

Envejecimiento ocular: mejorando la calidad visual en cataratas y presbicia

El envejecimiento progresivo de la población y el aumento de la esperanza de vida en los países desarrollados incrementarán el número de personas con presbicia y cataratas. La investigación sobre el mecanismo de acomodación y el envejecimiento del cristalino es clave para mejorar la calidad visual.

Susana Marcos

Instituto de Óptica "Daza de Valdés", Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El 90% de la información que procesa el cerebro es visual, de modo que una buena calidad de vida necesariamente precisa una buena calidad de visión. Sin embargo, esta sufre de manera relativamente temprana los efectos del envejecimiento. Entre los 40 y 45 años se pierde la capacidad de acomodar objetos lejanos y cercanos (condición que se conoce como "presbicia" o

"vista cansada"). La presbicia condiciona prematuramente, y en plena edad productiva, el desarrollo de tareas cotidianas, en un mundo cada vez más dependiente de la realización de tareas cercanas (consultar la PDA o el teléfono móvil, visualizar un GPS mientras se conduce, etcétera). Más adelante, el desarrollo de cataratas produce un grave deterioro de la calidad visual, por la opacificación del cristalino,

La presbicia condiciona prematuramente, y en plena edad productiva, el desarrollo de tareas cotidianas

que ineludiblemente se debe sustituir por una lente intraocular. La demanda del paciente actual de cataratas y la oferta de las técnicas más recientes no se limitan a la devolución de la transparencia de los medios intraoculares. La cirugía de cataratas se dirige también hacia la corrección de los errores refractivos del ojo (eliminando la dependencia de gafas de lejos) y en último término, a restaurar en

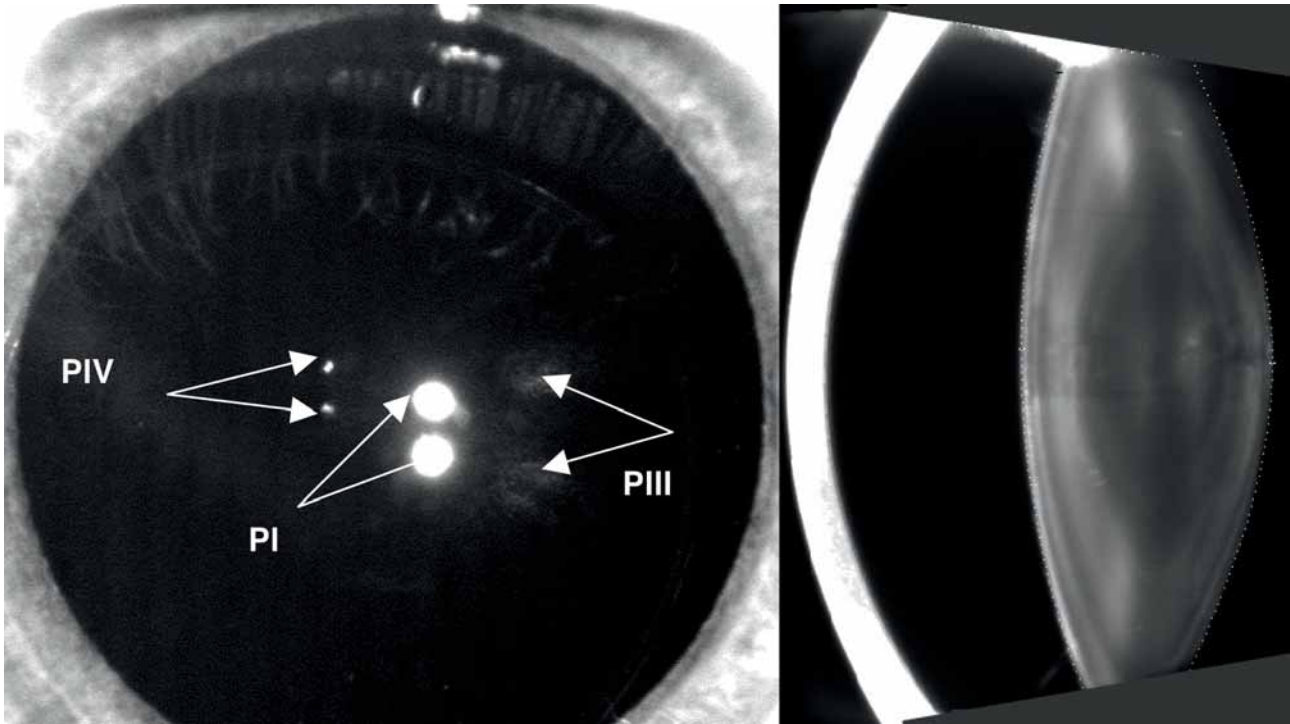


Imagen de sección de la cornea y cristalino de un ojo joven, adquirida mediante un sistema de imagen de Scheimpflug.
 PI: reflexión de la cara anterior de la córnea; PIII: reflexión de la cara anterior del cristalino; PIV: reflexión de la cara posterior del cristalino.

el ojo anciano la calidad óptica de su juventud, emulando, en la medida de lo posible, al cristalino joven.

El envejecimiento del cristalino

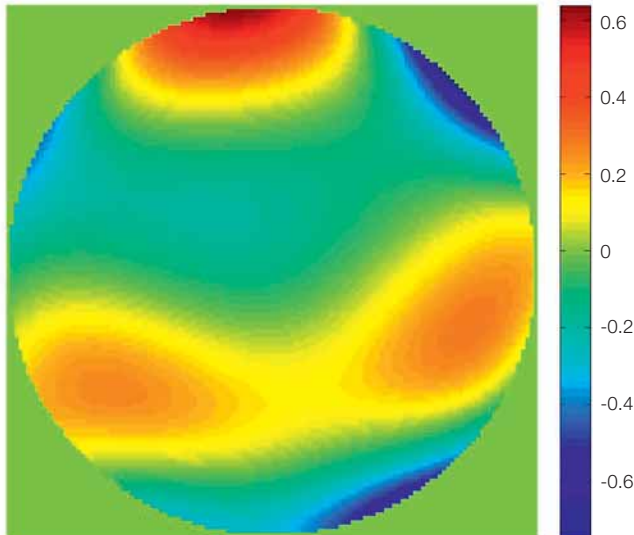
La cornea y el cristalino del ojo son lentes que proyectan la información del mundo exterior sobre la retina. El cristalino humano, de aproximadamente 4 mm de espesor y 10 mm de diámetro, es extremadamen-

La presbicia afecta al 100% de la población a partir de 45 años y las cataratas al 70% de las personas mayores de 65 años

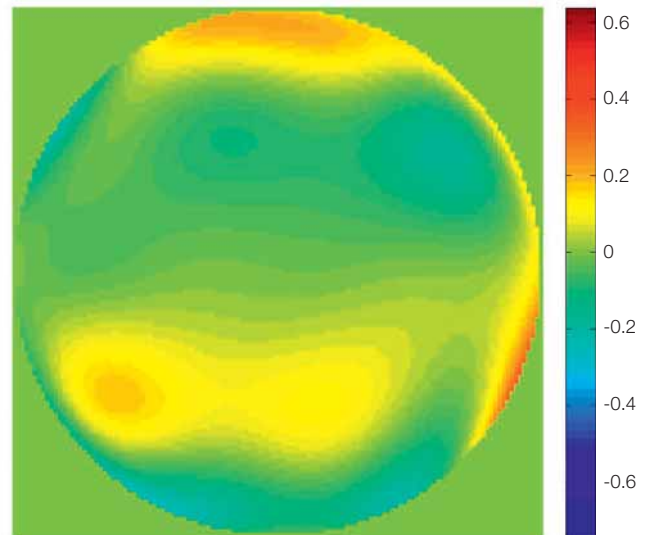
te complejo. Se trata de una estructura de gradiente de índice (es decir, el índice de refracción no es constante, varía del centro a la periferia), la cual permite incrementar su potencia, reducir las pérdidas de luz por reflexión en sus superficies u optimizar su calidad óptica. Curiosamente, en el ojo joven, las imperfecciones (aberración esférica) de la cornea se compensan parcialmente con las aberraciones

del cristalino (cuya aberración esférica tiende a ser negativa), de forma similar al diseño óptico de lentes y objetivos que optimizan la calidad óptica a partir de la combinación de lentes simples con mayores aberraciones que el conjunto. Además, el cristalino del ojo joven es capaz de cambiar la forma de sus superficies para enfocar objetos lejanos y cercanos (capacidad que se conoce como “acomoda-

Lente intraocular esférica



Lente intraocular asférica



Mapas de aberraciones oculares (imperfecciones) en un paciente de cataratas implantado con una lente intraocular de geometría esférica (izquierda) y con una lente intraocular de geometría asférica (derecha). Un mapa más uniforme es indicativo de una mejor calidad óptica. Las lentes intraoculares asféricas mejoran la calidad óptica en el mejor foco frente a las lentes convencionales de geometría esférica. En la imagen, los valores se miden en micras de desfase.

ción”). El cristalino se encuentra conectado al músculo ciliar a través del cuerpo ciliar y las zónulas alrededor del ecuador del cristalino. Un estímulo acomodativo provoca la contracción del músculo ciliar, el avance del cuerpo ciliar y la relajación de las zónulas, de manera que la cápsula elástica que contiene el cristalino lo moldea en una forma más esférica, permitiendo enfocar los objetos más cercanos.

Con el envejecimiento disminuyen los radios de curvatura del cristalino y cambia la distribución del gradiente de índice, lo que provoca un cambio de su aberración esférica hacia valores más positivos, de modo que se pierde la compensación de la aberración esférica positiva de la cornea que ocurre en el ojo joven. Asimismo, con la edad, a pesar de que el músculo ciliar y la cápsula conservan la

mayor parte de su función, el cristalino pierde su elasticidad, por lo que la cápsula no es capaz de modificar la forma del cristalino ante un estímulo cercano, perdiendo por tanto la capacidad de acomodación. Asimismo, a una edad más avanzada, la desnaturalización de las proteínas del cristalino conduce a su opacificación (cataratas), lo que provoca una pérdida progresiva de visión.

Estadísticas

La presbicia afecta al 100% de la población a partir de 45 años y las cataratas al 70% de las personas mayores de 65 años (y eventualmente al 100% de la población, si se viviera lo suficiente). Se estima que hay en Europa más de 209 millones de presbíta (el 44% de la población total y el 22% de la población activa), y se prevé que en el 2030 la mitad de la población europea sea presbíta.

Además, cada año se realizan 14.2 millones de operaciones de cataratas en el mundo. Con el envejecimiento progresivo de la población y el aumento de la esperanza de vida en los países industrializados se espera que estas cifras se incrementen marcadamente en los próximos años.

Sustitución del cristalino por una lente intraocular

El único tratamiento disponible para la catarata es la extracción del cristalino y su sustitución por una lente intraocular. El procedimiento ha experimentado mejoras espectaculares en los últimos años, hasta convertirse en una cirugía ambulatoria y muy eficaz. La técnica más extendida es la facoemulsificación, que permite, mediante ultrasonidos, la ruptura del cristalino y su aspiración a través de una pequeña incisión corneal y capsular. Las lentes intraoculares de última generación se inyectan en el ojo plegadas, a través de una incisión generalmente no superior a 3.2 mm, se introducen en la cápsula (tras la apertura de una ventana en la cápsula anterior) y se fijan mediante unos hápticos que se apoyan en el ecuador de la lente. Existen en el mercado multitud de diseños de lentes intraoculares, fabricadas en materiales hidrofóbicos o hidrofílicos, con diferentes formas de las su-

perficie, distinto perfil de los bordes de la lente, diversos diseños hápticos, etcétera, cuya evolución se ha dirigido a aumentar la biocompatibilidad, evitar la opacificación de la cápsula posterior, mejorar la predictibilidad en la refracción, perfeccionar su estabilidad mecánica y optimizar la calidad óptica del ojo. Los beneficios del mercado global de lentes intraoculares en el mundo fueron de 730 millones de euros en 2004 y se espera que sea de 1.825 millones de euros en 2010.

Aunque la mayor parte de los implantes que se realizan son de lentes monofocales (que pretenden corregir la refracción en un único foco, generalmente lejano), cada vez se implantan más lentes intraoculares multifocales, cuyo objetivo es dotar al ojo de una profundidad de foco extendida, como compensación de su imposibilidad de acomodar. De hecho, y previo a la cirugía de cataratas, las opciones de corrección de la presbicia se han extendido desde las tradicionales gafas de cerca y gafas progresivas (visión alternante), a otras opciones que proporcionan simultáneamente un foco cercano y un foco lejano (visión simultánea). Entre éstas se encuentran las lentes de contacto multifocales o incluso la cirugía refractiva corneal pa-

Susana Marcos

(Salamanca, 1970). Doctora en Física por la Universidad de Salamanca; becada Postdoctoral Fulbright y Human Frontiers en la Universidad de Harvard. Actualmente es Profesora de Investigación del Instituto de Óptica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y directora de dicho Instituto, donde también lidera el Grupo de Óptica Visual y Biofónica. Ha representado al área de Ciencias de la Visión en varias sociedades científicas (Optical Society of America, Sociedad Española de Óptica y Association for Research in Vision and Ophthalmology). Asimismo, destaca su labor como editora en las revistas *Vision Research* y *Biomedical Optics Express*. Ha recibido prestigiosos premios internacionales: Adolph Medal de la Optical Society of America, ICO Prize (Abbe Medal) de la International Commission for Optics y el European Young Investigator Award, entre otros. Miembro distinguido de la Optical Society of America y de la European Optical Society.

El único tratamiento disponible para la catarata es la extracción del cristalino y su sustitución por una lente intraocular

ra presbicia. En estos casos la multifocalidad se consigue a partir de la introducción de varios focos simultáneos (como en las lentes intraoculares difractivas o las lentes intraoculares o de contacto con zonas concéntricas de distintas potencias), o la introducción de aberraciones, incrementando nominalmente la profundidad de foco a expensas de una reducción de la calidad óptica en el mejor foco.

El tratamiento ideal para la presbicia sería la restauración real de la acomodación mediante lentes intraoculares capaces de cambiar la potencia en respuesta a un estímulo acomodativo.

Restitución de la calidad óptica del ojo joven

Las lentes intraoculares monofocales convencionales están dotadas de superficies esféricas. Con esta geometría es posible conseguir la potencia

deseada, pero la aberración esférica de la lente es inevitablemente positiva. Sin embargo, la aberración esférica del cristalino joven es negativa, compensando, al menos parcialmente, la aberración esférica de la córnea. En los últimos años se ha desarrollado una nueva generación de lentes con superficies esféricas que pretenden emular esta característica del ojo joven. Existen lentes con geometría esférica en la cara posterior, en la cara anterior o en ambas caras, y, dependiendo del modelo, están diseñadas con una aberración esférica negativa tal que puede corregir total o parcialmente la aberración esférica positiva promedio de la población, o no inducir aberración esférica. Este tipo de lentes mejoran la calidad óptica del ojo al disminuir sus aberraciones, al reducir también, en general, la tolerancia al desenfoque. Dado que se trata de lentes monofocales, el paciente sólo estará corregido de lejos y dependerá de gafas u otros métodos para la realización de tareas que exijan una visión cercana.

Imitando la capacidad acomodativa del cristalino

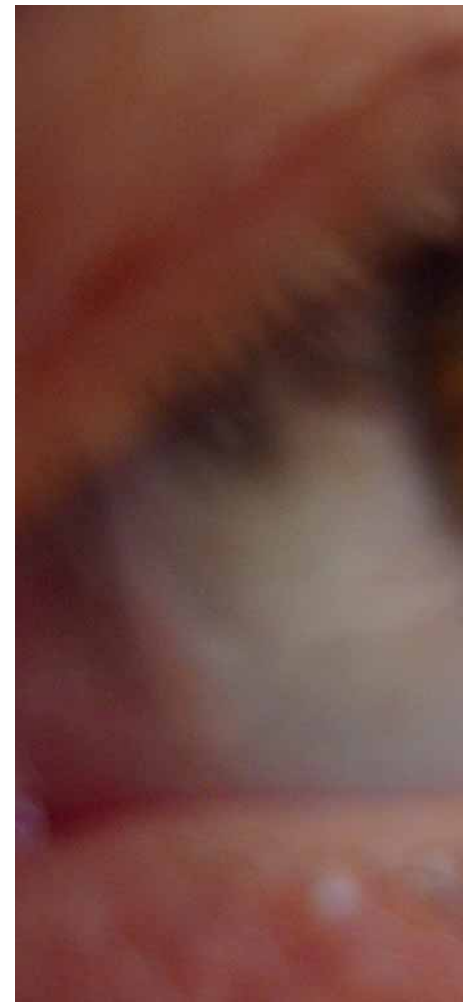
El ojo joven es capaz de cambiar su radio de curvatura para acomodarse a distintas distancias. La lente intraocular ideal para implantar en una cirugía de cataratas (y en eda-

El ojo joven es capaz de cambiar su radio de curvatura para acomodarse a distintas distancias

Si bien las lentes intraoculares acomodativas son la solución de futuro para la corrección de la presbicia, aún quedan avances científicos y técnicos por acometer

des más tempranas en sustitución del cristalino transparente), y de funcionar de manera enteramente satisfactoria, sería aquella capaz de cambiar su potencia dinámicamente para enfocar de lejos y de cerca, restaurando por tanto la capacidad acomodativa del ojo. El desarrollo de este tipo de lentes conlleva un elevadísimo impacto social y económico.

Existen varias propuestas de lentes acomodativas y, aunque algunas han alcanzado el mercado, sólo un modelo ha sido hasta ahora aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) americana. Estas lentes pretenden aprovechar la acción del mecanismo acomodativo para cambiar la potencia del ojo, bien desplazando la lente intraocular axialmente, modificando la distancia (axial o lateral) entre dos lentes de una lente intraocular compuesta, o cambiando el radio de curvatura de las superficies de la lente intraocular. Hasta la fecha, y a pesar de importantes avances técnicos, ninguna de estas lentes ha demostrado que pueda proporcionar una amplitud acomodativa significativa o ajustar correctamente la refracción en el estado desacomodado. También se ha explorado el rellenado de la cápsula mediante un polímero en sustitución del cristalino, aunque esta opción se



ha topado, entre otros problemas, con la opacificación de la cápsula posterior. No cabe duda que, si bien las lentes intraoculares acomodativas son la solución de futuro



Imagen de un ojo sano. / Foto: Stock.XCHNG (Sergio Ramírez)

para la corrección de la presbicia, aún quedan importantes avances científicos y técnicos por acometer hasta que se conviertan en una alternativa realmente eficaz.

El Laboratorio de Óptica Visual y Biofotónica del Instituto de Óptica (CSIC)

La investigación sobre el mecanismo de acomodación y el envejecimiento del cristali-

no es clave para el avance de nuevos métodos de corrección. El Laboratorio de Óptica Visual y Biofotónica desarrolla tecnología –desde tomografía de coherencia óptica del seg-

mento anterior del ojo a la óptica adaptativa –para la medida cuantitativa de las propiedades ópticas y estructurales del ojo, y en particular del cristalino, relacionando la calidad óptica de los componentes oculares con la calidad visual. Sus resultados sobre los cambios de las imperfecciones ópticas (aberraciones oculares) con el envejecimiento y la acomodación son pioneros, así como las medidas de la geometría y posicionamiento del cristalino con la acomodación. Nuestro grupo de investigación proporcionó las primeras medidas del mapa de aberraciones oculares *in vivo* de lentes intraoculares implantadas en pacientes operados de cataratas, y comparaciones de la calidad óptica con lentes de geometría esférica y asférica. También ha proporcionado explicaciones sobre la eficacia de los patrones multifocales en lentes de contacto y lentes intraoculares, métodos para optimizar la cirugía refractiva corneal, y nuevos diseños optimizados de lentes intraoculares monofocales. Su investigación en esta área se dirige a comprender los mecanismos básicos de la acomodación y el envejecimiento ocular y de la adaptación de la visión con el fin de conceptualizar nuevos diseños para la compensación de la presbicia y restauración de la acomodación. Más información en: www.vision.csic.es ■