

# Cirugía refractiva corneal. El camino que condujo a la tecnología láser

Enrique de la Torre González,\* Manuel Sánchez Cornejo,\*\* Linett Pavón Rocha\*\*\*

## RESUMEN

La cirugía refractiva corneal moderna ha demostrado ser estable, segura, predecible y eficiente para el tratamiento de la miopía, hipermetropía y astigmatismo. Se realizó una revisión de la evolución en la historia de la cirugía refractiva corneal haciendo énfasis en las situaciones que inspiraron su progreso hasta nuestros días.

**Palabras clave:** LASIK, cirugía refractiva, cornea, láser excimer.

## ABSTRACT

Modern corneal refractive surgery has proved to be a procedure that is stable, safe, predictable and efficient for the treatment of myopia, hypermetropia and astigmatism. A glimpse of its evolution emphasising on the situations that made its progress possible up to now was undertaken.

**Key words:** LASIK, refractive surgery, cornea, excimer laser.

## INTRODUCCIÓN

La oftalmología en general, y el área de la cirugía refractiva en particular, han sido sujetas a cambios vertiginosos.<sup>1,2</sup> El desarrollo de tecnología de punta –en ocasiones con usos militares o en la industria– y su incorporación en la medicina han hecho posible la innovación.

Durante 1983 se presenció la importancia de la biomecánica corneal con la introducción de la queratoplastia lamelar anterior. El LASIK fue el resultado de varias técnicas con tecnología novedosa. Así, el láser excimer fue introducido por Trokel y actualmente es la mejor alternativa para el tratamiento quirúrgico de las ametropías. Esto es el resultado de combinar las técnicas tradicionales con la tecnología.

El área de la cirugía refractiva corneal abunda en ejemplos en los que la combinación de estos dos factores ha sido posible; sin embargo, a la misma velocidad en la que los adelantos tecnológicos sorprenden con resultados cada vez mejores, también la indiferencia o falta de asombro aumentan a la par, haciendo olvidar de dónde venimos y

cómo es que llegamos al día de hoy, en el que cada año se gastan 200 millones de dólares en Estados Unidos<sup>3</sup> en cirugías refractivas corneales, la cual ocupa uno de los primeros lugares como procedimiento quirúrgico electivo en el mundo.<sup>4</sup>

Se mencionarán algunas de las aportaciones más significativas en el área de la cirugía refractiva corneal incisional y lamelar enfatizando cómo fue que la sucesión de eventos permitió el desarrollo ulterior.

La córnea y sus interfases aire-película lagrimal y humor acuoso son las responsables de dos tercios del poder óptico del ojo; aunado a su facilidad de acceso y la capacidad de realizar procedimientos con la ayuda de anestesia tópica, hicieron que la primera aproximación a la cirugía refractiva se intentara en esta estructura.

La primera descripción del manejo del astigmatismo corneal la realizó Lans en 1898 en un artículo de 38 páginas,<sup>5</sup> en el cual describe cortes en la córnea cambiando con esto el poder refractivo del ojo. Posteriormente, Sato,<sup>6,7</sup> en 1950, guiado por la observación de que en los pacientes con edema estromal secundario a descompensación endotelal había un aplanamiento corneal y modificando la técnica descrita por Lans, realizó cortes radiales en la superficie posterior de la córnea logrando evidenciar aplanamiento corneal a un costo muy alto; 75% de los pa-

\* Médico adscrito, Clínica de Córnea y Refractiva, Hospital Juárez de México.

\*\* Jefe de Servicio de Oftalmología, Hospital Juárez de México.

\*\*\* Residente de Oftalmología tercer año, Hospital Juárez de México.

cientes intervenidos con la técnica de Sato tuvieron como desenlace queratopatía bulosa en un seguimiento a 20 años.<sup>8</sup>

No sería sino hasta 10 años después que se descubriera la importancia del endotelio corneal. A mediados de los años 70 en Rusia, Fyodorov refina la técnica de Sato realizando las incisiones en la superficie anterior de la córnea, incorporando el conocimiento de la importancia de no dañar el endotelio, aportó instrumentación innovadora que permitía cortes más precisos (Figura 1).<sup>9,10</sup> Describió la relación inversa entre zona corneal clara central y el efecto de aplanación.<sup>9</sup>

Así, nace la cirugía corneal con fines refractivos con pasos inestables a pesar de algunas variantes en la técnica de la queratotomía radiada y el bisturí de diamante precalibrado haciendo la incisión americana o rusa, disminuyendo el número de cortes o su tamaño, así como su profundidad.<sup>11</sup> El nuevo procedimiento despertó controversias debido a la seguridad, predictibilidad y estabilidad variables observadas en los pacientes.

El estudio PERK,<sup>12-15</sup> de carácter prospectivo fue pionero en el área de la cirugía refractiva, plagada de reportes anecdóticos hasta ese momento, debido a su rigor metodológico aplicado al nuevo procedimiento para esclarecer finalmente su seguridad y predictibilidad. A 10 años de seguimiento 50% de los pacientes con agudeza visual no corregida de 20/20, con un residual promedio de 4.42 dioptrías además de una tendencia progresiva hacia la hipermetropía con el paso del tiempo.

El siguiente salto de la cirugía corneal lamelar se dio en una fase de transición que sirvió como gestación de la cirugía refractiva moderna. En 1949 José Ignacio Barraquer en Colombia describe por vez primera la utilización de un microqueratomo para la creación de un lenticulo corneal; en 1967 introduce el término de queratomileusis que consistía en la creación de un lenticulo corneal el cual era congelado y remodelado para ser suturado nuevamente en el lecho estromal con resultados variables.<sup>16-18</sup>

En 1983, Luis Ruiz propone la creación de un segundo lenticulo de grosor variable dependiendo de las dioptrías a tratar, el cual se obtenía del lecho estromal. Surge así el término de queratoplastia lamelar anterior.<sup>19</sup> Durante este tiempo, la cirugía lamelar fue considerada impredecible y poco segura aun en manos expertas, además de ser técnicamente demandante. En este periodo se descubrió la importancia de la biomecánica corneal al apreciar ectasias corneales inducidas en el tratamiento de hipermetropía en el cual se creaban colgajos de 75% del espesor corneal con ectasias hasta en 26%.<sup>20,21</sup>

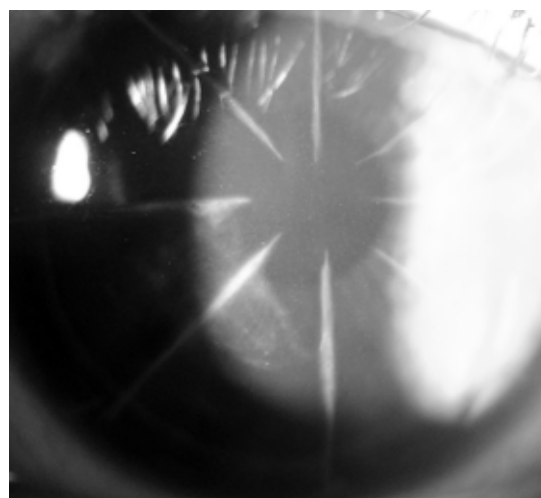
Trokel, inspirado por la tecnología del YAG láser introducida por L'Esperance en 1980 con la cual se podían

fragmentar finas membranas, introdujo en el área de la oftalmología el láser excimer que inicialmente era utilizado en IBM para el procesamiento de microcircuitos de computadoras. IBM no permitió la experimentación en animales en su laboratorio por lo que Trokel junto con Srinivasan,<sup>22</sup> iniciaron la utilización en tejido biológico observando la gran precisión de los cortes. Varios autores corroboraron la ausencia de daño térmico, químico o de choque en el ojo.<sup>23-28</sup>

La introducción de tecnología de punta de otra área del conocimiento en la oftalmología fue verdaderamente revolucionaria. Permitió la liberación de pulsos de 20 nanosegundos con una densidad de entre 150 y 250 mJ/cm<sup>2</sup>, logrando una ablación de entre 0.1 y 0.5  $\mu$ m/pulso. El tejido tratado es modificado a nivel molecular rompiendo enlaces químicos y liberando plasma a varios cientos de grados centígrados, obteniendo una superficie tratada pulida lo cual es esencial para una adecuada agudeza visual.

La idea original de Trokel era la de reproducir los cortes de la queratotomía radiada sustituyendo el bisturí de diamante con el excimer de 193 nm. La unión de lo viejo y lo nuevo. Pero cuando lo viejo (la queratotomía radiada) tenía resultados insatisfactorios, el resultado aplicando láser fue nada halagüeño. Munnerlin, ideó las fórmulas de ablación y sustracción de tejido central inicialmente para el tratamiento de las miopías.<sup>33</sup> En estas primeras etapas se describió el uso del láser excimer con fines terapéuticos.

Finalmente, el desarrollo de la queratomileusis *in situ* asistida por láser (LASIK) fue el resultado de varias técnicas con tecnología novedosa. Por un lado la creación de un colgajo corneal creado con un microqueratomo adicional-



**Figura 1.** Queratotomía radiada para el tratamiento de la miopía. Archivo HJM.



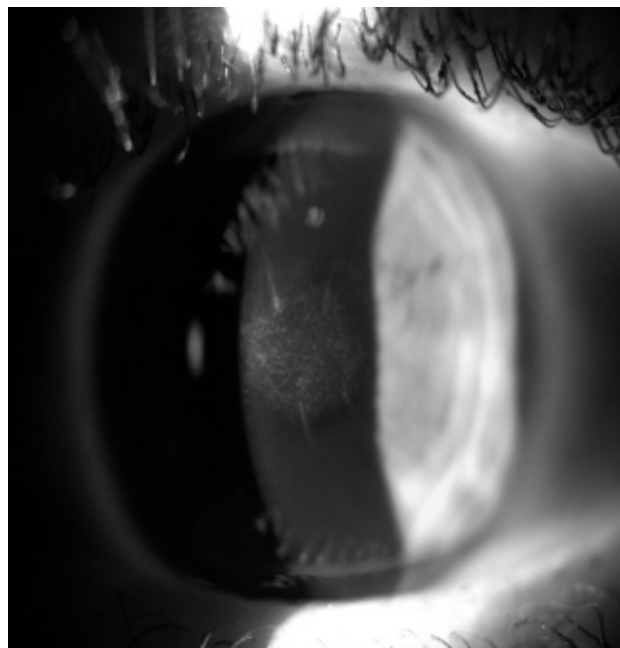
**Figura 2.** Consola de láser excimer B&L chiron z-100. Unidad de Cirugía Refractiva HJM.

do al tratamiento aplicado en el mismo lecho estromal, pero en esta ocasión sustrayendo tejido con la ayuda del láser de una forma mucho más precisa, reproducible y segura.

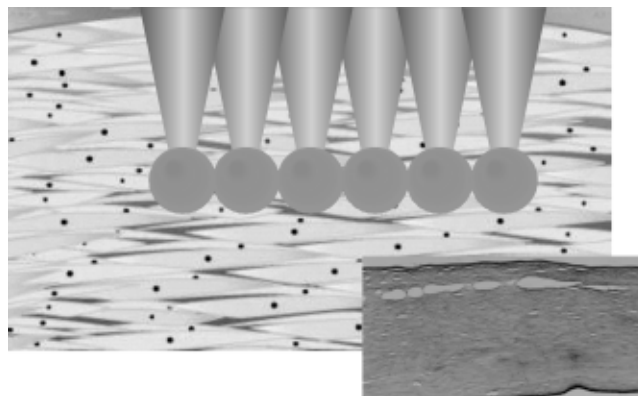
La forma de liberar el láser para la sustracción del tejido estromal ha mejorado, los patrones de ablación para miopía, hipermetropía y astigmatismo han sido perfeccionados con el tiempo mostrando seguridad, predictibilidad y eficacia. Se han implementado dispositivos que permiten seguir al ojo durante el tratamiento para evitar descentraciones. Se ha incorporado conocimiento de la astronomía derivado de microscopios en el espacio para el tratamiento de aberraciones ópticas de alto orden en el ojo, que son astigmatismos irregulares no tratables con lentes esfero-cilíndricos (Figura 2).

El láser excimer no deja de ser una herramienta terapéutica por lo que al no evaluar correctamente al paciente o al exceder los límites de seguridad, pueden ocurrir complicaciones como ectasias, infección o leucomas que conducen a la pérdida de líneas de visión (Figura 3).

Durante 2005, se introdujo una nueva herramienta, la cual se adaptó a los procedimientos existentes. En este caso, un nuevo láser denominado láser de femtosegundos, trabaja a una longitud de onda de 1 053 nm el cual es capaz de liberar pulsos de  $10^{-13}$  seg (100 femtosegundos) que es el tiempo en el cual la luz le da vuelta a un cabello. Dicho láser ha sido aprobado para realizar cortes lamelares o penetrantes. En el caso de su uso en LASIK, el láser de femtosegundos reduce las complicaciones asociadas al microqueratomo automatizado con navaja de



**Figura 3.** Cicatrización corneal aberrante con opacidad en el eje visual (haze). Archivo HJM.



**Figura 4.** Disección lamelar del estroma corneal con láser de femtosegundos. Dr. Naranjo-Tackman y Dr. Rodríguez. APEC.

una forma considerable, además de permitir de forma más precisa la creación de colgajos corneales del grosor deseado (Figura 4).

Actualmente, la mejor alternativa para el tratamiento quirúrgico de las ametropías es el láser excimer de 193 nm el cual puede ser aplicado de forma transepitelial, estromal superficial (queratectomía fotorrefractiva) o intraestromal con la creación de un lenticulo.

El campo de conocimiento del oftalmólogo cada vez es mayor y no es suficiente utilizar la tecnología; es deseable



saber cómo se llegó a ella, qué inspiró su desarrollo y la manera en la que la nueva tecnología puede optimizar un procedimiento existente, o bien permitir la creación de algo 100% innovador.

Se invita al lector a reflexionar acerca de las lecciones que nos ha brindado la cirugía refractiva en su evolución y, dada la tecnología actual, preguntarse ¿Cuál es el siguiente paso que revolucionará la cirugía corneal?

## REFERENCIAS

- Doyle Stulting R, William J, Lahners MD, Jonathan D, Carr MD. Advances in Refractive Surgery 1975 to the Present. *Cornea* 2000; 19(5): 741-53.
- Linebarger EJ, Lindstrom RL, Hardten DR, Chu YR. Refractive surgery in the new millennium. *Ophthalmology Clinics of North America* 1999; 12(4).
- Aerlyn DG, Lee PP. Patient Expectations for Medical and Surgical Care: A Review of the Literature and Applications to Ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 2004; 49: 513-24.
- McDonnell PJ. Emergence of refractive surgery. *Arch Ophthalmol* 2000; 118: 1119-20.
- Lans L. Experimentelle Untersuchungen über Entstehung von Astigmatismus durch nicht-perforierende Corneawunden. *Arch Ophthalmol* 1898; 45: 117-52.
- Sato T. Posterior incision of the cornea: surgical treatment for conical corneas and astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1950; 33: 943-8.
- Sato T. Posterior half-incision of the cornea for astigmatism: operative procedures and the results of the improved tangent method. *Am J Ophthalmol* 1953; 36: 462-6.
- Yamaguchi T. Bullous keratopathy after anterior-posterior radial keratotomy for myopia and myopic astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1982; 93: 600-6.
- Fyodorov S, Durnev V. Operation of dosaged dissection of corneal circular ligament in cases of myopia of mild degree. *Ann Ophthalmol* 1979; 11: 1885-90.
- Cowden JW, Bores LD. A clinical investigation of the surgical correction of myopia by the method of Fyodorov. *Ophthalmology* 1981; 88: 737-41.
- Lindstrom R. Minimally invasive radial keratotomy: mini-RK. *J Cataract Refract Surg* 1995; 21: 27-34.
- Waring GO, Lynn M, Nizam A, et al. Results of the prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study five years after surgery. *Ophthalmology* 1983; 98: 1164-76.
- Waring GO, Aretnsen JJ, Bourque LB, et al. Rationale for and design of the National Eye Institute prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study. *Ophthalmol* 1983; 90: 40-58.
- Waring GO. Making sense of "keratospeak." A classification of refractive corneal surgery. *Arch Ophthalmol* 1985; 103: 1472-7.
- Waring GO, Lynn MJ, McDonnell PJ, et al. Results of the prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study ten years after surgery. *Arch Ophthalmol* 1994; 112: 1298-308.
- Barraquer JI. Keratomileusis for the correction of myopia. *Ann Inst Barraquer* 1964; 5: 209-29.
- Barraquer JI. Method of cutting lamellar grafts in frozen cornea. *Arch SOC Em Oftalmol Optom* 1958; 1: 271-86.
- Barraquer JI. Refractive keratoplasty. *Est Inf Oftal* 1949; 2: 10.
- Ruiz LA, Rowsey JJ. In situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988; 29(Suppl.): 392.
- Lyle WA, Jin GJ. Hyperopic automated lamellar keratoplasty: complications and visual results. *Arch Ophthalmol* 1998; 116: 425-8.
- Waring GO 3rd. A cautionary tale of innovation in refractive surgery. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 1069-73.
- Trokel SL, Srinivasan R, Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. *Am J Ophthalmol* 1983; 96: 710-5.
- Valderrama GL, Fredin LG, Berry MJ. Temperature distributions in laser-irradiated tissues. *SPIE Proceedings* 1991; 1427: 200-13.
- Dyer PE, A1-Dhahir RK. Transient photoacoustic studies of laser tissue ablation. *SPIE Proceedings* 1990; 1202: 46-60.
- Marshall J, Trokel S, Rothery S, Schubert H. An ultrastructural study of corneal incisions induced by an excimer laser at 193 nm. *Ophthalmology* 1985; 92: 749-58.
- Bende T, Seiler T, Wollensak J. Side effects in excimer corneal surgery: corneal thermal gradients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988; 226: 277-80.
- Fantes FE, Hanna KD, Waring GO III, et al. Wound healing after excimer laser keratomileusis (photorefractive keratectomy) in monkeys. *Arch Ophthalmol* 1990; 108: 665-75.
- Steinert RF, Puliafito CA. The Nd: YAG Laser in Ophthalmology. Saunders Philadelphia 1985; 27-28, 103.

## Solicitud de sobretiros:

Dr. Enrique de la Torre González  
 Av. Instituto Politécnico Nacional Núm. 5160  
 Col. Magdalena de las Salinas  
 C. P. 07760 México D. F.  
 Tel.: 5747-7560, 57477624  
 Cel.: 044 55 3999-2039  
 Correo electrónico:  
 delatorre\_cornea@yahoo.com.mx