

CAPÍTULO  
4.4

## CREACIÓN DE UN BOLSILLO CON EL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA LA INSERCIÓN DE LOS IMPLANTES INTRACORNEALES PARA LA CORRECCIÓN DE LA PRESBICIA

Julián Cezón

## INTRODUCCIÓN

En 1949 José Ignacio Barraquer presenta el primer prototipo de implante intracorneal fabricado en polimetilmetacrilato para la corrección de la miopía alta o afaquia (1). Aunque los resultados refractivos iniciales fueron prometedores, las complicaciones posteriores derivadas del material sintético, en especial la extrusión y la necrosis, llevaron al abandono de la técnica. Desde entonces han sido numerosos los intentos para encontrar un material biocompatible y una técnica segura y reproducible para poder insertar el implante intracorneal con una finalidad refractiva (2-5). A partir de 2009 resurge con fuerza el concepto de tratamiento de la presbicia mediante implantes intracorneales (6). El desarrollo de nuevos materiales más delgados, de lenticulos corneales de diámetro más pequeño y más biocompatibles, contribuye al entusiasmo por esta tecnología, pero sin duda es el impulso de la tecnología láser de femtosegundo (LFS) el factor más determinante. Hasta la llegada del LFS, la única forma de insertar un implante intracorneal era mediante la creación de un colgajo corneal (más conocido por el anglicismo flap) con un microqueratomo mecánico, con sus consiguientes limitaciones.

La idea de corregir la presbicia mediante una cirugía limpia, que no requiere eliminar tejido corneal alguno, que es eficaz, reversible y que no impide la realización futura de otros procedimientos, es bien acogida por la comunidad científica y con la aprobación de la Comunidad Europea (CE) y la *Food and Drug Administration* (FDA) miles de procedimientos son realizados en todo el mundo (7). Sólo quedaba certificar la estabilidad y la seguridad de los implantes a lo largo del tiempo. Son numerosas las complicaciones publicadas relacionadas bien con el material del implante, bien con el cambio re-

fractivo inducido, entre otras causas (8-10), y por ello, en la actualidad el uso de implantes intracorneales para la corrección de la presbicia es prácticamente residual. Sin embargo, es importante conocer los distintos tipos de implantes, así como la técnica quirúrgica y los parámetros utilizados con los distintos modelos de LFS en los últimos años. No conviene olvidar que son decenas de miles los pacientes tratados con implantes intracorneales de presbicia que pueden requerir su explantación o la realización de otros procedimientos como cirugía de cataratas, glaucoma, retina, etc...

El objetivo de este capítulo es describir los tipos de implantes intracorneales para presbicia más utilizados, su mecanismo de acción, la técnica quirúrgica, los parámetros recomendados del LFS para la creación del bolsillo y, finalmente, las distintas complicaciones potenciales.

## IMPLANTES INTRACORNEALES PARA PRESBICIA

## Kamra (Cornea Gen™)

KAMRA es el implante intracorneal para presbicia mejor estudiado y más utilizado en todo el mundo. En 2005 fue aprobado por la CE y en 2015 por la FDA. Más de 20.000 implantes se han realizado en 50 países (11). Inicialmente distribuido por AcuFocus™, en 2018 fue adquirido por SightLife Surgical™ y actualmente por Cornea Gen™.

El implante intracorneal KAMRA se basa en el principio estenopéico para aumentar la profundidad de foco (fig. 1). Con un espesor de 6 µm, un diámetro total de 3,8 mm y una apertura central de 1,6 mm, el KAMRA está fabricado con fluoruro de

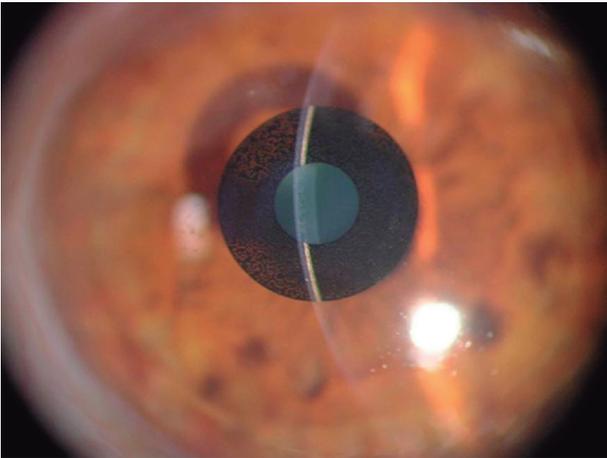


Figura 1. Implante intracorneal KAMRA™ (Dr. Cezón).

polivinilideno y sólo deja pasar a través de él un 6,7% de luz.

Para permitir el correcto flujo de nutrientes en el estroma corneal, dispone de 8.400 microperforaciones de 5 a 11  $\mu\text{m}$  de diámetro realizadas aleatoriamente con un láser.

El implante KAMRA se coloca de forma monocular en el ojo no dominante. El centrado se realiza teniendo como referencia el primer reflejo de Purkinje. Aunque al principio se utilizaba la creación de un flap corneal convencional obtenido con el microqueratomo mecánico, asociado o no a un tratamiento refractivo con láser excímer tipo LASIK (*Laser in situ keratomileusis*), los mejores resultados se publicaron posteriormente con la realización de un bolsillo con la ayuda de un LFS a una profundidad de al menos 250  $\mu\text{m}$  con respecto a la superficie corneal (12) (figs. 2 y 3).

En cambio, si previamente el paciente había sido sometido a un procedimiento LASIK, el bolsillo se efectuaba a 100-110  $\mu\text{m}$  por debajo del flap inicial.



Figura 2. Pantalla del láser de femtosegundo Z6 de Ziemer™. Obsérvense los parámetros corneales para la creación de un bolsillo (*pocket*) intraestromal para la implantación de un KAMRA™. En este caso se programa un bolsillo con un diámetro de 6,50 mm situado a una profundidad de 220  $\mu\text{m}$  en el ojo izquierdo (ojo no dominante) del paciente (Dr. Cezón).

El implante intraestromal KAMRA mejora la visión intermedia y cercana sin un detrimento significativo de la visión lejana. La estereopsis se ve poco afectada. Las indicaciones iniciales incluían emétopes, emétopes tras cirugía LASIK, pacientes pseudofáquicos con lentes monofocales, o pacientes con implante de lentes fáquicas (13-19). Los mejores resultados publicados fueron en pacientes con ojos no dominantes ligeramente miopes, entre  $-0,75$  dioptrías (D) y  $-1$  D, con menos de 0,75 D de astigmatismo y emetropía en el ojo dominante (13, 18, 20).

La seguridad del implante ha sido bien documentada, si bien se han descrito complicaciones postoperatorias tales como descentramiento del implante, fibrosis (*haze*) en el área corneal alrededor del implante, regresión del efecto refractivo, depósitos epiteliales férricos, crecimiento epitelial, queratitis in-

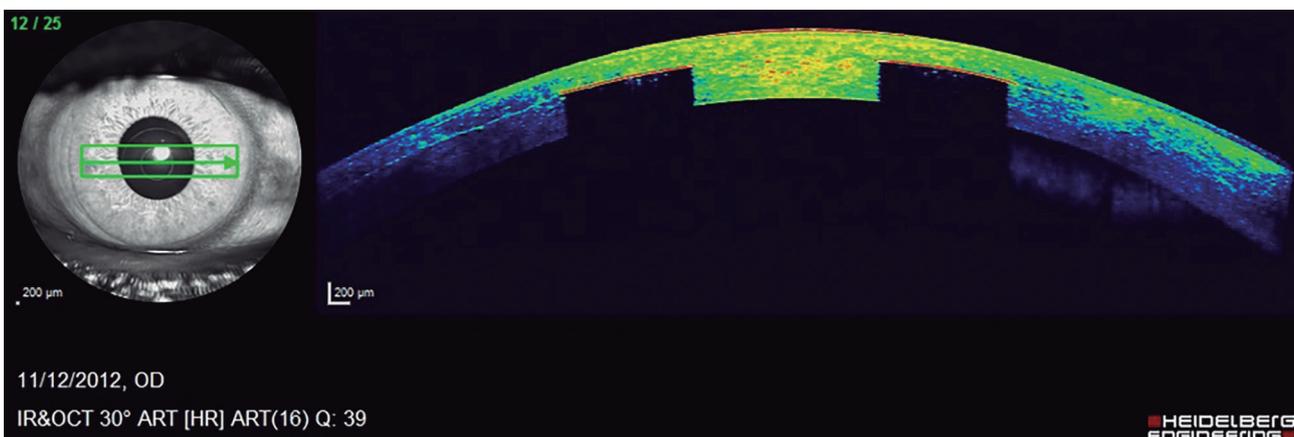


Figura 3. Tomografía de coherencia óptica de segmento anterior de una córnea con un implante intraestromal tipo KAMRA (Dr. Cezón).

fecciosa (fig. 4) o respuesta cicatricial excesiva con engrosamiento estromal sobre el implante e hipermetropización secundaria (10,12,21).

### Flexivue Microlens (Presbia™)

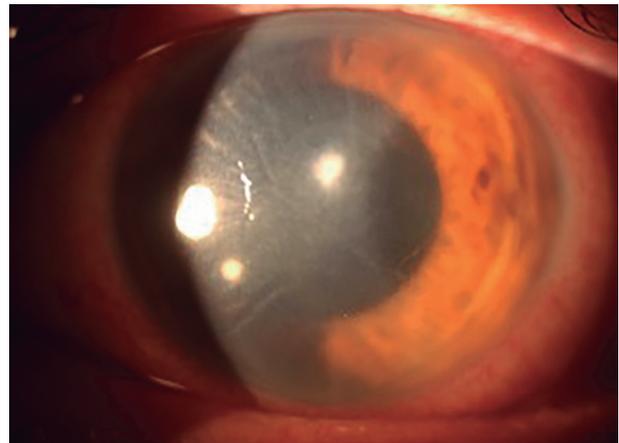
FLEXIVUE es un implante intracorneal refractivo con óptica bifocal que funciona cambiando el índice de refracción corneal mejorando por lo tanto la visión cercana. Con un espesor entre 15  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ , según la magnitud de la adición para cerca, un diámetro de 3 mm y un agujero central de 0,15 mm, la zona central de 1,6 mm es refractivamente plana y la zona periférica tiene una adición de +1,25 D hasta +3,5 D con incrementos de 0,25 D (6,22). El implante está fabricado con un copolímero hidrofílico de hidroximetilmetacrilato y metilmetacrilato y lleva incorporado un filtro ultravioleta. El índice de refracción es de 1,4583.

El implante FLEXIVUE se centra respecto al primer reflejo de Purkinje y se inserta tras la creación de un bolsillo intraestromal con la ayuda de un LFS, **a una profundidad de entre 280 y 300  $\mu\text{m}$** . Aprobado por la CE en 2009, PRESBIA abandona la fase III de la FDA en 2019. Actualmente sólo se implanta en Irlanda, Alemania, Australia y Corea del Sur. Más de 1.000 implantes se han realizado en todo el mundo con buenos resultados, aunque la agudeza visual lejana en el ojo implantado baja entre una y tres líneas, sin afectar, aparentemente y de forma significativa a la visión binocular (14,23).

Se han publicado como complicaciones postoperatorias un aumento significativo de las aberraciones de alto orden, un descenso de la sensibilidad al contraste en condiciones mesópicas y fotópicas de iluminación, con un 12,5% de casos que refieren halos nocturnos y deslumbramiento (23).

### Raindrop (Revision Optics™)

RAINDROP es el único implante intraestromal para la corrección de la presbicia que fue diseñado para remodelar la córnea, creando una geometría hiperprolata. Este implante tiene un espesor central de 32  $\mu\text{m}$  que va adelgazándose hasta las 10  $\mu\text{m}$  en la periferia. El diámetro es de 2 mm y el material es un hidrogel con un 77% de agua. El índice refractivo y el contenido de agua son similares a los de la córnea humana. El implante no tiene potencia refractiva pero

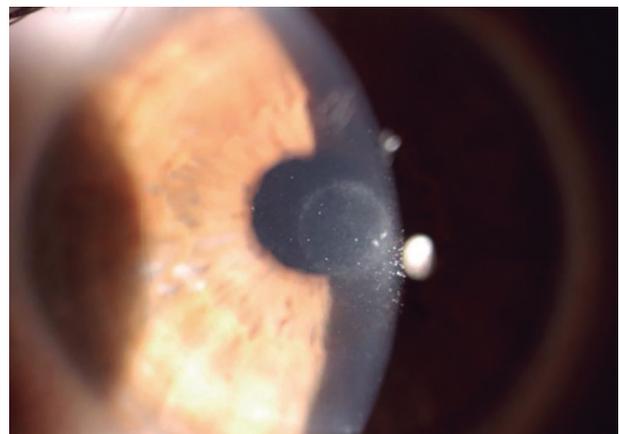


**Figura 4.** Queratitis infecciosa tras la retirada de un implante intraestromal tipo KAMRA™ (Dr. Cezón).

su inserción centrada en el ojo no dominante a una **profundidad de 120 a 200  $\mu\text{m}$**  con la ayuda de un LFS, induce una multifocalidad corneal, muy apreciable en la topografía corneal (24,25). Más de 6.000 implantes han sido realizados en todo el mundo. Las indicaciones incluían emétopes, hipermétropes, pseudofáquicos y su combinación con LASIK para corregir además la ametropía del paciente. Los resultados iniciales eran prometedores (24), pero en 2018 la FDA ordena la retirada inmediata de todos los lentes implantados en EEUU debido a una tasa de *haze* corneal superior al 75% con *melting* corneal asociado (fig. 5). La empresa Revision Optics cerró en 2018.

### Icolens (Neoptics™)

ICOLENS es un implante intracorneal refractivo con óptica bifocal, que posee un pequeño orificio central para permitir la visión lejana, y un anillo peri-



**Figura 5.** Haze corneal tras la implantación de un Raindrop™.

férico de potencia positiva que induce un efecto multifocal, al igual que el implante Flexivue Microlens.

Con un diámetro de 3 mm y un espesor de entre 15 y 20  $\mu\text{m}$ , dependiendo de la magnitud de la adición para cerca, está fabricado con un copolímero acrílico hidrofílico de hidroximetilmetacrilato y metilmetacrilato e induce una adición en cerca de entre +1,25 D hasta +3 D.

El implante ICOLENS se centra respecto al primer reflejo de Purkinje y se inserta tras la creación de un bolsillo intraestromal con la ayuda de un LFS, **a una profundidad de 300  $\mu\text{m}$ .**

Baily y colaboradores (26) evaluaron los resultados visuales de ICOLENS en 52 casos con un año de seguimiento, observando una mejoría significativa en la visión espontánea de cerca en el ojo no dominante, a la vez que una pérdida media de 1,67 líneas de agudeza visual sin corrección para lejos. No se detectaron complicaciones postoperatorias, aunque 11 casos precisaron un explante debido a la mínima mejoría en visión cercana.

## PARÁMETROS DEL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA LA CREACIÓN DEL BOLSILLO INTRAESTROMAL

En principio todas las unidades de LFS que hacen exclusivamente cirugías corneales deberían tener capacidad para crear bolsillos intraestromales. Sin embargo, sólo se tiene conocimiento del empleo de dos modelos comerciales, el LFS Intralase® 60 kHz y su última versión el iFS® 150 kHz (Johnson & Johnson™), y el LFS LDV® (Ziemer™) en sus distintas versiones: Classic con el módulo LCS, Crystalline, y las versiones Z4, Z6 y Z8. El modelo WaveLight® FS200 (Alcon Laboratories) puede realizar bolsillos si bien hay muy pocos datos disponibles. Los mo-

delos Visumax® (Zeiss™) y Atos® (Schwind™) están preparados para realizar lenticulos intraestromales, pero no incluyen en sus respectivos *softwares* actuales la opción de bolsillos para implantación de lenticulos intraestromales para la corrección de la presbicia.

La primera cirugía con el LFS Intralase de 60 KHz la realizó el Dr. Sánchez León en Méjico. El tratamiento era complejo puesto que había que poner una máscara de plástico en el cono de succión para completar la creación de un bolsillo intraestromal (27). Posteriormente en 2011 se aprueba en Europa el nuevo *software* incorporado en el modelo iFS 150 KHz, ya sin máscara, y también en los modelos LDV de Ziemer.

En la tabla 1 se exponen las distintas características de cuatro implantes intracorneales actualmente disponibles, y la profundidad corneal a la que se aconseja su implantación.

En la tabla 2 se muestran los distintos parámetros del LFS utilizados para la creación del bolsillo intraestromal dentro del cual se implantará el implante para la corrección de la presbicia.

## TÉCNICA QUIRÚRGICA DE IMPLANTACIÓN

### Raindrop

El implante Raindrop se coloca en el ojo no dominante en el estroma corneal **tras la realización de un flap corneal (similar al de LASIK) de 150  $\mu\text{m}$  de espesor y de 8,5 mm de diámetro, empleando para ello el LFS.** La bisagra del flap corneal puede situarse tanto en superior como en temporal. El centrado del implante se efectúa sobre el eje visual tras miosis previa con la ayuda del microscopio quirúrgico pidiéndole al paciente que mire al centro de la luz. El implante viene presentado en una espátula con una

**Tabla 1. Comparativa de cuatro implantes intracorneales para la corrección de la presbicia. Profundidad corneal a la que se aconseja la implantación de los mismos**

	Diámetro (mm)	Espesor ( $\mu\text{m}$ )	Profundidad ( $\mu\text{m}$ )	Mecanismo de acción	Centrado	Material
<b>Raindrop</b>	2	32	120-200 (flap de LASIK)	Aumenta el radio de curvatura corneal	Centro pupilar en miosis	Hidrogel
<b>Flexivue</b>	3	15-20	280-300 (bolsillo)	Multifocalidad	Primer reflejo Purkinje	Hidroximetilmetacrilato y metilmetacrilato
<b>Kamra</b>	3,8	5	200-250 (bolsillo)	Estenopéico	Primer reflejo Purkinje	Fluorido de polivinilideno
<b>Icolens</b>	3	15	300 (bolsillo)	Multifocalidad	Primer reflejo de Purkinje	Hidroximetilmetacrilato y metilmetacrilato

**Tabla 2. Parámetros del LFS utilizados para la creación del bolsillo intraestromal.**

	Diámetro (mm)	Anchura entrada (mm)	Longitud (mm)	Profundidad (µm)	Localización	Ángulo de corte
<b>Raindrop</b>	2	8,5 (flap de LASIK)	8,5 (flap)	120-200 (flap de LASIK)	Temporal-Superior	90°
<b>Flexivue</b>	5,5	3,6	4,75	280-300 (bolsillo)	Temporal	45°
<b>Kamra</b>	6,5	5	4,91	200-250 (bolsillo)	Temporal	30°
<b>Icolens</b>	4,4	3,8	4,85	300 (bolsillo)	Temporal	30°

muesca al final que facilita su posicionamiento sobre el centro de la córnea, una vez disecado y levantado el flap corneal. Seguidamente, con la ayuda de un manipulador tipo Sinsky se presiona suavemente el implante poniéndolo en contacto con el estroma. Se levanta el implantador, se comprueba el centrado del implante y se espera 1 minuto para evitar que se desplace. Se hidrata el estroma corneal que rodea al implante, evitando el desplazamiento del mismo y se reposiciona el flap corneal en un movimiento suave pero rápido con la intención de no movilizar el implante. Se termina la cirugía de la misma forma que un procedimiento LASIK convencional.

Cuando aparecieron los primeros casos de *haze* corneal en las zonas adyacentes al implante, se empezó a aplicar sobre el estroma central, una vez levantado el flap corneal y previo a la colocación del implante, mitomicina C (MMC) a la concentración de 0,02% de forma similar a la utilizada en casos de ablación de superficie.

### Flexivue

La cirugía se realiza en el ojo no dominante. Teniendo en cuenta que el implante tiene una zona central de 1,6 mm de potencia plana destinada a la visión lejana y una zona periférica con adición positiva para la visión cercana, es fácil comprender la importancia de un perfecto centrado. Se marca el eje visual con un rotulador quirúrgico bajo el microscopio con la primera imagen de Purkinje como referencia. El bolsillo intraestromal se realiza con un LFS, programando **siempre una incisión temporal**, independientemente de que vayamos a operar el ojo derecho o el ojo izquierdo. **La longitud del bolsillo debe ser de 4,75 mm y la anchura de la incisión de entrada y del propio bolsillo debe ser de 3,6 mm.**

El FLEXIVUE está incluido y preparado en un implantador con extremo en pico de pato. Se introduce en el interior del bolsillo y al llegar al centro corneal previamente marcado con el rotulador quirúrgico, se presiona el gatillo del implantador, liberándose el lentículo intraestromalmente. Se comprueba que éste se adhiere al estroma corneal y que esté perfectamente centrado sobre el eje visual. Se extrae con cuidado el implantador y se comprueba nuevamente la correcta posición del implante.

### Kamra

Como en todos los casos de implantes intracorneales para presbicia, el KAMRA requiere un centrado exquisito, aunque algunos estudios demuestran que descentramientos de hasta 400 µm son bien tolerados. Para mejorar el centrado del KAMRA la empresa AcuFocus™ exigía el uso de un instrumento, el AcuTarget™, que permitía la identificación del primer reflejo de Purkinje, realizar una simulación de cuál sería la posición ideal del implante y tras la cirugía comprobar su correcto centrado. Es de especial interés para la valoración de un reposicionamiento del lentículo en caso de mala visión del paciente.

Tras la creación, en el ojo no dominante, de un bolsillo con la ayuda de un LFS (parámetros en tabla 2) preferentemente **en el eje horizontal temporal**, aunque se podría desplazar ligeramente para neutralizar pequeños astigmatismos, se introduce en su interior el implante. Se utiliza una pinza con el extremo en forma de círculo plano para sujetar el KAMRA. Hay que tener en cuenta que el lentículo tiene un espesor de tan solo 6 µm y por lo tanto es imprescindible no movilizar en exceso el disco. Al llegar al extremo del bolsillo se deprime la pinza



**Vídeo 1.** Técnica de inserción de un implante Kamra® a través de un bolsillo estromal creado con el láser de femtosegundo.

para que contacte el lentículo con el estroma y se espera unos segundos hasta comprobar que empieza a «pegarse» en la córnea. En ese momento se empieza a retirar la pinza implantadora muy despacio evitando arrastrar el implante. Se comprueba que el KAMRA está correctamente centrado y se da por terminada la cirugía (vídeo 1).

Según el estudio de Moshirfar y colaboradores (28), a los 6 meses postoperatorios, un 71% de los pacientes en los que el KAMRA estaba implantado a una profundidad  $\geq 250 \mu\text{m}$  alcanzaba una agudeza visual sin corrección en cerca  $\geq 20/20$ , frente a sólo un 22% de pacientes en los que el implante se colocaba a menos de  $250 \mu\text{m}$  de profundidad.

## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CREAR UN BOLSILLO INTRAESTROMAL FRENTE A UN FLAP

Al principio, todos los implantes, menos el ICOLENS, se realizaban con la ayuda de un flap creado con un LFS, pero fue sin duda la creación de un bolsillo intraestromal lo que impulsó esta técnica, ya que fue el principal motivo del éxito de estos implantes entre los años 2005-2015.

### Ventajas del bolsillo intraestromal

#### 1. Profundidad y centrado más ajustados de forma reproducible.

Para la implantación de un lentículo corneal se busca una profundidad de al menos  $250 \mu\text{m}$  o más, dependiendo del espesor corneal total, con la finalidad de evitar una actividad de queratocitos excesiva y por lo tanto una mayor reacción inflamatoria en caso de una implantación más superficial, donde la densidad de queratocitos es mayor, tal y como se ha comprobado en imágenes de microscopía confocal.

En cambio, no es admisible hoy en día realizar flaps de más de  $180\text{-}200 \mu\text{m}$  de espesor.

Por otro lado, el centrado del implante es mucho más sencillo a través de un bolsillo intraestromal. Tras la creación de un flap, el centrado es más complejo a pesar de tener marcas de referencia con tinta en la córnea.

#### 2. Menor incidencia de ojo seco.

Con la creación de un bolsillo de unos  $3,5 \text{ mm}$  de ancho, se cortan menos fibras nerviosas corneales periféricas en comparación con el corte circunferencial necesario para la creación del *side-cut* del flap, tanto con microqueratomo como con LFS. Por lo tanto, al dañar menos el plexo nervioso sub-basal es esperable una menor incidencia de ojo seco y una recuperación visual potencial más rápida.

#### 3. Menor alteración de la biomecánica corneal.

En teoría un bolsillo es desde el punto de vista biomecánico más estable que un flap al dañar un menor número de fibras de colágeno estromales (29). Asimismo, la aparición de estrías es mucho más probable con un flap que con un bolsillo.

### Inconvenientes del bolsillo intraestromal

1. La realización de un flap facilita la manipulación del implante en caso de descentramiento.

2. Es más sencillo combinar un tratamiento corrector con láser excímer de la ametropía del paciente con la colocación a continuación del implante. Otra opción es realizar un flap para la corrección refractiva láser y en un segundo tiempo la creación de un bolsillo para la colocación del implante en el ojo no dominante.

## COMPLICACIONES DE LOS IMPLANTES INTRACORNEALES

La inmensa mayoría de las complicaciones publicadas con los implantes intracorneales para presbicia está relacionada con el propio lentículo, no con la técnica quirúrgica (10,21). El LFS es una tecnología muy perfeccionada hoy en día y la incidencia de complicaciones intraoperatorias es mínima. Su principal inconveniente es su elevado precio.

Las principales complicaciones asociadas a los implantes intracorneales son (30,31): la extrusión, *haze* (32), *melting*, infección, crecimiento epitelial,

disfotopsias, disminución de la agudeza visual lejana (26), descentramiento, cambio hipermetrópico, depósitos férricos en el epitelio corneal, ojo seco y falta de neuroadaptación.

En una revisión de la literatura recientemente publicada (30), se estima que en torno a un 3,7% de los pacientes requieren un explante por complicaciones asociadas. Aunque el implante puede ser retirado con facilidad a través de la entrada del bolsillo intraestromal (33) (vídeo 2), con frecuencia suele persistir cierto grado de *haze* circunferencial en el lecho estromal central (34) con repercusión visual final variable (30,35).

### OTRAS APLICACIONES TERAPÉUTICAS DE LOS BOLSILLOS INTRAESTROMALES CREADOS CON EL LFS

En los últimos años se han descrito nuevas aplicaciones terapéuticas de los bolsillos intraestromales creados con el LFS. Una de ellas es el **cross-linking transepitelial**. En esta técnica se crea un **bolsillo intraestromal con el LFS a 80-100  $\mu\text{m}$  de profundidad y de 7 mm de diámetro** (36-38), seguidamente se introduce en él una solución de riboflavina al 0,1% y la córnea es irradiada con luz ultravioleta A de alta fluencia y con una longitud de onda de 370 nm durante 10-15 minutos (fig. 6). Los resultados publicados muestran mejoría de la agudeza visual sin corrección, disminución de la queratometría media máxima, y estabilidad topográfica del queratocono en un seguimiento medio de 26 meses (36). Una ventaja potencial de esta técnica frente al *cross-linking* «estándar» es la reducción marcada del dolor postoperatorio al afectar mínimamente al epitelio corneal. Además la creación de un bolsillo intraestromal no parece tener un efecto biomecánico negativo en las córneas ectásicas (36,39).



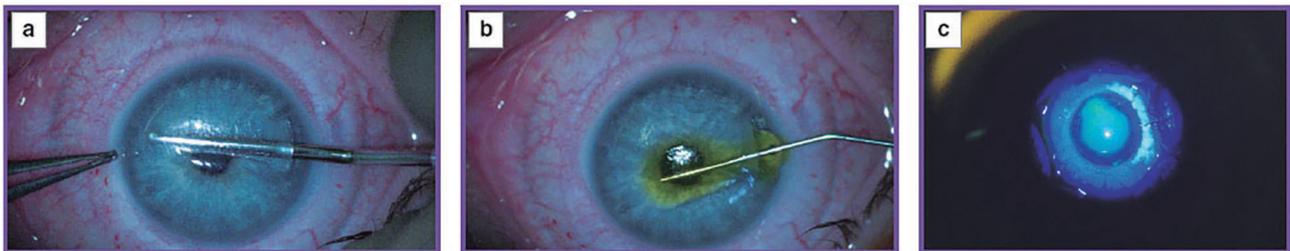
**Vídeo 2.** Técnica de explantación de un implante Kamra® a través del bolsillo estromal creado con el láser de femtosegundo.

También se ha planteado la creación de un bolsillo corneal con el LFS para la **administración intraestromal de fármacos** en el tratamiento de lesiones corneales resistentes a otras alternativas terapéuticas, como pueden ser las queratitis estromales profundas de etiología fúngica (40).

Finalmente, también se ha planteado esta opción para la **implantación de un lentículo corneal alogénico para corregir hipermetropías moderadas o altas** (41,42) **o para el tratamiento del queratocono avanzado** (SLAK, acrónimo del inglés *stromal lenticule addition keratoplasty*) (43-45).

En el caso de la corrección de la hipermetropía moderada o alta, se procede a realizar un bolsillo intraestromal de 100  $\mu\text{m}$  de profundidad y se implanta en su interior un lentículo refractivo alogénico procedente de otro paciente al que se le ha intervenido de SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) para la corrección de un defecto refractivo miópico. En un estudio recientemente publicado con 2 años de seguimiento, el equivalente esférico residual obtenido era de  $-0,60 \pm 1,20$  D y un 71,4% de los casos (10 ojos) se mantenían en  $\pm 1$  D con respecto a la emetropía (42).

En el caso de SLAK, se realiza un bolsillo intraestromal de 120  $\mu\text{m}$  de profundidad y se implanta en su interior un lentículo intraestromal meniscado negativo obtenido de donante cadáver (43-45). Con la técnica SLAK se busca conseguir un aplanamiento



**Figura 6.** Pasos quirúrgicos de un *cross-linking* a través de un bolsillo estromal creado con el láser de femtosegundo. A) Di-sección del bolsillo intraestromal corneal creado con un LFS. B) Inyección de la riboflavina dentro del bolsillo intraestromal. C) Aspecto de la riboflavina localizada dentro del bolsillo intraestromal, vista a través de un filtro azul cobalto (38).

corneal central, un engrosamiento del estroma y una remodelación epitelial (por el cambio de curvatura corneal) en los queratoconos muy avanzados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barraquer JI. Queratoplastica refractiva. *Estud E. Inf Oftalmol* 1949; 2: 10.
- Barraquer JI. Modification of refraction by means of intracorneal inclusions. *Int Ophthalmol Clin* 1966; 6: 53-78.
- Choyce DP. The present status of intra-cameral and intracorneal implants. *Can J Ophthalmol* 1968; 3: 295-311.
- Lane SL, Lindstrom RL, Cameron JD, et al. Polysulfone corneal lenses. *J Cataract Refract Surg* 1986; 12: 50-60.
- Klyce S, Dingeldein S, Bonanno J. Hydrogel implants: evaluation of first human trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci (Suppl)* 1988; 29: 393.
- Arlt E, Krall E, Moussa S, et al. Implantable inlay devices for presbyopia: the evidence to date. *Clin Ophthalmol* 2015; 9: 129-137.
- Waring GO, Klyce SD. Corneal inlays for the treatment of presbyopia. *Int Ophthalmol Clin* 2011; 51: 51-62.
- Alarcón A, Anera RG, Villa C, et al. Visual quality after monovision correction by laser in situ keratomileusis in presbyopic patients. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1629-1635.
- Linn S, Hoopes PC. Stereopsis in patients implanted with a small aperture corneal inlay. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53: 1392.
- Duignan ES, Farrell S, Treacy MP, et al. Corneal inlay implantation complicated by infectious keratitis. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 269-273.
- Lindstrom RL, Macrae SM, Pepose JS, Hoopes PC. Corneal inlays for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol* 2013; 24: 281-287.
- Greenwood M, Bafna S, Thompson V. Surgical correction of presbyopia: lenticular, corneal and scleral approaches. *Int Ophthalmol Clin* 2016; 56: 149-166.
- Seyeddain O, Bachernegg A, Riha W, et al. Femtosecond laser-assisted small-aperture corneal inlay implantation for corneal compensation of presbyopia: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 234-241.
- Bouzoukis DI, Kymionis GD, Panagopoulou SI, et al. Visual outcomes and safety of a small diameter intrastromal refractive inlay for the corneal compensation of presbyopia. *J Refract Surg* 2012; 28: 168-173.
- Chayet A, Barragan Garza E. Combined hydrogel inlay and laser in situ keratomileusis to compensate for presbyopia in hyperopic patients: one-year safety and efficacy. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1713-1721.
- Tomita M, Kanamori T, Waring GO, et al. Simultaneous corneal inlay implantation and laser in situ keratomileusis for presbyopia in patients with hyperopia, myopia, or emmetropia: six-month results. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 495-506.
- Yilmaz ÖF, Bayraktar S, Agca A, et al. Intracorneal inlay for the surgical correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1921-1927.
- Tomita M, Kanamori T, Waring GO, et al. Small-aperture corneal inlay implantation to treat presbyopia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 898-905.
- Huseynova T, Kanamori T, Waring GO, Tomita M. Small-aperture corneal inlay in presbyopic patients with prior phakic intraocular lens implantation surgery: 3-month results. *Clin Ophthalmol* 2013; 7: 1683-1686.
- Seyeddain O, Hohensinn M, Riha W, et al. Small-aperture corneal inlay for the correction of presbyopia: 3-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 35-45.
- Dexl AK, Jell G, Strohmaier C, et al. Long-term outcomes after monocular corneal inlay implantation for the surgical compensation of presbyopia. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 566-575.
- Binder P. New femtosecond laser software technology to create intrastromal pockets for corneal inlays. *The Association of Research in Vision and Ophthalmology (ARVO)* 2010; 51: 2868.
- Limnopoulos AN, Bouzoukis DI, Kymionis GD, et al. Visual outcomes and safety of a refractive corneal inlay for presbyopia using femtosecond laser. *J Refract Surg* 2013; 29: 12-18.
- Garza EB, Gomez S, Chayet A, Dishler J. One-year safety and efficacy results of a hydrogel inlay to improve near vision in patients with emmetropic presbyopia. *J Refract Surg* 2013; 29: 166-172.
- Lang AJ, Holliday K, Chayet A, et al. Structural changes induced by a corneal shape-changing inlay, deduced from optical coherence tomography and wavefront measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57: 154-161.
- Baily C, Kohnen T, O'Keefe M. Preloaded refractive-addition corneal inlay to compensate for presbyopia implanted using a femtosecond laser: one-year visual outcomes and safety. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1341-1348.
- Bouzoukis DI, Kymionis GD, Limnopoulos AN, et al. Femtosecond laser-assisted corneal pocket creation using a mask for inlay implantation. *J Refract Surg* 2011; 27: 818-820.
- Moshirfar M, Quist TS, Skanchy DF, et al. Six-month visual outcomes for the correction of presbyopia using small-aperture corneal inlay: single-site experience. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 2191-2198.
- Agca A, Demirok A, Celik HU, et al. Corneal hysteresis, corneal resistance factor, and intraocular pressure measurements in eyes implanted with a small aperture corneal inlay. *J Refract Surg* 2014; 30: 831-836.
- Pluma-Jaramago I, Rocha-de-Lossada C, Rachwani-Anil R, Sánchez-González J-M. Small-aperture intracorneal inlay implantation in emmetropic presbyopic patients: a systematic review. *Eye (Lond)* 2022 Mar 28. doi: 10.1038/s41433-022-02032-3. Online ahead of print.
- Sánchez-González J-M, Borroni C, Rachwani-Anil R, Rocha-de-Lossada C. Refractive corneal inlay implantation outcomes: a preliminary systematic review. *Int Ophthalmol* 2022; 42: 713-722.
- Ong HS, Chan AS, Yau CW, Mehta JS. Corneal Inlays for Presbyopia Explanted Due to Corneal Haze. *J Refract Surg* 2018; 34: 357-360.
- Alió JL, Abbouda A, Huseynli S, et al. Removability of a small aperture intracorneal inlay for presbyopic correction. *J Refract Surg* 2013; 29: 550-556.
- Romito N, Basli E, Goemaere I, et al. Persistent corneal fibrosis after explantation of a small-aperture corneal inlay. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45: 367-371.
- Moshirfar M, Skanchy DF, Rosen DB, et al. Visual Prognosis after Explantation of Small-Aperture Corneal Inlays in Presbyopic Eyes: A Case Series. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2019; 8: 129-133.

36. Kanellopoulos AJ. Collagen cross-linking in early keratoconus with riboflavin in a femtosecond laser-created pocket: initial clinical results. *J Refract Surg* 2009; 25: 1034-1037.
37. Dong Z, Zhou X. Collagen cross-linking with riboflavin in a femtosecond laser-created pocket in rabbits corneas: 6-month results. *Am J Ophthalmol* 2011; 152: 22-27.e.1.
38. Letnikova KB, Khandjan AT, Oganessian OG, et al. Femtosecond Corneal Collagen Crosslinking in Treatment of Patients with Progressive Keratoconus Stages III. *Modern Technologies in Medicine* 2016; 8: 1-3.
39. Wollensak G, Hammer CH, Spörl E, et al. Biomechanical efficacy of collagen crosslinking in porcine cornea using a femtosecond laser pocket. *Cornea* 2014; 33: 300-305.
40. Pallikaris IG, Kymionis GD, Plaka AD, et al. Femtosecond Laser-Assisted Intra-Corneal Drug Delivery. *Semin Ophthalmol* 2015; 30: 457-461.
41. Wu J, Xiong L, Wang Z, et al. Correction of Moderate to High Hyperopia With Implantation of an Allogeneic Refractive Lenticule. *J Refract Surg* 2020; 36: 772-779.
42. Liu S, Wei R, Hoi J, et al. Visual Outcomes After Implantation of Allogeneic Lenticule in a 100- $\mu$ m pocket for Moderate to High Hyperopia: 2-Year Results. *J Refract Surg* 2021; 37: 734-740.
43. Mastropasqua L, Nubile M, Salgari N, Mastropasqua R. Femtosecond Laser-Assisted Stromal Lenticule Addition Keratoplasty for the Treatment of Advanced Keratoconus: A Preliminary Study. *J Refract Surg* 2018; 34: 36-44.
44. Nubile M, Salgari N, Mehta JS, et al. Epithelial and stromal remodelling following femtosecond laser-assisted stromal lenticule addition keratoplasty (SLAK) for keratoconus. *Sci Rep* 2021; 11: 2293.
45. Fasolo A, Galzignato A, Pedrotti E, et al. Femtosecond laser-assisted implantation of corneal stroma lenticule for keratoconus. *Int Ophthalmol* 2021; 41: 1949-1957.

