

MÉTODOS ÓPTICO-FÍSICOS PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE IMAGEN EN LENTES INTRAOCULARES* 1

BACETE MA, FIMIA A, GONZÁLEZ C, CARRETERO L, PASCUAL I, ALIÓ JL

SUMMARY

OPTICAL PHYSICS METHODS FOR ANALYSIS OF IMAGE QUALITY IN INTRAOCULAR LENSES

The image analysis in the optical system could be realized by different methods. Basically, the interferometry have demonstrated the most precision and of major information. We have planned in this communication the use of the Ronchi Test for the intraocular lenses (I.O.L.) image analysis, including the basical analysis of the spherical aberration for the systems.

In our results we present the calculation of the spherical aberration of P.M.M.A. I.O.L., confirming our theoretical results. We have found the above mentioned technique allows predicting with high efficacy image quality in I.O.L. We have studied with special attention the analysis precision and the experimental technique.

KEY WORDS: Intraocular lens, image quality, aberrations.

RESUMEN

El análisis de la calidad de imagen en sistemas ópticos se puede realizar por diferentes métodos. Siendo los métodos basados en la interferometría, los que han demostrado ser más precisos y aportar mayor información. Planteamos en esta comunicación la puesta a punto del denominado «test de Ronchi» como método interferencial para el estudio de la imagen en lentes intraoculares (L.I.O.), analizándose básicamente la aberración esférica que estos sistemas presentan.

Como resultados, se presenta el cálculo experimental del coeficiente de aberración esférica de una L.I.O. de P.M.M.A., confirmándose dicho valor experimental con los resultados teóricos y encontrándose, que esta técnica, nos permite predecir con gran exactitud la calidad de imagen en la L.I.O. En el estudio se presta especial atención a la precisión y a la técnica experimental empleada.

PALABRAS CLAVE: Lente intraocular, calidad de imagen, aberraciones.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes pro-

puestas de lentes intraoculares (L.I.O.) para su implante, y aunque son muchos los avances que se han realizado en el diseño y fabricación de tales sistemas, no obstante,

* Comunicación presentada en el LXVIII Congreso de la Sociedad Española de Oftalmología (Sevilla, 1992).

¹ Departamento Interuniversitario de Óptica. Div. de Oftalmología. Universidad de Alicante (Campus S. Vte.).

es cada vez más necesario aplicar técnicas de gran precisión para el análisis de estos sistemas como formadores de imagen. La interferometría, la holografía (1) o las técnicas de trazados de rayos (2), aportan mucha información y permiten un buen análisis óptico de las L.I.O., sin embargo, algunos de estos sistemas son sofisticados y necesitan de dispositivos complejos. Otra posibilidad es la utilización del método interferencial denominado «test de Ronchi».

Básicamente este método nos da información sobre las aberraciones que tienen los sistemas ópticos y ha sido aplicado en muchas ocasiones al análisis de lentes, espejos, etc. En esta comunicación aportamos nuestros resultados en el estudio de la aberración esférica de una lente intraocular, que como es conocido es la aberración que más afecta a las L.I.O. (3).

MATERIAL Y MÉTODOS

El test de Ronchi es un método interferencial que permite evaluar la aberración del frente de onda de cualquier sistema. Básicamente consiste en colocar una red de difracción de frecuencia adecuada en la zona de focalización de una lente. El resultado es que una vez que el frente de onda que ha emergido de la lente incide sobre la red de difracción y se difracta, los diferentes órdenes de difracción interfieren, obteniéndose un patrón de interferencia que nos da información sobre la onda emergente del sistema que estamos estudiando.

El análisis numérico de la figura interferencial se ha realizado por medio de un procesado informático de datos que nos permite obtener la forma del frente de onda y por lo tanto conocer el conjunto de aberraciones que la lente presenta.

En la figura 1 hemos esquematizado el dispositivo experimental utilizado. Un haz colimado que proviene de un láser de He-Ne, incide sobre la lente intraocular que se desea analizar. A la distancia aproximada

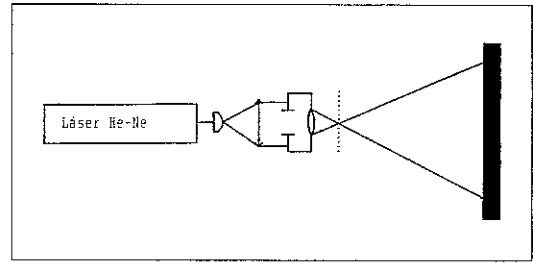


FIG. 1. Dispositivo experimental utilizado.

del valor teórico de la focal de la lente se coloca una red de difracción y a una distancia D cualquiera, que en nuestro caso fue de 70 cm, se sitúa una pantalla sobre la que se visualizará el patrón de interferencia que queremos analizar. Todo el dispositivo está colocado sobre un banco óptico y los sistemas mecánicos de precisión para el posicionamiento de la red están controlados con una precisión de $10 \mu\text{m}$, lo que nos da sensibilidades en la medida con errores inferiores al 1%.

RESULTADOS

Tanto la focal de la lente como la posición adecuada de la red de difracción se calculan por la imagen que en cada caso obtenemos en la pantalla (4). En la figura 2, hemos representado la desviación que presenta el frente de onda que emerge de la lente, tanto teórico como experimental, respecto a un frente de onda esférico. En la figura 3 hemos representado superpuestos los topogramas correspondientes a la figura 2, donde se observa la similitud entre los resultados experimentales y los teóricos.

Mediante el análisis cuantitativo de la figura interferencial hemos obtenido que el coeficiente de aberración esférica de la L.I.O. estudiada tiene un valor de:

$$(5,2 \pm 0,4) 10^{-4} \text{ mm}^{-3}$$

que concuerda con el valor de dicho coeficiente evaluado teóricamente mediante la teoría de aberraciones de tercer orden y que en el caso analizado es:

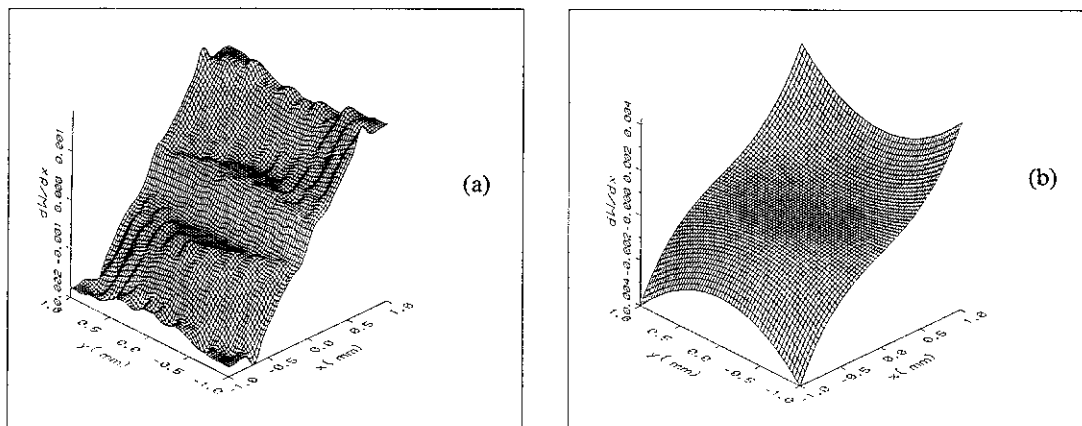


FIG. 2. Representación 3D de la desviación del frente de onda respecto de un frente esférico, (a) Datos experimentales, (b) Datos teóricos.

$$(5,08 \pm 0,06) \cdot 10^{-4} \text{ mm}^{-3}$$

Como se puede observar, los resultados teóricos y experimentales quedan dentro de los errores experimentales. La similitud tanto de la forma de la desviación del frente de onda como de su figura topográfica correspondiente, nos permite correlacionar los datos teóricos y los experimentales.

De este modo podemos conocer «a priori» qué calidad de imagen van a obtener los futuros portadores de cada tipo determinado de L.I.O.

CONCLUSIONES

1.^a) Hemos puesto a punto la técnica del «Test de Ronchi» en el análisis de aberraciones de lentes intraoculares.

2.^a) Hemos confirmado que nuestros resultados son concordantes con los obtenidos por métodos teóricos.

3.^a) Encontramos que esta técnica es idónea para el análisis no destructivo de las L.I.O., así como de sus posibilidades como sistemas formadores de imagen.

4.^a) Podemos decir, que esta información es fundamental para el conocimiento del comportamiento de las L.I.O. en el interior del ojo. Trabajos complementarios realiza-

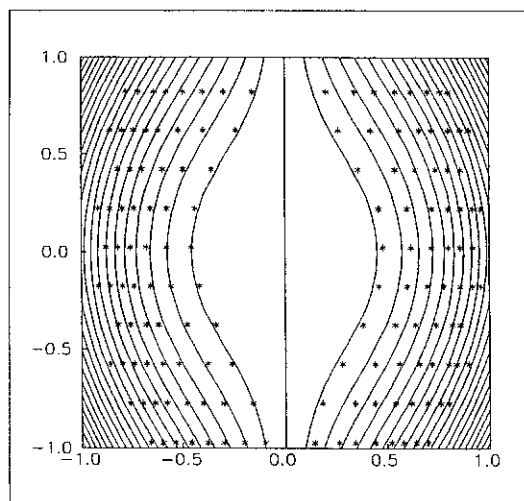


FIG. 3. Representación del topograma correspondiente a la imagen interferencial, (líneas continuas) Datos teóricos, (cruces) Datos experimentales.

dos en esta misma línea de investigación, nos reafirman que los datos aportados aquí son fundamentales para la correlación con los correspondientes datos una vez implantada la L.I.O.

La precisión utilizada en las medidas y la información sobre la aberración del frente de onda creemos que es de vital importancia para el mejor conocimiento de las L.I.O. y de su diseño, pudiéndose optimizar éste mediante los análisis interferométricos aquí presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRETERO L, FUENTES R, FIMIA A: *Measurement of wave aberrations of intraocular lenses through holographic interferometry*. SPIE. 1991; 1508: 96-100
2. FINCHAM WHA, FREEMAN MH: *Optics*. Butterworths. 1980
3. SMITH G, CHENG-WAN LU: *The spherical aberration of intra-ocular lenses*. *Ophtha. Physiol Opt.* 1988; 8: 287-294
4. CORNEJO RODRIGUEZ A: *Ronchi Test*. En: *Optical Shop Testing*, Ed. Daniel Malacara, Editorial Wiley. 1978; 9