Gaceta Médica de México
Tomo XCVI Nº 5
Mayo de 1966

IMPORTANCIA DEL RAYO LASER EN OFTALMOLOGIA*

Dr. Sadí de Buen**
Dr. Raúl Santos***

Es un hecho bien conocido que el desarrollo y perfeccionamiento de una nueva técnica o aparato aplicable a la investigación en las ciencias biológicas, puede originar nuevos conceptos y modificar antiguos, si se emplea con inteligencia y de acuerdo con un riguroso método científico. En medicina, estas investigaciones conducen con frecuencia al hallazgo de nuevos métodos terapéuticos, que pueden complementar los ya conocidos o, en ocasiones, substituirlos parcial o totalmente. Un ejemplo muy demostrativo a este respecto es el descubrimiento del rayo laser y su empleo en el campo de la medicina.

El laser es una forma de energía electromagnética situada en el espectro visible y el infra-rojo. Este rayo presenta varias cualidades de gran interés, como son: alta energía en una breve descarga, monocromatismo, coherencia y colimación, que lo sitúan en un plano especial, no sólo como un triunfo de la física teórica, sino también por sus importantes aplicaciones biológicas, médicas e industriales.

Historia

Las radiaciones electromagnéticas son de considerable importancia en medicina. Como ejemplos baste citar el empleo de algunos componentes del espectro electromagnético en aparatos de rayos X, electrodiatermia y lámpara de luz ultravioleta. Desde la antigüedad se sabía que la región visible del espectro electromagnético podía lesionar al ojo y ya Sócrates señaló los peligros de la observación del sol durante los eclipses. En el siglo pasado Czerny y otros investigadores iniciaron la experimentación concentrando rayos solares o radiaciones del arco del

* Trabajo leído por su autor en la sesión del 30 de marzo de 1966.
** Profesor Titular de Histología, Facultad de Medicina, UNAM, México, D F. Consultor en Patología Ocular, Registro Nacional de Anatomía Patológica, SSA.
*** Jefe del Servicio de Oftalmología del Hospital Rubén Leñero, México, D. F.

carbón sobre ojos de conejo, para conocer sus efectos. Maggiore, en 1927, es el primero en producir lesiones oculares en seres humanos aplicando la lámpara de Hess durante 30 minutos. Morán Salas en 1949 y Meyer Schwickerath en 1950 emplean el arco de Beck y logran reducir la exposición a 1 ó 2 segundos. El arco de Beck no dio resultados prácticos por lo cual Meyer Schwickerath lo reemplazó por el bulbo de xenón y así surgió en 1956 el primer fotocoagulador de Zeiss, acoplado a un oftalmoscopio directo, que ha dado excelentes resultados. El descubrimiento del laser y su incorporación a un oftalmoscopio abrió nuevas posibilidades de avance en el campo de la Oftalmología. En 1961 Maiman[1] construye el primer laser. En 1962 Koester logra producir lesiones oculares con el laser. En 1963 y 1964, Zaret y col.[2] y Noyori y col.[3] estudian el efecto del laser en ojos de conejo. En México, Santos, De Buen y Renero[4] hacen en 1964 sus primeras observaciones en ojos de conejo y en 1965, Santos, .De Buen y Abraham[5] realizan estudios adicionales en ojos de conejo y de mono. En 1964 Flocks y Zweng[6] publican los primeros 25 casos humanos tratados por laser, y Campbell y su grupo[7] establecen los fundamentos de su aplicación terapéutica al tratar 220 pacientes y publicar el resultado de sus observaciones en 1965.

Principios físicos del laser

El término laser está formado por las iniciales de las palabras "Lihgt Amplification by Stimulated Emission of Radiation" y, como su nombre lo indica, es un rayo luminoso, o sea, una forma de radiación situada en la zona visible del espectro electromagnético.

Para poder comprender las características especiales de este tipo de radiación es necesario revisar las condiciones en que se produce el fenómeno de la emisión de la luz ordinaria. Según los principios de la mecánica cuántica, los electrones que giran alrededor de los núcleos formando los átomos, solamente pueden encontrarse en ciertos niveles de energía. La transición de un electrón de un nivel de energía a otro ocasiona la absorción o emisión de un fotón o cuanto de luz de frecuencia bien definida. La emisión puede ser espontánea o estimulada por los propios fotones de la radiación, que actúan, por así decirlo, como catalizadores de este proceso. Para que la emisión estimulada predomine sobre la espontánea es necesario elevar un porcentaje considerable de electrones a alguno de los niveles superiores de energía. Este proceso, llamado bombeo óptico, presenta dificultades técnicas considerables, debido, sobre todo, a que los electrones en dichos niveles tienen vidas medias muy cortas, o sea que permanecen en ellos sólo durante fracciones de tiempo del orden de millonésimos de segundo. Por lo tanto, son esenciales dos condiciones para obtener la emisión estimulada o efecto laser: un bombeo óptico intenso y un nivel de vida media relativamente largo, llamado nivel metastable.

El equipo laser empleado por nosotros consiste en un oftalmoscopio directo que contiene un cristal de rubí. El bombeo es proporcionado por un flash de xenón de alta intensidad y, para aumentar aún más la intensidad, obteniendo a la vez un efecto de colimación, se emplea un dispositivo de reflexiones múltiples en el interior del cristal de rubí. Cuando se llega a un punto crítico, el laser se dispara produciendo un haz de alto grado de colimación, de fuerte intensidad y de radiación coherente. La emisión dura 200 milisegundos y está situada en el espectro visible en 6,943 unidades A. El mecanismo de divergencia proyecta un haz luminoso que varía entre 4.5 y 90 milirradiantes. La energía de dicho aparato varía entre 0.01 y 0.03 joules.

Las propiedades descritas del laser lo convierten en un agente muy atractivo para producir destrucción tisular rápida, eficiente y bien limitada.

Al igual que la luz ordinaria, el rayo laser es absorbido por los tejidos pigmentados, sobre los cuales actúa de preferencia, produciendo una lesión similar a la de una quemadura térmica.

Se ha usado en el tratamiento de las caries dentarias, para destruir tumores cutáneos pigmentados,[8] para destruir o modificar células o tejidos embrionarios, para comprobar su acción en los cultivos de tejidos,[9] para alterar los componentes subcelulares,[10] etc. Es obvio que sus aplicaciones experimentales son innumerables y las terapéuticas, cuando bien seleccionadas, pueden ser muy valiosas.

En el presente trabajo nos referiremos únicamente a las aplicaciones experimentales y terapéuticas en el campo de la Oftalmología.

Como ya se ha dicho, Zaret y col.,[2] en 1963 fueron los primeros en publicar sus estudios experimentales en ojos de conejo usando el fotocoagulador laser, Provocaron lesiones coriorretinianas con miras a fijar la retina a la coroides. Esto abrió un nuevo campo en la prevención y tratamiento de algunos tipos de desprendimiento de retina.

Indicaciones del laser en Oftalmología

El globo ocular constituye un órgano excelente para el empleo del rayo laser, pues es transparente a este tipo de radiaciones, contiene tejidos diversos y es accesible al examen in vivo mediante el oftalmoscopio y la lámpara de hendidura. El rayo sufre la refracción por los medios ópticos del ojo, los cuales lo concentran y limitan su acción a pequeñas zonas. Estas características han permitido su uso en Oftalmología en las siguientes condiciones:

A) *Desprendimiento de retina.* Se puede usar para la prevención del desprendimiento o cuando éste ya está establecido. El tratamiento profiláctico está indicado cuando hay en la retina una zona de degeneración ecuatorial o un agujero o desgarro, precursores en muchos casos del desprendimiento. La decisión

para iniciar el tratamiento se funda en el número y situación de los agujeros, presencia de signos de tracción del vítreo y la existencia de un desprendimiento de retina en el ojo congénere. Cuando se cumple con estos requisitos el tratamiento profiláctico con el laser tiene más de un 90% de éxitos, pues las cicatrices coriorretinianas que se producen alrededor del agujero lo sellan, impidiendo el paso del vítreo degenerado al espacio subretiniano y por consiguiente el desprendimiento de la retina. En los casos de desprendimiento en que la retina se ha reaplicado por el reposo, deberá emplearse la fotocoagulación con laser únicamente cuando el desgarro esté en perfecta aposición con su lecho. En caso de duda es preferible recurrir a las técnicas convencionales con diatermia o criocoagulación.

Pero cuando tiene mayor utilidad es en el postoperatorio. La indicación es la insuficiente diatermia o criocoagulación alrededor del desgarro, reoperaciones en que las alteraciones esclerales dificultan la obtención de una buena reacción y, cuando se encuentra un nuevo desgarro o uno que había pasado inadvertido con anterioridad.

B) *Tratamiento de la retinosquisis.* En los casos en que esta alteración retiniana avanza amenazando invadir el polo posterior y aún la mácula. Los resultados suelen ser satisfactorios.

C) *Tratamiento de tumores malignos intraoculares.* El melanoma puede tratarse cuando es plano y menor de dos diámetros papilares, pues cuando presenta dimensiones mayores el estudio histopatológico demuestra la supervivencia de células malignas.

La única indicación para el tratamiento del retinoblastoma es la existencia de recidivas intraoculares pequeñas, en un ojo único, tratado previamente por métodos más convencionales.

D) *Tratamiento de las uveitis: en lesiones del polo posterior y lesiones inactivas en las que anida el germen causal.* La importancia de poder esterilizar lesiones coroideas es obvia, pero los hallazgos en seres humanos están limitados por la imposibilidad de poder conocer el diagnóstico preciso, detectar el germen causante o hacer el estudio histopatológico. Por este motivo consideramos que tienen gran interés los estudios de fotocoagulación en retinocoroiditis experimental. En otra parte del presente trabajo haremos énfasis en este problema.

En cuanto al tratamiento de lesiones cicatriciales inactivas, Spalter y col.[11] han publicado en el presente año el resultado preliminar del tratamiento con laser de 26 casos de toxoplasmosis, con excelentes resultados.

Anatomía patológica

Es necesario recalcar en que antes de entrar en el período de aplicación terapéutica del laser, numerosos investigadores hicieron estudios en animales de experimentar para comprobar la bondad del método.

A continuación se muestra en forma breve el resultado de nuestras investigaciones personales en ojos de conejo y mono. Estos estudios han sido expuestos más detalladamente en publicaciones previas.[4, 5]

Ojos de conejo: Las lesiones retinocoroideas observadas al microscopio consisten en un proceso degenerativo con necrosis por coagulación y reacción inflamatoria de variable intensidad, de acuerdo con la energía del rayo y el tiempo transcurrido entre su aplicación y la enucleación del globo ocular. Las alteraciones de pequeña o mediana intensidad se localizan en las capas externas de la retina y afectan en especial a las capas nuclear externa, de conos y bastones y epitelio pigmentado de la retina.

Cuando la enucleación se hace a las pocas horas, las alteraciones principales consisten en degeneración de algunas células del epitelio pigmentado, con pérdida de las granulaciones de melanina. Los conos y bastones se aglutinan y adhieren a la capa subyacente. En las capas nuclear externa e interna se aprecia ligero edema. (Fig. 1).

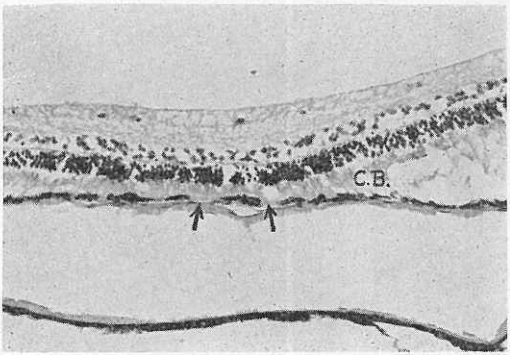

FIG. 1. Conejo. Lesión retinocoroidea. Enucleación inmediata. Hay degeneración de las células del epitelio pigmentado (flechas) y alteraciones mínimas de los conos y bastones (C. B.). A la derecha la retina está desprendida artificialmente. Tinción: hematoxilina y eosina. (715-G, O.I.).

Cuando la enucleación se hace pasados nueve días de la aplicación del rayo laser hay una íntima fusión entre retina y coroides (Fig. 2). La mitad externa de la retina está desorganizada, con destrucción total de la capa de conos y bastones y del epitelio pigmentado y migración del pigmento a la retina sensorial (Fig. 3). La membrana de Bruch está interrumpida y en la coroides hay moderada fibrosis y discreta infiltración linfocitaria. Los linfocitos pueden extenderse hasta la retina.

La membrana limitante interna de la retina y el vítreo adyacente no muestran alteraciones. Se produce por lo tanto una firme adherencia coriorretiniana sin hemorragias ni complicaciones vítreas, que resiste las tracciones ejercidas durante la preparación de los cortes. (Fig. 2).

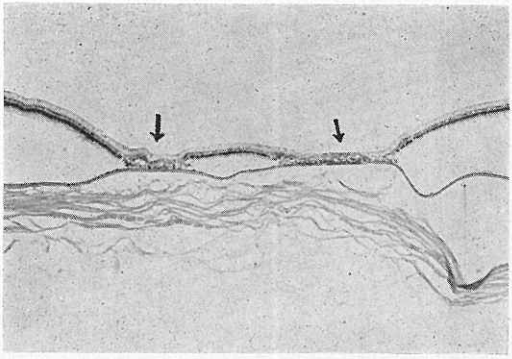

FIG. 2. Conejo. Se aprecian dos cicatrices retinocoroideas (flechas). Enucleación a los nueve días de la fotocoagulación con laser. La retina está desprendida artificialmente en los lugares vecinos a las cicatrices. Tinción: hematoxilina y eosina. (722-G, O.I.).

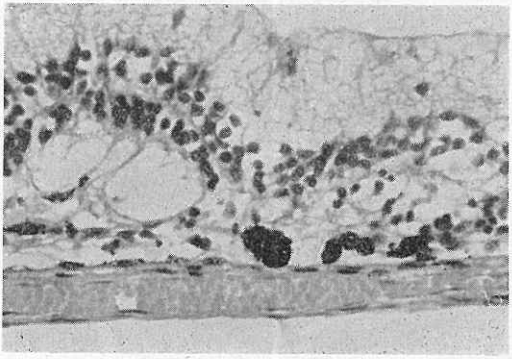

FIG. 3. Conejo. Hay completa desorganización de las capas externas de la retina, con migración de granulaciones de melanina del epitelio pigmentado de la retina a las capas más internas de la retina sensorial. Tinción: hematoxilina y eosina. (722-G, G.BO.D.).

Ojos de mono (Macacus rhesus). Las lesiones que produce el laser en el ojo de mono son comparables a las que ocasiona en el ojo humano, por la gran similitud que hay entre ambos órganos. De ahí la importancia que tiene la investigación en el ojo de estos animales.

Las lesiones de mínima intensidad observadas con el oftalmoscopio aparecen como pequeñas zonas circulares de color gris pálido. No alcanzan a producir alteraciones histológicas detectables con el microscopio de luz. Lesiones más intensas muestran cambios discretos en el epitelio pigmentado, con ligera migración de los gránulos a la capa de conos y bastones (Fig. 4). Mas tarde aparecen granulacio-

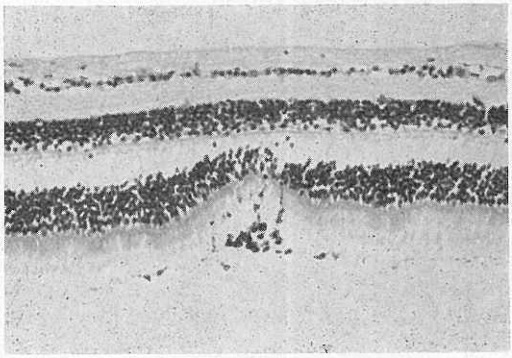

FIG. 4. Mono. Lesión de poca intensidad. Hay gránulos de pigmento en la capa de conos y bastones y ligero edema en las capas externas de la retina. Tinción: hematoxilina y eosina. (733-G, O.I.).

nes melánicas en la retina sensorial, especialmente en las capas externas. No hubo adherencia retiniana consecutiva a la producción de estas lesiones de pequeña intensidad.

Las lesiones de mediana intensidad mostraron en los estadios iniciales alteraciones en el epitelio pigmentado y cambios más avanzados en las capas externas de la retina sensorial. Se encontraron gránulos de melanina en las capas internas de la retina, incluso en la membrana limitante interna (Fig. 5). Macroscópicamente estas alteraciones semejan finas quemaduras de pólvora.

A las dos semanas de la producción de la lesión por el rayo laser se presenta un proceso degenerativo retiniano localizado, con destrucción de la capa de conos y bastones y desorganización y atrofia de las capas nucleares y de células ganglionares. Hay alteraciones en el epitelio pigmentado y acúmulos de gránulos

de melanina en la retina sensorial. Algunos gránulos alcanzan la membrana limitante interna. La retina permanece adherida a los tejidos subyacetes y no se desprende cuando se hacen los cortes histológicos, lo cual indica que la adherencia es firme. (Fig. 6). El vítreo no mostró alteraciones oftalmoscópicas ni microscópicas.

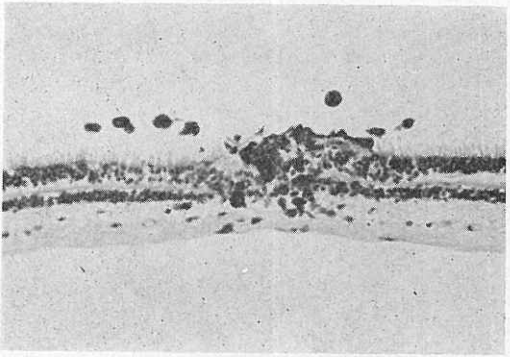

FIG. 5. Mono. Lesión de mayor intensidad. Enucleación a los ocho días de la fotocoagulación con laser. Hay acúmulos de pigmento en todas las capas de la retina sensorial y desorganización y atrofia de las capas externas. Tinción: hematoxilina y eosina. (739-G, O. D.).

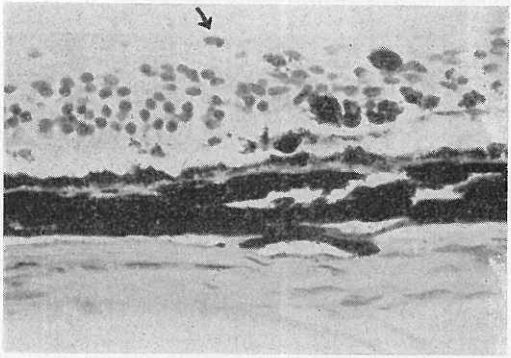

FIG. 6. Mono. Enucleación a los 18 días de la fotocoagulación con laser. Hay pérdida de conos y bastones y las capas nucleares y de células ganglionares están atrofiadas. En todo el espesor de la retina sensorial hay acúmulos de gránulos de melanina, algunos de los cuales han alcanzado la membrana limitante interna (flecha). Tinción: hematoxilina y eosina. (735-G, O.I.).

Según estudios experimentales realizados por nosotros, el rayo laser detiene la evolución de focos inflamatorios coriorretinianos prducidos experimentalmente mediante la inoculación intraarterial en el conejo del hongo Candida albicans.[12, 13]

Discusión

Desde 1961 disponemos de un nuevo instrumento capaz de producir alteraciones en los tejidos pigmentados y en los tejidos vecinos a éstos, por lo cual se ha empleado en diversos aspectos experimentales y en algunos procesos patológicos, entre los cuales destaca el desprendimiento de retina. Fue necesario el desarrollo de estudios experimentales en diversos animales para llegar a esta conclusión y establecer las indicaciones terapéuticas.

Con este acúmulo de conocimientos uno de nosotros (Santos) ha aplicado el rayo laser en nueve pacientes para completar el tratamiento quirúrgico del desprendimiento de retina, en el postoperatorio, cuando por insuficiente reacción a la diatermia la aplicación de la retina había sido defectuosa. En los nueve casos los resultados han sido muy satisfactorios. Además, apoyado en la experiencia de Spalter y col.[11] y en el resultado obtenido por nosotros en el tratamiento de coriorretinitis focal experimental por inoculación de Candida albicans en el conejo,[13] ha tratado recientemente un caso de toxoplasmosis ocular humana que reúne las condiciones requeridas para el empleo del laser, a saber: lesión cicatricial con disminución de la agudeza visual y presencia de varias reactivaciones recientes.

Basados en nuestra experiencia y en la de otros autores nos consideramos autorizados para afirmar que el rayo laser es un nuevo medio de investigación, con aplicaciones terapéuticas bien establecidas en el campo de la Oftalmología, siendo la prevención y desprendimiento de retina, padecimiento causante de cegueras parciales o totales, una de las más importantes.

Creemos que en el futuro su uso se ampliará a diversos campos de las ciencias médicas y biológicas, dependiendo el éxito de su aplicación y la bondad de sus resultados del perfeccionamiento que se logre incorporar al aparato y del ingenio y método de los investigadores que lo empleen.

Resumen

Se hace una breve historia de los métodos de fotocoagulación. Se describe el principio físico del laser, sus indicaciones en Oftalmología y los resultados clínicos e histopatológicos de su aplicación en ojos de conejo y mono. Se hace énfasis en la bondad del método para producir cicatrices coriorretinianas y se describe especialmente su uso en el tratamiento y profilaxis del desprendimiento de retina.

Bibliografía

1. Maiman, T.: *Proceedings of the First Annual Conference on Biologic effects of Laser Radiat.on.* pág. 164. Federation Proceedings. Jan.-Feb., Washington, D. C., 1965.
2. Zaret, M. M.; Ripps, H; Siegel, I. M. y Breinin, G. M.: *Laser Photocoagulation of the Eye.* Arch. Ophth. *69:* 97-104, 1963.
3. Noyori, K. S.; Campbell, C. J.; Rittler, C. y Koester, C. J.: *The characteristics of Experimental Laser Coagulation of the Retina.* Arch. Ophth. *72:* 254-263, 1964.
4. Santos, R.; De Buen, S. y Renero, I.: *Fotocoagulación con laser. Estudio experimental en ojos de conejo.* Rev. Fac. Med. Mex. VII: 557-567, 1965.
5. Santos, R.; De Buen, S. y Abraham, R. K.: *Chorioretinal lesions produced by Laser on Monkeys and Rabb ts.* Am. J. Ophth. *61:* 230-240, 1966.
6. Flocks, M. y Zweng, H. C.: *Laser coagulation of Ocular Tissues.* Arch. Ophth. *72:* 604-611, 1964.
7. Campbell, C. J.; Koeser, C. J.; Curtice, V.; Noyori, K. S. y Rittler, M. C.: *Cilinical Studies in Laser Photocoagulation.* Arch. Ophth. *74:* 57-65, 1965.
8. Minton, J. P. y Ketcham, A. S.: *The effect of rubi laser radiation on the Cloudman S-91 Melanoma in the CDBA/2F1 Hybrid Mouse.* Cáncer *17:* 1305-1309, 1964.
9. Rounds, D. E.: *Effects of Laser radiation on cell cultures.* pág. 116. Federat.on Proceedings, Jan-Feb. Washington, D. C., 1965.
10. Malt, R. A.: *Effects of laser radiation on subcellular components.* pág. 122. Federation Proceedings, Jan-Feb., Washington, D. C., 1965.
11. Spalter, H. F.; Campbell, C. J.; Noyori, K. S.; Rittler, M. C. y Koester, C. J.: *Prophylatic Photocoagulation of recurrent Toxo plasmic Retinochoroiditis.* Arch. Ophth. *75:* 21-31, 1966.
12. Juárez Vergara, P.; Alvarez Fuertes, G.; De Buen, S.; González Ochoa, A. y Santos, R.: *Lesiones oculares en la inoculación experimental por Candida albicans.* An. Soc. Mex Oftal. XXXVII: 234-238, 1964.
13. De Buen, S. y Santos, R.: *Comunicación al VIII Congreso Mexicano de Oftalmología.* Oaxaca, Oax., marzo de 1966.