

**Gaceta**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

# Lentes intraoculares trifocales: revisión bibliográfica

*El objetivo del presente estudio ha sido evaluar y analizar resultados tanto clínicos como teóricos para proporcionar un mayor entendimiento del funcionamiento de las lentes intraoculares (LIOs) trifocales. Para ello, se ha realizado una búsqueda bibliográfica, incluyendo tanto artículos de simulaciones en banco óptico como aquellos que muestran resultados clínicos. En la búsqueda se han encontrado artículos sobre tres LIOs trifocales: AT.LISA tri839MP (Carl Zeiss Meditec), FineVision (PhysIOL) y MIOL-Record (Repper-NN). En los estudios teóricos se ha demostrado que las LIOs trifocales presentan una mejora con respecto a las LIOs bifocales en cuanto a visión intermedia pero con una disminución en cuanto a calidad óptica en distancias lejanas y cercanas. Por el contrario, en cuanto a resultados clínicos, las LIOs trifocales proporcionan buenas agudezas visuales en visión lejana y agudezas visuales variables pero siempre aceptables en visión intermedia y cercana. En conclusión, LIOs trifocales ofrecen una opción a aquellos pacientes que necesitan trabajar en visión intermedia y buscan no tener que depender del uso de gafas tras cirugía de catarata.*

María Teresa Caballero Caballero<sup>1</sup>, PhD

Laura Molina Cañero<sup>1</sup>, estudiante

David P. Piñero Llorens<sup>1,2</sup>, PhD. Coleg. 11.103

<sup>1</sup>Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante.

<sup>2</sup>Departamento de Oftalmología (OFTALMAR), Hospital Vithas Internacional Medimar (Alicante) y Hospital de Molina (Molina del Segura, Murcia)

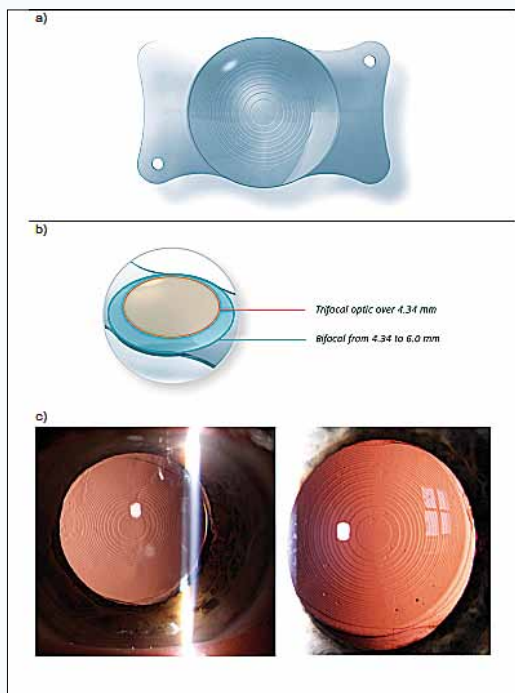
## PALABRAS CLAVE

Lente intraocular trifocal, lente intraocular difractiva, lente intraocular multifocal, visión intermedia.

## INTRODUCCIÓN

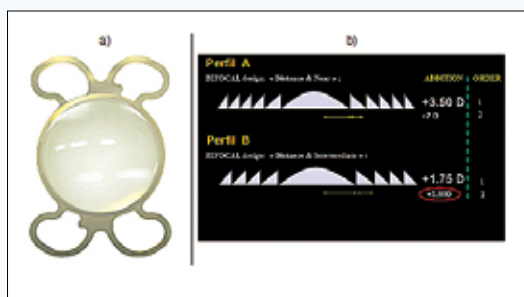


Hasta el momento, las lentes intraoculares (LIOs) multifocales disponibles en el mercado para después de cirugía de catarata, satisfacían las necesidades visuales en visión lejana y cercana del paciente proporcionando buenos resultados en dichas distancias. Lo que ocurre es que, debido al in-



**Figura 1.**

a) LIO trifocal AT.LISA tri 839 MP, b) diseño de la LIO trifocal AT.LISA tri 839 MP, c) Vista de los perfiles de las lentes AT LISA 809 M bifocal y AT LISA trifocal 839 MP tras su implante.



**Figura 2.**

a) LIO trifocal FineVision, b) diseño de la LIO trifocal FineVision.

crecimiento en el uso de ordenadores y otro tipo de dispositivos como por ejemplo móviles o tabletas, aumenta la demanda para mejorar la visión intermedia del paciente. Esto ocurre porque pacientes operados de cataratas a los que se les ha introducido lentes intraoculares, incluso aquellos que han optado por lentes intraoculares multifocales, se ven obligados a depender del uso de gafas para realizar acciones que entran en el campo de la visión intermedia. Aquí es donde entran en juego las lentes intraoculares trifocales, proporcionando un tercer foco para que el paciente pueda obtener una imagen enfocada en las diferentes tareas que requieren una buena visión intermedia.

Antes de la aparición de las LIOs trifocales, las LIOs multifocales se han caracterizado por la creación de dos focos principales (bifocales) y por sus diseños tanto refractivos como difractivos. En las lentes refractivas, con zonas concéntricas para visión lejana y cercana, la principal desventaja es la pupilo-dependencia significativa y la pérdida de energía en la zona de transición. Las LIOs difractivas utilizan un patrón difractivo para crear un enfoque adicional para la visión de cerca en el primer orden de difracción<sup>1</sup>. Aunque parte de la luz incidente se pierde intrínsecamente a órdenes superiores de difracción, los estudios han demostrado que la LIO difractiva ofrece una buena agudeza visual lejana y cercana<sup>1-4</sup>.

Con el objetivo de mejorar la visión intermedia, se han desarrollado varios modelos de LIOs trifocales. En este trabajo se comentarán los resultados encontrados con las LIOs trifocales AT.LISA tri839MP, FineVisión y MIOL-Record.

La LIO AT.LISA tri839MP (*Figura 1*) combina un patrón difractivo bifocal con una óptica trifocal en la superficie anterior de la lente. Los anillos de difracción cubren todo el diámetro óptico siendo la zona central trifocal y la zona periférica bifocal<sup>5</sup>. La superficie posterior es esférica para corregir las aberraciones<sup>6</sup> y su estructura difractiva está diseñada de forma suave para reducir la difracción no deseada y así aumentar la calidad óptica<sup>5</sup>.

La LIO FineVision (*Figura 2*) presenta un diseño trifocal que combina dos perfiles difractivos bifocales apodizados, es decir, con atenuación gradual del escalón de difracción del centro a la periferia. Este diseño reduce los halos, generados por la luz desenfocada bajo condiciones de baja iluminación<sup>1</sup>. Además, la distribución asimétrica de la energía entre los tres focos (lejos, intermedio y cerca) permite una dominancia en visión lejana, y una mejora de la visión intermedia sin afectar a la visión cercana; esto es posible gracias a la combinación de dos perfiles específicos difractivos. El perfil A está diseñado con una adición de 3,5 D en el primer orden de difracción. Por lo ➔

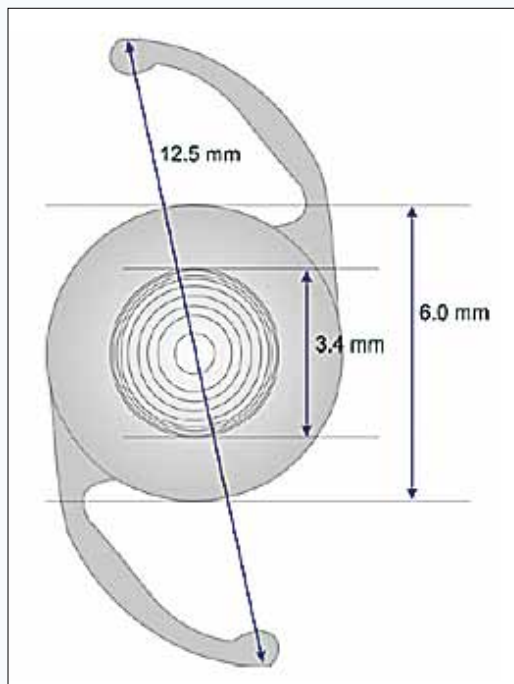


Figura 3.  
LIO MIOL-Record<sup>7</sup>.

Tabla 1.

Clasificación de todos los artículos encontrados teniendo en cuenta el autor, el año de publicación y el tipo de lente intraocular estudiada.

Autor	Año	Tipo de LIO	Descripción
Law et al	2013	AT.LISA tri 839 MP	Estudio clínico
Mojzis et al	2013	AT.LISA tri 839 MP	Estudio clínico
Alió et al	2013	FineVision	Estudio clínico
Vryghem et al	2013	FineVision	Estudio clínico
Madrid-costa et al	2013	AT.LISA tri 839 MP	Simulación teórica
Ruiz-Alcocer et al	2013	AT.LISA tri 839 MP / FineVision	Simulación teórica
Gatinel et al	2013	FineVision Micro F	Simulación teórica
Montés-Micó et al	2013	FineVision	Simulación teórica
Wolffsohn et al	2013	---	Estudio sobre la reducción en la presentación de lentes en las curvas de desenfoque
Sheppard et al	2012	FineVision	Estudio clínico
Cochener et al	2012	FineVision	Estudio clínico
Lesieur G	2012	FineVision	Estudio clínico
Gatinel et al	2011	LIO esférica difractiva trifocal	Simulación teórica
Voskresenskaya et al	2010	MIOL-Record	Estudio clínico
Valle et al	2005	---	Estudio sobre la PSF de las lentes trifocales difractivas

➔ tanto, el segundo orden de difracción proporcionaría una vergencia de 7D, que corresponde a luz perdida. El perfil B proporciona una adición de 1,75 D en el primer orden de difracción con lo que el segundo orden tiene una convergencia de 3,50 D. De esta manera, el primer orden contri-

buye a la visión intermedia, y el segundo orden mejora la visión de cerca.

La LIO MIOL-Record (Figura 3) es una LIO trifocal difractiva con un diseño escalonado de la superficie posterior. La zona difractiva se compone de diez anillos concéntricos con una altura

constante del escalón (1,1  $\mu\text{m}$ ). La luz que entra en el ojo se distribuye en partes iguales entre los tres focos, de forma que cada uno de ellos recibe aproximadamente el 28% de la luz incidente, con una pérdida residual de luz del 16% órdenes de difracción más elevados<sup>7</sup>.

## OBJETIVOS

El propósito de este trabajo es, mediante una revisión bibliográfica, exponer el funcionamiento de las lentes intraoculares trifocales, haciendo una comparación de resultados tanto teóricos como clínicos de las diferentes LIOs trifocales estudiadas hasta el momento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La búsqueda bibliográfica se ha realizado en la plataforma PubMed introduciendo los siguientes términos:

- “Trifocal intraocular lens”.
- “Trifocal” and “Cataract”.
- “Trifocal” and “Diffractive”.
- Trifocal intraocular lens.

Después del proceso de selección, el estudio se ha realizado con un total de quince artículos, que corresponden a las referencias de este trabajo y se muestran en la *Tabla 1*. En esta tabla se resumen, de una manera breve, algunos aspectos de los quince artículos como el año de la publicación de dichos artículos, autor/es, y el tipo de lente que estudian. También se hace una breve descripción de cada artículo, para ayudar a diferenciar los artículos que se basan en estudios clínicos después de una implantación de una LIO determinada, respecto a otros artículos que se basan, por ejemplo, en ensayos sobre simulaciones teóricas de LIO trifocales.

## RESULTADOS TEÓRICOS

A continuación se comentan los resultados relacionados con los estudios y ensayos realizados para el diseño y optimización de las lentes intraoculares trifocales y su comparación con las lentes intraoculares bifocales.

La MTF de un sistema óptico se define como la amplitud del contraste imagen dividida por la amplitud del contraste objeto en función de la frecuencia espacial<sup>8</sup>. En general, cuanto mayor es la frecuencia espacial, mayor es la pérdida de contraste causada por el sistema óptico. Al mismo tiempo, las mediciones de MTF sobre la

base de modelos de ojo constituyen un método estándar internacional generalizado utilizado para estimar la calidad de imagen de una LIO. Una disminución de la MTF se traduce en variaciones de contraste de imagen que podrían conducir a un empeoramiento del rendimiento del sistema óptico<sup>3,4,9,10</sup>.

La calidad óptica de las LIOs se ha medido en diferentes ensayos usando el banco óptico PMTF (Lambda-X, software versión 1.13.6). Este equipo cumple con los requisitos de la Organización Standard Internacional (ISO) 119979-2 y 11979-9 y se ha diseñado para estudiar/analizar LIOs multifocales. Está constituido por una fuente de iluminación, un objeto, una lente colimadora, un diafragma, dos lentes formando un sistema afocal, una cubeta de solución salina de cloruro de sodio (NaCl) para sumergir la LIO y un microscopio que incorpora una cámara CCD donde se recoge la imagen proporcionada por la LIO. Los estudios se realizan con diferentes aperturas, en función de la frecuencia espacial y en función del plano focal.

En primer lugar, en lo que respecta a la comparación entre LIOs trifocales y LIOs bifocales, nos encontramos con el estudio de Madrid-Costa et al [9] donde se analizan tres lentes intraoculares multifocales difractivas apodizadas: la LIO bifocal Acrysof ReSTOR SN6AD1 (adición +3.00 D), la LIO bifocal Acrysof ReSTOR SV25To (adición +2.50 D) y la LIO trifocal AT.LISA tri 839MP, y el trabajo de *Montés-Micó et al*, donde se comparan la LIO bifocal Acrysof ReSTOR de adición + 3.0D y la LIO trifocal FineVision.

En el punto focal 0.0D (distancia lejana) los mejores resultados se obtienen con la LIO bifocal de adición +2.5 D y los peores resultados con la LIO trifocal. En el punto focal de -2.0 D, todas las LIOs muestran prácticamente los mismos resultados. En los puntos focales de -2.5 y -3.0 D (distancia cercana) para 3.0 mm de apertura, es la LIO bifocal de +3.0 D de adición la que obtiene los mejores resultados, seguida por la LIO bifocal de +2.5 D de adición. Para el punto focal de visión intermedia (-1.5 D) es la LIO trifocal la que obtiene mejores resultados.

En cuanto a la calidad óptica en función de la pupila se puede comprobar que la LIO trifocal AT.LISA tri 839MP obtiene una calidad óptica constante para todos los diámetros pupilares, lo que indica independencia pupilar en visión le- ➔



Tabla 2.

Clasificación de las distintas LIOs trifocales utilizadas en los distintos estudios y otros datos relevantes sobre cada estudio.

Autor	Año	Nºojos	Tipo LIO	Edad (rango)	LA(mm) (rango)	PCA(mm) (rango)	Pot IOL(D) (rango)
<i>Law et al</i>	2013	60	AT.LISA tri 839 MP	61±1,62 (51 to 58)	23,65±1,25 (20,96 to 25,89)	3,09±0,27 (2,64 to 3,48)	20,00±4,56 (12 to 32)
<i>Mojzis et al</i>	2013	60	AT.LISA tri 839 MP	57,9±7,8 (42 to 76)	---	4,5 (to IOL equator)	(0,00 to 32,00)
<i>Alió et al</i>	2013	40	Fine Vision	66,49 (54 to 82)	---	---	(10 to 35)
<i>Vryghemet al</i>	2013	50	Fine Vision	70,37 ± 10,34 (49 to 93)	23,70 ± 1,08 (22,41 to 26,77)	---	20,42± 3,45 (11 to 27,5)
<i>Sheppard et al</i>	2012	30	Fine Vision	69,8±10,0 (52 to 86)	---	---	(10 to 30)
<i>Cochener et al</i>	2012	94	FineVision	64±8	23,13±1,17 (20,53 to 26,15)	---	21,69 ± 3,15 (12 to 30)
<i>Lesieur G</i>	2012	20	FineVision	59,3± 4,1	23,41± 0,97	---	21,80 ± 2,00
<i>Voskresenskaya et al</i>	2010	36	MIOL-Record	(35 to 75)	---	---	(5,0 to 29,0)

\*LA, longitud axial; PCA, profundidad de la cámara anterior

➊ jana. Sin embargo, en las LIOs bifocales, debido a su diseño con una zona difractiva apodizada con disminución gradual de la altura de los pasos hacia la periferia, hay dependencia con el tamaño pupilar. Las dos LIO trifocales, aun teniendo diseños distintos, superan los resultados de la LIO bifocal en visión intermedia, para todas las frecuencias espaciales y todos los diámetros pupilares. Sin embargo, en visión de lejos y en visión de cerca, las LIOs bifocales muestran un resultado mejor.

En este sentido, en el estudio de Ruiz-Alcocer et al<sup>10</sup> se realiza una comparativa de las LIOs trifocales Fine Vision y AT.LISA tri 839MP, midiendo la MTF para distintas aperturas<sup>8</sup>.

Para 2.0 mm de apertura la MTF de la LIO FineVision muestra tres picos, siendo el correspondiente al punto focal intermedio, el que presenta un menor valor. Por otro lado, la MTF de la LIO AT.LISA tri 839MP presenta sólo dos picos claros en los puntos focales de lejos y de cerca lo que indica un comportamiento bifocal, con un mejor resultado en visión de lejos que la LIO FineVision.

Para 3.0 mm de apertura, las MTF de ambas LIOs muestran tres picos claros en los puntos focales 0.0,-1.5 y -3.0/-3.5 D, que corresponden

a las distancias de visión de lejos, intermedia y cerca, respectivamente y su comportamiento es muy similar.

Para 3.0, 3.75 y 4.5 mm de apertura ambas LIOs proporcionan tres picos en los puntos focales de lejos, intermedio y cerca. La diferencia es que para 3,75 y 4,0 mm la LIO AT.LISA tri 839MP obtiene mejores resultados en los puntos focales intermedio y cercano y la FineVision en el punto focal de lejos. Este mejor resultado en lejos, que aumenta con el diámetro puede deberse al diseño trifocal apodizado. En este diseño, la altura del paso disminuye hacia la periferia y la cantidad de luz dedicada a la visión de lejos aumenta con el tamaño pupilar. Así pues, para aperturas grandes, la mayoría de luz que pasa a través de la LIO FineVision está dedicada a visión de lejos, teniendo un impacto negativo en la visión intermedia y cercana, y por tanto siendo más pupilo-dependiente que la LIO AT.LISA tri 839MP.

### RESULTADOS CLÍNICOS

Además del estudio de las lentes intraoculares in vitro para conocer sus características generales y entender su funcionamiento, es relevante el

**Tabla 3.**

Resultados visuales reportados para los tres tipos de LIOs trifocales evaluadas.

Autor(año)	UDVA (LogMAR)	CDVA (LogMAR)	UNVA (LogMAR)	CNVA (LogMAR)	UIVA (LogMAR)	CIVA (LogMAR)	DCNVA (LogMAR)	DCIVA (LogMAR)	EE(D)
<b>Law et al (2013)</b>	0.05 ±0.07	-0.02 ±0.05	---	---	---	---	---	---	0.09± 0.20
<b>Mojzis et al (2014)</b>	-0.03 ±0.09	-0.05 ±0.08	0.20 ±0.12 (33cm)	0.13 ±0.10 (33cm)	0.08 ±0.10 (66cm)	0.06 ±0.11 (66cm)	0.17 ±0.11 (33cm)	0.08 ±0.10 (66cm)	-0.12 ± 0.39
<b>Alió et al (2013)</b>	0.18 ±0.13	0.05 ±0.06	0.26 ±0.15 (40cm)	---	0.20 ±0.11 (80cm)	---	0.16 ±0.13 (40cm)	0.17 ±0.09 (80cm)	0.39 ± 0.27*
<b>Vryghem et al (2013)</b>	0.06 ±0.09 (4m)	---	0.11 ±0.12 (35cm)	---	0.05 ±0.19 (70cm)	---	0.09 ±0.12 (35cm)	0.06 ±0.19 (70cm)	---
<b>Sheppard et al (2012)</b>	0.19 ±0.09	0.08 ±0.08	---	---	---	---	---	---	---
<b>Cochener et al (2012)</b>	0.08 ±0.12	0.03 ±0.06	0.01 ±0.06 (35cm)	---	0.08 ±0.12 (65cm)	---	0.00 ±0.05 (35cm)	0.08 ±0.10 (65cm)	0.08 ±0.43
<b>Lesieur (2012)</b>	0.02 ±0.04	0.00 ±0.01	P1.83± 0.24 (30 cm)	---	P2.42± 0.51 (60cm)	---	P1.85± 0.24 (30cm)	P2.50± 0.52 (60cm)	0.13 ±0.48
<b>Voskresenskaya et al (2010) (decimal)</b>	0.74 ±0.21	0.86 ±0.23	0.85 ± 0.13	0.89 ±0.12	0.58 ± 0.16 (50cm)	0.60 ±0.20 (50cm)	0.89 ± 0.12	0.60 ±0.12	-0.41 ± 0.49

\*Desenfoque equivalente

\*Abreviaturas: UDVA, agudeza visual de lejos no corregida; CDVA, agudeza visual de lejos corregida; UNVA, agudeza visual de cerca no corregida; CNVA, agudeza visual de cerca corregida; UIVA, agudeza visual intermedia no corregida; CIVA, agudeza visual intermedia corregida; EE, equivalente esférico.

estudio clínico, ya que al colocar dichas lentes dentro del ojo, el comportamiento puede modificarse de forma relevante. Existen diversos estudios donde se han analizado los resultados clínicos con lentes intraoculares trifocales en términos de agudeza visual, refracción, sensibilidad al contraste, curva de desenfoque, e incluso aberraciones. La *Tabla 2* muestra las características principales de los estudios existentes hasta la fecha sobre lentes trifocales. Observando el tipo de LIO utilizada en la bibliografía revisada, se aprecia como la LIO más estudiada a nivel clínico hasta la fecha es la lente FineVision (PhysIOL), seguida de la AT.LISA tri 839 MP (Carl Zeiss Meditec) y la LIO MIOL-Record (Reper-NN), la cual solo se evalúa en un artículo. A continuación se discuten en detalle los resultados obtenidos para cada tipo de LIO.

## RESULTADOS VISUALES Y REFRACTIVOS

La *Tabla 3* resume los resultados de los estudios por LIO, que son concretamente los obtenidos en el posoperatorio; es decir, a los seis meses del seguimiento. Las agudezas visuales mostradas están medidas monocularmente, ya que en la mayoría de artículos solo miden este tipo de agudeza visual<sup>2,7,14</sup>.

Por otro lado, entre paréntesis aparece la distancia a la que han posicionado los tests para la medición de la agudeza visual cercana e intermedia, aunque no en todos los estudios se proporciona información acerca de dicha distancia. En el caso del artículo de *Voskresenskaya et al* [7], la agudeza visual corregida de cerca (CNVA) y la no corregida (UNVA) la miden a la distancia preferida por el paciente, sin especificar un valor fijo.



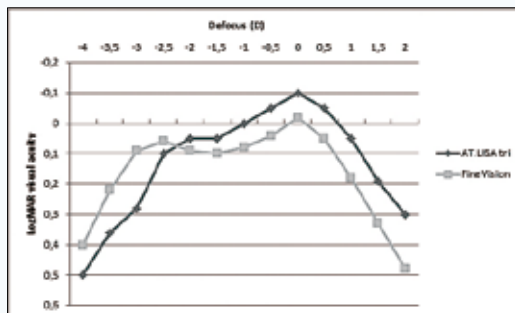


Figura 4.

Curva de desenfoque binocular media obtenida con las LIOs trifocales AT.LISA tri 839 MP por Mojzic et al<sup>10</sup> y FineVision por Cochener et al<sup>12</sup>.

☉ Tal y como se puede apreciar en la *Tabla 3*, en lo que respecta a los estudios correspondientes a la LIO AT.LISA tri 839 MP, se puede observar como Mojzic et al<sup>5</sup> obtuvieron mejores resultados en cuanto a agudeza visual de lejos de forma no corregida (UDVA) y corregida (CDVA), aun quedando una mínima miopía residual en la mayoría de la población en dicho artículo.

En lo que respecta a los cinco artículos sobre la LIO FineVision se aprecia como hay una gran variabilidad en los resultados. Los estudios que consiguen mejores agudezas visuales tanto en visión lejana, intermedia y cercana son los de Vryghem et al<sup>1</sup>, Cochener et al<sup>15</sup> y Lesieur<sup>16</sup>, obteniendo resultados parecidos en cada distancia medida menos en las distancias intermedias donde Lesieur consigue peores resultados en comparación con Vryghem et al<sup>1</sup> y Cochener et al<sup>15</sup>. Cochener et al<sup>15</sup> muestra la mejor DCNVA (agudeza visual de cerca con la corrección de lejos, distance-corrected near visual acuity) y Vryghem et al<sup>1</sup> la mejor DCIVA (agudeza visual intermedia con la corrección de lejos, distance-corrected intermediate visual acuity). Destacar que Lesieur<sup>16</sup> presenta las mejores agudezas visuales de lejos comparando con los demás estudios que evalúan la LIO FineVision. Esto podría deberse a que en este estudio, Lesieur<sup>16</sup> utilizó un número de pacientes y un rango de edad menor que en los dos artículos con los que se compara. El rendimiento óptico del ojo humano es conocido por disminuir con la edad, con una reducción resultante en agudeza visual para ancianos fáquicos e individuos pseudofáquicos<sup>2</sup>. En relación a la LIO MIOL-Record, solo se dispone de un artículo que hable de ella, no pudiéndose conocer la variabilidad en función

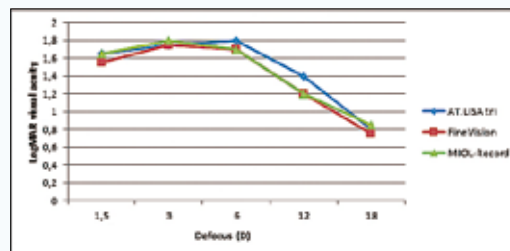


Figura 5.

Curva de sensibilidad al contraste bajo condiciones fotópicas obtenida con la LIO AT.LISA tri 839 MP por Mojzic et al<sup>10</sup>, con la LIO FineVision por Vryghem et al<sup>1</sup> y con la LIO MIOL-Record por Voskresenkaya et al<sup>13</sup>.

del cirujano y el método de seguimiento clínico seguido.

A la hora de comparar las distintas LIOs, se aprecia como en distancia lejana, la LIO para la cual se ha reportado el mejor resultado es la AT.LISA tri de acuerdo a lo publicado por Mojzic et al<sup>5</sup>, consiguiendo una UDVA media de  $-0.03 \pm 0.09$  y una CDVA medio de  $-0.05 \pm 0.08$ . Las otras dos LIOs también se ha demostrado que proporcionan una buena agudeza visual en visión de lejos, obteniéndose valores parecidos entre ellas, exceptuando en los estudios de Alió et al<sup>15</sup> y Sheppard et al<sup>2</sup>, donde consiguen peores resultados a dicha distancia, ambos con la LIO FineVision. Esta diferencia podría ser debida tanto por el rango de edad existente en cada estudio, como por diferencias en el procedimiento clínico-quirúrgico o en la constante empleada para el cálculo de la potencia de la LIO.

En distancia cercana, se aprecia como las agudezas visuales disminuyen en comparación con las agudezas visuales obtenidas en visión lejana, excepto en los estudios de Cochener et al<sup>15</sup> (FineVision) y Voskresenkaya et al<sup>7</sup> (MIOL-Record), donde mejoran sus datos de agudeza visual. Alió et al<sup>14</sup> con la LIO FineVision obtienen el valor más bajo de UNVA, siendo el valor medio de  $0.26 \pm 0.15$  logMAR. La razón podría ser otra vez el rango de edad utilizado, llegando a personas de 82 años, o por el equivalente esférico, siendo en este artículo donde se encuentra el valor más alto de hipermetropía. Asimismo, la evaluación de la LIO AT.LISA tri por Mojzic et al<sup>5</sup> tampoco logra los mejores resultados en cerca a pesar de la ligera miopización observada.

Por otro lado, en lo que respecta a la distancia intermedia, se puede apreciar como la UIVA me-

dia más elevada reportada es la conseguida con la LIO FineVision por *Vryghem et al*<sup>1</sup>. Sin embargo, estos valores no son reproducidos por otros autores evaluando la LIO FineVision, como es el caso del artículo de *Alió et al*<sup>14</sup>. La LIO MIOL-Record presenta el peor resultado para distancia intermedia, siendo el valor medio de UIVA de  $0.58 \pm 0.16$  (decimal) y de CIVA (agudeza visual intermedia corregida, *corrected intermediate visual acuity*) de  $0.60 \pm 0.20$  (decimal).

### Curvas de desenfoque

La curva de desenfoque permite evaluar la agudeza visual para diferentes niveles de desenfoque inducidos con lentes que simulan la visión a diferentes distancias<sup>17</sup>. De todas formas, no en todos los estudios revisados se ha analizado la curva de desenfoque, como es el caso del artículo de *Voskresenskaya et al*<sup>7</sup>. Hay que recordar que es en el único artículo que se muestran resultados sobre la LIO MIOL-Record y, por tanto, no se podrá hacer una comparación de esta LIO con las LIOs AT.LISA tri 839 MP y FineVision en lo que respecta a la curva de desenfoque (*Figura 4*).

La *figura 4* muestra la agudeza visual media (logMAR) y sus desviaciones estándar para diferentes valores de desenfoque de la LIO AT.LISA tri 839 MP del estudio de *Mojzsis et al*<sup>10</sup>. La agudeza visual que obtienen oscila entre  $-0.09 \pm 0.09$  logMAR (para 0.00 D) y  $0.16 \pm 0.17$  logMAR (para -3.00 D). Por tanto, hay un descenso de la agudeza visual a medida que nos hallamos más próximos a distancias cercanas. No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la agudeza visual en el rango de desenfoque entre +0.50 y -0.50 D, así como en el rango de -2.00 a -1.00 D (50 cm a 1 m), que corresponde a distancias intermedias. La curva se mantiene casi constante en el intervalo de -1.50 D a -0.50 D, correspondiente a distancias desde 67 cm a 2 m. El cambio medio en la agudeza visual en este rango fue de menos de 0.1 unidades logMAR (de 0.04 a -0.05 logMAR).

En el caso de la LIO FineVision, hay varios estudios que reportan las curvas de desenfoque, por tanto, la descripción se va a realizar de forma más generalizada. La *figura 3* muestra la curva de desenfoque binocular reportada por *Cochener et al*<sup>14</sup> para la LIO FineVision. Por lo general, todos los autores reportan un mismo patrón: dos picos de máxima visión que corresponden a dis-

tancia lejana (0.0D) y distancia cercana (-2.5 D), con un leve descenso de agudeza visual para el desenfoque de -1.5 D, lo que correspondería a la distancia intermedia. Al aumentar las dioptrías de desenfoque, es decir, en las zonas correspondientes a distancias cercanas, la agudeza visual aumenta con respecto a la obtenida en distancia intermedia, pero sigue sin superar a la agudeza visual conseguida en visión de lejos. Únicamente *Lesieur*<sup>16</sup> obtiene una curva de desenfoque donde sólo se visualiza un pico de máxima visión para lejos, disminuyendo la curva progresivamente al presentar desenfoques correspondientes a zonas de visión intermedia y cercana.

### Sensibilidad al contraste

Prácticamente todos los artículos revisados que evalúan LIOs trifocales exponen unos resultados de sensibilidad al contraste, que están aproximadamente dentro del intervalo de normalidad para el rango de edad correspondiente. La *figura 5* muestra las funciones de sensibilidad al contraste con LIOs trifocales reportadas por diversos autores.

En cuanto a los resultados de la función de sensibilidad al contraste obtenidos en el estudio de *Alió et al*<sup>15</sup>, se observa que 6 meses después de la cirugía la LIO FineVision proporciona resultados en condiciones escotópicas que están dentro de los niveles fisiológicos para la población normal de edad equivalente. *Vryghem et al*<sup>1</sup> muestran como la sensibilidad al contraste de la LIO FineVision en visión fotópica es mejor que en visión mesópica, pero no se produce una importante disminución comparando con LIOs bifocales debido a su diseño. *Voskresenskaya et al*<sup>13</sup> compararon la sensibilidad al contraste en condiciones fotópicas y mesópicas de la LIO trifocal MIOL-Record y con la obtenida con una LIO monofocal y comprobaron que en condiciones fotópicas no existía una diferencia significativa entre la LIO monofocal y la LIO trifocal, aunque la tendencia era la obtención de una mejor sensibilidad al contraste con la lente monofocal.

### Aberraciones

Respecto a las aberraciones oculares, solo se dispone de dos artículos que muestran resultados sobre éstas en ojos implantados con LIOs trifocales. Se hace un análisis de las aberraciones oculares para un mayor entendimiento del ➔





⊕ funcionamiento de las LIOs *in vivo*, ya que la introducción de una nueva lente en sustitución del cristalino, conlleva a una modificación de la calidad de imagen retiniana. *Mojzis et al*<sup>5</sup> comprobaron que las aberraciones totales y las aberraciones de alto orden (HOA) disminuían después de la implantación de la LIO AT.LISA tri 839 MP, aunque la diferencia solo fue significativa para las aberraciones totales (referido a cambios en la RMS, *root mean square*, error cuadrático medio). En cuanto a la aberración esférica interna, aumenta el valor del coeficiente de Zernike correspondiente a los 6 meses de la cirugía con respecto a los valores medidos preoperatoriamente. Este hallazgo resulta positivo, teniendo en cuenta que la aberración esférica inducida es negativa y compensaría la corneal. *Voskresenskaya et al*<sup>7</sup> estudiaron las aberraciones de la LIO pero su análisis se basó en una comparación de éstas con las aberraciones asociadas al implante de la LIO AcrySof ReSTOR obtenidos en otro estudio.

Si se observan los valores postoperatorios de RMS obtenidos por la LIO MIOL-Record (HOA=  $0.816 \pm 0.362 \mu\text{m}$  y SA=  $0.207 \pm 0.136 \mu\text{m}$ ) y los comparamos con los de la AT.LISA tri839MP (HOA=  $0.29 \pm 0.10 \mu\text{m}$  y SA =  $0.04 \pm 0.03 \mu\text{m}$ ), la LIO MIOL-Record se asocia a mayores niveles de aberración que la AT.LISA tri 839MP. Esto podría ser debido al diseño con el que están fabricadas las lentes. Por tanto, el diseño de la AT.LISA tri 839MP (combinación de un patrón difractivo bifocal con una óptica trifocal en la superficie anterior de la lente) proporciona mejores resultados, reduciendo así las aberraciones de alto orden (HOA) y la aberración esférica (SA). Para finalizar, hay que mencionar que el artículo de *Voskresenskaya et al*<sup>7</sup>, al comparar los resultados con los de una difractiva apodizada, encuentran que la lente trifocal (MIOL-Record) obtiene valores más altos de RMS de alto orden y aberración esférica que la apodizada (AcrySof ReSTOR).

#### **Satisfacción/Calidad de vida del paciente: Cuestionarios**

En este apartado no se va a llevar a cabo una comparación de resultados, si no que se va a analizar críticamente la función de los cuestionarios para valorar subjetivamente el resultado tras la implantación de una LIO trifocal. Dichos

cuestionarios están elaborados de tal forma que preguntan el nivel de satisfacción de los sujetos en varias tareas: tareas del hogar, lectura de libros y periódicos, conducción nocturna, trabajo con ordenador, etc. Por lo general, todo artículo que ha introducido este tipo de cuestionario, presenta un porcentaje muy bajo de sujetos que ha experimentado algún tipo de complicación con alguna de las tareas dichas anteriormente. Este porcentaje es considerado insignificante con respecto al porcentaje de sujetos que valoran bien las preguntas sobre las diferentes tareas. En resumen, en estos artículos que emplean cuestionarios, el nivel de satisfacción de los sujetos con la LIO que se le ha implantado es bastante elevado. Sin embargo, los pacientes no pueden ser objetivos ya que solo conocen la LIO que se les ha implantado. A su vez, una limitación de estos cuestionarios puede ser la potencial sugestión del paciente por parte del entrevistador e incluso del propio enunciado de las preguntas, ya que se emplean cuestionarios no validados, excepto en el estudio de Sheppard et al<sup>2</sup>.

#### **Complicaciones**

La complicación que la mayoría de artículos exponen, y por lo tanto, todas las LIOs producen, son los fenómenos fóticos. Estos fenómenos fóticos frecuentemente asociados con las lentes intraoculares multifocales, incluyendo destellos, halos, y disfotopsia positiva, pueden afectar a la calidad de vida y son aproximadamente 3,5 veces más comunes en las LIO multifocales que en las lentes intraoculares monofocales<sup>2</sup>. Si se analizan todos los artículos, el porcentaje de deslumbramiento varía dependiendo de la LIO que se haya estudiado y del autor. Dependiendo del estudio, los pacientes reportan halos significativos por los cuales están insatisfechos después de la implantación de las LIOs o halos que no les afectan en su vida cotidiana. Por lo general, la LIO que obtiene menor porcentaje de pacientes que refieren halos es la LIO FineVision, aunque en general se reporta que los fenómenos fóticos percibidos con ambas LIOs son bien tolerados y en ningún caso incapacitantes. Como se ha mencionado anteriormente, estos efectos parecen ser inherentes a las LIO multifocales como resultado de la creación de múltiples imágenes con focos simultáneos<sup>7</sup>. Esta creación de

múltiples imágenes genera luz desenfocada, y bajo condiciones de poca iluminación, aparecen los halos. Ha sido demostrado que una disminución de la altura de los pasos de difracción desde el centro hasta periferia los reduce<sup>1</sup>.

## CONCLUSIONES

Esta revisión se ha realizado comparando todos los datos teóricos y clínicos encontrados, para poder llegar a una comprensión del funcionamiento de las LIOs trifocales. Dichas lentes muestran una clara dominancia visual en distancia intermedia, debido a la creación de un tercer foco mediante diversos diseños difractivos si son comparadas con LIOs bifocales. Pero la distribución de luz que se produce debido a los tres focos principales, hace que disminuya la calidad óptica en visión lejana y cercana, lo que no ocurre en las LIOs bifocales que, dependiendo de la adición que tengan (media o alta), presentan mejores valores en distancias lejanas o cercanas.

Los resultados clínicos y teóricos de las LIOs trifocales muestran diferencias ya que por ejemplo, en cuanto a calidad óptica, la LIO FineVision obtiene mejores resultados en distancias lejanas pero la LIO AT.LISA tri 839 MP es la LIO que consigue una mayor AV en dicha distancia. O por el contrario, la LIO AT.LISA tri 839 MP obtiene buenos resultados de MTF en distancia cercana e intermedia pero clínicamente, es una LIO que funciona peor en distancias cercanas. Estas diferencias pueden producirse debido a que es complicado poder llegar a un buen análisis clínico de las LIOs trifocales porque aún no se han realizado los estudios suficientes como para poder hacer grandes comparaciones. Para este estudio, por ejemplo, de una de las LIOs trifocales analizadas, solo se ha podido obtener información de un artículo. Tener un número reducido de artículos es una desventaja a la hora de comparar resultados de una misma LIO. Por otro lado, la multifocalidad de estas lentes intraoculares no provoca disminuciones significativas en la sensibilidad al contraste y se asocia a la aparición de fenómenos fotópicos, especialmente en condiciones de baja iluminación, aunque parece ser que son bien tolerados.

Por tanto, se puede decir que las LIOs trifocales presentan una mejora con respecto a las

LIOs bifocales en cuanto a visión intermedia, manteniendo una calidad óptica aceptable en distancias lejanas y cercanas, no generando disminuciones significativas de la sensibilidad al contraste y asociándose a la percepción de halos o deslumbramientos, sobre todo al inicio tras el implante, y bien tolerados. 🟡🟢🔴

## REFERENCIAS

1. Vryghem JC, Heireman S. Visual performance after the implantation of a new trifocal intraocular lens. *Clin Ophthalmol* 2013;7:1957-65
2. Sheppard AL, Shah S, Bhatt U, Bhogal G, Wolffsohn JS. Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(3):343-9.
3. Gatinel D, Pagnouille C, Houbrechts Y, Gobin L. Design and qualification of a diffractive trifocal optical profile for intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2060-7.
4. Montés-Micó R, Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, Pons M. In vitro optical quality differences between multifocal apodized diffractive intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(6):928-36.
5. Mojzis P, Peña-García P, Lienhneova I, Ziak P, Alió JL. Outcomes of a new diffractive trifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(1):60-9.
6. Law EM, Aggarwal RK, Kasaby H. Clinical outcomes with a new trifocal intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2014;24(4):501-8.
7. Voskresenskaya A, Pozdeyeva N, Pashtaev N, Batkov Y, Treushnicov V, Cherednik V. Initial results of trifocal diffractive LIO implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248(9):1299-306
8. Gatinel D, Houbrechts Y. Comparison of bifocal and trifocal diffractive and refractive intraocular lenses using an optical bench. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(7):1093-9.
9. Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S, Montés-Micó R. Optical quality differences between three multifocal intraocular lenses: bifocal low add, bifocal moderate add, and trifocal. *J Refract Surg* 2013;29(11):749-54.
10. Ruiz-Alcocer J, Madrid-Costa D, García-Lázaro S, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Optical performance of two new trifocal intraocular lenses: through-focus modulation transfer function and influence of pupil size. *Clin Experiment Ophthalmol* 2014;42(3):271-6.
11. Valle JP, Oti JE, Canales VF, Cagigal MP. Visual axial PSF of diffractive trifocal lenses. *Opt Express* 2005;13(7):2782-92.
12. Alió JL, Montalbán R, Peña-García P, Soria FA, Vega-Estrada A. Visual outcomes of a trifocal aspheric diffractive intraocular lens with microincision cataract surgery. *J Refract Surg* 2013;29(11):756-61
13. Cochener B, Vryghem J, Rozot P, Lesieur G, Heireman S, Blanckaert JA, Van Acker E, Ghekiere S. Visual and refractive outcomes after implantation of a fully diffractive trifocal lens. *Clin Ophthalmol* 2012;6:1421-7.
14. Lesieur G. Outcomes after implantation of a trifocal diffractive IOL. *J Fr Ophthalmol* 2012;35(5):338-42.
15. Wolffsohn JS, Jinabhai AN, Kingsnorth A, Sheppard AL, Naroo SA, Shah S, Buckhurst P, Hall LA, Young G. Exploring the optimum step size for defocus curves. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(6):873-80.