

Lentes fáquicas de fijación iridiana en el queratocono

Iris-claw phakic intraocular lens in keratoconus

P. Verdaguer, JL Güell, D. Elies, O. Gris, M. Morral, F. Manero

Resumen

El tratamiento para la rehabilitación visual de los pacientes con queratocono debe incluir la estabilización del cono y la corrección del defecto refractivo residual, ya sea con medios ópticos o quirúrgicos. Las lentes fáquicas de cámara anterior de anclaje iridiano se han utilizado ampliamente para corregir una importante gama de errores refractivos en ojos con y sin queratocono. Estas lentes van fijadas a la periferia media del iris. Esto es especialmente importante cuando se corrige el astigmatismo en pacientes con queratocono estable, ya que el sistema de enclavado previene la rotación potencial de la lente intraocular, y el efecto refractivo es más duradero.

Resum

El tractament per la rehabilitació visual dels pacients amb queratocon ha d'incloure l'estabilització del con i la correcció del defecte refractiu residual, ja sigui amb mitjans òptics o quirúrgics. Les lents fàquiques de càmera anterior d'enclavament iridià s'han utilitzat àmpliament per a corregir una important gamma d'errors refractius en ulls amb i sense queratocon. Aquestes lents van fixades a la perifèria mitja de l'iris. Això és especialment important quan es corregeix l'astigmatisme en pacients amb queratocon estable ja que el sistema d'enclavat preveu la rotació potencial de la lent intraocular i l'efecte refractiu dura més.

Abstract

The treatment for the visual rehabilitation of patients suffering keratoconus needs to include the stabilization of the cone and the correction of the residual refractive defects either with optical or surgical means. Iris-claw phakic intraocular lenses have been widely used to correct a significant number of refractive defects in eyes with or without keratoconus. These lenses are attached to the medium periphery of the iris. This fact is specially important when correcting astigmatism in patients suffering from stable keratoconus since this claw system prevents the potential rotation of the intraocular lens and, therefore, achieves a long-lasting refractive effect.

11.1. Lentes fáquicas de fijación iridiana en el queratocono

Iris-claw phakic intraocular lens in keratoconus

P. Verdaguer¹, JL Güell², D. Elies², O. Gris², M. Morral², F. Manero²

¹Institut de la Màcula. Centro Médico Teknon. Barcelona. ²Instituto de Microcirugía Ocular. Barcelona.

Correspondencia:

Paula Verdaguer

E-mail: paulaverdaguer@gmail.com

Introducción: lentes fáquicas de fijación iridiana

Las lentes de cámara anterior de fijación iridiana están diseñadas para evitar alteraciones sobre las estructuras angulares y la raíz del iris, y el anclaje de sus hápticos se hace sobre el propio iris, por lo que se evitan los problemas relacionados con la rotación de las lentes. Estas van fijadas en la periferia media del iris, centradas en la pupila, lo cual supone una gran ventaja en ojos con pupilas descentradas. Otra ventaja de estas lentes es que su localización deja libre el ángulo y no interfiere en la vascularización fisiológica, ni provoca deformaciones pupilares. Los resultados anatómicos son muy buenos.

Dichas lentes requieren de una iridectomía periférica profiláctica para evitar el bloqueo pupilar (Figura 1). Con la iridectomía, el riesgo de glaucoma por bloqueo pupilar es excepcional, y un glaucoma a medio-largo plazo por dispersión de pigmento es muy infrecuente. Están contraindicadas en pacientes con antecedentes personales de glaucoma pigmentario previo. Tras la cirugía puede haber un aumento de la presión intraocular, en relación al uso de corticoides, que es reversible al suspender el tratamiento.

Como inconveniente, está descrito un aumento progresivo de pérdida de células endoteliales¹⁻⁴. En el postoperatorio, sobre todo, se debe a un factor mecánico en relación a la proximidad de la

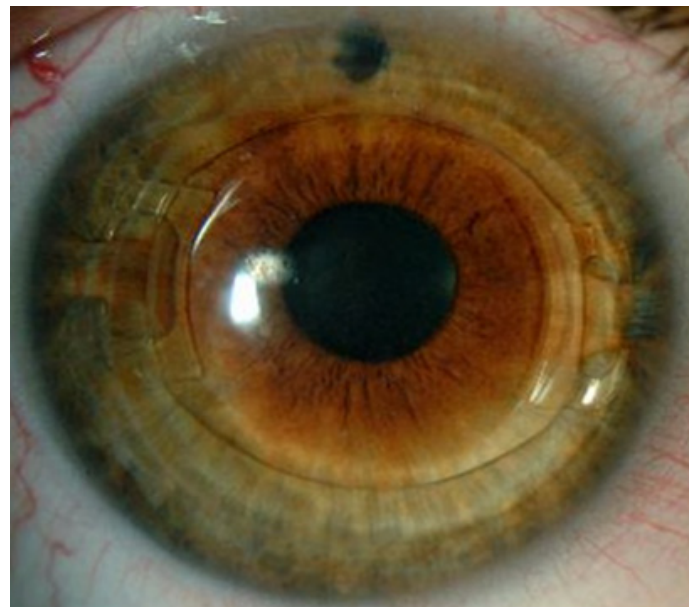


Figura 1. Lentes intraoculares fáquicas (LIOF) de cámara anterior de fijación iridiana, para la corrección del defecto refractivo residual tórico, tras una queratoplastia penetrante. Iridectomía periférica profiláctica a las 12 h.

lente con el endotelio corneal. Diversos estudios han evaluado los cambios en el conteo endotelial tras el implante de estas lentes en ojos fáquicos. No obstante, los datos de los estudios con seguimiento a largo plazo e implantados en pacientes con una correcta

indicación en cuanto a edad, profundidad de cámara anterior y contaje endotelial previo a la cirugía, muestran que el implante de estas lentes no produce una disminución significativa de la densidad de células endoteliales. Incluso reportan una ganancia media relativa de células endoteliales de 3,62% a los diez años, que se ha atribuido a diversos factores, como la interrupción del uso de lentes de contacto, una cierta capacidad de recuperación del endotelio corneal tras el traumatismo quirúrgico, o la variabilidad de las mediciones de la microscopia especular⁵.

En 2001 se comercializó en Europa, tras un estudio multicéntrico en el que se demostró la eficacia en el procedimiento refractivo para la corrección del astigmatismo, la lente intraocular fáquica (LIOF) Artisan tórica (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands). Los avances en la introducción de las lentes intraoculares (LIO), a través de incisiones más pequeñas en la cirugía de la catarata, condujeron al desarrollo de un tipo de LIOF plegable en el año 2005, la LIOF Artiflex (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands) para la miopía, que se podía insertar a través de una incisión de 3,2 mm, ya que es plegable. Esta LIOF Artiflex ofrece la ventaja sobre la LIOF Artisan, debido a que el tamaño de la incisión es más pequeño, de una disminución del astigmatismo inducido quirúrgicamente y una recuperación visual más rápida^{2,3}. La combinación de la tecnología tórica con la LIOF Artiflex plegable dio como resultado el desarrollo de la LIOF Artiflex tórica en el año 2009 (Ophtec BV, Groningen, The Netherlands). Esta corrige la miopía y el astigmatismo y tiene una óptica cilíndrica flexible de 6 mm. Es una lente de tres piezas, que consiste en una parte óptica flexible hecha de silicona, que absorbe los rayos ultravioletas, y dos hápticos rígidos hechos de polimetilmetacrilato (PMMA). Está disponible en potencias esféricas de -1,0 a -13,5 dioptrías (D), en incrementos de 0,50 D; y en potencias cilíndricas de -1,0 a -5,0 D (en incrementos de 0,50 D). La suma de la potencia esférica y cilíndrica no debe exceder de -14,5 D. Dichas lentes tienen la ventaja de que, al fijarse en el iris, presentan una dificultad de rotación, con lo que los resultados refractivos son más estables, y aún más en las correcciones astigmáticas.

Queratocono y lentes fáquicas de fijación iridiana

Para el tratamiento del queratocono en un estadio que va de leve a moderado, se han sugerido alternativas quirúrgicas al trasplante de córnea, que actualmente se indica en estadios más evolucio-

nados. Estas incluyen la realización de *cross-linking* corneal (CXL)^{6,7}, la implantación de anillos intraestromales corneales (ICRS)^{8,9} y la implantación de LIOF¹⁰⁻¹³ o pseudofáquicas. La rehabilitación visual de los pacientes con queratocono progresivo es un desafío, y el tratamiento siempre debe involucrar la estabilización del cono y la corrección del error refractivo por medios ópticos o quirúrgicos. En los casos en los que no hay astigmatismo irregular clínicamente significativo –por ejemplo, cuando la agudeza visual con corrección (AVCC) con lentes de contacto rígidas de gas permeable es la misma que la AVCC–, la técnica para la corrección del astigmatismo miópico es el implante de LIOF.

La estabilización del cono es esencial para obtener una corrección refractiva duradera, que siempre debe proporcionar una visión funcional. Cuando la visión funcional no se puede lograr de ninguna manera, en general, debido a los altos niveles de astigmatismo irregular, la única opción viable es un trasplante de córnea. Aunque la implantación de los ICRS también se ha sugerido como una técnica útil para estabilizar el queratocono progresivo, el CXL es el único tratamiento que ha demostrado ser eficaz para estabilizar el cono en los ensayos clínicos. Se realiza el CXL si la AVCC es igual o superior a 20/50 y la paquimetría corneal, en su punto más delgado, es mayor de 400 μm ^{6,7}. Se implantan los ICRS para regularizar la topografía corneal en astigmatismo irregular. Las LIOF se implantan para la corrección del astigmatismo miópico residual (Figura 2).

Actualmente no hay un consenso sobre muchas de las indicaciones y combinaciones de los diferentes abordajes quirúrgicos para la rehabilitación visual de los ojos con queratocono. Todas estas cuestiones, incluido el intervalo entre la implantación de CXL y la LIOF, requieren estudios comparativos prospectivos aleatorizados para determinar de manera concluyente cuál es el enfoque más eficaz y seguro.

Una vez que el queratocono se ha estabilizado, se pueden considerar soluciones refractivas. Las LIOF se han utilizado ampliamente para corregir una amplia gama de errores refractivos en ojos sin queratocono y en ojos con queratocono. Si bien las LIOF de colámero de cámara posterior (ICL, de Staar Surgical Co.) se han propuesto como una alternativa válida para la corrección del astigmatismo miópico en pacientes con queratocono^{10,11}, se considera que las LIOF de fijación iridiana son la mejor opción, especialmente cuando se corrige el astigmatismo, ya que el sistema de enclavado previene la rotación potencial de la LIO, lo que daría como resultado la pérdida del efecto de corrección refractiva¹²⁻¹⁴.

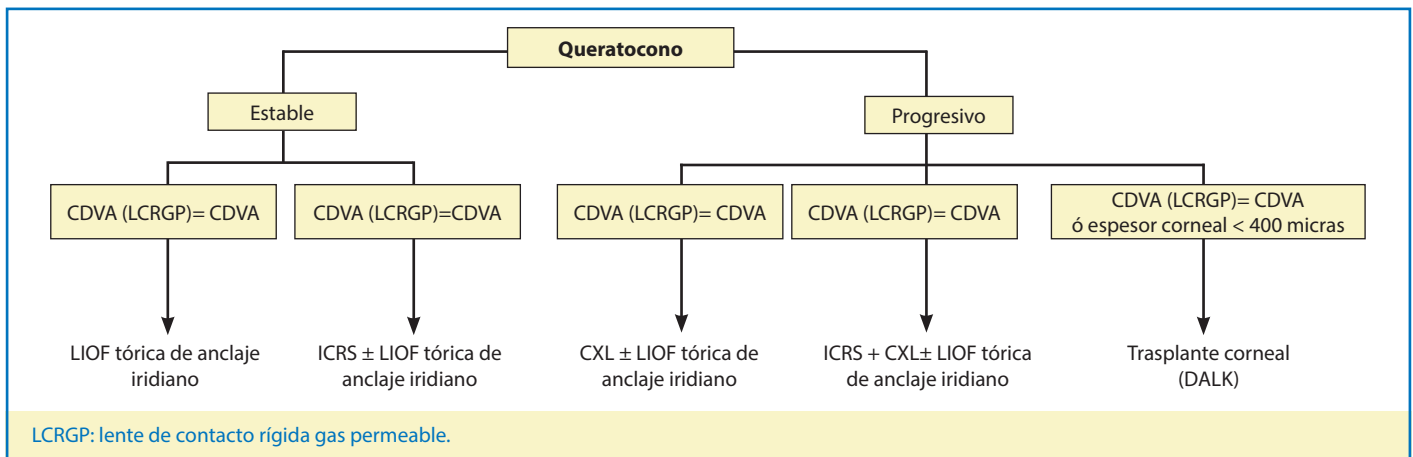


Figura 2. Protocolo de actuación, publicado en el artículo de Güell *et al.*, *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:475-84, para el manejo del queratocono.

El protocolo de actuación seguido en el queratocono implica realizar el CXL con otro procedimiento refractivo, si documentamos una progresión en el queratocono, y no procedemos a la implantación de la LIOF hasta que la AVCC sea, al menos, como en los valores preoperatorios.

La mayoría de los estudios publicados reportan, tras el CXL, una disminución en el equivalente esférico (SE) medio que es paralela a la reducción en la media y el valor máximo de las $K^{15,16}$. Esta estabilización del cono se mantiene hasta tres años.

En el estudio de Güell JL *et al.*, en el que se evaluaron 17 ojos con queratocono moderado progresivo, a los que se realizó CXL y el implante de una LIOF tórica posterior para la corrección del astigmatismo miópico, se encontró, tras un seguimiento medio de 36,9 meses, que 14 ojos (el 82%) estaban dentro de $\pm 0,50$ dioptrías de SE y 13 ojos (el 76%) estaban dentro de $\pm 1,00$ D de cilindro, que es comparable a los resultados del implante de las LIOF de fijación iridiana en ojos sin queratocono¹⁴. La media del intervalo entre la realización del CXL y la implantación de la LIOF fue de 3,9 meses. La diferencia de medias en la queratometría simulada entre el preoperatorio y el último seguimiento fue de $0,17 \pm 0,45$ D (rango de $-0,55$ a $1,45$ D). La agudeza visual sin corrección (AVSC) postoperatoria fue de 20/40 o mejor en 16 ojos (94%) sin pérdida de líneas de AVCC. No se produjo una disminución significativa en el conteo endotelial central (ECC) ($P > 0,05$). Así pues, concluyeron que la implantación combinada de LIOF tórica de fijación iridiana y CXL corrigió de forma segura y efectiva el astigmatismo miópico en el queratocono progresivo de leve a moderado.

De forma similar al estudio de Grewal *et al.*¹⁷, no se observaron cambios significativos en la K media o en los valores máximos de K durante todo el seguimiento. Estos hallazgos muestran que el CXL detuvo la progresión del queratocono en el grupo de pacientes. Por lo tanto, un intervalo más largo entre la realización del CXL y el implante de la LIOF no habría cambiado los resultados finales. Estas diferencias pueden estar relacionadas con el grado de queratocono en los ojos que reciben tratamiento con CXL en los diferentes estudios mencionados. Izquierdo *et al.*¹⁸ sugieren un intervalo mínimo entre la realización del CXL y el implante de la LIOF Artiflex de seis meses, para poder tener en cuenta los cambios en los errores de refracción y los valores de K producidos por el CXL, ya que estos cambios pueden afectar el cálculo de la potencia de LIOF. En su serie de 11 ojos, la reducción en el valor medio máximo de K fue de 1,27 D seis meses después del CXL, y de 2,14 D seis meses después de la implantación de LIOF Artiflex (12 meses después del CXL). También reportan una reducción significativa en el SE medio; sin embargo, el cilindro permaneció sin cambios, porque la LIOF Artiflex tórica no estaba disponible comercialmente en el momento de su estudio. En el estudio de Alfonso *et al.* obtienen unos resultados de SE similares con las LIOF con las LIOF ICL, con un 84% de los ojos con $\pm 0,50$ D. El SE de todos los ojos estudiados estaba dentro de $\pm 1,00$ D¹⁰.

Por otro lado, en presencia de un astigmatismo irregular significativo, se considera realizar la implantación de ICRS con el objetivo de regularizar la superficie corneal anterior y, por lo tanto, disminuir el astigmatismo irregular y mejorar la AVCC^{8,9,19,20}. En ojos

con queratocono inestable, el CXL es realizado antes o después de la implantación de los ICRS²¹. El orden del tratamiento que proporciona los mejores resultados aún está en debate. Las LIOF tóricas se pueden usar en combinación con la implantación de ICRS para reajustar los errores refractivos residuales. También se ha sugerido el uso del láser de excímero para la corrección refractiva después del CXL, con buenos resultados a corto y medio plazo. La queratectomía fotorrefractiva (PRK) guiada por topografía y el CXL parecen ser mejores que el CXL secuencial y la PRK en la rehabilitación visual del queratocono progresivo²². Sin embargo, ningún estudio controlado aleatorio publicado muestra la superioridad de un abordaje sobre el otro. El astigmatismo irregular, así como valores discretos de esferas y cilindros en el queratocono, pueden ser abordados mediante la realización de ablaciones que restauran las propiedades refractivas de la cara anterior corneal. La aplicación del láser guiado por topografía se ha descrito en casos con queratoconos estables o subclínicos, con prometedores resultados visuales. No obstante, estos procedimientos ablativos pueden remover y desestabilizar la biomecánica corneal y provocar una progresión de las alteraciones ectásicas. Por esto, coincidiendo con otros autores, se considera que, en este tipo de ojos, es importante la combinación de PRK y CXL^{22,23}. Las principales ventajas teóricas de realizar estos dos procedimientos en el mismo acto quirúrgico, además de la mayor comodidad para el paciente, y sobre todo de una sola desepitelización, son que la ablación de la PRK no interfiere con la parte de la córnea en la que se realiza el CXL, y que el CXL de la zona de estroma ablacionado deplecciona los queratocitos de la córnea anterior, y así se reduce la posibilidad de formar haze. Además, los pacientes a los que se realiza este tratamiento combinado tienen un rápido aumento de la agudeza visual (AV) con y sin corrección, y mejoran la irregularidad corneal y la resistencia corneal. Por lo general, se realiza la PRK y el CXL guiados por topografía en queratocono progresivo o no progresivo con menos de 3,00 D de SE. Y una vez estabilizado el cono y la irregularidad corneal, es cuando se puede proceder al implante de la LIOF de fijación iridiana, para la corrección del defecto refractivo residual²⁰ (Figura 2).

En los estudios de Güell *et al.*², del *European Multicenter Study of Artisan pIOLs*²⁴ y de la *Food and Drug Administration Ophtec*²⁵, no se encontró una pérdida significativa de ECC durante el periodo de seguimiento tras el implante de LIOF de fijación iridiana. Estos resultados sugieren que la combinación de CXL y el implante LIOF Artiflex tórica no causa una pérdida adicional de células en-

doteliales. Debido a que la profundidad de la cámara anterior es un factor principal importante en la disminución del ECC central, tras la implantación de la LIOF de cámara anterior, y los ojos con queratocono presentan cámaras anteriores más anchas que los ojos miopes normales, se esperaría que la tasa de pérdida de ECC sea menor en pacientes con queratocono. No obstante, es muy importante que el ECC sea monitorizado anualmente en todos los pacientes.

En el estudio de Tiveron *et al.*, evaluaron los resultados visuales y refractivos tras la implantación de LIOF Artiflex o Artisan tórica en 24 pacientes con queratocono, que previamente se habían sometido a una queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK, *Deep Anterior Lamellar Keratoplasty*) durante un periodo de 12 meses²⁶. A los 12 meses, el SE era de $\pm 0,50$ D en el 71% de los ojos y de ± 1 D en el 92% de los ojos. El astigmatismo medio se redujo desde $-4,92 \pm 1,55$ D preoperatorio hasta $-0,66 \pm 0,61$ D tras el tratamiento, y en un 76,5% de los casos estaban con ± 1 D. Se concluyó que el implante de estas lentes se consideraba una buena opción para la corrección de los defectos refractivos tras la DALK.

Casos clínicos

A continuación, se presentan dos casos clínicos de pacientes con queratocono en diferentes estadios de evolución:

1. El primer caso es el de una mujer de 24 años de edad, con antecedentes oftalmológicos de queratocono en ambos ojos (Figura 3). La AVCC, medida con los optotipos de Snellen y corregida con $-2,00 -7,00 \times 45^\circ$, era de 0,6 en el ojo derecho (OD) y con $-5,50 -1,50 \times 155^\circ$ de 0,4 en el ojo izquierdo (OI). Se realizó CXL en ambos ojos.

En la visita de control de los tres meses, dada la estabilidad topográfica del queratocono tras el CXL, se le implanta una lente Artisan tórica en el OD para la corrección de $-2,00 -6,00 \times 50^\circ$ y una lente Artiflex tórica en el OI para la corrección de $-5,00 -1,50 \times 110^\circ$, sin incidencias. A los tres años de la cirugía, la AVSC del OD era de 1, y en el OI, con una corrección de $-0,50 \times 20^\circ$, de 0,7.

La mejora en la AV después de CXL se ha atribuido a una disminución en el astigmatismo irregular, una reducción en la curvatura de la córnea y la homogeneización topográfica que resulta del aumento de la rigidez de la córnea. Las aberraciones de orden superior (HOA) prevalentes en ojos

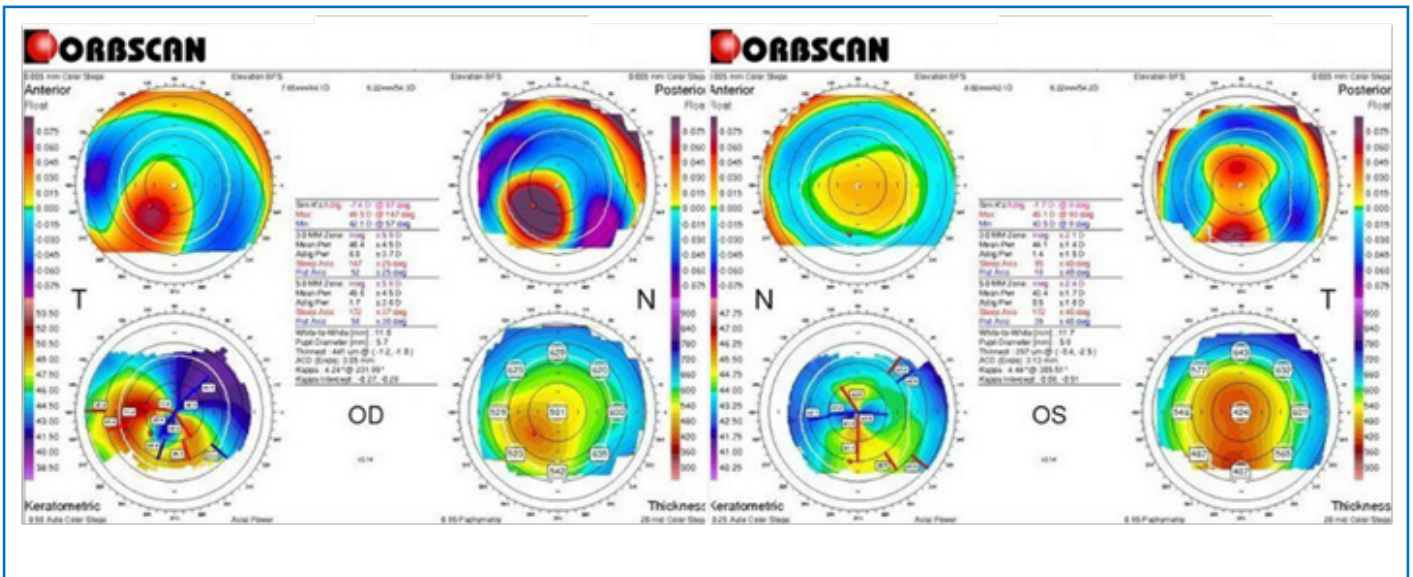


Figura 3. Topografía corneal de una paciente diagnosticada de queratocono bilateral progresivo antes de realizar el *cross-linking* (CXL) e implante de LIOF en ambos ojos.

queratocónicos también se ha demostrado que se reducen significativamente después del CXL ^{7,16}. La restauración refractiva mediante el implante LIOF de fijación iridiana tórica es estable en el tiempo.

2. El segundo caso clínico trata de un varón de 30 años de edad, con antecedentes oftalmológicos de queratocono en ambos ojos, que ha sido tratado con CXL en el OD y queratoplastia penetrante con incisiones arcuatas posteriores en el OI. La AV corregida con $-8,50$ $-3,75 \times 55^\circ$ era de 0,7 en el OD, y con $-11,00$ $-3,00 \times 165^\circ$ de 0,6, en el OI.

Se implantó una lente Artiflex tórica en el OI e ICRS en el OD. A los siete meses de la inserción de los ICRS, se implantó una lente Artiflex tórica en el OD para la corrección de -10,00 -5,00 x 50° (Figura 4). La AV a los cinco años, corregida con +0,50 -0,50 x 70° en el OD, era de 1, y corregida con -1,25 -2,00 x 50°, de 1 en el OI.

El concepto detrás de la inserción de la ICRS en la queratectasia no es eliminar el proceso ectásico, sino modificar la forma de la córnea sin extraer el tejido o manipular la córnea central. El objetivo es mejorar la visión corregida con gafas o la tolerancia de las lentes de contacto, retrasando o eliminando así la necesidad de un trasplante de córnea²³. Tienen la ventaja

adicional de que son removibles, si no son efectivos o se toleran mal, y los ojos vuelven a su estado refractivo preoperatorio dentro de los tres meses posteriores a la explantación. Tras su implantación, al mejorar la regularidad corneal, se puede proceder al implante de las LIOF de fijación iridiana para la corrección del defecto refractivo.

Conclusiones

Las LIOF de fijación iridiana para la corrección de defectos refractivos, al fijarse en el iris, presentan una dificultad de rotación, con lo que los resultados refractivos son estables y más en las correcciones astigmáticas. Para el tratamiento del queratocono progresivo y el astigmatismo miópico, la combinación de CXL con posterior implante de LIOF tórica ha demostrado ser un enfoque terapéutico eficaz y seguro para la estabilización del cono y la corrección del defecto refractivo residual. La aplicación del láser guiado por topografía en combinación con CXL se ha descrito, en casos con queratoconos estables o subclínicos, con prometedores resultados visuales. Las LIOF tóricas se pueden usar en combinación con la implantación de ICRS para reajustar los errores refractivos residuales y también para la corrección de los defectos refractivos tras la DALK en estos pacientes.

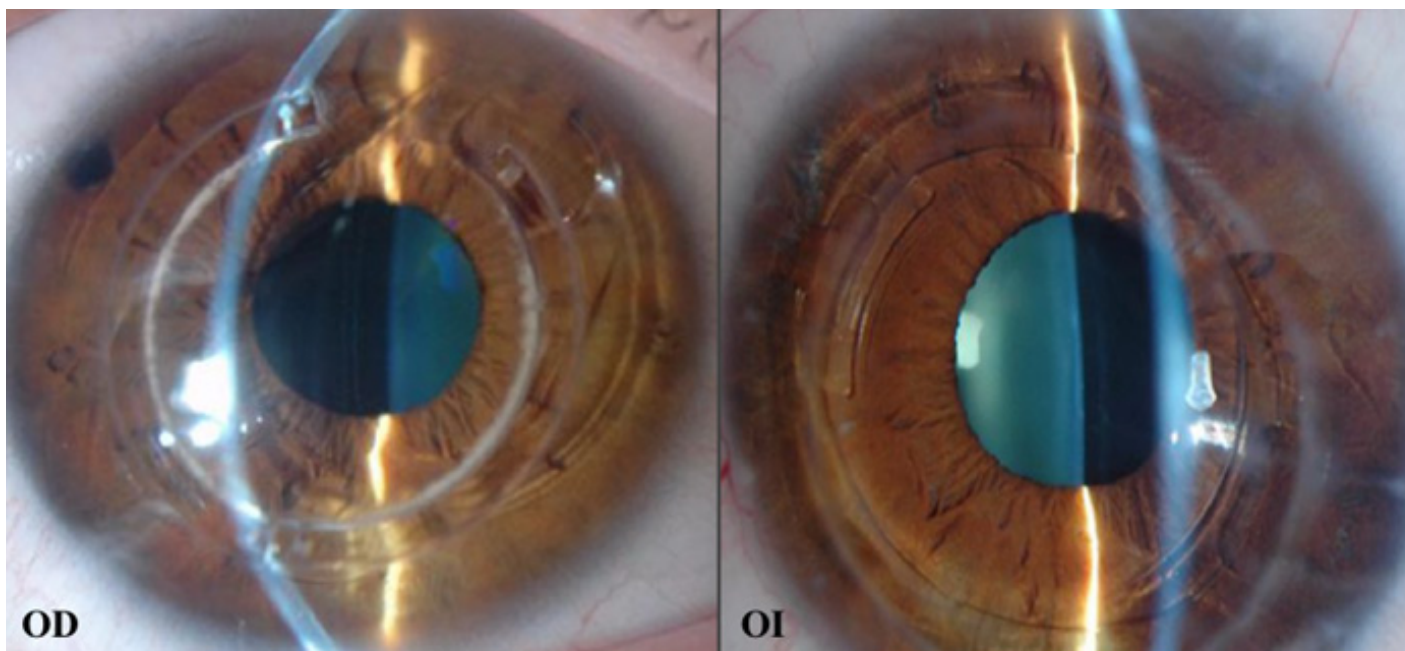


Figura 4. Fotografía de segmento anterior de un paciente, varón, de 30 años de edad, con queratocono en ambos ojos, tratado con cross-linking (CXL), implante de anillos intraestromales corneales (ICRS) y lentes intraoculares fágicas (LIOF) Artiflex tóricas en el ojo derecho (**OD**); y queratoplastia penetrante, con posteriores incisiones arcuatas e implante de LIOF Artiflex tórica en el ojo izquierdo (**OI**).

Bibliografía

1. Tahzib NG, Nuijts RM, Wu WY, Budo CJ. Long-term study of Artisan phakic intraocular lens implantation for the correction of moderate to high myopia: ten-year follow-up results. *Ophthalmology*. 2007;114:1133-42.
2. Güell JL, Morral M, Gris O, Gaytan J, Sisquella M, Manero F. Five-year follow-up of 399 phakic Artisan-Verisyse implantation for myopia, hyperopia, and/or astigmatism. *Ophthalmology*. 2008;115:1002-12.
3. Tehrani M, Dick HB. Short-term follow-up after implantation of a foldable iris-fixated intraocular lens in phakic eyes. *Ophthalmology*. 2005;112:2189-95.
4. Doors M, Budo CJ, Christiaans BJ, Luger M, Marinho AA, Dick HB, et al. Artiflex Toric foldable phakic intraocular lens: short-term results of a prospective European multicenter study. *Am J Ophthalmol*. 2012;154:730-9.
5. Ghoreishi M, Agherian R, Peyman AR, Feshareki H, Mohammadinia M. Flexible toric iris claw phakic intraocular lens implantation for myopia and astigmatism. *J Ophthalmic Vis Res*. 2014;9:174-80.
6. Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006;17:356-60.
7. Coskunseven E, Jankov MR 2nd, Hafezi F. Contralateral eye study of corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in patients with keratoconus. *J Refract Surg*. 2009;25:371-6.
8. Güell JL, Morral M, Salinas C, Elies D, Gris O, Manero F. Four-year follow-up of intra-stromal corneal ring segments in patients with keratoconus. *J Emmetropia*. 2010;1:9-15.
9. Colin J. European clinical evaluation: use of Intacs for the treatment of keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32:747-55.
10. Alfonso JF, Fernández-Vega L, Lisa C, Fernandes P, González-Méjome JM, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lens in eyes with keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:906-16.
11. Coskunseven E, Onder M, Kymionis GD, Diakonis VF, Arslan E, Tsiklis N, et al. Combined Intacs and posterior chamber toric implantable Collamer lens implantation for keratoconic patients with extreme myopia. *Am J Ophthalmol*. 2007;144:387-9.
12. Venter J. Artisan phakic intraocular lens in patients with keratoconus. *J Refract Surg*. 2009;25:759-64.
13. Budo C, Bartels MC, van Rij G. Implantation of Artisan toric phakic intraocular lenses for the correction of astigmatism and spherical errors in patients with keratoconus. *J Refract Surg*. 2005;21:218-22.
14. Güell JL, Morral M, Malecaze F, Gris O, Elies D, Manero F. Collagen crosslinking and toric iris-claw phakic intraocular lens for myopic astigmatism in progressive mild to moderate keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:475-84.

15. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2003;135:620-7.
16. Caporossi A, Baiocchi S, Mazzotta C, Traversi C, Caporossi T. Parasurgical therapy for keratoconus by riboflavin-ultraviolet type A rays induced cross-linking of corneal collagen: preliminary refractive results in an Italian study. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32:837-45.
17. Grewal DS, Brar GS, Jain R, Sood V, Singla M, Grewal SP. Corneal collagen crosslinking using riboflavin and ultraviolet-A light for keratoconus: one-year analysis using Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:425-32.
18. Izquierdo L Jr, Henriquez MA, McCarthy M. Artiflex phakic intraocular lens implantation after corneal collagen cross-linking in keratoconic eyes. *J Refract Surg*. 2011;27:482-7.
19. Güell JL, Morral M, Salinas C, Elies D, Gris O, Manero F. Intrastromal corneal ring segments to correct low myopia in eyes with irregular or abnormal topography including forme fruste keratoconus: 4-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:1149-55.
20. Ferreira TB, Güell JL, Manero F. Combined intracorneal ring segments and iris-fixated phakic intraocular lens for keratoconus refractive and visual improvement. *J Refract Surg*. 2014;30:336-41.
21. Chan CC, Sharma M, Wachler BS. Effect of inferior-segment Intacs with and without C3-R on keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:75-80.
22. Kanellopoulos AJ. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided PRK for treatment of keratoconus. *J Refract Surg*. 2009;25:S812-8.
23. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2007;26:891-5.
24. Budo C, Hessloehl JC, Izak M, Luyten GP, Menezo JL, Sener BA, et al. Multicenter study of the Artisan phakic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:1163-71.
25. Pop M, Payette Y. Initial results of endothelial cell counts after Artisan lens for phakic eyes: an evaluation of the United States Food and Drug Administration Ophtec Study. *Ophthalmology*. 2004;111:309-17.
26. Tiveron MC Jr, Alió Del Barrio JL, Kara-Junior N, Plaza-Puche AB, Abu-Mustafa SK, Zein G, et al. Outcomes of Toric Iris-Claw Phakic Intraocular Lens Implantation After Deep Anterior Lamellar Keratoplasty for Keratoconus. *J Refract Surg*. 2017;33:538-44.