

# Implante de segmentos de anillo intracorneales (SAIC) en el queratocono

## *Implant of intracorneal ring segments (ICRS) for keratoconus*

J. Álvarez de Toledo Elizalde, C. Álvarez de Toledo Belil

### Resumen

Una opción quirúrgica para el tratamiento del queratocono que se ha desarrollado a partir de mediados del siglo pasado ha sido el implante de anillos o segmentos de anillo intracorneales (SAIC). El crecimiento paralelo de la cirugía refractiva corneal laminar y de la tecnología asociada ha facilitado el rápido auge de este procedimiento quirúrgico. Actualmente, mediante el empleo del láser de femtosegundos, el implante de SAIC se ha convertido en un procedimiento rápido, seguro y reversible en el tratamiento aislado o combinado con otros procedimientos en las fases precoces o intermedias de la enfermedad.

A continuación, se describen de forma resumida el desarrollo histórico de los SAIC, los diferentes patrones de implantación en función del tipo de queratocono, los procedimientos quirúrgicos que se pueden emplear y los resultados que cabe esperar de esta técnica.

### Resum

Una opció quirúrgica per al tractament del queratoconus que s'ha desenvolupat a partir de mitjans del segle passat ha estat l'implant d'anells o segments d'anell intracorneals (SAIC). El creixement paral·lel de la cirurgia refractiva corneal laminar i de la tecnologia associada ha facilitat el ràpid auge d'aquest procediment quirúrgic. Actualment, mitjançant l'ús del làser de femtosegons, l'implant de SAIC s'ha convertit en un procediment ràpid, segur i reversible en el tractament aïllat o combinat amb altres procediments en les fases inicials o intermèdies de la malaltia.

A continuació, descriurem de forma resumida el desenvolupament històric dels SAIC, els diferents patrons d'implantació en funció del tipus de queratoconus, els procediments quirúrgics que es poden emprar i els resultats que cal esperar d'aquesta tècnica.

### Abstract

A surgical option for the treatment of keratoconus that has developed since the middle of the last century has been the implant of rings or intracorneal ring segments (SAIC). The parallel growth of lamellar corneal refractive surgery and its associated technology has facilitated the rapid rise of this surgical procedure. Currently, through the use of the femtosecond laser, the SAIC implantation has become a fast, safe and reversible procedure in isolated treatment or combined with other procedures in the early or intermediate stages of the disease.

Next, we will briefly describe the historical development of SAICs, the different patterns of implantation depending on the type of keratoconus, the surgical procedures that can be used and the results that can be expected from this technique.

## 5. Implante de segmentos de anillo intracorneales (SAIC) en el queratocono

### *Implant of intracorneal ring segments (ICRS) for keratoconus*

**J. Álvarez de Toledo Elizalde<sup>1</sup>, C. Álvarez de Toledo Belil<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Subdirector Médico y Coordinador del Departamento de Segmento Anterior y Cirugía Refractiva. Centro de Oftalmología Barraquer. Barcelona. <sup>2</sup>Médico Residente MIR. Centro de Oftalmología Barraquer. Barcelona.

#### Correspondencia:

Juan Álvarez de Toledo

E-mail: [jae24565@me.com](mailto:jae24565@me.com)

#### Introducción

El implante de materiales sintéticos intracorneales fue descrito inicialmente por J. I. Barraquer<sup>1</sup> en los años 1950. Posteriormente, Blavatskaya, en 1966, describió los primeros implantes de anillos intracorneales<sup>2</sup> de tejido corneal. Simon experimentó en los años 1980 con anillos de silicona e implantes anulares de gel en túneles intracorneales<sup>3</sup>. Fleming<sup>4</sup> describió en 1989 los primeros implantes anulares ajustables de polimetilmetacrilato (PMMA). Nosé<sup>5</sup> publica los primeros resultados a un año del implante de anillos de PMMA intracorneales. Ferrara, también en Brasil, desarrolla en 1991 anillos de PMMA para altas miopías y describe inicialmente su uso en el queratocono<sup>6</sup>. Colin también publica los primeros resultados<sup>7</sup> en el tratamiento del queratocono con anillos intraestromales. A partir del inicio del siglo XXI, se produce una eclosión en el uso de anillos intraestromales para la corrección de la baja miopía<sup>8</sup>, y especialmente en el queratocono, ya que se trata de un procedimiento reversible y en el que se respeta la córnea central.

El implante de anillos intracorneales seguiría teóricamente la *ley corneal de espesores* descrita por Barraquer; adicionando tejido en



**Figura 1.** Efecto de aplanación corneal central mediante la inclusión de anillos intraestromales, según Blavatskaya. En función del espesor implantado, el cambio dióptrico corneal central es mayor (imagen cedida por cortesía de J. I. Barraquer Moner\*).

la periferia, se consigue un aplanamiento central (Figura 1), aunque existen diversas teorías para explicar el efecto de aplanamiento corneal central inducido. Además de provocar el aplanamiento central por efecto aditivo, podrían realizar un efecto tensor de las laminillas colágenas anteriores, lo cual explicaría el efecto de encurvamiento focal en el implante de segmentos de longitud de arco reducida (90-120°). Se ha observado una regularización de los patrones topográficos anteriores<sup>9</sup> y una disminución de la elevación de las caras anterior y posterior<sup>10</sup>, aunque no se ha demostrado que aumenten la rigidez biomecánica corneal medida con los medios actuales<sup>11</sup>.

## Tipos de segmentos intracorneales (SAIC)

En la actualidad, hay disponibles diversos tipos de segmentos de anillo en función de diferentes parámetros morfológicos. Dichos parámetros son:

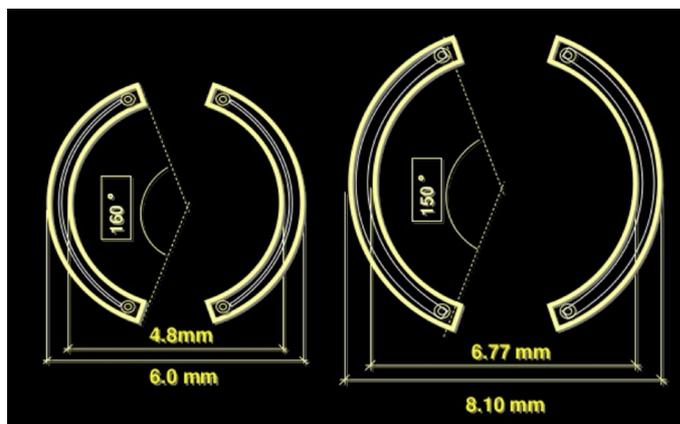
- Diámetro.
- Longitud de arco.
- Espesor.
- Perfil y curva base.
- Segmentos asimétricos.

### Diámetro

Existen segmentos de diámetros de 5, 6 y 7 mm. Los implantes de 5 mm tienen un diámetro pequeño, están más cerca del área pupilar y teóricamente pueden inducir más fenómenos secundarios, como reflejos y deslumbramiento, aunque su efecto sobre la topografía corneal es mayor. Los segmentos de 6 mm son los más empleados actualmente, siendo los de 7 mm (Intacs®), inicialmente diseñados para la corrección de la baja miopía, los menos empleados en el tratamiento del queratocono (Figura 2).

### Longitud de arco

Se pueden encontrar segmentos desde 90 a 355° de longitud (90, 120, 140, 150, 160, 180, 210, 330, 355). Cuanto más corta sea la longitud de arco, mayor efecto realizan localmente, corrigiendo mejor el cilindro y menos el componente esférico, aunque se ha visto que la mayor corrección se consigue con los segmentos de 120°. De igual modo, los segmentos de gran longitud (330° o



**Figura 2.** Los diámetros de los anillos se describen como un único valor, pero en realidad se deben conocer tanto el diámetro interno como el externo, para ajustar los parámetros del láser de femtosegundos a la hora de diseñar el túnel para su implantación.

355°) corrigen únicamente la esfera y regularizan los queratocornos centrales, teniendo un escaso o nulo efecto sobre el cilindro.

### Espesor

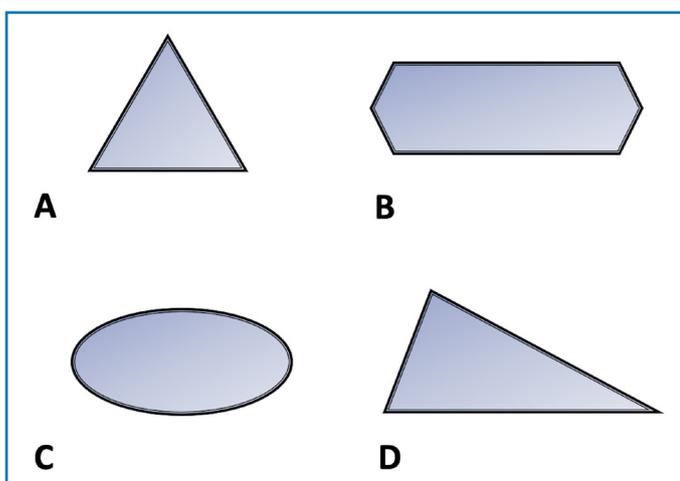
El espesor influye en la cantidad de corrección efectuada. A mayor espesor del anillo, mayor corrección. Los segmentos de 5 y 6 mm se fabrican con espesores que oscilan entre las 150 y las 350 micras; los segmentos de 7 mm se fabrican entre 210 y 500 micras de espesor.

### Perfil y curva base

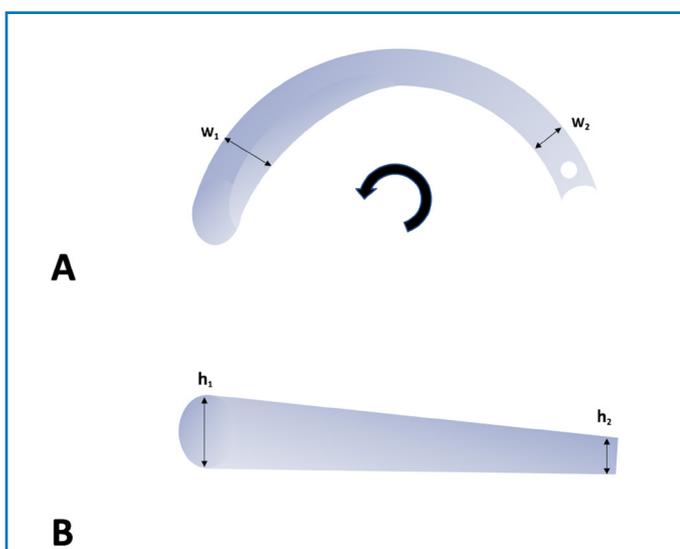
Los segmentos originales diseñados por Ferrara tenían un perfil triangular acutángulo equilátero; los Intacs® se desarrollaron posteriormente con un perfil hexagonal; los Intacs® SK, con un perfil elíptico; y los actuales segmentos de 6 mm tienen un perfil de triángulo acutángulo escaleno (Figura 3). La mayoría de las bases de los anillos son planas, por lo cual, al ser introducidos en una córnea curva, ejercerían una fuerza mayor en los extremos que los anillos Intacs®, que son de base curva.

### Segmentos asimétricos

Debido a la asimetría corneal provocada por el queratocono, se han intentado desarrollar últimamente anillos de perfil asimétrico para intentar mejorar el efecto de manera local. En la actualidad,



**Figura 3.** (A) Sección triangular de acutángulo equilátero de los iniciales segmentos de Ferrara. (B) Sección hexagonal de los Intacs® de 7 mm. (C) Sección elíptica de los Intacs® SK. (D) Sección en triángulo acutángulo escaleno de los modernos segmentos de 6 mm.



**Figura 4.** (A) Anillo asimétrico en el que se observa una diferente anchura de la base, siendo ésta más ancha en su extremo más grueso ( $w_1$ ) que en su extremo más fino ( $w_2$ ). (B) Anillo asimétrico en altura (espesor), siendo más grueso el extremo distal ( $h_1$ ) que el proximal ( $h_2$ ) a la incisión de la implantación (indicada por la flecha de giro).

se fabrican anillos de espesor variable a lo largo de su longitud, siendo más gruesos en el extremo inicial y más finos en el extremo por el cual se termina la implantación y en el que está colocado el orificio de manipulación. Se está evaluando también el efecto obtenido al implantar anillos con anchura de base variable (Figura 4).

## Patrones morfológicos de queratocono y nomogramas de implantación de SAIC

La deformación corneal producida por el queratocono induce cambios refractivos y aberraciones ópticas de alto orden. Según la localización de la zona de máxima protrusión y la deformación que produzca, se van a observar mayores cambios en la esfera, en el cilindro o en el coma. De esta forma, los conos centrales van a provocar cambios miópicos importantes, y los conos excéntricos inducirán cambios cilíndricos y/o comáticos severos. En la Figura 5 se describen los distintos patrones recogidos en la clasificación del grupo de estudio español GRIS (*Group for Research in Intrastromal Segments*) y los distintos patrones de implantación que corresponden a cada subtipo de queratocono.

En el patrón simétrico y axial (SA), la protrusión central produce un astigmatismo regular sin componente de aberración comática. Se observa en un 9,96% de los casos. Los pacientes suelen tener una buena agudeza visual con corrección (AVCC) con gafa. Este patrón topográfico se puede corregir mediante el implante de dos SAIC simétricos y con una longitud de arco entre 90 y 120° y espesores en función del componente esférico negativo asociado. Hay que tener en cuenta que los SAIC de 120° tienen un efecto importante sobre el cilindro, y se deben evitar los espesores gruesos para que no se produzcan hipercorrecciones. Si el defecto cilíndrico no es alto y se asocia un defecto esférico negativo mayor, se pueden emplear los SAIC de 150-160° para influir más sobre la misma.

En el patrón asimétrico y axial (AA), presente en el 67,89% de los casos, el desplazamiento inferonasal o inferotemporal de la protrusión provoca un aspecto en forma de "cruasán". En estos casos, el eje del coma producido por la desviación inferior de la protrusión es coincidente con el eje más plano del astigmatismo, afectando a la AVCC. En estos patrones, se puede optar por implantar un único SAIC inferior centrado con los ejes cilindro-comáticos coincidentes de unos 150-160° de longitud de arco y un espesor de 200-250 micras para corregir el componente comático (AA1), o asociar un segundo SAIC superior de 90° para corregir el cilindro si este fuera elevado (AA2), en general por encima de las 4 o 5 dioptrías.

En el patrón simétrico no axial (SNA), presente en el 5,77% de los casos, se observa un eje más curvo del cilindro orientado a 90° del eje del coma producido por el desplazamiento de la protrusión cónica. Es el clásico patrón en "hombre de nieve" o *snowman*. En estos casos, es necesario evaluar el impacto que tienen ambas

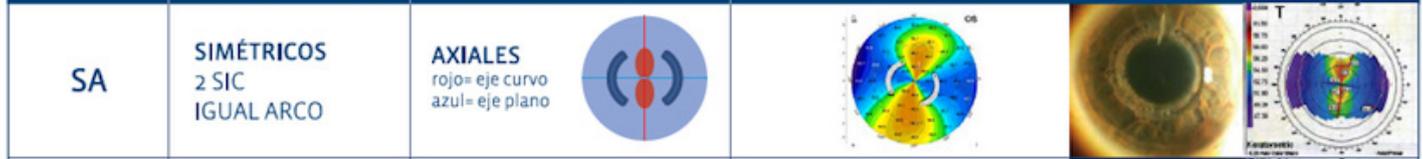
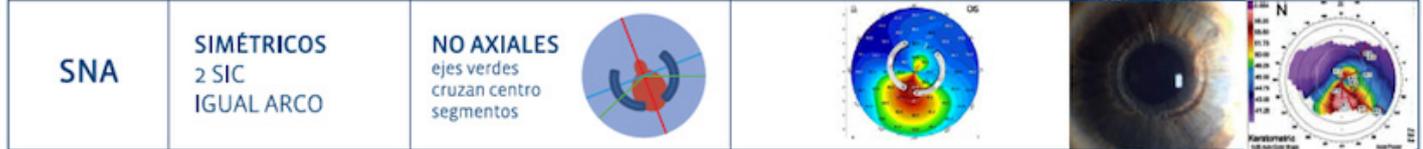
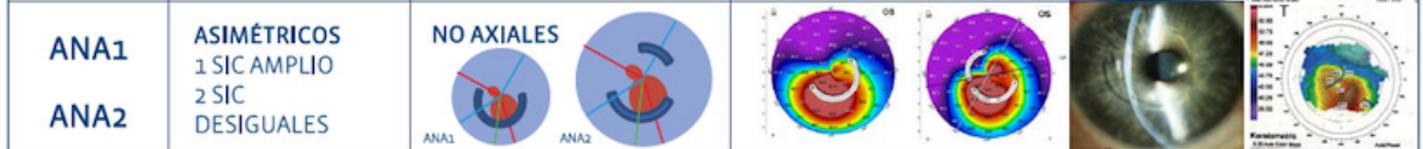
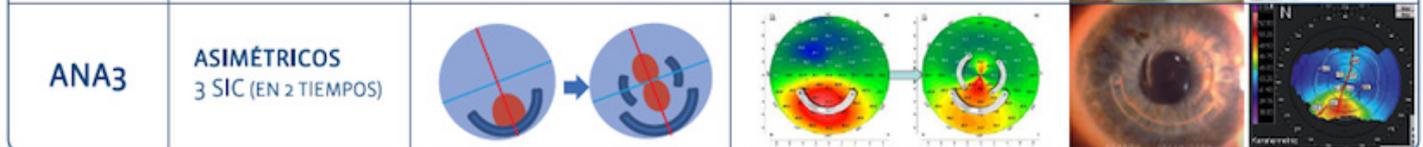
TIPO SA.ANA	SEGMENTOS (Axiales= mismo eje No Axiales= distinto eje)	EJES DE IMPLANTE (Axiales= mismo eje No Axiales= distinto eje)	EJEMPLOS
SA	SIMÉTRICOS 2 SIC IGUAL ARCO	AXIALES rojo= eje curvo azul= eje plano	
AA1	ASIMÉTRICOS 1 SIC	AXIALES	
AA2	ASIMÉTRICOS DESIGUALES		
SNA	SIMÉTRICOS 2 SIC IGUAL ARCO	NO AXIALES ejes verdes cruzan centro segmentos	
ANA1 ANA2	ASIMÉTRICOS 1 SIC AMPLIO 2 SIC DESIGUALES	NO AXIALES	
ANA3	ASIMÉTRICOS 3 SIC (EN 2 TIEMPOS)		

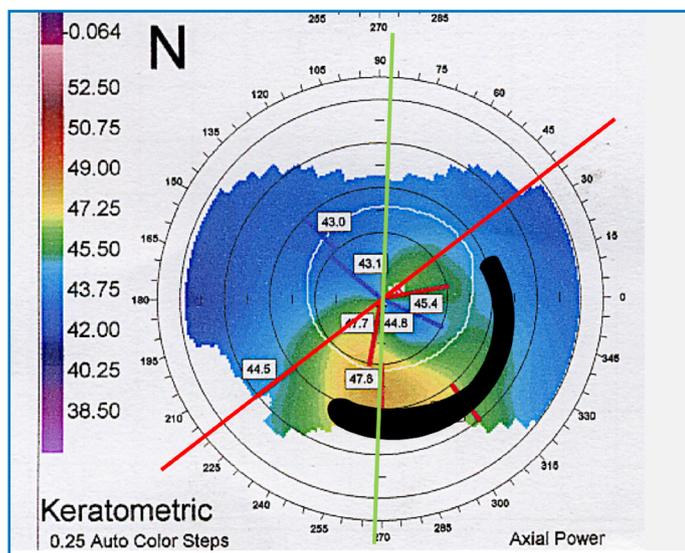
Figura 5. Clasificación SAANA del queratocono, realizada por el grupo español GRIS (Group for Research in Intrastromal Segments) para orientar sobre la selección del tipo y la orientación del implante de segmentos de anillo intracorneales (SAIC).

aberraciones, cilíndrica y comática, sobre la visión. Generalmente la aberración comática suele tener un mayor impacto sobre la AVCC, por lo que se aconseja, si el cilindro es bajo, colocar un SAIC inferior para corregir el coma, o bien dos SAIC de 120-150°, colocados de forma asimétrica hacia la zona de la protrusión, para intentar corregir ambos, o incluso un anillo de 210° centrado con el eje comático que “abraza” toda la deformación.

El patrón asimétrico no axial (ANA) es un patrón poco frecuente, que se presenta en el 11,14% de los casos. Este patrón presenta ejes del cilindro y coma no coincidentes (separados en más de 30°), lo cual se presenta como un patrón en hombre de nieve con el cuello doblado (*tilted-neck snowman*) o como una protrusión

inferior en los casos incipientes o formas frustré de queratocono. En este patrón, las opciones de tratamiento son variadas y se deben escoger los SAIC en función de la magnitud del cilindro y del coma. Se puede implantar desde un anillo largo de 210° hasta dos implantes de 150-160 y 90° de forma asimétrica. En los conos inferiores de las formas frustrés, se implanta un solo SAIC para corregir el coma y, aunque suele empeorar la magnitud del cilindro, mejora la AVCC al reducirse el coma.

Los segmentos de anillo asimétricos en espesor han sido incorporados recientemente a la práctica quirúrgica de los cirujanos implantadores. Se usan generalmente en los patrones asimétricos, colocando la zona más gruesa del anillo en la zona de la mayor



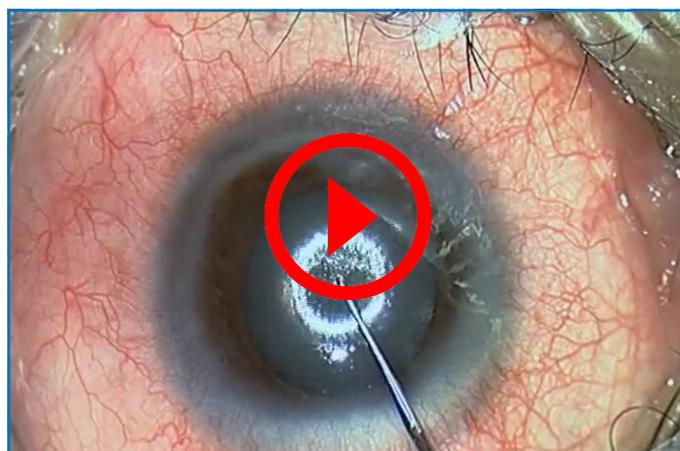
**Figura 6.** Queratocono con patrón asimétrico. La protrusión inferior origina un eje de coma vertical (línea verde) no coincidente con el eje más curvo del cilindro (línea roja), con lo que podría planearse el implante de un segmento de espesor asimétrico más grueso en la zona de la protrusión, pero orientado a 90° del eje más curvo del cilindro.

protrusión (la cual crea la aberración comática), pero centrados con el eje plano del cilindro, con lo cual se persigue corregir ambas aberraciones ópticas cuando sus ejes no son coincidentes (Figura 6).

Existen muchas opiniones y estudios<sup>12</sup> acerca de los diferentes nomogramas de implantación de SAIC, en función de múltiples parámetros, siendo un tema difícil y candente entre los expertos. En general, se debe intentar mejorar ópticamente la córnea en lo posible y no considerar el implante de SAIC como un procedimiento aislado para corregir la visión del paciente, sino como una herramienta a la que se pueden o deben asociar otros métodos quirúrgicos –como el implante de lentes intraoculares (LIO) fáquicas, la fotoqueratectomía refractiva (PRK) guiada con topografía, la fotorreticulación del colágeno (*cross-linking*, CXL) mediante luz ultravioleta (UV) y vitamina B<sub>2</sub>– o no quirúrgicos (gafa, lentes de contacto), para conseguir, de forma combinada, un efecto óptimo y sin los riesgos de una queratoplastia.

## Técnica quirúrgica de implantación de SAIC

La técnica quirúrgica de implantación se practicaba inicialmente de modo manual (Vídeo 1). Después de realizar una incisión ver-



**Vídeo 1.** Técnica manual de implante de segmentos intraestromales.

tical con un cuchillito de diamante micrométrico, el cual permite calibrar la profundidad del corte efectuado, se procede a crear un canal circular mediante espátulas del diámetro deseado. Se debe calibrar la profundidad de esta primera incisión vertical a un 75-80% del espesor corneal medido en la zona de la incisión. A ser posible, la medición se debe realizar con un paquímetro de mano ultrasónico. A continuación, mediante espátulas de longitud progresiva, se procede a disecar el inicio del túnel a la profundidad deseada a un lado de la incisión, si se va a colocar un SAIC, o en ambos, si se van a implantar dos. Los primeros segmentos comercializados presentaban un diámetro medio de 5 (Ferrara) o 7 mm (Intacs®), pero los actuales se diseñan en la mayoría de los casos con un diámetro de 6 mm. Se procede a completar el túnel con las espátulas “en cola de cerdo” en ambos sentidos, horario y antihorario. Una vez creado el túnel de implantación, se procede a la inserción los segmentos (o el segmento, en su caso), con unas pinzas diseñadas para cada tipo y perfil de SAIC. Con un gancho de Sinsky inverso o directo, se procede, a través del orificio de manipulación que presentan los SAIC, a posicionarlo en el interior del canal.

En la actualidad, el empleo del láser de femtosegundos (Vídeo 2) permite crear de forma exacta, segura y precisa, el canal circular en escasos segundos y a la profundidad exacta deseada, facilitando el procedimiento y evitando el riesgo de implantar los segmentos demasiado superficialmente, circunstancia muy frecuente durante la curva de aprendizaje del procedimiento manual, lo cual aumenta el riesgo de extrusión e infección.



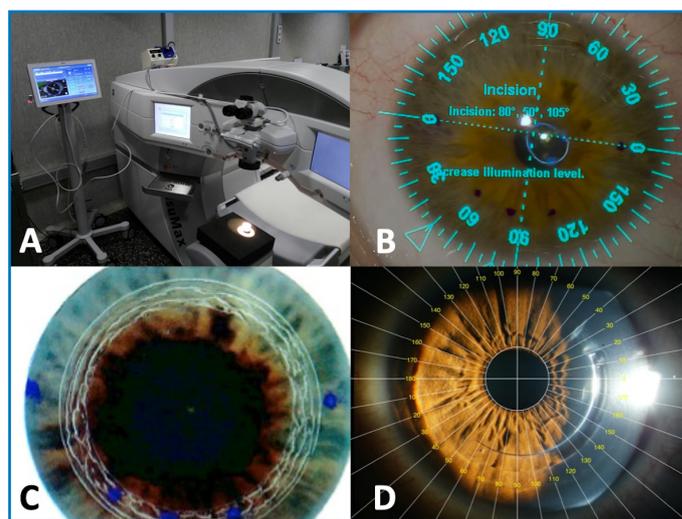
**Vídeo 2.** Técnica de implante de segmentos intraestromales asistida con láser de femtosegundos (FS).

Las complicaciones intraoperatorias con el empleo del láser de femtosegundos son escasas. Existe el riesgo de perforación posterior si se ha programado el túnel o la profundidad de la incisión de entrada demasiado profundamente. En algunos casos, la disección realizada por el láser no es suficiente, y se observan algunos puentes intraestromales que no permiten el avance del implante, por lo que se debe recurrir a las espátulas "en cola de cerdo" para abrir el canal y facilitar la inserción del SAIC.

En el Centro de Oftalmología Barraquer hemos incorporado un sistema de alineación digital intraoperatorio al láser de femtosegundos (Figura 7) para conseguir una correcta alineación de los SAIC, de acuerdo con el plan de implantación diseñado antes de la cirugía, lo cual evita posicionamientos postoperatorios no deseados. En nuestra experiencia, las alineaciones indebidas de más de 10° pueden provocar cambios refractivos y/o aberrométricos significativos, de ahí que consideremos una correcta alineación intraoperatoria de crucial importancia para conocer nuestros resultados y optimizar nuestros nomogramas de implantación.

## Indicaciones actuales y resultados

La indicación inicial de los SAIC como tratamiento de la baja miopía ha quedado en desuso, superada por otros procedimientos ablativos con láser de excímero por su precisión y resultados. En cambio, el implante de segmentos se ha convertido en una de las cirugías más empleadas en el tratamiento del queratocono, ya sea de forma aislada o combinada con otros procedimientos. Se han desarrollado, y siguen haciéndolo, numerosos nomogramas para facilitar la selección del implante. Actualmente se considera



**Figura 7.** (A) Incorporación del sistema de alineación digital Verion™ (Alcon) al láser de femtosegundo (Visumax®, Zeiss) con una fuente de iluminación auxiliar y un adaptador. (B) Se puede obtener una excelente imagen de los ejes principales vertical y horizontal y utilizar las flechas de posicionamiento ideadas para la cirugía de catarata para posicionar la incisión principal y los extremos proximales de los dos segmentos de anillo intracorneales (SAIC), si fuera un implante doble; o ambos extremos, distal y proximal, si fuera un único implante. (C) Marcas realizadas; se realiza el túnel con el láser de femtosegundos. (D) Imagen postoperatoria con el software Goniotrans, en el que se puede evaluar si la implantación realizada ha sido correcta según el plan preoperatorio.

la implantación de SAIC como la técnica quirúrgica de elección en la rehabilitación visual de los pacientes con queratocono de estadios I y II. En algunos casos en estadio III también puede considerarse su implantación.

La finalidad del implante de SAIC es revertir en lo posible los cambios ópticos producidos por la protrusión cónica corneal central o paracentral, especialmente los defectos esféricos, cilíndricos y comáticos, incrementando la agudeza visual sin corrección (AVSC) y la AVCC de los pacientes. La disminución de estos defectos ópticos permite una mejor visión con gafas o lentes de contacto (LC), y mejora el pronóstico visual de otras cirugías realizadas de forma secuencial, como el implante de lentes intraoculares fáquicas<sup>13,14</sup> o la realización de ablaciones superficiales con láser de excímero guiadas por topografía. También puede realizarse de forma segura concomitantemente a la realización de una técnica de CXL corneal<sup>15</sup>. Estos cambios morfológicos corneales permiten además una mejor adaptación de las lentes de contacto rígidas en aquellos casos en los cuales sea considerado su uso como solución óptica.

En el último metaanálisis realizado<sup>16</sup> mediante la selección y el estudio de 95 artículos publicados (de un total de 2.326) sobre los

resultados obtenidos con el implante de SAIC de forma aislada o en una combinación de SAIC asociados a otras técnicas, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Los principales hallazgos demostraron una mejoría general de todos los parámetros refractivos, visuales y queratométricos estudiados (equivalente esférico, cilindro, AVSC, AVCC, radio de curvatura máximo (K máx.) y radio de curvatura medio (K m.) tras el implante de SAIC.
- Su combinación con CXL no produce un índice mayor de complicaciones ni peores resultados.
- La combinación de SAIC con CXL y PRK es menos invasiva que el implante de una LIO fáquica en pacientes jóvenes, y parece ser el procedimiento combinado que ofrece mejores resultados.
- La combinación de implante de SAIC y CXL realizada en el mismo acto quirúrgico parece ser más efectiva.
- La combinación de SAIC, CXL y PRK guiada por topografía parece ser más efectiva cuando se realiza primero el implante de SAIC, se regulariza la topografía y, tras 6 meses, se realiza la ablación fotorrefractiva combinada con la aplicación de CXL.
- Es más efectivo realizar CXL tras PRK que PRK tras CXL, ya que se elimina el tejido fotorreticulado reforzado previamente en esta segunda opción.
- El empleo de una LIO fáquica, sea de fijación iridiana o de cámara posterior, debe realizarse siempre seis meses tras el implante de SAIC, PRK o CXL, si es necesario corregir la topografía, cuando se asegure una estabilidad refractiva, y en casos de ametropía elevada o anisometropía importante.
- Al no tener extremos, se evitan las complicaciones postoperatorias, como las extrusiones provocadas por la compresión hacia el exterior que realizan los SAIC.
- El MyoRing® une dos características *a priori* divergentes: una suficiente rigidez para crear un tejido regular de la córnea, y una alta flexibilidad (“memoria de forma”) que permite insertar el MyoRing® en un “bolsillo” de la córnea a través de un acceso en forma de túnel, para evitar el astigmatismo inducido.
- La creación de un “bolsillo” casi completamente cerrado en la córnea permite conservar las características biomecánicas de la córnea y evitar la retirada de la capa epitelial, permitiendo la instilación directa de la riboflavina en el estroma corneal para realizar la técnica de foto-reticulación corneal (CXL: *crosslinking*) denominada *Pocket CXL*.
- Con esta tecnología, se consiguen ambos objetivos: la detención de la progresión del queratocono (*Pocket CXL*) y la rehabilitación visual (MyoRing®) mediante una sola intervención quirúrgica.

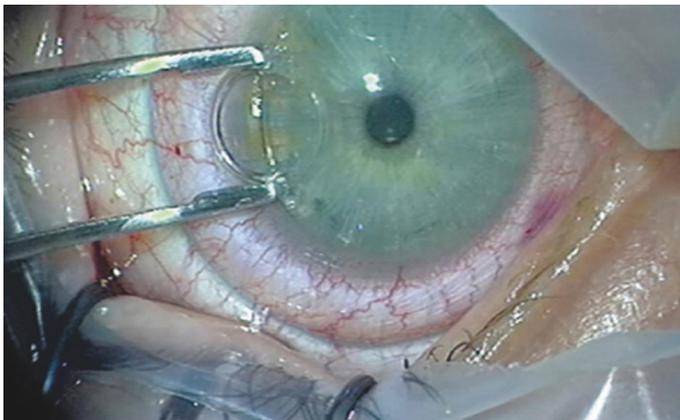
La técnica quirúrgica consiste en la creación de un bolsillo interlaminaar de implantación de 9 mm de diámetro y 300  $\mu$  de profundidad<sup>18</sup> con una incisión de inserción de 4,0 mm. Se recomienda un espesor corneal central mínimo de 350  $\mu$ , si se realiza el bolsillo con el cuchillete de diamante; y mayor, si se usa el láser de femtosegundos. Posteriormente se procede a la implantación del anillo en su interior (Figura 8). Existen anillos de diferentes diámetros (5-8 mm) y espesores (200-320  $\mu$ ). Debido a su relativa flexibilidad, se pueden insertar anillos de 8 mm a través de una incisión de solo 4 mm. Una vez colocado el implante en su posición centrada con la pupila, se procede a irrigar el interior del bolsillo con una solución de riboflavina al 0,1% durante 1 minuto, y se aplica la luz ultravioleta A (UVA) con el protocolo que se realiza habitualmente en los tratamientos de fotorreticulación anteriormente descritos.

En los estudios publicados con la utilización de esta técnica se consiguió una reducción significativa de la queratometría central, agudeza visual, esfera refractiva, cilindro refractivo y topográfico en las medidas realizadas en el primer mes después de la cirugía, no observándose variaciones significativas en los meses siguientes<sup>19,20</sup>. En otro estudio en pacientes con ectasia post-LASIK (*Laser Assisted in Situ Keratomileusis*), en el que se empleó el láser de femtosegundo y no se realizó CXL asociado al procedimiento<sup>21</sup>,

## Implante de anillo intracorneal completo (MyoRing®)

El implante de un anillo completo de 360° a través de una incisión periférica en un bolsillo intraestromal, realizada con un queratomo de diamante (PocketMaker, DiopTex GmbH, Austria) o con láser de femtosegundos, fue inicialmente descrita por Daxer<sup>17</sup> en 2010. Esta técnica se basa en cinco principios:

- La inclusión de un anillo completo provoca la regularización topográfica de toda la zona comprendida en su interior.



**Figura 8.** Implantación del anillo MyoRing® en un bolsillo intraestromal creado quirúrgicamente con el cuchillito de diamante (Pocket Maker; imagen cedida por cortesía del Dr. Albert Daxer).

no se encontraron diferencias significativas en los valores de aberraciones, como el coma primario, aberraciones de alto orden y trefoil, ni en los valores biomecánicos obtenidos con el *Ocular Response Analyzer* (ORA) de histéresis corneal (CH) y el factor de resistencia corneal (CRF). En el último estudio publicado<sup>22</sup> que compara la efectividad del anillo completo frente a los SAIC, se concluyó que la implantación del MyoRing® podría tener un efecto mayor de aplanación que los segmentos.

En la actualidad, no son muchos los cirujanos que están empleando este procedimiento. Existe la percepción de que la creación de un bolsillo intraestromal, cortando el tejido corneal con un cuchillito o con láser de femtosegundos, podría añadir un debilitamiento biomecánico suplementario en una situación como el queratocono, que ya presenta intrínsecamente un grado de debilidad estructural aumentado.

## Bibliografía

- Barraquer JI. Queratoplastia refractiva. *Este Inf Oftal*. 1949;2:10-30.
- Blavatskaia DED. The use of intralaminar homoplasty in order to reduce refraction of the eye. *Uberstzt Aus Ophthalmol Zh*. 1966;7:530-537. [Which was apparently translated to *Arch Soc Ophthalmol Optom*. 1988;6:31-325].
- Simon G, Parel JM, Lee W, Kervick GN. Gel Injection Adjustable Keratoplasty. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1991;29:418-24.
- Fleming JF, Wan WL, Schanzlin DJ. The theory of corneal curvature change with the Intrastromal Corneal Ring. *CLAO J*. 1989;15:146-50.
- Nosé W, Neves RA, Schanzlin DJ, Belfort Júnior R. Intrastromal corneal ring-one-year results of first implants in humans: a preliminary nonfunctional eye study. *Refract Corneal Surg*. 1993;9:452-8.
- Siganos D, Ferrara P, Chatzinikolas K, Bessis N, Papastergiou G. Ferrara intrastromal corneal rings for the correction of keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28:1947-51.
- Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:1117-22.
- Twa MD, Karpecki PM, King BJ, Linn SH, Durrie DS, Schanzlin DJ. One-year results from the phase III investigation of the KeraVision Intacs. *J Am Optom Assoc*. 1999;70:515-24.
- Piñero DP, Alio JL, Teus MA, Barraquer RI, Uceda-Montañés A. Modeling the intracorneal ring segment effect in keratoconus using refractive, keratometric, and corneal aberrometric data. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:5583-91.
- Sögütlü E, Piñero DP, Kubaloglu A, Alio JL, Cinar Y. Elevation changes of central posterior corneal surface after intracorneal ring segment implantation in keratoconus. *Cornea*. 2012;31:387-95.
- Piñero DP, Alio JL, Barraquer RI, Michael R. Corneal biomechanical changes after intracorneal ring segment implantation in keratoconus. *Cornea*. 2012;31:491-9.
- Fernández-Vega Cueto, L, Lisa, C, Poo-López, A, Madrid-Costa, D, Merayo-Llotes, J, Alfonso, JF. Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation in 409 Paracentral Keratoconic Eyes. *Cornea*. 2016;35:1421-6.
- Dirani A, Fadlallah A, Khoueir Z, Antoun J, Cherfan G, Jarade E. Visian toric ICL implantation after intracorneal ring segments implantation and corneal collagen crosslinking in keratoconus. *Eur J Ophthalmol*. 2014;24:338-44.
- Ferreira TB, Güell JL, Manero F. Combined intracorneal ring segments and iris-fixed phakic intraocular lens for keratoconus refractive and visual improvement. *J Refract Surg*. 2014;30:336-41.
- Hersh PS, Issa R, Greenstein SA. Corneal crosslinking and intracorneal ring segments for keratoconus: A randomized study of concurrent versus sequential surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45:830-9.
- Benoist d'Azy C, Pereira B, Chiambaretta F, Dutheil F. Efficacy of Different Procedures of Intra-Corneal Ring Segment Implantation in Keratoconus: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Transl Vis Sci Technol*. 2019;11;8:38.
- Daxer A. Adjustable intracorneal ring in a lamellar pocket for keratoconus. *J Refract Surg*. 2010;26:217-21.
- Daxer A. Corneal intrastromal implantation surgery for the treatment of moderate and high myopia. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:194-8.
- Studený P, Krizova D, Stranák Z. Clinical outcomes after complete intracorneal ring implantation and corneal collagen cross-linking in an intrastromal pocket in one session for keratoconus. *J Ophthalmol*. 2014;2014:568128.
- Alió JL, Piñero DP, Daxer A. Clinical outcomes after complete ring implantation in corneal ectasia using the femtosecond technology: a pilot study. *Ophthalmology*. 2011;118:1282-90.
- Jabbarvand M, Hashemian M, Hashemian H, Bazvand F, Khodaparast M. Femtosecond laser-assisted MyoRing implantation in postoperative LASIK ectasia. *J Refract Surg*. 2014;30:462-6.
- Hosny M, El-Mayah E, Sidky MK, Anis M. Femtosecond laser-assisted implantation of complete versus incomplete rings for keratoconus treatment. *Clin Ophthalmol*. 2015;20:121-7.