

LIBRO PARA LA FORMACIÓN DE LOS RESIDENTES EN OFTALMOLOGÍA

## CIRUGÍA REFRACTIVA

### 1. Procedimientos refractivos

## 1.2

# Tecnología Láser (excímer y femtosegundo)

Patricia Bayo Calduch



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE OFTALMOLOGÍA

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad de utilizar la tecnología láser para tratamientos corneales fue suscitada a principios de la década de 1980 basándose en la relación entre el cambio en la potencia refractiva y la cantidad de tejido ablacionado que establecía la fórmula de Munnerlyn, siendo autorizado su uso por primera vez por la FDA en 1988.

Los láseres se basan en el fenómeno de **amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación** (de donde proviene su acrónimo), donde la emisión de fotones estimulada produce una radiación monocromática (una única longitud de onda) y coherente (en fase), donde la luz es amplificada y enfocada en un haz unidireccional fino, permitiendo que su energía sea liberada en un objeto pequeño, muy preciso. La interacción entre la radiación láser y la córnea se basa fundamentalmente en la **absorción** de ésta para longitudes de onda inferiores a 350 nm, principal efecto utilizado para la cirugía corneal fotoablativa. Dicha absorción puede desglosarse en tres efectos distintos: fototérmico, fotodisruptivo y fotoquímico. El **efecto fotodisruptivo** sólo se produce con longitudes de onda muy largas, del orden de la micra (infrarrojo), siendo éste el mecanismo del láser de femtosegundo. El **efecto fotoquímico** suele producirse con longitudes de onda cortas, cuya propiedad utilizada para la cirugía refractiva es la fotoablación, que se obtiene con radiación ultravioleta asociada con energías muy elevadas. Con esta longitud de onda corta la acción es muy superficial (unas pocas micras).

Los láser excímeros (acrónimo de «dímero excitado») emplean una mezcla gaseosa de argón y flúor con las siguientes propiedades: 193nm de longitud de onda (rango ultravioleta), fotones de alta energía (6,4 eV por fotón que producen fotodescomposición ablativa), penetración débil en los tejidos contiguos (por su coeficiente de absorción corneal muy alto), mínimos efectos térmicos, una superficie de impacto muy regular, gran absorción por el agua y ausencia de efectos mutágenos.

El láser femtosegundo (1fs=10<sup>-15</sup> sg) se caracteriza por un modo de acción ultrarrápido y el empleo de fluencias bajas (decenas de micro-Julios/cm<sup>2</sup>) concentradas en un periodo de tiempo muy corto. Tiene una longitud de onda de 1053 nm (rango infrarrojo), provocando la fotodisrupción del tejido, una nube microscópica de plasma que se expande a velocidad supersónica y forma cavidades o «burbujas» en el tejido por efecto tipo onda de choque, con una separación del tejido contiguo debido a su expansión, cavidades tan pequeñas que le confieren su gran precisión y seguridad en el corte.

La evolución de los láser excímeros desde los láseres originales de haz ancho a los actuales de menor diámetro y de spot flotante (0,5-2 mm de diámetro y frecuencia de repetición más alta) han permitido aumentar la precisión de los tratamientos, reduciendo la profundidad de ablación total y el tiempo de tratamiento y permitiendo la creación de zonas ópticas mayores (> o = 6 mm) con zonas de transición que armonizan el borde de la zona óptica con la córnea periférica.

## LA TECNOLOGÍA LÁSER EN LAS TÉCNICAS FOTOABLATIVAS

El fundamento de las técnicas de fotoablación es la modificación del radio de curvatura corneal y, por tanto, de la potencia refractiva de la córnea por medio de una ablación láser del estroma corneal anterior. Dichos tratamientos realizan la corrección de los defectos de refracción del siguiente modo:

1. La corrección de la **miopía** requiere el aplanamiento global de la córnea, donde la máxima profundidad de la ablación tiene lugar en el centro de la zona óptica, modificando el perfil corneal hacia una córnea más oblata.
2. La corrección de la **hipermetropía** pasa por el aumento de la curvatura de la córnea central siguiendo un patrón anular de predominio en periferia no ablacionada y de menor curvatura, adquiriendo por tanto la córnea una morfología hiperprolata.
3. El tratamiento **astigmático** corrige la toricidad excesiva aplicando la combinación de tres perfiles elementales de ablación selectivamente en los diferentes meridianos corneales.

Existen 4 técnicas de fotoablación:

1. La **queratectomía fotorrefractiva (PRK)**, también denominada ablación de superficie (AS), realiza la fotoablación tras la eliminación mecánica del epitelio corneal mediante el cepillo de Amoils, la aplicación tópica de alcohol puro o también mediante láser excímer (denominada PRK transepitelial –tPRK–). Se consideran ventajas de esta técnica el menor riesgo de ectasia que entraña realizar una ablación más superficial, pudiendo tratar córneas más finas; la ausencia de flap elimina las complicaciones vinculadas con el mismo y se ha descrito menor incidencia de ojo seco. Sin embargo, el dolor postoperatorio es manifiestamente mayor, la recuperación de la agudeza visual es más lenta y presenta mayor riesgo de presentar turbidez en la interfase (*haze*) y de infección.
2. La técnica **LASEK (queratomileusis subepitelial láser)** supone una modificación respecto a la PRK, en la que el epitelio es desprendido y volteado para ser posteriormente reposicionado tras la ablación.
3. La técnica **LASIK (queratomileusis in situ láser)** lleva a cabo la fotoablación en un plano más profundo que la PRK ya que crea un colgajo epitelial de forma mecánica mediante microqueratomo o asistido mediante láser de femtosegundo (Femto-LASIK).
4. La técnica **epi-LASIK (queratomileusis in situ con colgajo epitelial)** es una modificación de la técnica LASIK en la que se crea un colgajo epitelial mediante microqueratomo.

La queratomileusis láser in situ (LASIK) es en la actualidad la técnica utilizada con mayor frecuencia para la corrección de la mayoría de las ametropías esféricas y cilíndricas. La técnica quirúrgica consiste en dos etapas: la creación y levantamiento de un colgajo superficial y el posterior tallado de la superficie estromal mediante la aplicación del láser.

El tallado del colgajo puede realizarse, ambas bajo estabilización ocular mediante un anillo de succión, mediante un microqueratomo (LASIK) o mediante láser de femtosegundo (Femto-LASIK).

El microqueratomo, que puede ser manual o mecánico, realiza un corte lamelar corneal de morfología meniscal (con mayor grosor en la periferia con respecto al centro) dejando una charnela preferentemente de localización superior (menor desplazamiento del flap con el parpadeo). Dicho flap presenta un grosor variable en función del microqueratomo utilizado y otros factores condicionantes como la paquimetría, queratometría y astigmatismo corneales previos, así como la velocidad de pasada del microqueratomo.

El tallado del flap mediante el láser de femtosegundo se efectúa mediante la programación por software de la localización, el diámetro y el grosor de la charnela, así como el ángulo de incidencia del corte, el cual debe ser al menos de 90° para facilitar el apocionamiento del flap. El grosor del flap creado no se ve afectado por la paquimetría ni queratometría previas, ni por la velocidad de traslación.

Tras el tallado del flap de uno u otro modo, se voltea el flap creado (previamente marcado en periferia) para realizar la ablación del tejido estromal mediante láser. Tras la misma debe irrigarse profusamente la interfase con la finalidad de eliminar al máximo los detritus, recolocando el flap con suavidad asegurándonos de eliminar posibles pliegues y comprobando cautelosamente el correcto realineamiento del mismo con las marcas previamente realizadas. Gracias al efecto de la bomba epitelial, el flap se adhiere nuevamente al lecho estromal deshidratado.

La utilización del láser del femtosegundo supone un menor incremento de la presión intraocular durante la succión con respecto al LASIK, mayor precisión en la creación del colgajo, permitiendo programar colgajos más complejos, así como disminuye las posibilidades de complicaciones relacionadas con el mismo (ojales, flap libre o freecap). Además permite realizar retratamientos inmediatos en caso de que el corte haya sido incompleto como sucede en las pérdidas de succión.

Sin embargo, el mayor coste del femtosegundo, el mayor tiempo requerido en la succión, el tratamiento y la manipulación del colgajo, así como la mayor incidencia de queratitis lamelar difusa y la opacidad por la capa de burbujas, suponen desventajas con respecto a la técnica LASIK.

Además de los tratamientos de ablación estándar, se pueden programar tratamientos excímer avanzados guiados por topografía o por frente de ondas que permiten optimizar los resultados en aquellos pacientes con aberraciones corneales de alto orden, irregularidades corneales o en retratamientos.

## OTRAS APLICACIONES DEL LÁSER FEMTOSEGUNDO EN OFTALMOLOGÍA

El láser femtosegundo está aprobado también por la FDA para:

- La creación de incisiones penetrantes, perforantes y lamelares (tanto anteriores como posteriores) para la queratoplastia.

- La tunelización para el implante de anillos intraestromales.
- La creación del lentículo intraestromal de la técnica SMILE o ReLex SMILE (*Refractive Lenticule Extraction, Small Incision Lenticule Extraction*). El láser femtosegundo se utiliza en la técnica SMILE para crear un disco estromal a una profundidad programable de entre 120 y 160 micras, cuyo diámetro y grosor son proporcionales al defecto refractivo que se desea corregir. Dicho disco se extrae de forma manual a través de una incisión corneal también tallada mediante dicho láser.
- Con respecto a la cirugía de la catarata y del cristalino, el láser femtosegundo ofrece la posibilidad de realizar de forma programada, precisa, eficaz y en ojo cerrado algunos de los pasos de la misma: incisiones corneales, capsulotomía anterior y fragmentación o licuefacción del núcleo.

## BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. Cirugía Refractiva. Curso de Ciencias Básicas y Clínicas de la Academia Americana de Oftalmología (AAO) 2011-2012.
2. AAO Preferred Practice Patterns Refractive Errors & Refractive Surgery 2017.
3. Cirugía Refractiva: Protocolos. Comunicación solicitada de la Sociedad Española de Oftalmología (SEO) 2014.
4. Cirugía del cristalino con láser de femtosegundo. Comunicación solicitada de la Sociedad Española de Oftalmología (SEO) 2012.
5. Cirugía refractiva. Dimitri T. Azar. Elsevier Mosby. 2ª edición. 2008.

## PREGUNTAS DEL TEMA

### 1. Con respecto a la tecnología láser utilizada en la corrección de las distintas ametropías:

- a) La córnea tiene un coeficiente de absorción muy alto, motivo por el cual se producen pocos efectos en los tejidos contiguos.
- b) La córnea tiene un coeficiente de absorción muy alto, con lo que se precisan longitudes de onda muy largas para que la acción del láser pueda llegar a planos más profundos.
- c) El efecto fotodisruptivo del láser es el responsable de la fotoablación que realiza el láser de femtosegundo.
- d) Los láser excímeros emplean una mezcla de argón y flúor con longitud de onda en el rango ultravioleta.
- e) El efecto fotodisruptivo del láser sólo se produce con longitudes de onda muy largas, siendo éste el principal mecanismo del láser de femtosegundo.

### 2. Mediante las técnicas de fotoablación corneal:

- a) Modificamos el radio de curvatura corneal por medio de una ablación láser del estroma corneal anterior, lo cual modifica la potencia refractiva de la córnea.
- b) El aplanamiento global de la córnea modifica el perfil corneal hacia una córnea más oblata, donde la máxima profundidad de la ablación tiene lugar en la periferia de la zona óptica.
- c) La corrección de la hipermetropía supone disminuir la curvatura de la córnea de predominio en periferia con un patrón anular, adquiriendo la córnea una morfología hiperprolata.
- d) El tratamiento del astigmatismo corrige la toricidad excesiva aplicando la combinación de tres perfiles elementales de ablación selectivamente en los diferentes meridianos corneales.
- e) La queratectomía fotorrefractiva (PRK) sólo permite eliminar defectos corneales esféricos.

### 3. Respecto a la técnica LASIK (keratomileusis in situ láser):

- a) El corte lamelar del flap presenta mayor grosor en el centro que en la periferia para facilitar su adaptación posterior al lecho ablacionado.
- b) La charnela suele ser de localización superior para evitar el desplazamiento del flap con el parpadeo.
- c) El grosor del flap tallado mediante láser de femtosegundo varía según la paquimetría corneal del paciente.
- d) El Femto-LASIK permite realizar retratamientos inmediatos en caso de que el corte haya sido incompleto, a diferencia de lo que ocurre con el LASIK.
- e) La mayor incidencia de queratitis lamelar difusa y la opacidad por la capa de burbujas suponen desventajas del Femto-LASIK con respecto a la técnica LASIK.