

## Revisión

# Técnicas quirúrgicas no cristalinianas para la corrección de la presbicia



R. Bilbao-Calabuig\* y F. Llovet-Osuna

Unidad de Cirugía Refractiva y Cataratas, Clínica Baviera Madrid, Madrid, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Recibido el 2 de enero de 2017

Modificado el 22 de abril de 2017

Aceptado el 26 de abril de 2017

On-line el 16 de junio de 2017

#### Palabras clave:

Cirugía de la presbicia

Implantes corneales

PresbiLASIK

Láser multifocal

Monovisión

Queratoplastia conductiva

### RESUMEN

**Introducción:** La presbicia es el error refractivo más prevalente. Con el envejecimiento progresivo de la población, su corrección quirúrgica supone un importante reto tanto para la comunidad oftalmológica como para los millones de pacientes que la padecen y que cada vez demandan más alternativas a su corrección mediante gafas o lentes de contacto.

**Material y métodos:** Esta revisión presenta una discusión sintetizada sobre las teorías fisiopatológicas de la presbicia y una descripción actualizada y analítica de las técnicas quirúrgicas no cristalinianas utilizadas para tratar la presbicia.

**Resultados:** Los procedimientos corneales incluyen varios tipos de implantes corneales y técnicas fotoablativas que generan una córnea multifocal, o una monovisión. Los procedimientos esclerales ejercen una tracción sobre la esclera supralenticular que supuestamente mejoraría la amplitud de acomodación.

**Conclusiones:** Ninguna de ellas permite eliminar completamente la necesidad de gafas para la visión cercana, pero muchas de ellas permiten mejorar la situación refractiva de los pacientes. Son necesarios más estudios, con métodos rigurosos y estandarizados, para evaluar los cambios en la visión cercana de los pacientes, y con un mayor seguimiento postoperatorio para corroborar la utilidad real y práctica de muchas de estas técnicas.

© 2017 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Non-lens-based surgical techniques for presbyopia correction

### ABSTRACT

#### Keywords:

Presbyopia surgery

Corneal inlays

PresbyLASIK

**Introduction:** Presbyopia is the most prevalent refractive error. With a progressive aging population, its surgical correction is an important challenge for the ophthalmology community, as well as the millions of patients who suffer from it, and who are increasingly demanding alternatives to its correction with glasses or contact lenses.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [rbilbao@clinicabaviera.com](mailto:rbilbao@clinicabaviera.com) (R. Bilbao-Calabuig).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.oftal.2017.04.005>

0365-6691/© 2017 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Multifocal laser  
Monovision  
Conductive keratoplasty

**Material and methods:** A review is presented with a synthesised discussion on the pathophysiological theories of presbyopia and an updated and analytical description of the non-lens involvement surgical techniques used to treat presbyopia.

**Results:** Corneal procedures include various types of corneal implants and photo-ablative techniques that generate a multifocal cornea, or monovision. Scleral procedures exert a traction on supralenticular sclera that supposedly would improve the amplitude of accommodation.

**Conclusions:** None of the techniques are able to completely eliminate the need for near-vision glasses, but many of them manage to improve the refractive status of the patients. More studies with rigorous and standardised methods and longer follow-up are needed to evaluate the changes in the near vision of the patients, in order to corroborate the real and practical usefulness of many of these techniques.

© 2017 Sociedad Española de Oftalmología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La presbicia es el error refractivo más frecuente en personas mayores de 40 años; se estima que más de un billón de personas la padecen en todo el mundo, y muchas de ellas la sobrellevan hipocorregida, o incluso sin corrección alguna<sup>1</sup>. Con todo esto, la corrección de la presbicia sin acudir a la utilización de gafas o lentes de contacto supone hoy en día un reto de enorme magnitud, tanto para los oftalmólogos cirujanos refractivos como para los millones de pacientes que la padecen.

## Fisiología de la acomodación y la presbicia

Sabemos que la amplitud de acomodación subjetiva disminuye con la edad. Desde valores máximos en la infancia, en que pueden alcanzarse alrededor de 15 dioptrías (D) de acomodación, la capacidad de este proceso biomecánico se va reduciendo de manera lineal, universal y bastante predecible, hasta aparecer los síntomas de astenopía y visión borrosa en las edades medias de la vida<sup>2</sup>. A pesar de más de un siglo de investigaciones, los mecanismos precisos de la acomodación y la presbicia siguen siendo controvertidos. En el ojo humano joven, la mayoría de los cambios medidos *in vivo* han demostrado que en respuesta a la contracción del músculo ciliar, aumenta el grosor del cristalino, el diámetro cristaliniano disminuye y ambas curvaturas anterior y posterior del cristalino aumentan<sup>3,4</sup>. Con la edad, aparecen cambios en las propiedades viscoelásticas y en la rigidez del cristalino. Por otro lado, a lo largo de la vida, el diámetro del cristalino crece unas 20 µm cada año<sup>5</sup>.

Existen fundamentalmente 3 categorías etiológicas: en primer lugar, las teorías lenticulares-capsulares basadas en la pérdida de elasticidad de la cápsula cristaliniana y en la progresiva esclerosis y rigidez del cristalino a lo largo de los años; en segundo lugar, las teorías extralenticulares que consideran como causa principal de la presbicia la alteración de contractilidad del cuerpo ciliar; y, finalmente, la teoría geométrica que justifica la presbicia en la disminución de la distancia entre el borde ecuatorial del cristalino y el cuerpo ciliar, que a su vez provoca una disminución en la tensión zonular. Existe

un cierto solapamiento entre la primera y la tercera categoría etiológica<sup>6</sup>. Schachar cree que la fuerza efectiva que el músculo ciliar puede aplicarle al ecuador del cristalino disminuye de forma lineal con la edad, y que esta es la causa fundamental de la presbicia; en esta teoría basa su concepto de cirugía de expansión escleral para el tratamiento de la presbicia<sup>7,8</sup>.

## Opciones quirúrgicas para la corrección de la presbicia

Se han descrito numerosos procedimientos quirúrgicos para compensar la presbicia. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes, y suelen conllevar un cierto compromiso entre la visión cercana y lejana del paciente. Las técnicas acomodativas intentan restaurar la verdadera capacidad, continua y dinámica del ojo, de enfocar; las pseudoacomodativas aportan visión cercana funcional al paciente mediante distintos mecanismos no acomodativos; los más utilizados son el agujero estenopeíco, una cierta miopía o astigmatismo corneal residual y la multifocalidad corneal con aberraciones de alto orden (como la aberración esférica o el coma) que permiten incrementar la amplitud de campo para mejorar la visión cercana. Finalmente, algunas aptitudes individuales, motivaciones y expectativas del paciente pueden jugar un papel en la capacidad de los pacientes de ver de cerca.

Las estrategias quirúrgicas para el tratamiento de la presbicia pueden ser extraoculares (corneales o esclerales) o intraoculares, actuando sobre el cristalino presbíta de los pacientes. En el presente artículo presentamos una revisión actualizada de las técnicas quirúrgicas no cristalinianas

## Procedimientos corneales

### Monovisión con láser excimer

La monovisión con láser excimer es una técnica bien establecida y conocida, que además había sido utilizada anteriormente en la corrección de la presbicia mediante gafas y lentes de contacto (LC). Un ojo se corrige para la visión lejana (habitualmente el dominante) y el otro para la visión intermedia-cercana (con un equivalente esférico final de

aproximadamente -1,25 D), creando intencionalmente una anisometropía tolerable. El mecanismo fisiológico responsable del éxito de la monovisión es la supresión ocular de la imagen borrosa. Es una opción excelente para muchos pacientes presbítas. El objetivo es obtener una agudeza visual lejana (AVL), intermedia (AVI) y cercana (AVC) funcional, sin la necesidad de usar gafas<sup>9-11</sup>. La mayoría de los pacientes se adaptan bien a este grado de anisometropía, induciéndose muy pocos fenómenos disfotópsicos y manteniendo cierto grado de estereopsis, además de preservar cierta reversibilidad. Así, en situaciones de necesidades visuales de mucha precisión, los pacientes pueden mejorar su visión con la utilización puntual de gafas.

Algunos estudios han reportado tasas de éxito y de satisfacción de entre un 80-98% realizando monovisión tras corrección con láser excimer<sup>12-14</sup>, de un 91% tras cirugía de catarata y de un 95% tras intercambio refractivo de cristalino (IRC)<sup>15</sup>. Resulta llamativo que la monovisión posquirúrgica con láser excimer presenta una tasa de éxito superior a la conseguida con lentes de contacto (alrededor del 70-75%), pero desconocemos si esto se debe a la relativa irreversibilidad cuando se trata de un procedimiento quirúrgico, a las incomodidades relacionadas con el uso de las lentes de contacto, o a la cierta multifocalidad corneal conseguida con el láser excimer. La monovisión con láser excimer es una técnica que funciona en la mayoría de pacientes, excepto en aquellos con una significativa anisometropía, o con una clara dominancia ocular o una pobre estereopsis, factores que dificultan la supresión ocular<sup>16</sup>; habitualmente las mujeres se adaptan a ella mejor que los hombres, y los resultados suelen ser más satisfactorios en edades más tempranas de la presbicia por el mayor remanente de función acomodativa del cristalino; se puede realizar también miopizando el ojo dominante (monovisión cruzada), habiéndose reportado resultados similares con ambas alternativas<sup>17</sup>.

Recientemente se ha descrito una modificación técnica con una plataforma de láser excimer (Presbyond Laser Blended Vision, Carl Zeiss Meditec, Alemania) en la que el ojo recibe una ablación con un perfil optimizado que busca aumentar la aberración esférica corneal para incrementar la profundidad de campo, y al que se añade a una monovisión en el ojo lector y una micro-monovisión en el dominante; de esta forma mejoraría la eficacia y la tolerancia con respecto a la monovisión convencional<sup>18,19</sup>. En realidad se trata de un procedimiento a medio camino entre la monovisión convencional y una mini-monovisión, realizado con unos perfiles de ablación corneal mejorados a los que todavía quedan algunos aspectos por mejorar, y que en consecuencia comparte muchas de las ventajas e inconvenientes con esta técnica.

Las limitaciones de la monovisión se deben a ciertas alteraciones que provoca en algunas funciones visuales: fundamentalmente, los pacientes presentan reducciones de la agudeza visual en condiciones de bajo contraste, de la sensibilidad al contraste y de la estereopsis<sup>20</sup>. Además, requiere una muy importante precisión en la emetropía a conseguir en el ojo para visión lejana, lo que provoca una mayor incidencia de retratamientos, especialmente en hipermetrópnes; precisa de un examen preoperatorio y una adaptación postoperatoria a veces largos, y es una técnica limitada temporalmente por el deterioro progresivo en la función cristaliniana.

Sin embargo, se trata de una técnica muy sencilla, satisfactoria, segura, eficaz, predecible y que, al no inducir aberraciones corneales significativas, no va a suponer grandes limitaciones en la elección de la lente intraocular (LIO) en una futura cirugía cristaliniana.

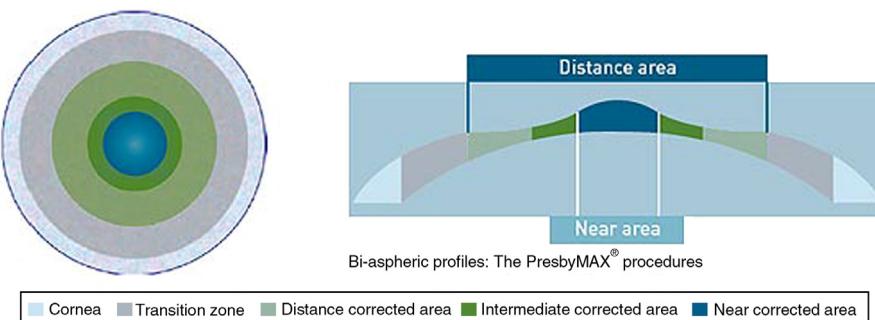
#### **Ablaciones corneales multifocales (comúnmente denominado en la literatura presbiLASIK)**

La tecnología de punto flotante de los actuales láser excimer ha permitido conseguir una enorme flexibilidad en los patrones de ablación para moldear la córnea. La multifocalidad corneal conseguida con estos láseres resultó inicialmente muy atractiva para los cirujanos por la familiaridad previa con la técnica fotoablativa, por la menor invasividad de una técnica extraocular, y por la supuesta mayor precisión técnica. Se han descrito múltiples patrones de ablación corneal multifocal, todos ellos enfocados a modificar la aberración esférica con el objetivo de ampliar la amplitud de foco, aun a expensas de poder empeorar la calidad visual<sup>21</sup>. En teoría obtendrían una mejor estereopsis que con la VC, al ser las imágenes de ambos ojos muy similares. Dos técnicas, el presbiLASIK central y el presbiLASIK periférico, han sido las más estudiadas y las que con mayores evidencias han conseguido visiones funcionales sin corrección, cercanas y lejanas, minimizando la inherente pérdida de sensibilidad al contraste y de calidad visual. Los resultados y la aplicación de estas técnicas dependen en gran medida de las características técnicas de las plataformas de láser utilizadas<sup>22</sup>.

En el presbiLASIK periférico, la córnea periférica es ablacionada para crear una asfericidad negativa. Así la córnea central es utilizada para la visión lejana y la córnea en periferia media, para la visión cercana (p. ej., Nidek Advanced Vision, Nidek co. LTD, Gamagori, Japón). La mayor limitación del presbiLASIK periférico reside en la relativa gran cantidad de tejido corneal ablacionado para crear una forma tan hiperprolata. Así esta técnica es más adecuada en ojos hipermetrópnes que en miopes<sup>23</sup>.

En el presbiLASIK central, se crea una pequeña zona óptica central más curvada para la visión cercana, rodeada de una zona más plana para la visión lejana (p. ej., Supracor Technolas Perfect Vision, Supracor Technolas Perfect Vision GmbH, Múnich, Alemania, PresbyMax, SCHIWND eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim, Alemania, o CustomVue VISX, VISX CustomVue, Santa Clara, EE. UU.) (*figs. 1 y 2*). Esta técnica no incrementa tanto la ablación de tejido y se puede aplicar después de tratamientos iniciales miópicos o hipermetrópicos para la visión lejana<sup>24,25</sup>.

En ambos tipos, la limitación técnica más importante reside en determinar el eje de centrado más adecuado: el eje visual, el óptico o el vértice corneal; necesitan además de un tamaño y de una buena dinámica pupilares que se ajusten al tallado realizado en la córnea; finalmente, se suelen complementar con un cierto grado de mini-monovisión para mejorar los resultados en visión cercana. Esta técnica induce aberraciones cromáticas que pueden degradar de manera notable la calidad visual. El presbiLASIK parece estar más indicado en pacientes con presbicia incipiente. Sin embargo, al ir evolucionando esta, la técnica pierde eficacia. Aunque ópticamente los resultados publicados son óptimos y



**Figura 1 – Perfil de ablación del procedimiento PresbyMax (Schwind-Amaris, Alemania).**

predecibles, algunos pacientes refieren dificultades en la adaptación, y otros, cierta insatisfacción con la pequeña pérdida de visión lejana inducida<sup>26</sup>. Además, en estos pacientes, cuando se plantee realizarles una cirugía cristaliniana, el cálculo de potencia de la LIO a implantar se va a ver dificultado, y las posibilidades de implantar una LIO multifocal se van a ver muy seriamente limitadas, por la ablación corneal multifocal irreversible realizada previamente.

La notable mejoría en la tecnología de las LIO multifocales, y el relativo bajo riesgo quirúrgico del IRC en pacientes hipermetropes, han limitado mucho la aplicación del presbiLASIK en pacientes hipermétropes. En los pacientes miopes presbitas, el riesgo regmatógeno del IRC hace que el prebiLASIK pueda ser una opción más segura; sin embargo, la VC con láser excimer resulta una opción igualmente segura, efectiva y más contrastada. Los pacientes pseudofacos implantados previamente con una LIO monofocal podrían ser buenos candidatos para el presbiLASIK.

En resumen, las ablaciones multifocales corneales con láser excimer, aunque pudieran tener un futuro prometedor, son, hoy por hoy, de aplicación limitada por su cierta transitoriedad inherente y la relativa alta incidencia asociada de pérdida de calidad visual y efectos secundarios debidos a la multifocalidad corneal inducida<sup>27,28</sup>.

#### Implantes corneales (IC)

Los implantes corneales (IC) han evolucionado mucho durante los últimos 20 años, con una mejoría notable desde la implementación de la tecnología láser femtosegundo que ha facilitado enormemente su implantación, bajo lentículos o dentro de bolsillos corneales. Los modelos iniciales

fueron cuestionados por problemas de biocompatibilidad; sin embargo, los modelos más recientes son más finos y más porosos, con altos niveles de permeabilidad al oxígeno, y con una reactividad estromal corneal mínima.

Existen 3 tipos de IC que, mediante distintos mecanismos, aumentan la profundidad de foco, consiguiendo así un efecto de pseudoacomodación y en consecuencia mejorar la AVC sin corrección (AVCsc).

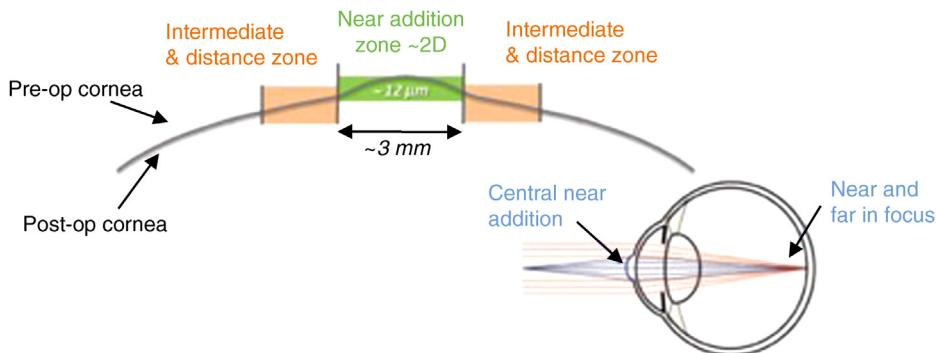
Los 3 tipos de IC son (fig. 3):

#### Implantes que alteran el índice de refracción con óptica bifocal

Flexivue Microlens (Presbia, Inc., EE. UU.) (fig. 4) e Icolens (Neoptics AG, Suiza). Son implantes acrílicos hidrofílicos con índice de refracción distinto al de la córnea. Un pequeño orificio central permite la visión lejana, y el anillo periférico de potencia positiva induce un efecto multifocal, permitiendo obtener al paciente una relativa buena visión de lejos y cerca. Tiene una excelente biocompatibilidad y al ser transparente no obstruye la entrada de luz al ojo. Están en fase de ensayos clínicos, pero ya se han presentado resultados prometedores con ambos tipos tras un año de seguimiento, aunque con un número limitado de ojos implantados<sup>29,30</sup>. Más recientemente otro estudio presenta resultados más modestos, con un índice de explantación del 7,4% tras 36 meses de seguimiento<sup>31</sup>.

#### Implantes que cambian la curvatura corneal

Raindrop Near Vision Inlay (ReVision Optics, EE. UU.) (fig. 5). Es un IC de pequeño diámetro, transparente, de hidrogel, con forma hiperprolata y un índice refractivo muy similar al corneal. Funciona modificando la curvatura anterior de la córnea (incurvando el centro), para mejorar la visión intermedia y



**Figura 2 – Perfil de ablación del procedimiento Supracor (Technolas Perfect Vision, Alemania).**

## Tipos de implantes intracorneales (inlays)

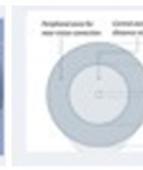
	Raindrop™ (revision optics)	Flexivue™ microlens (Presbyia)	Icolens (Neoptics)	Kamra™ (Acufocus)
Diámetro	2,0 mm	3,2 mm total 1,mm central	3,0 mm	3,8 mm total 1,6 mm central
				
Grosor	30 µm	15 µm Grosor de borde	15 A 20 µm	5 µm
Potencia	No tiene	Anillo externo para cerca	Anillo externo +1,25A + 3,00 D	No tiene
Profundidad corneal	130-150 µm	280 µm		220 µm

Figura 3 – Tipos de implantes corneales.

Fuente: cortesía del Dr. Castillo; publicado en: Alfredo Castillo y Francisco Duch, Cirugía refractiva corneal, Guías SECOIR de diagnóstico y tratamiento 2015.

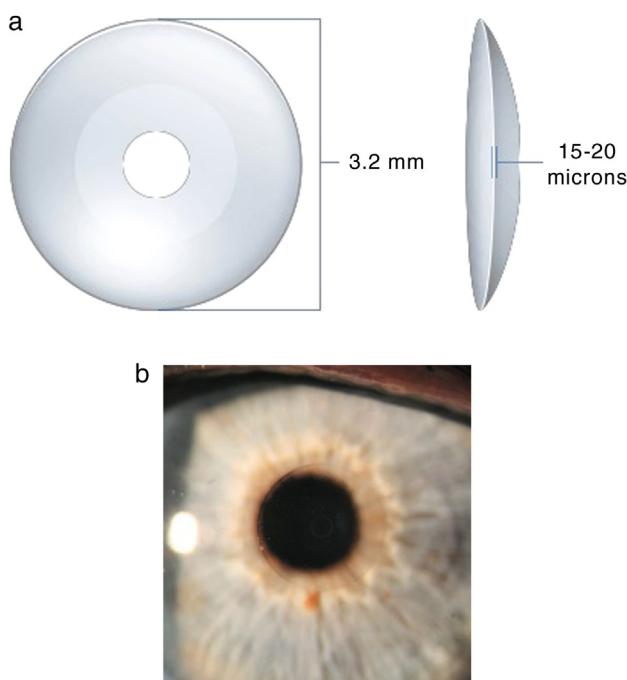


Figura 4 – a y b) Implante Flexivue Microlens (Presbia, Inc., EE. UU.).

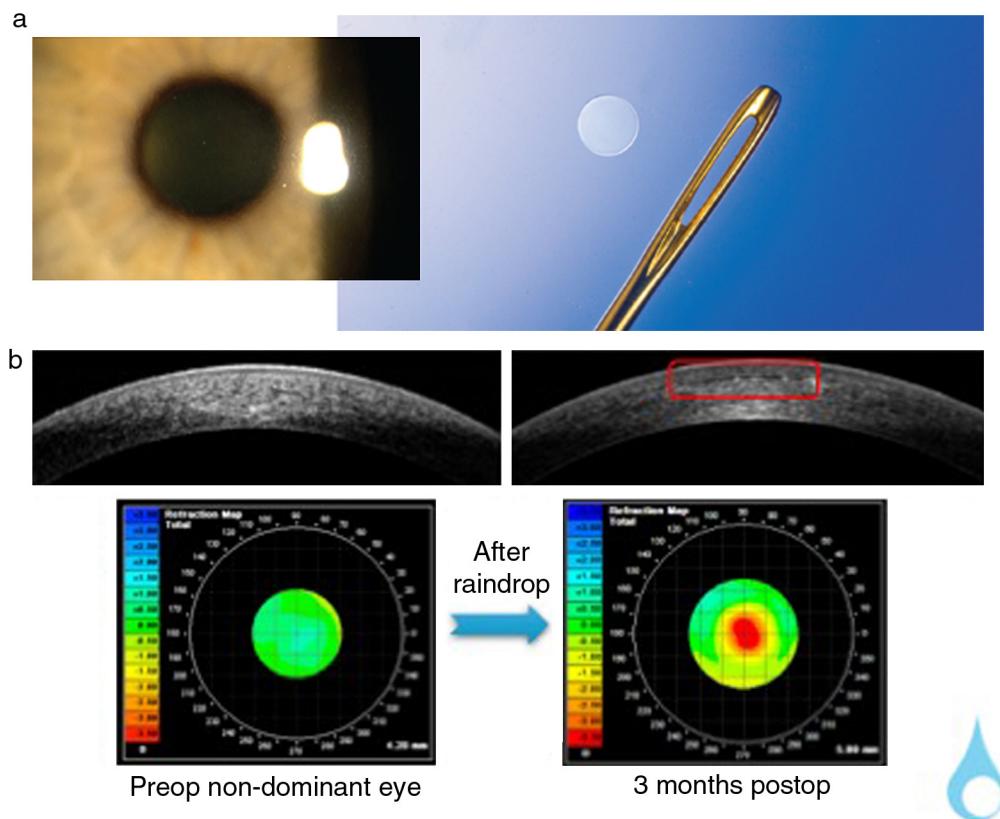
cercana<sup>32</sup>. Permite una permeabilidad completa de nutrientes corneales. Se encuentra todavía en fase de ensayos clínicos; se diseñó inicialmente para ser implantado únicamente en el ojo lector, pero también se ha implantado bilateralmente, separando 6 meses la cirugía de ambos ojos, con buenos resultados, en ojos fáquicos y pseudofáquicos<sup>33,34</sup>.

Recientemente, un estudio con 373 ojos emétropes no dominantes implantados, tras un año de seguimiento, presentaron resultados funcionales satisfactorios; sin embargo, un 5% necesitaron ser sustituidos por problemas de descentramientos precoces, y otro 3% fueron explantados<sup>35</sup>.

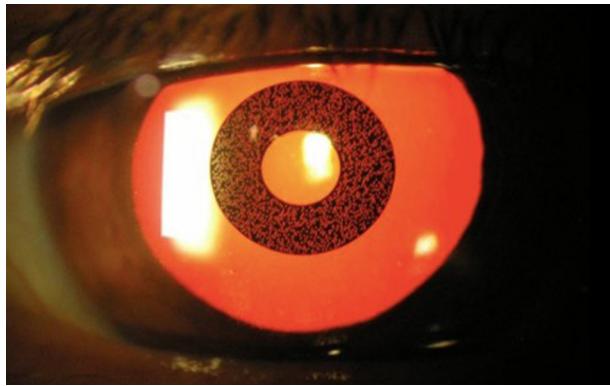
### Implantes que funcionan como agujero estenopeico

Kamra Inlay (Autofocus Inc., EE. UU.) (fig. 6). Presenta un pequeño orificio central que permite incrementar la profundidad de foco. Se han implantado en todo el mundo ya más de 20.000, y existen ya publicados más datos sobre su eficacia y su seguridad que con ningún otro tipo de IC. Fabricado en un material poroso opaco (polivinilideno fluorado), con más de 8.400 microporos, para permitir la libre permeabilidad de micronutrientes a través de la estructura. Debe ser implantado en un bolsillo estromal al menos a 220 µm de profundidad, o a no menos de 100 µm por debajo del lenticulo si se asocia a un LASIK. Varios estudios han demostrado una buena tolerancia y biocompatibilidad con al menos 2 años de seguimiento, sin signos de cicatrización o vascularización corneal<sup>36</sup>. Se implantan unilateralmente en el ojo no dominante, debiendo este ser emétrope o mínimamente miope. Los estudios publicados demuestran una mejoría sostenida en la visión intermedia y cercana sin afectarse significativamente la visión lejana ni la estereopsis<sup>37-39</sup>. Sin embargo, el tamaño, el material y la visibilidad del Kamra (no solo por una cuestión cosmética, sino por poder dificultar la visibilidad en una posterior cirugía vitreoretiniana o de cataratas) suponen una desventaja frente a otros tipos de implantes. Además, puede necesitar cierto tiempo de neuroadaptación y a veces puede referirse cierto grado de deslumbramiento y halos.

Los IC deben implantarse en ojos emétropes, y por ello muchos ojos precisan de otro procedimiento refractivo previo



**Figura 5 – a y b) Implante Raindrop Near Vision Inlay (ReVision Optics, EE. UU.).**



**Figura 6 – Implante Kamra (Autofocus Inc., EE. UU.).**

adicional para conseguirlo. Además, con todos los diseños, el centrado es crucial para conseguir la función óptica deseada, y pequeños desplazamientos pueden reducir drásticamente su eficacia. Con todo ello, la curva de aprendizaje con estos IC parece ser algo más lenta que con otro tipo de cirugías refractivas. Pueden inducir aberraciones corneales que dificultan la elección de la potencia y el modelo de LIO en una posterior cirugía cristaliniana, y pueden disminuir algo la visión lejana. Las complicaciones descritas con los IC incluyen hipermetropizaciones ocasionales, disminución en las sensibilidades al contraste fotópica y escotópica, y casos esporádicos de migraciones, adelgazamiento y melting corneal e infecciones<sup>40</sup>.

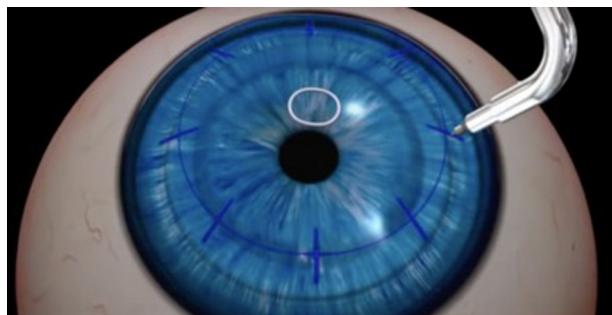
En resumen, los IC tienen ciertas características que los hacen muy interesantes para el tratamiento de la presbicia: su efecto es aditivo, reversible al poderse extraer y repetible, respeta la función cristaliniana, puede combinarse con un procedimiento LASIK/PRK o implantarse en ojos pseudofáquicos con LIO monofocal. Pero también presentan claras limitaciones y desventajas en algunos pacientes en función del modelo implantado: biocompatibilidad cuestionada, pérdida de contraste, de visión lejana y de luz que entra al ojo, los cambios corneales pueden ser permanentes, necesitan un proceso de neuroadaptación, pueden producir halos y deslumbramientos, el procedimiento quirúrgico es más complejo por el centrado y necesitan de una cirugía refractiva previa para alcanzar la emetropía antes de ser implantados; además, su eficacia suele verse disminuida al progresar la presbicia del paciente<sup>28</sup> (tabla 1).

#### Queratoplastia conductiva

La queratoplastia conductiva (Viewpoint CK System, Refractec Inc., EE. UU.), técnica sucesora de la termoqueratoplastia con láser, utiliza la radiofrecuencia para modificar el contorno de la córnea gracias a la contracción del colágeno corneal alrededor de una sonda radioactiva. Básicamente, el procedimiento provoca un incurvamiento central de la córnea, creando un contorno hiperprolato con mayor poder refractivo (fig. 7). La energía de radiofrecuencia es habitualmente de 0,6 W con una duración de 0,6 s, administrada mediante una

**Tabla 1 – Ventajas e inconvenientes de los implantes corneales**

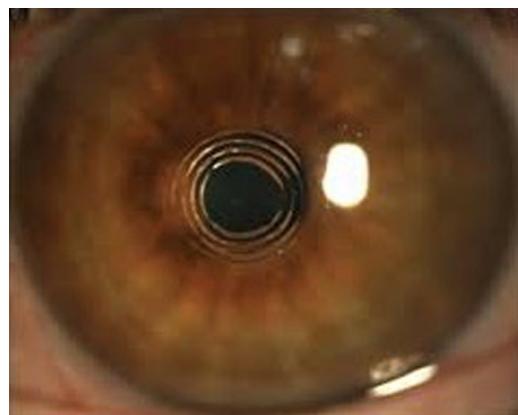
Ventajas de los implantes corneales	Desventajas de los implantes corneales
Efecto aditivo	Problemas con permeabilidad de oxígeno
Reversible	Pérdida de sensibilidad al contraste
Repetible	Disminución de entrada de luz
Poco invasivo	Pérdida de visión lejana
Fácilmente modificable	Posibles cambios corneales permanentes
Pueden combinarse con LASIK/PRK	Biocompatibilidad cuestionada
Pueden implantarse tras cirugía cristaliniana con LIO monofocal previa	Necesita cierta neuroadaptación, tolerancia a la visión combinada
Respeto de la función residual del cristalino	Halos/deslumbramientos
	Necesidad de tecnología femtosegundo
	Procedimiento/centrado difícil
	Necesidad de emetropía previa que obliga a realizar otra cirugía previa
	Pérdida de eficacia al progresar la presbicia



**Figura 7 – Técnica queratoplastia conductiva (Viewpoint CK System, Refractec Inc., EE. UU.).**

sonda fina aplicada en el estroma corneal periférico, con un patrón anular, por fuera del eje visual del paciente. Se aplican de 8 a 32 puntos de tratamiento siguiendo un nomograma predeterminado, en hasta 3 anillos concéntricos periféricos situados a zonas ópticas de 6,7 y 8mm. La contracción del colágeno periférico tiene un efecto tensor de la córnea en periferia media que abomba la córnea central. Aunque la técnica se diseñó inicialmente para tratar hipermetropía de leve a moderada<sup>41</sup>, en el tratamiento de la presbicia se utiliza tratando el ojo lector, creando una monovisión.

Aunque es una técnica relativamente segura y con ventajas teóricas sobre las técnicas fotoablativas corneales con lentículo (menor invasividad y sin las complicaciones relacionadas con su tallado), los estudios a largo plazo han evidenciado una tasa muy importante de regresión<sup>42,43</sup>, y actualmente esta técnica está prácticamente en desuso.



**Figura 8 – Técnica Intracor (Technolas Perfect Vision, Alemania).**

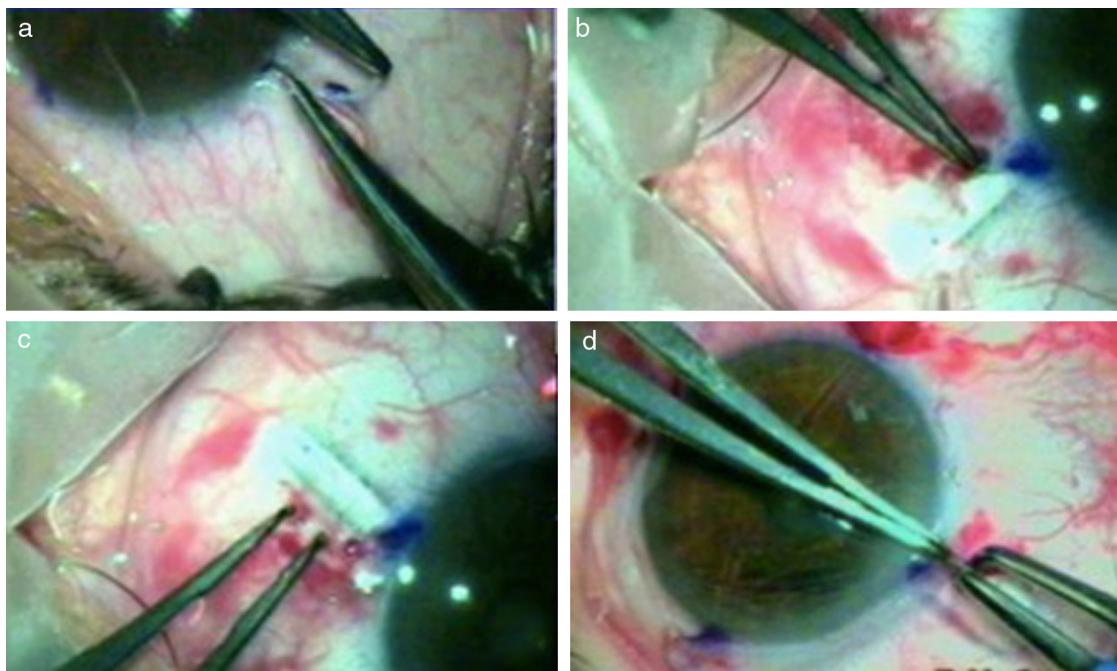
#### Incisiones corneales intraestromales con láser de femtosegundo

El láser de femtosegundo fue inicialmente diseñado para el tallado del lentículo corneal durante el procedimiento LASIK; pero su seguridad y precisión han permitido el desarrollo de nuevos nomogramas incisionales corneales utilizados en el implante de segmentos de anillos o implantes intracorneales, en incisiones límbicas relajantes o en arqueadas, en distintos tipos de queratoplastias y también para el tratamiento de la presbicia. En el procedimiento Intracor (Technolas Perfect Vision, Alemania) (fig. 8) se realizan 5 anillos concéntricos de incisiones a 2 y 4mm del eje visual con un láser de femtosegundo. Esto provoca un incurvamiento de la córnea central de aproximadamente 1-2 D, que induce una modificación de la aberración esférica y la asfericidad corneal responsables de mejorar la visión cercana. Habitualmente se realiza en el ojo no-dominante y la ventaja teórica más importante sería la preservación de la superficie corneal.

Los resultados publicados son contradictorios; inicialmente se presentó como una técnica muy eficaz y segura<sup>44,45</sup>, pero estudios con mayor seguimiento evidencian cierta regresión inicial y pérdida significativa de AVLC<sup>46,47</sup>, e incluso algún caso de queratectasia progresiva ha sido publicado<sup>48,49</sup>. Además su efecto sobre la visión cercana disminuirá con el paso del tiempo y presenta el mismo compromiso que otras técnicas corneales multifocales en el cálculo y la elección del tipo de lente a implantar posteriormente al realizarse cirugía cristaliniana. Se necesitan más estudios con mayor seguimiento que validen esta técnica, pero su utilización es residual hoy en día.

#### Procedimientos esclerales

Los procedimientos esclerales se fundamentan fisiopatológicamente en la teoría de la acomodación de Schachar<sup>7</sup>. Este modelo afirma que durante la acomodación se produce un incremento en la tensión zonular a nivel del ecuador del cristalino que aumentaría el diámetro lenticular; la presbicia ocurriría como consecuencia de un crecimiento progresivo del cristalino debido a la edad, que provocaría una reducción del



**Figura 9 – a-d)** Se realizan 4 periotomías base fórnix, se realiza una ablación con láser de erbio:YAG 0,5 mm posterior a limbo y al 80% de espesor escleral y se cierran las periotomías con pinzas bipolares.

espacio entre este y el músculo ciliar (espacio circumlenticular); de este modo, al contraerse el músculo ciliar, la zónula no llegaría a ejercer correctamente su efecto sobre el cristalino, por no encontrarse completamente tensada. Estudios mediante resonancia magnética (RM) han demostrado que el espacio circumlenticular disminuye efectivamente con la edad, fundamentalmente como resultado del engrosamiento cristaliniano y de un desplazamiento centrípeto del anillo del músculo ciliar<sup>50</sup>. Sin embargo, otros estudios llevados a cabo mediante goniovideografía, fotografía de infrarrojos y RM han demostrado que el diámetro y la superficie cristaliniana disminuyen durante la acomodación<sup>2</sup>.

A pesar de la importante controversia existente sobre su teoría, Schachar postuló que expandiendo las dimensiones de la pared escleral suprayacente, se traccionaría y separaría el músculo ciliar del ecuador del cristalino, consiguiendo revertir el proceso causante de la presbicia y mejorar la amplitud acomodativa<sup>7</sup>. En el pasado, las técnicas esclerales incluyeron varios tipos de esclerotomías, con o sin implantes de silicona o de colágeno, pero fueron abandonadas por los riesgos de isquemia en el segmento ocular anterior y de macroperforaciones esclerales. En la actualidad se están aplicando dos técnicas quirúrgicas, aunque ambas se encuentran aún en fase de investigación; las dos se desarrollaron sobre la base de esta teoría de la acomodación, pero sus mecanismos de acción exactos están todavía pendientes de ser aclarados.

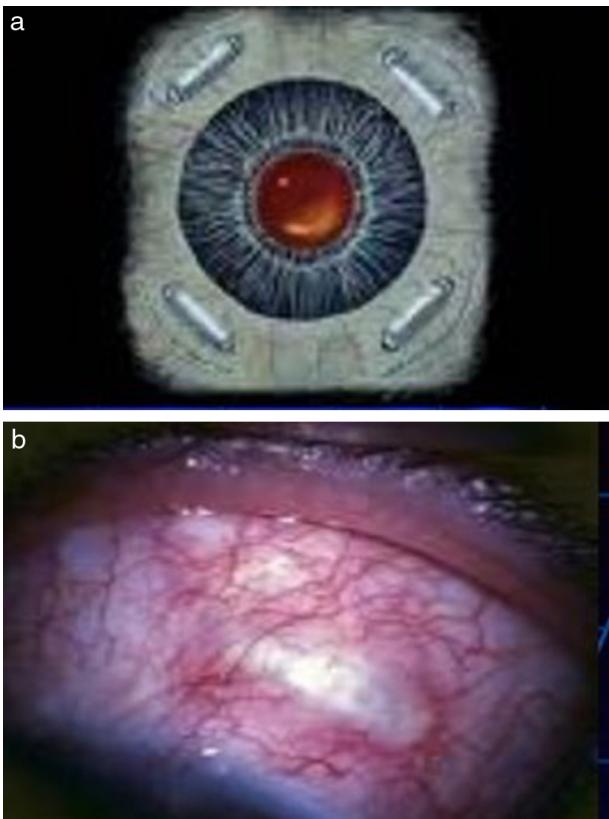
En la primera de ellas, asistida con un láser de erbio: YAG (Laser Ace System, ACE Vision Group inc. Newark, EE. UU.), el mecanismo postulado consistiría en disminuir la rigidez ocular realizando unas ablaciones selectivas de tejido escleral;

se buscaría mejorar la flexibilidad de la esclera, lo que a su vez optimizaría la contractilidad del músculo ciliar, facilitando con ello la acomodación (fig. 9).

En la segunda técnica, unos expansores esclerales (VisAbility Implant System, Refocus Group, Dallas, EE. UU.) modificados a partir de modelos previos, ejercerían una tracción sobre la esclera que supuestamente mejoraría la amplitud de acomodación (fig. 10).

Ambas técnicas reportan mejorías en la AVCsc, y aunque ya disponen del certificado de idoneidad para ser utilizadas en el mercado europeo, no existen todavía publicaciones para refrendar estos resultados, y otras refieren ya una regresión del efecto inicial de mejoría descrito en la visión cercana de los pacientes<sup>51</sup>. Más aún, varios autores discordantes con la teoría de la acomodación de Schachar consideran estas técnicas completamente ineficaces<sup>52</sup>.

Como en todo procedimiento refractivo, un exhaustivo examen preoperatorio es mandatorio y este debe incluir, especialmente, una evaluación precisa de la calidad de la superficie ocular y de la película lagrimal del paciente y una evaluación pormenorizada de la topografía, grosor y, si es posible, de las aberraciones preoperatorias corneales. La existencia de un cristalino sin opacidades significativas y la ausencia de patología relevante de nervio óptico y retina resultan también imprescindibles. Muchas veces es necesario realizar, en diferentes condiciones de iluminación, ensayos con montura de prueba o incluso en situaciones excepcionales, con lentes de contacto, para comprobar la tolerancia a la anisometropía y ayudar al paciente a inferir cómo serían los resultados postoperatorios. Finalmente, una discusión honesta con el paciente sobre las ventajas, riesgos y limitaciones de cada técnica,



**Figura 10 – a y b) Expansores esclerales: se insertan bandas de silicona en 4 canales esclerales para incrementar la distancia entre el ecuador cristaliniano y la esclera suprayacente, implementando la contracción del músculo ciliar.**

personalizada y acorde a la situación específica de cada caso, ayudará a optimizar los resultados, cualquiera que sea el procedimiento quirúrgico empleado.

## Conclusiones

Existen múltiples técnicas quirúrgicas no cristalinianas descritas utilizadas en el tratamiento de la presbicia. Ninguna de ellas permite eliminar completamente la necesidad de gafas para la visión cercana. Más aún, con el paso de los años y el deterioro progresivo de la función cristaliniana de los pacientes, la efectividad de estas técnicas se va reduciendo. Además, muchas de ellas van a suponer un compromiso con la calidad visual lejana de los ojos intervenidos. Por todo ello la selección del paciente y la evaluación preoperatoria resultan esenciales. Sin embargo, muchas de ellas van a mejorar la situación refractiva del paciente y, con un equilibrio razonable entre la visión lejana y la cercana, consiguen mejorar mucho la dependencia de corrección óptica de los pacientes y con ello su calidad de vida. Son necesarios más estudios, con métodos más rigurosos y estandarizados para evaluar los cambios en la visión cercana de los pacientes, y con un mayor seguimiento postoperatorio para corroborar la utilidad real y práctica de cada una de estas técnicas.

## Conflictos de intereses

Los autores no tienen ningún interés comercial ni financiero con ninguno de los productos mencionados en este artículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Holden BA, Fricke TR, Ho SM, Wong R, Schlenther G, Cronje S, et al. Global vision impairment due to uncorrected presbyopia. *Arch Ophthalmol.* 2008;126:1731-9.
- Glasser A, Kaufman PL. The mechanism of accommodation in primates. *Ophthalmology.* 1999;106:863-72.
- Wilson RS. Does the lens diameter increase or decrease during accommodation? Human accommodation studies: A new technique using infrared retro-illumination video photography and pixel unit measurements. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1997;95:7-70, 261-7; discussion.
- Leon A, Estrada JM, Rosenfield M. Age and the amplitude of accommodation measured using dynamic retinoscopy. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2016;36:5-12.
- Sheppard AL, Evans CJ, Singh KD, Wolffsohn JS, Dunne MC, Davies LN. Three-dimensional magnetic resonance imaging of the phakic crystalline lens during accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52:3689-97.
- Heys KR, Cram SL, Truscott RJ. Massive increase in the stiffness of the human lens nucleus with age: The basis for presbyopia? *Mol Vis.* 2004;10:956-63.
- Schachar RA. Cause and treatment of presbyopia with a method for increasing the amplitude of accommodation. *Ann Ophthalmol.* 1992;24:445-14457452.
- Schachar RA. Human accommodative ciliary muscle configuration changes are consistent with Schachar's mechanism of accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56:6075.
- Jain S, Arora I, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: Review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol.* 1996;40:491-9.
- Garcia-Gonzalez M, Teus MA, Hernandez-Verdejo JL. Visual outcomes of LASIK-induced monovision in myopic patients with presbyopia. *Am J Ophthalmol.* 2010;150:381-6.
- Alarcon A, Anera RG, Villa C, Jimenez del Barco L, Gutierrez R. Visual quality after monovision correction by laser in situ keratomileusis in presbyopic patients. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37:1629-35.
- Reilly CD, Lee WB, Alvarenga L, Caspar J, Garcia-Ferrer F, Mannis MJ. Surgical monovision and monovision reversal in LASIK. *Cornea.* 2006;25:136-8.
- Levinger E, Trivizki O, Pokroy R, Levartovsky S, Sholohov G, Levinger S. Monovision surgery in myopic presbyopes: Visual function and satisfaction. *Optom Vis Sci.* 2013;90:1092-7.
- Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. *J Refract Surg.* 2004;20:325-8.
- Greenbaum S. Monovision pseudophakia. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:1439-43.
- Handa T, Shimizu K, Mukuno K, Kawamorita T, Uozato H. Effects of ocular dominance on binocular summation after monocular reading adds. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:1588-92.
- Braun EH, Lee J, Steinert RF. Monovision in LASIK. *Ophthalmology.* 2008;115:1196-202.
- Reinstein DZ, Couch DG, Archer TJ. LASIK for hyperopic astigmatism and presbyopia using micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL80 platform. *J Refract Surg.* 2009;25:37-58.

19. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for myopic astigmatism and presbyopia using non-linear aspheric micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 Platform. *J Refract Surg.* 2011;27:23–37.
20. Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:1449–55.
21. Vinciguerra P, Nizzola GM, Bailo G, Nizzola F, Ascari A, Epstein D. Excimer laser photorefractive keratectomy for presbyopia: 24-month follow-up in three eyes. *J Refract Surg.* 1998;14:31–7.
22. Alio JL, Amparo F, Ortiz D, Moreno L. Corneal multifocality with excimer laser for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol.* 2009;20:264–71.
23. Epstein RL, Gurgos MA. Presbyopia treatment by monocular peripheral presbyLASIK. *J Refract Surg.* 2009;25:516–23.
24. Alio JL, Chabard JJ, Caliz A, Sala E, Patel S. Correction of presbyopia by technovision central multifocal LASIK (presbyLASIK). *J Refract Surg.* 2006;22:453–60.
25. Saib N, Abrieu-Lacaille M, Berguiga M, Rambaud C, Froussart-Maille F, Rigal-Sastourne JC. Central PresbyLASIK for hyperopia and presbyopia using micro-monovision with the Technolas 217P Platform and SUPRACOR Algorithm. *J Refract Surg.* 2015;31:540–6.
26. Pallikaris IG, Panagopoulou SI. PresbyLASIK approach for the correction of presbyopia. *Curr Opin Ophthalmol.* 2015;26:265–72.
27. Gil-Cazorla R, Shah S, Naroo SA. A review of the surgical options for the correction of presbyopia. *Br J Ophthalmol.* 2016;100:62–70.
28. Davidson RS, Dhaliwal D, Hamilton DR, Jackson M, Patterson L, Stonecipher K, et al. Surgical correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42:920–30.
29. Limnopoulou AN, Bouzoukis DI, Kymionis GD, Panagopoulou SI, Plainis S, Pallikaris AI, et al. Visual outcomes and safety of a refractive corneal inlay for presbyopia using femtosecond laser. *J Refract Surg.* 2013;29:12–8.
30. Baily C, Kohnen T, O'Keefe M. Preloaded refractive-addition corneal inlay to compensate for presbyopia implanted using a femtosecond laser: One-year visual outcomes and safety. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:1341–8.
31. Malandrini A, Martone G, Menabuoni L, Catanese AM, Tosi GM, Balestrazzi A, et al. Bifocal refractive corneal inlay implantation to improve near vision in emmetropic presbyopic patients. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:1962–72.
32. Whang WJ, Yoo YS, Joo CK, Yoon G. Changes in keratometric values and corneal high order aberrations after hydrogel inlay implantation. *Am J Ophthalmol.* 2017;173:98–105.
33. Garza EB, Gomez S, Chayet A, Dishler J. One-year safety and efficacy results of a hydrogel inlay to improve near vision in patients with emmetropic presbyopia. *J Refract Surg.* 2013;29:166–72.
34. Garza EB, Chayet A. Safety and efficacy of a hydrogel inlay with laser in situ keratomileusis to improve vision in myopic presbyopic patients: One-year results. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:306–12.
35. Whitman J, Dougherty PJ, Parkhurst GD, Olkowski J, Slade SG, Hovanesian J, et al. Treatment of presbyopia in emmetropes using a shape-changing corneal inlay: One-year clinical outcomes. *Ophthalmology.* 2016;123:466–75.
36. Igras E, O'Caoimh R, O'Brien P, Power W. Long-term results of combined LASIK and monocular small-aperture corneal inlay implantation. *J Refract Surg.* 2016;32:379–84.
37. Dexl AK, Jell G, Strohmaier C, Seyedain O, Riha W, Ruckl T, et al. Long-term outcomes after monocular corneal inlay implantation for the surgical compensation of presbyopia. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:566–75.
38. Tomita M, Kanamori T, Waring GO 4th, Yukawa S, Yamamoto T, Sekiya K, et al. Simultaneous corneal inlay implantation and laser in situ keratomileusis for presbyopia in patients with hyperopia, myopia, or emmetropia: Six-month results. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:495–506.
39. Naroo SA, Bilku PS. Clinical utility of the KAMRA corneal inlay. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:913–9.
40. Seyedain O, Riha W, Hohensinn M, Nix G, Dexl AK, Grabner G. Refractive surgical correction of presbyopia with the AcuFocus small aperture corneal inlay: Two-year follow-up. *J Refract Surg.* 2010;26:707–15.
41. McDonald MB, Durrie D, Asbell P, Maloney R, Nichamin L. Treatment of presbyopia with conductive keratoplasty: Six-month results of the 1-year United States FDA clinical trial. *Cornea.* 2004;23:661–8.
42. Ayoubi MG, Leccisotti A, Goodall EA, McGilligan VE, Moore TC. Femtosecond laser in situ keratomileusis versus conductive keratoplasty to obtain monovision in patients with emmetropic presbyopia. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:997–1002.
43. Moshirfar M, Anderson E, Hsu M, Armenia JM, Mifflin MD. Comparing the rate of regression after conductive keratoplasty with or without prior laser-assisted in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2012;19:377–81.
44. Menassa N, Fitting A, Auffarth GU, Holzer MP. Visual outcomes and corneal changes after intrastromal femtosecond laser correction of presbyopia. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:765–73.
45. Thomas BC, Fitting A, Auffarth GU, Holzer MP. Femtosecond laser correction of presbyopia (INTRACOR) in emmetropes using a modified pattern. *J Refract Surg.* 2012;28:872–8.
46. Khoramnia R, Fitting A, Rabsilber TM, Thomas BC, Auffarth GU, Holzer MP. Intrastromal femtosecond laser surgical compensation of presbyopia with six intrastromal ring cuts: 3-year results. *Br J Ophthalmol.* 2015;99:170–6.
47. Thomas BC, Fitting A, Khoramnia R, Rabsilber TM, Auffarth GU, Holzer MP. Long-term outcomes of intrastromal femtosecond laser presbyopia correction: 3-year results. *Br J Ophthalmol.* 2016;100:1536–41.
48. Dukic A, Bohac M, Pasalic A, Koncarevic M, Anticic M, Patel S. Apparent corneal ectasia after bilateral intrastromal femtosecond laser treatment for presbyopia. *Cornea.* 2016;35:8–1495.
49. Taneri S, Oehler S. Keratectasia after treating presbyopia with INTRACOR followed by SUPRACOR enhancement. *J Refract Surg.* 2013;29:573–6.
50. Strenk SA, Semmlow JL, Strenk LM, Munoz P, Gronlund-Jacob J, DeMarco JK. Age-related changes in human ciliary muscle and lens: A magnetic resonance imaging study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40:9–1162.
51. Tunc Z, Helvacioglu F, Ercalik Y, Baikoff G, Sencan S. Supraciliary contraction segments: A new method for the treatment of presbyopia. *Indian J Ophthalmol.* 2014;62:116–23.
52. Glasser A. Restoration of accommodation: Surgical options for correction of presbyopia. *Clin Exp Optom.* 2008;91:279–95.