

CAPÍTULO 4.5

CREACIÓN DE INCISIONES ARCUATAS CON EL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO PARA LA COMPENSACIÓN DEL ASTIGMATISMO

M.ª Ángeles del Buey Sayas, Paula Casas Pascual, Elena Lanchares Sancho, Nuria López Rodríguez, Enrique Mínguez Muro, Francisco Javier Ascaso Puyuelo

INTRODUCCIÓN

La cirugía incisional corneal o queratotomía es un tipo de cirugía que se ha venido realizando desde hace muchas décadas para la corrección del astigmatismo. El efecto relajante de las incisiones corneales manuales, realizadas sobre el meridiano más curvo, ha venido complementando a la cirugía de la catarata con implante de lente intraocular (LIO) como única opción anti-astigmática, hasta la aparición de las LIOs tóricas. Este hecho permitió el conocimiento y desarrollo de numerosos nomogramas de cirugía incisional manual, que siguen vigentes hoy en día (1,2).

Con los avances tecnológicos, la cirugía de la catarata asistida por láser de femtosegundo (FLACS, por sus siglas en inglés) está ganando popularidad entre los cirujanos. Además de poder realizar la capsulotomía y la fragmentación del cristalino, esta tecnología permite la realización de incisiones corneales con una elevada precisión. La práctica de queratotomías arcuatas con láser de femtosegundo (FSAK, del inglés *Femtosecond Laser-Assisted Arcuate Keratotomy*) es un campo de estudio y desarrollo que, en la actualidad, permite complementar la **corrección astigmática** de muchos pacientes **de forma integrada a la cirugía de la catarata** en diversas plataformas de láser. Asimismo, la posibilidad de realizar incisiones corneales más precisas con el láser de femtosegundo (LFS), en comparación con el corte manual con cuchilla, ha planteado también la realización de FSAK para la **reducción de altos astigmatismos tras queratoplastia penetrante o lamelar anterior profunda** (3-7) e incluso se ha publicado algún caso de FSAK para la corrección de un alto astigmatismo corneal inducido por una trabeculectomía (8).

Las diferentes posibilidades que ofrece el LFS, en lo relativo a la realización de diferentes tipos de cor-

tes (transepiteliales o intraestromales) y los nuevos diseños de planos incisionales, ha abierto una nueva ventana al análisis del efecto del diseño y/o apertura de las incisiones, como variables sobreañadidas a la longitud, profundidad y distancia al eje óptico de las mismas. En este capítulo trataremos de las bases de la cirugía incisional, así como del estado actual de las incisiones relajantes corneales con LFS.

INCISIONES RELAJANTES CORNEALES. CONCEPTOS BÁSICOS

Las incisiones relajantes corneales (IRC) pueden ser transversas, rectas, arqueadas (arcuatas), inversas, radiales o trapezoidales (9-11). A lo largo del tiempo, **las que han mostrado mayor predictibilidad refractiva**, y han sido utilizadas por la mayoría de los cirujanos, **son las incisiones arcuatas**, puesto que tienen mínima repercusión sobre el equivalente esférico si son realizadas con la longitud adecuada, lo que las convierte en las más indicadas en la corrección del astigmatismo en el entorno de la cirugía del cristalino y de las queratoplastias.

Comenzaremos destacando una serie de principios básicos de la cirugía incisional que, a nuestro criterio, deben conocerse antes de practicar este tipo de cirugía, tanto de forma manual como con LFS:

- Las incisiones relajantes deben emplazarse **en el meridiano más curvo**, ya que su efecto es relajar aquel meridiano donde se practican. El meridiano con mayor poder refractivo (más curvo) corresponde con la K más elevada o el eje del cilindro expresado en positivo.

- Cuando la IRC es transversa (recta o arcuata) al meridiano más curvo, se produce un **aplanamiento del eje incidido y un encorvamiento en el**

eje ortogonal, sin modificar de forma sustancial el equivalente esférico. A diferencia de las incisiones radiales, que se practicaron para la corrección de la miopía, que provocan aplanamiento de ambos meridianos perpendiculares, consiguiendo en términos refractivos la disminución de la miopía (o la hipermetropización) del ojo.

- El acoplamiento muestra la relación entre el cambio de curvatura del eje en que se efectúa la incisión y el perpendicular. Mientras el efecto acoplamiento (aplanamiento/encorvamiento) entre los meridianos principales astigmáticos de la córnea sea de 1, no se inducirá un cambio significativo en el equivalente esférico refractivo.

- Las incisiones realizadas **entre 30 y 90° de arco** mantienen un grado de acoplamiento próximo a 1, por lo que no modifican de forma sustancial el equivalente esférico. Las incisiones cortas de menos de 30° producen un mayor encorvamiento en el eje ortogonal que aplanamiento en el incidido (acoplamiento menor de 1). Las incisiones largas de más de 90° producen aplanamiento tanto del eje incidido como en su perpendicular (acoplamiento mayor de 1).

- **El mayor efecto de las IRC se obtiene cuando se realizan dentro de la zona intermedia del anillo óptico corneal (5-8 mm de zona óptica).** Las incisiones limbares tienen un menor efecto astigmático al alejarse del centro óptico. No son aconsejables ni zonas ópticas menores de 5 mm, ni efectuar incisiones que se crucen entre sí. Las zonas ópticas pequeñas se asocian con una mayor frecuencia de perforaciones, deslumbramientos, *glare* e inducción de astig-

matismo irregular. La intersección de dos incisiones se relaciona con una deficiente cicatrización corneal en el punto de cruce, pudiendo ocasionarse quistes de inclusión epiteliales, dehiscencias y formación de cicatrices (12).

- **La realización de una IRC simétrica pareada incrementa la eficacia en el cambio astigmático entre un 25-33% y confiere una mayor regularidad topográfica,** por lo que debemos tender a corregir el astigmatismo mediante la realización de incisiones corneales opuestas.

- **Cuanto mayores son la profundidad de la incisión y la edad del paciente, mayor es el efecto astigmático conseguido.**

INCISIONES RELAJANTES CORNEALES MANUALES. NOMOGRAMAS CLÁSICOS

Las IRC se han venido usando desde los años 70 para reducir astigmatismos altos en pacientes con catarata, y también tras queratoplastias. Muchos oftalmólogos desarrollaron nomogramas para mejorar la predictibilidad de los diferentes tipos de queratomías astigmáticas. La mayor parte de los cirujanos apostaron por nomogramas basados en incisiones transversas rectas o arqueadas (arcuatas) para la realización de cirugía manual. Ya entonces, las variables consideradas para modificar mayor o menor cantidad del astigmatismo eran las mismas (zona óptica, profundidad, número de incisiones, edad del paciente, etc.). El **nomograma de Lindstrom** (13) (fig. 1) ha sido uno de los principales referentes para la práctica de incisiones corneales manuales. Utiliza zonas ópticas de 5 o 7 mm en incisiones rectas, y de 6 o 7 mm en arcuatas. Este autor considera un mayor efecto producido sobre las córneas de personas mayores, estimando un aumento adicional de un 2% por cada año más de edad (14) (tabla 1). **Otro nomograma clásico es el propuesto por Buzard** mediante incisiones arcuatas pareadas, emplazadas sobre el meridiano más curvo (15). **La profundidad alcanzada con cuchillito precalibrado para realizar la IRC es de 500 µm** (tabla 2). En el caso de tener dos opciones para una misma corrección dióptrica esperada, se aconseja efectuar la incisión con menor amplitud de grados de arco, puesto que las hipercorrecciones son peor toleradas.

En estos momentos, las IRC manuales son una buena alternativa en casos de astigmatismos bajos o

Tabla 1. Ejemplo de la variación de la eficacia correctora del astigmatismo según la edad, en el Nomograma de Lindstrom para incisiones arcuatas en la zona óptica de 7 mm, con una profundidad del 100% de espesor corneal

CORRECCIÓN ESPERADA (Dp)					
Edad	1 x 45° 2 x 30°	1 x 60°	1 x 90° 2 x 45°	2 x 60°	2 x 90°
20	0,80	1,20	1,60	2,40	3,20
30	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00
40	1,20	1,80	2,40	3,60	4,80
50	1,40	2,10	2,80	4,20	5,60
60	1,60	2,40	3,20	4,80	6,40
70	1,80	2,70	3,60	5,40	7,20
75	1,90	2,85	3,80	5,70	7,60

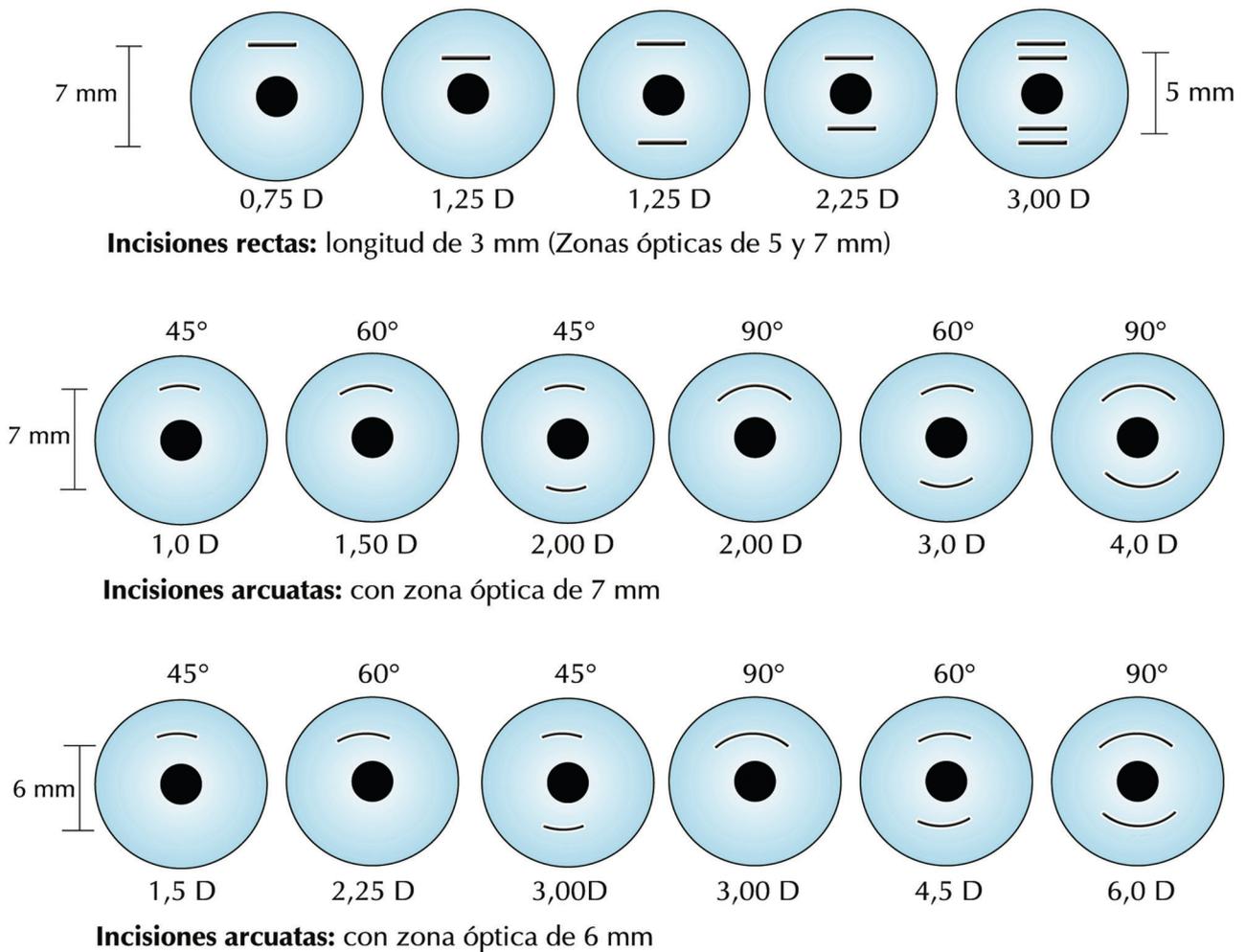


Figura 1. Nomograma de Lindstrom para la realización de incisiones relajantes corneales para la corrección del astigmatismo.

moderados, cuando no se tiene acceso a una lente tórica o cuando se ha producido una rotura capsular que desaconseje su implantación. En los últimos años, la tendencia en IRC tipo arcuatas es a realizarlas más alejadas del eje óptico y más próximas al limbo. De esta manera, se obtienen buenos resultados para la corrección de pequeños astigmatismos (0,75-1,50 D), en los que no implantemos una lente tórica. En este caso, serían similares a las incisiones perforantes opuestas, pero practicadas a 9 mm, de

forma perpendicular a la córnea y en longitudes de arco máximas de 45-50°.

LLEGADA DEL LÁSER DE FEMTOSEGUNDO A LA CIRUGÍA INCISIONAL

La llegada de las LIOs tóricas relegó a un segundo plano la cirugía incisional manual para la corrección de astigmatismos, pero la incorporación del LFS

Tabla 2. Nomograma de Buzard para la realización de incisiones arcuatas pareadas, de una profundidad de 500 μ m y para una zona óptica de 7 mm

Grados de arco	CORRECCIÓN ESPERADA (Dp)												
	Edad												
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
45°	1,70	1,85	2,00	2,15	2,30	2,45	2,60	2,75	2,90	3,05	3,20	3,35	3,50
60°	2,55	2,78	3,00	3,23	3,45	3,68	3,90	4,13	4,35	4,58	4,80	5,03	5,25
90°	3,40	3,70	4,00	4,30	4,60	4,90	5,20	5,50	5,80	6,10	6,40	6,70	7,00

en la cirugía de la catarata ha renovado el interés por las técnicas de cirugía incisional. Al ofrecer diferentes ventajas, tales como rapidez, facilidad de aplicación y no tener coste adicional, pronto se comenzaron a practicar diferentes tipos de incisiones y a elaborarse distintos nomogramas. Podría imaginarse que la elaboración de incisiones más exactas y sin el factor humano como posible fuente de error, conllevaría la obtención de una mejor corrección astigmática que la cirugía manual. Sin embargo, la incertidumbre de los resultados obtenidos en distintos trabajos con diferentes tipos de incisiones lo convierte en una cuestión aún en estudio (16).

El LFS ofrece la posibilidad de realizar las incisiones mediante el corte del epitelio, alcanzando la profundidad deseada, o bien de forma intraestromal, sin incidir el epitelio.

– Las **incisiones intraestromales** tienen la ventaja de estar **menos expuestas a infecciones**, ya que no presentan herida abierta al exterior, pero no pueden alcanzar el nivel de corrección astigmática de las incisiones transepiteliales (16,17), pues **su efecto sobre la curvatura corneal es menor**. Si bien el corte intraestromal puede ser capaz de afectar a las fibras de la microestructura del tejido, el láser logra una disrupción del tejido y no un corte completo como tal, por lo que, si no se abre el epitelio, la acción del láser en el seno del estroma no puede considerarse realmente como un corte.

– **Las incisiones transepiteliales** podrían ser consideradas análogas a las realizadas de forma manual. Sin embargo, el corte practicado por el láser es **mucho más preciso y fino** en lo que atañe a la anchura de corte y longitud de arco de la incisión (18), ya que las incisiones manuales tendrán una an-

chura determinada por el grosor del cuchillete (por lo que, en principio, tendrá mayor efecto que una incisión por láser) y una longitud de precisión incierta, dependiente del cirujano. Otra diferencia entre ambas técnicas es que el corte por láser debería ser abierto posteriormente por el cirujano, por tanto, si la apertura no se realiza o no alcanza todo el tejido incidido por el láser, tanto en profundidad como en longitud, el efecto será menor que el esperado.

En una revisión de la literatura, Chang (16) concluye que, en ojos vírgenes, las FSAK reducen el astigmatismo entre un 26,8% y un 58,62% en el caso de las FSAK transepiteliales y entre un 36,3% y un 58% en el caso de las FSAK intraestromales. En cambio, en la corrección del astigmatismo post-queratoplastia, éste se reduce entre un 35,4% y un 84,77% con las FSAK transepiteliales y entre un 23,53% y un 89,42% con las FSAK intraestromales.

Los parámetros incisionales a determinar en la planificación de la cirugía se determinan en base al astigmatismo que presenta el paciente. Dichos parámetros son: número de incisiones (una sola, aislada o enfrentada a la incisión principal de la cirugía de catarata; o dos enfrentadas), zona óptica, profundidad y longitud de la incisión, generalmente indicada como grados de apertura de arco. Además de los parámetros indicados, algunos nomogramas consideran otros parámetros como la edad del paciente o si el astigmatismo es a favor o en contra de la regla (18,19). Puesto que la utilización del LFS en la cirugía incisional para la corrección del astigmatismo es más reciente, los nomogramas que se utilizan son **adaptaciones de nomogramas que fueron diseñados para realizar las incisiones de forma manual** (19-22). Los trabajos publicados hacen referencia a incisiones intraestromales o a incisiones transepiteliales (con y sin apertura manual posterior), por lo que en la literatura podemos encontrar una gran variabilidad de resultados. En general, los trabajos concluyen que se trata de una **técnica segura y eficaz para la disminución del astigmatismo prequirúrgico**, aunque **la hipocorrección es la norma** con la mayoría de los nomogramas empleados, **sobre todo si no se realiza apertura manual de la incisión**. Cuando la cirugía incisional se compara con la implantación de lentes tóricas, la efectividad de corrección y la predictibilidad de resultados es menor. Por esta razón, **en la mayoría de las ocasiones, las FSAK se usan en astigmatismos bajos o moderados** (23) (fig. 2). Pero el LFS ofrece muchas posibilidades de variación de

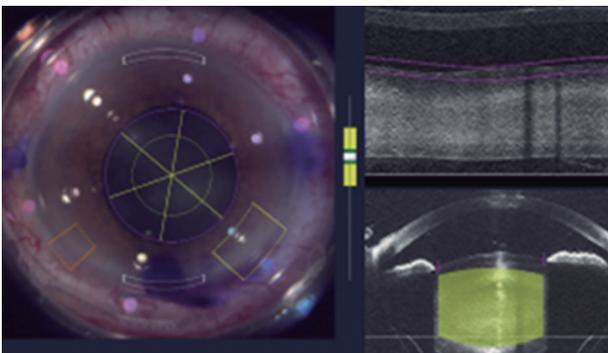


Figura 2. Tratamiento de un astigmatismo regular menor de 2 dioptrías mediante FSAK. Programación de un caso de catarata con astigmatismo a favor de la regla de 1,5 dioptrías.

formatos de incisión, ángulos de incidencia y planos incisionales, por lo que se abre un mundo de posibilidades de tratamientos, que deberán ser convenientemente estudiados y valorados en un futuro próximo. A este respecto, la mecánica computacional podría ser aplicada a la simulación numérica de las IRC para la corrección del astigmatismo realizadas mediante el LFS (fig. 3), y sus resultados podrían ser de gran utilidad para la práctica clínica (24).

CIRUGÍA INCISIONAL CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO. ESTADO DEL ARTE

Podemos realizar algunas consideraciones generales ante la práctica de FSAK, tanto por nuestra experiencia personal como por los resultados obtenidos por diferentes grupos de estudio:

- A pesar de que FLAK representa un enfoque más preciso y predecible que las incisiones manuales, ambas técnicas son seguras y moderadamente efectivas en la corrección del astigmatismo corneal en cirugía de cataratas, por lo que el análisis de coste-beneficio es controvertido (25).
- **El efecto obtenido por las incisiones intraestromales es significativamente menor que el obtenido con las incisiones transepiteliales** (17, 26).
- En nuestra experiencia, **la apertura manual tras el LFS con posterior irrigación con suero de la entrecara** (fig. 4) **asegura un mejor efecto astigmático** de incisión, aunque en muchos de los trabajos revisados no lo realizan (27,28).
- Debemos valorar los nomogramas que consideran el efecto de la cara posterior de la córnea según la orientación del astigmatismo.
- Las incisiones limbares, alejadas del centro óptico más de 9 mm, tienen efecto escaso. El efecto de una incisión de la misma longitud y profundidad

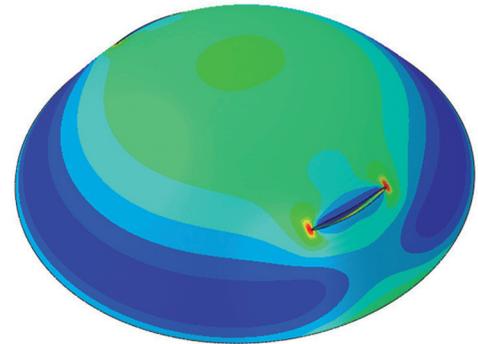
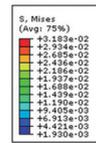


Figura 3. Simulación de incisiones relajantes corneales mediante láser de femtosegundo, para una zona óptica de 8 mm, una longitud de la incisión de 60°, y a una profundidad del 80%. La concentración de tensiones se produce en los extremos de la incisión (zona de color rojo).

aumenta al acercarse al eje óptico. En la actualidad **la mayoría de los nomogramas consideran la realización de incisiones en zonas ópticas de 7 a 9 mm.**

- Debemos valorar el efecto de las incisiones varias semanas tras su realización en la cirugía de cristalino. El posible edema corneal y el estado del epitelio corneal pueden condicionar una valoración errónea del efecto en el postoperatorio inmediato.
 - Debemos evitar la realización de incisiones en córneas ectásicas. El deterioro biomecánico corneal puede causar un efecto impredecible de las incisiones.
 - Debemos realizar una identificación de ejes previa para corregir la ciclotorsión del paciente, bien con un marcado previo o con sistemas de identificación, para acoplar el ojo bajo el láser con la orientación adecuada y con corrección de la ciclotorsión.
- En la actualidad se disponen de numerosos nomogramas, en ocasiones desarrollados de forma específica para cada dispositivo de LFS, aunque surgen continuas modificaciones y nuevos nomogramas

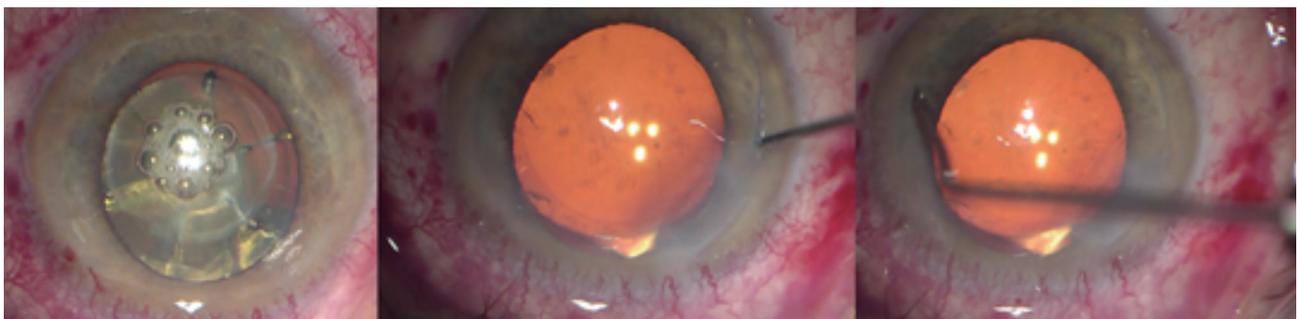


Figura 4. Incisiones relajantes arcuatas con láser de femtosegundo (Dra. del Buey). Apertura de las incisiones tras la facoemulsificación e implantación de la lente intraocular.

con el objetivo de conseguir mejorar la predictibilidad refractiva.

En el caso de incisiones transeptiliales, uno de los más conocidos es el **nomograma Donnenfeld modificado**, con el fin de tener en cuenta la contribución del astigmatismo corneal posterior según la descripción de Baharozian y cols. (21), que indica el uso del **100% de la corrección sugerida para el astigmatismo en contra de la regla** ($180^\circ \pm 30^\circ$), **un 80% para el astigmatismo oblicuo** ($45^\circ \pm 14^\circ$ o $135^\circ \pm 14^\circ$) y **un 70% para el astigmatismo a favor de la regla** ($90^\circ \pm 30^\circ$). Sugiere una **zona óptica de 9 mm con una profundidad del 80%**.

Un **nomograma** recientemente publicado es el **creado por Wendelstein y cols.** (29) quienes modificaron el nomograma de Oshika en función de la edad. Indican queratotomías arqueadas corneales pareadas simétricas en el meridiano más curvo, en un diámetro de 8,5 mm y una profundidad del 80% con corte a 90° .

Para incisiones intraestromales existen también nomogramas con páginas de cálculo como el **Stevens J. Intrastronal AK nomogram calculator v3, 2015**; disponible en www.femtoemulsification.com. En esta página ofrecen la indicación quirúrgica tras introducir los datos queratométricos del paciente (fig. 5).

Por otra parte, también se han descrito varios nomogramas para la realización de **FSAK tras queratoplastia** (16). Los nomogramas más frecuentemente empleados son el **método del mapa topográfico** (7,30,31) en el que las incisiones arcuatas se sitúan entre 0,5 y 1 mm por dentro de la unión injerto-receptor, y el **nomograma de Hanna** (5,32) modificado o no a partir del empleado para incisiones ma-

nuales. Otros nomogramas que se han propuesto son el de **st Clair et al.** (33) en el que la profundidad de la incisión, la longitud de arco y el diámetro de la zona óptica varían teniendo en cuenta la diferencia entre los valores queratométricos de los ejes plano y curvo. Finalmente, el **nomograma de Cleary et al.** (34) emplea un ángulo de corte biselado de 135° en vez del habitual de 90° .

COMPLICACIONES DE LAS INCISIONES RELAJANTES CORNEALES CON LÁSER DE FEMTOSEGUNDO

La mayoría de los trabajos publicados hasta la fecha definen la técnica de FSAK como eficaz y segura. Existía la preocupación de que la energía del LFS aplicada cerca del endotelio corneal pudiera afectar a la supervivencia de las células endoteliales. Sin embargo, en los trabajos que han analizado el estado endotelial tras la cirugía, no se ha informado de una pérdida significativa de células endoteliales. Tampoco se ha descrito, hasta la fecha, la aparición de ectasias relacionadas con la práctica de este tipo de cirugía. Pero debemos considerar la posibilidad de efectos postoperatorios indeseados, como la sobrecorrección, o la aparición de posibles complicaciones relacionadas con la propia técnica quirúrgica con LFS.

- **Sobrecorrección:** Wang y cols. (35) comunicaron una tasa de incidencia de sobrecorrección del 14,9 % a los 3 meses de la cirugía. Dos tercios de los ojos en los que se encontró dicha sobrecorrección tenían astigmatismo corneal a favor de la regla previo a la cirugía. Los autores argumentaron que la sobrecorrección podría ser el resultado de ignorar el efecto del astigmatismo corneal posterior. En nuestra experiencia, no hemos observado casos de sobrecorrección tras la realización de FSAK, aunque en nuestros pacientes consideramos la orientación del astigmatismo para el cálculo de los parámetros de la incisión.

- **Irrupción de gas anterior:** con la realización de incisiones transeptiliales no hemos apreciado esta complicación. La mayoría de las pequeñas cantidades del paso anterior de gas no debería causar problemas. Sin embargo, Kankariya y cols. (36) informaron un caso de paso de gas anterior durante la realización de FSAK intraestromales, en el que se indujo astigmatismo irregular con sobrecorrección significativa del astigmatismo corneal y disminución de la agudeza visual corregida de 20/20 a 20/30.

Intrastronal AK nomogram calculator v3			
Julian Stevens 2015			
Enter data into the white boxes and the calculator will generate the intrastronal AK data to program into an AMO Catalys			
This site does not make any guarantee and users take this data at their own risk			
Enter mean effect of your primary incision & side-ports (D)	<input type="text" value="0.25"/>		
Enter mean angle of your primary incision & side-ports	<input type="text" value="135.0"/>		
Enter the cyl to be corrected	<input type="text" value="1.50"/>		
Axis	<input type="text" value="10.0"/>		
Age (years)	<input type="text" value="60"/>		
To program into Catalys	AXIS to program	5.3	degrees
	Optical Zone	8.0	mm
	Arc Length	70	degrees
Total cylinder magnitude to be corrected		1.43	Dioptres
Resultant cylinder angle to be corrected		5.3	ATR
2 Symmetric intrastronal arcs, 6.0 mm diameter			
Intrastronal 20% depth to 85% depth			
Arcs are both 4.99 mm arc length			
Centered on the limbus			
www.julianstevens.co.uk			
Website code v3.4 Julian Stevens June 2015			
Update Email Print			

Figura 5. Imagen de cálculo de incisiones intraestromales con LFS realizado en la página www.femtoemulsification.com con el Stevens J. *Intrastronal AK nomogram calculator v3, 2015*.

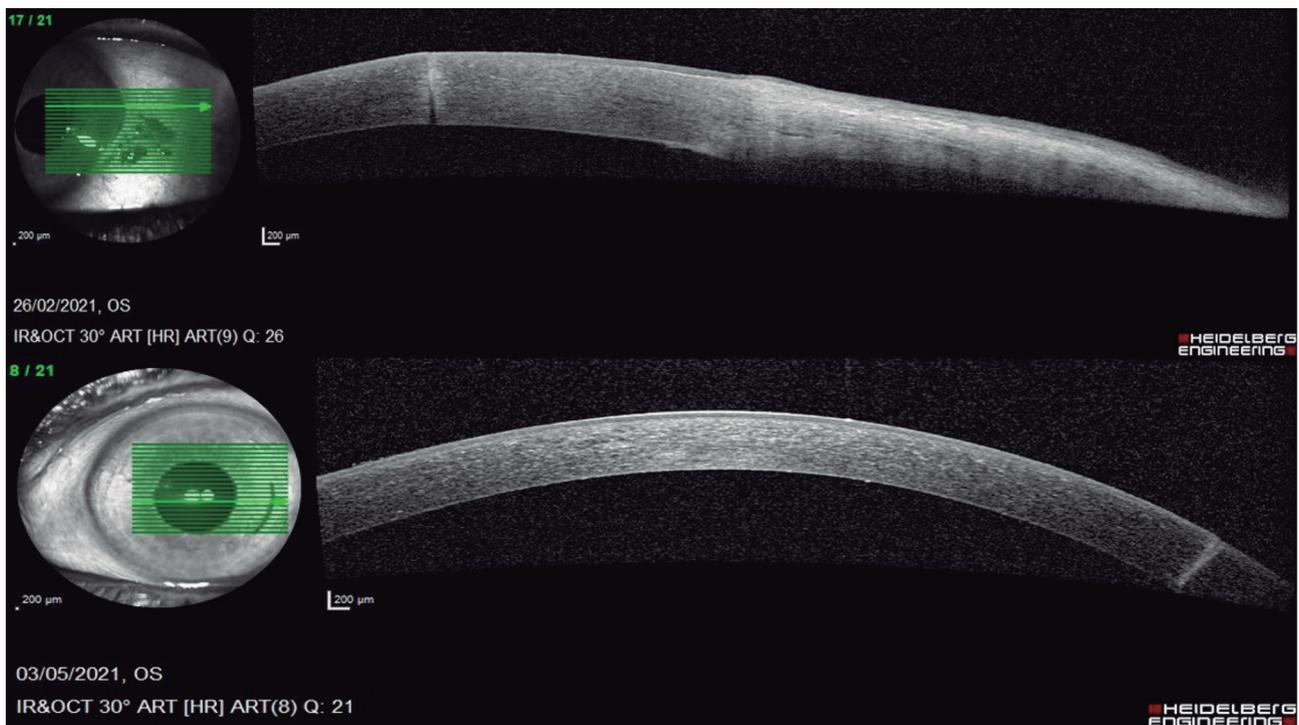


Figura 6. Imágenes de OCT postoperatorias tras FSAK. Arriba, imagen del postoperatorio inmediato en la que se aprecia que la incisión afecta a todo el espesor corneal. Abajo, imagen del postoperatorio tardío del mismo paciente, en la que se aprecia la cicatrización total de la incisión.

- **Pérdida de succión:** una pérdida de succión intraoperatoria podría afectar la precisión de la incisión. Ruckl y cols. (37) informaron de un caso de pérdida de succión debido al movimiento de la cabeza del paciente. La alineación de la incisión se vio afectada, pero permaneció puramente intraestromal, sin pérdida visual posterior.

- **Posición desalineada de las incisiones:** durante la FSAK, el sistema LFS identifica las estructuras oculares mediante tomografía de coherencia óptica (OCT); además la buena calidad de estas imágenes y la estabilidad ocular durante la etapa del disparo del láser son vitales para asegurar la posición correcta de la incisión. En ocasiones, encontramos desalineación de las incisiones en casos de pequeños desplazamientos del globo ocular durante la succión, que pasan inadvertidos, sobre todo en casos de limbos difusos, mal definidos o vascularizados, pero sin consecuencias notables. Pero la succión del LFS evita la posibilidad de cortes a través del eje visual por movimientos inadvertidos, que podrían ocurrir en casos de cirugía manual. Tal escenario es improbable en FSAK, ya que la mayoría de las máquinas se detienen rápidamente cuando se pierde la succión (38).

- **Realización de incisiones perforantes:** en nuestra experiencia, no hemos sido conscientes de la perforación completa tras la realización de FSAK durante la cirugía. Pero al realizar el estudio postoperatorio con OCT hemos visualizado áreas de corte completo que han coaptado en el postoperatorio sin trascendencia clínica ni visual (fig. 6).

BIBLIOGRAFÍA

1. del Buey MA, Cristóbal JA, Mateo A. Incisiones relajantes corneales. En: Cristóbal JA, Ruiz Mesa R. Astigmatismo. Métodos diagnósticos y terapéuticos. 95 Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2019. MAC LINE, S.L. 249-57.
2. Cristóbal JA, del Buey MA. Corrección del astigmatismo con cirugía incisional. En: Cristóbal JA, Ruiz Mesa R. Astigmatismo. Métodos diagnósticos y terapéuticos. 95 Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2019. MAC LINE, S.L. 211-21.
3. Vickers LA, Gupta PK. Femtosecond laser-assisted keratotomy. Curr Opin Ophthalmol 2016; 27: 277-284.
4. Wu E. Femtosecond-assisted astigmatic keratotomy. Int Ophthalmol Clin 2011; 51: 77-85.
5. Loriaut P, Borderie VM, Laroche L. Femtosecond-assisted arcuate keratotomy for the correction of postkeratoplasty astigmatism: Vector analysis and accuracy of laser incisions. Cornea 2015; 34: 1063-1066.

6. anNakhli F, Khattak A. Vector analysis of femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy after deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty. *Int Ophthalmol* 2019; 39: 189-198.
7. Fadlallah A, Mehanna C, Saragoussi JJ, et al. Safety and efficacy of femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy to treat irregular astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 1168-1175.
8. Kankariya VP, Diakonis VF, Goldberg JL, et al. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy for postoperative trabeculectomy-induced corneal astigmatism. *J Refract Surg* 2014; 30: 502-504.
9. Pulaski JP. Transverse incisions for mixed and myopic idiopathic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 307-312.
10. Harto M, Maldonado MJ, Cisneros AL. Comparison of intersecting trapezoidal keratotomy and arcuate transverse keratotomy in the correction of high astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 1996; 12: 585-594.
11. Hofmann R. Radial keratotomy surgical techniques. Thorofare NJ: SLACK Incorporated, 1986.
12. Leung DY, Yeung EF, Law RW, et al. In vivo confocal microscopy of epithelial inclusions from aberrant wound healing after astigmatic keratotomy. *Cornea* 2004; 23: 299-301.
13. Lindstrom RL. The surgical correction of astigmatism: a clinician's perspective. *Refract Corneal Surg* 1990; 6: 441.
14. Lindstrom RL, Agapitos PJ, Koch DD. Cataract surgery and astigmatic keratotomy. *Int Ophthalmol* 1996; 7: 75-80.
15. Buzard KA, Laranjeira E, Fundingsland BR. Clinical results of arcuate incisions to correct astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 1062-1069.
16. Chang JSM. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy: a review. *Eye Vis (Lond)* 2018; 5: 6.
17. Ganesh S, Brar S, Reddy Arra R. Comparison of astigmatism correction between anterior penetrating and intrastromal arcuate incisions in eyes undergoing femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46: 394-402.
18. Blehm C, Potvin R. Pseudophakic astigmatism reduction with femtosecond laser-assisted corneal arcuate incisions: a pilot study. *Clin Ophthalmol* 2017; 11: 201-207.
19. Day AC, Lau NM, Stevens JD. Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 102-109.
20. Chan TCY, Cheng GPM, Wang Z, et al. Vector Analysis of Corneal Astigmatism After Combined Femtosecond-Assisted Phacoemulsification and Arcuate Keratotomy. *Am J Ophthalmol* 2015; 160: 250-255.
21. Baharozian CJ, Song C, Hatch KM, Talamo JH. A novel nomogram for the treatment of astigmatism with femtosecond-laser arcuate incisions at the time of cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2017; 11: 1841-1848.
22. Blehm C, Potvin R. Clinical Outcomes After femtosecond Laser-Assisted Arcuate Corneal Incisions versus Manual Incisions. *Clin Ophthalmol* 2021; 15: 2635-2641.
23. Wortz G, Gupta PK, Goernert P, et al. Outcomes of Femtosecond Laser Arcuate Incisions in the Treatment of Low Corneal Astigmatism. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 2229-2236.
24. Lanchares E, del Buey MA, Cristóbal JA. Análisis mediante modelo biomecánico de la cirugía incisional manual y con láser de femtosegundo. En: Cristóbal JA, Ruiz Mesa R. Astigmatismo. Métodos diagnósticos y terapéuticos. 95 ponencia Oficial de la Sociedad Española de Oftalmología 2019. MAC LINE, S.L. 257-61.
25. González-Cruces T, Cano-Ortiz A, Sánchez-González MC, Sánchez-González JM. Cataract surgery astigmatism incisional management. Manual relaxing incision versus femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy. A systematic review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022 Jun 17. doi: 10.1007/s00417-022-05728-0. Epub ahead of print. PMID: 35713710.
26. Lopes D, Loureiro T, Carreira R, et al. Transepithelial or intrastromal femtosecond laser arcuate keratotomy to manage corneal astigmatism at the time of cataract surgery. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2021; 96: 408-414.
27. Noh H, Yoo YS, Shin KY, et al. Comparison of penetrating femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy and toric intraocular lens implantation for correction of astigmatism in cataract surgery. *Sci Rep* 2021; 11: 7340.
28. Yoo A, Yun S, Kim JY, et al. Femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy versus toric IOL implantation for correcting astigmatism. *J Refract Surg* 2015; 31: 574-578.
29. Wendelstein JA, Hoffmann PC, Mariacher S, et al. Precision and refractive predictability of a new nomogram for femtosecond laser-assisted corneal arcuate incisions. *Acta Ophthalmol* 2021; 99: e1297-e1306.
30. Hashemian MN, Ojaghi H, Mohammadpour M, et al. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of postkeratoplasty high astigmatism in keratoconus. *J Res Med Sci* 2017; 22: 17.
31. Nubile M, Carpineto P, Lanzini M, et al. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty. *Ophthalmology* 2009; 116: 1083-1092.
32. Hoffart L, Proust H, Matonti F, et al. Correction of postkeratoplasty astigmatism by femtosecond laser compared with mechanized astigmatic keratotomy. *Am J Ophthalmol* 2009; 147: 779-787.e1.
33. st Clair RM, Sharma A, Huang D, et al. Development of a nomogram for femtosecond laser astigmatic keratotomy for astigmatism after keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 556-562.
34. Cleary C, Tang M, Ahmed H, et al. Beveled femtosecond laser astigmatic keratotomy for the treatment of high astigmatism post-penetrating keratoplasty. *Cornea* 2013; 32: 54-62.
35. Wang L, Zhang S, Zhang Z, et al. Femtosecond laser penetrating corneal relaxing incisions combined with cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 995-1002.
36. Kankariya VP, Diakonis VF, Kymionis GD, Yoo SH. Anterior gas breakthrough during femtosecond intrastromal astigmatic keratotomy (FISK). *J Refract Surg* 2014; 30: 511-513.
37. Rückl T, Dextl AK, Bachernegg A, et al. Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 528-538.
38. Dick HB, Schultz T, Gerste RD. Lessons from a corneal perforation during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 2168-2169.