undilated pupils. Glaucoma 1987;9:159-62
 16. Mainster M. A., Sliney D. H., Belcher C. D.: Laser photodisruptors. Ophthalmology 1983;90:973-1006
 17. Vernon S. A., Cheng H.: Freeze frame analysis on high speed cinematography of Nd/YAg laser explosions in ocular tissues. Br. J. Ophthalmol 1986;70:321-5
 18. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Optical breakdown, plasma formation, and photodisruption. En: The Nd:YAG laser in Ophthalmology. Philadelphia: Saunders, 1985:22-6
 19. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Plasma shielding by Q-switched and mode-locked Nd-YAG lasers. Ophthalmology 1983;90:1003-6
 20. Goldberg M. F., Mirolovich M.: Histopathological characteristics of neodymium-YAG laser iridotomy in the human eye. Br. J. Ophthalmol 1987;71:623-8
 21. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Laser fundamentals. En: The Nd:YAG laser in Ophthalmology. Philadelphia: Saunders, 1985:15-21
 22. Ortiz-Rivera E., Gómez-Hermosillo G.: Mecanismo de acción,

- indicaciones y contraindicaciones del laser de Nd:YAG en el segmento anterior. An. Soc. Mex. Oftalmol. 1985;59:45-7
23. Steinert R. F., Puliafito C. A.: Other anterior segment applications. En: The Nd:YAG laser in Ophthalmology. Philadelphia:Saunders, 1985:129-33
24. L' Esperance F. A.: Laser sources and ocular effects. En: Ophthalmic lasers. Saint Louis: Mosby, 1983:8-14
25. Shields M. B.: Laser surgery of the iris. En: Glaucoma. Baltimore: Williams and Wilkins, 1982:448-57
26. Santos-Mazal R., Ortiz-Rivera E., Gómez-Hermosillo G.: Tratamiento de enfermedades de segmento anterior del ojo con laser de neodimio YAG. An. Soc. Mex. Oftalmol. 1981;12:496-9
27. Aron-Rosa D., Griesemann J. C., Aron J. J.: Use of a pulsed neodymium YAG laser to open the posterior lens capsule in traumatic cataract. Ophthalmic Surg 1981;12:496-9
28. Terry A. C., Stark W. J., Maumenee A. E.: Neodymium-YAG laser for posterior capsulotomy. Am J. Ophthalmol 1983;96:716-20
29. Bath P. E., Fankhauser F.: Long-term results of Nd:YAG laser posterior capsulotomy with the Swiss laser. J. Cataract Refract. Surg. 1986;12:150-3
30. Slomovic A. R., Parrish R. K. Forster R. K.: Neodymium-YAG laser posterior capsulotomy. Arch. Ophthalmol 1986;104:536-8
31. Chambless S.: Neodymium:YAG laser phacofracture: An aid to phacoemulsification. J. Cataract Refract Surg 1988;14:180-1
32. Shrader C. E., Belcher III C. D., Thomas J. V.: Acute glaucoma following Nd:YAG laser membranotomy. Ophthalmic

- Surg 1983;14:1015-6
33. Cinotti D. J., Reiter D. J., Maltzman B. A.: Neodymium:YAG laser therapy for pseudophakic pupillary block. J. Cataract Refract Surg 1986;12:174-8
 34. Tomey K. F., Traverso C. E.: Neodymium-YAG laser posterior capsulotomy for the treatment of aphakic and pseudophakic pupillary block. Am J. Ophthalmol 1987;104:502-7
 35. Katzen L. E., Fleischman J. A.: YAG laser treatment of cystoid macular edema. Am J. Ophthalmol 1983;95:589-92
 36. Lavy J. H., Pisacano A. M.: Clinical experience with Nd:YAG laser vitreolysis in the anterior segment. J. Cataract Refract Surg 1987;13:548-50
 37. Weber P. A., Keates R. H., Opremcek E. M.: Two-stage neodymium-YAG laser trabeculotomy. Ophthalmic Surg 1983;14:591-4
 38. Van der Zypen E., Fankhauser F.: Morphology of the trabecular meshwork within monkey eyes after irradiation with the free-running Nd:YAG laser. Ophthalmology 1987;94:171-8
 39. Wollensak J., Zeisberg B.: Pathophysiology, treatment, and prophylaxis of angle-closure glaucoma. Glaucoma 1986;8:3-11
 40. Epstein D. L., Melamed S., Puliafito C. A.: Neodymium:YAG laser trabeculopuncture in open-angle glaucoma. Ophthalmology 1985;92:931-7
 41. Melamed S., Latina M. A., Epstein D. L.: Neodymium:YAG laser trabeculopuncture in juvenile open-angle glaucoma. Ophthalmology 1987;94:163-70
 42. Robin A. L., Pollack I. P.: Q-switched neodymium-YAG laser

ESTA TESIS
SALVA SE LA BIBLIOTECA
Arch. DEGR

iridotomy in patients in whom the argon laser fails. Ophthalmol 1986;104:531-5

- 43. Wise J. B.: Large iridotomies by the linear incision technique using the neodymium:YAG laser at low energy levels. Ophthalmology 1987;94:82-6
- 44. Robin A. L., Arkell S.: Q-switched neodymium-YAG laser iridotomy. Arch Ophthalmol 1986;104:526-30
- 45. Higginbotham E. J., Ogura Y.: Lens clarity after argon and neodymium:YAG laser iridotomy in the rabbit. Arch Ophthalmol 1987;105:540-1
- 46. Tomey K. F., Traverso C. E., Shamma I. V.: Neodymium-YAG laser iridotomy in the treatment and prevention of angle closure glaucoma. Arch Ophthalmol 1987;105:476-81
- 47. Drake M. V.: Neodymium:YAG laser iridotomy. Surv Ophthalmol 1987;32:171-7
- 48. Naveh N., Zborowsky-Gutman L.: Neodymium-YAG laser iridotomy in angle closure glaucoma: preliminary study. Br J. Ophthalmol 1987;71:257-61
- 49. Moster M. R., Schwartz L. W.: Laser Iridectomy. Ophthalmology 1986;93:1531-7
- 50. Wise J. B.: Low energy linear-incision neodymium:YAG laser iridotomy versus linear-incision argon laser iridotomy. Ophthalmology 1987;94:1531-7
- 51. Del Priore L. V., Robin A. L., Pollack I. P.: Neodymium:YAG and argon laser iridotomy. Ophthalmology 1988;95:1207-11
- 52. Unger W. G., Perkins E. S., Bass M. S.: The response of the rabbit eye to laser irradiation of the iris. Exp Eye Res

1974;19:367-77

53. Bishara S., Zauberman H.: Disinsertion and retinal detachment after optical iridotomy using the YAG laser.

Glaucoma 1987;9:134-6