

## Estudio comparativo aberrométrico posterior a la cirugía de catarata en el Centro de Microcirugía Ocular "Ramón Pando Ferrer" (2007-2008)

Posterior aberration comparative study after cataract surgery in the "Ramón Pando Ferrer" Ocular Microsurgery center (2007-2008)

Mireya Benítez Cartaya<sup>I</sup>; Juan Raúl Hernández Silva<sup>II</sup>; Luis Curbelo Cunill<sup>III</sup>; Gilberto Fernández Vásquez<sup>IV</sup>; Carmen Padilla González<sup>V</sup>

<sup>I</sup>Especialista de I Grado en Oftalmología. Especialista de I Grado en Medicina General Integral. Aspirante a investigadora. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

<sup>II</sup>Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Oftalmología. Asistente. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

<sup>III</sup>Especialista de II Grado en Oftalmología. Instructor. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

<sup>IV</sup>Especialista de I Grado en Oftalmología. Instructor. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

<sup>V</sup>Especialista de I Grado en Bioestadísticas. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

---

### RESUMEN

**OBJETIVO:** Comparar el resultado visual en pacientes operados de catarata por las técnicas de Blumenthal y facoemulsificación a través de la medición de las aberraciones resultantes.

**MÉTODOS:** Se realizó un estudio observacional, longitudinal y prospectivo, que comparó el resultado visual, según aberraciones resultantes medidas por el OPD Scan II NIDEK en 30 ojos de pacientes operados de catarata por Blumenthal y facoemulsificación, en el Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", desde octubre de 2007 a febrero de 2008. Se aplicaron las pruebas no-paramétricas (Wilcoxon y Mann-Whitney) y se compararon los datos preoperatorios, pospreoperatorios y entre grupos.

**RESULTADOS:** La edad promedio de los pacientes estudiados fue de 63 años. La agudeza visual sin corrección y con corrección posoperatoria mejoró

---

significativamente en ambos grupos. En la facoemulsificación se obtuvo mejor índice de Strehl, sensibilidad al contraste y menor error de frente de onda. Las aberraciones totales, corneales e internas disminuyeron para ambas técnicas. La facoemulsificación redujo de manera significativa las aberraciones totales. En las corneales hubo mayor efectividad en la disminución de la inclinación; en las internas una disminución significativa de la esférica total y la total.

**CONCLUSIONES:** El resultado visual de estos pacientes fue muy bueno en ambos grupos y resultó superior en los operados por facoemulsificación.

**Palabras clave:** Catarata, facoemulsificación, Blumenthal, lente intraocular, aberraciones.

---

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** To compare the visual result in patients operated on of cataract using the Blumenthal and phacoemulsification techniques by measurement of the resultant aberrations.

**METHODS:** A prospective, longitudinal and observational study was conducted to compare the visual result according the resultant aberrations measured by OPD Scan II NIDEK in 30 eyes of patients operated on of cataract by Blumenthal and phacoemulsification techniques in the "Ramón Pando Ferrer" Cuban Institute of Ophthalmology from October, 2007 to February, 2008. Non-parametric tests (Wilcoxon and Mann-Whitney) test were applied and the pre-, post- and intra-groups were compared.

**RESULTS:** The mean age of study patients was of 63 years. The visual acuity with and without postoperative correction improved significantly in both groups. In the case of phacoemulsification there was a better Strehl' index, sensitivity to contrast and less error in wave front. The total, corneal and internal aberrations decreased for both techniques. The phacoemulsification reduced significantly the total aberrations. In the corneal ones there was a great effectiveness in decrease of the slope; in the internal ones there was a significant decrease of total spherical and the total one.

**CONCLUSIONS:** The visual result of these patients was very good in both groups and was superior to those operated on by means of phacoemulsification.

**Key words:** Cataract, phacoemulsification, Blumenthal, intraocular lens, aberrations.

---

## INTRODUCCIÓN

La catarata es la principal causa mundial de ceguera reversible. Existen aproximadamente 37 millones de personas ciegas en el mundo, el 50 % por catarata, y esto se está incrementando a causa del envejecimiento poblacional. La cirugía de la catarata es una de las más frecuentemente realizadas en los EE. UU. y en la Unión Europea, así como también en la India, donde se realizan alrededor de 4 millones de cirugías al año.<sup>1-3</sup>

Estudios realizados en Latinoamérica informan que la catarata sigue siendo la principal causa de ceguera, pero más importante es que de las cirugías realizadas, del 20 al 40 %, se consideran de malos resultados, es decir, con agudeza visual menor de

---

20/60.<sup>4</sup> En Cuba el 2,3 % de la población mayor de 50 años es ciega, y de ella el 50,8 % a causa de la catarata, tasa que se incrementa a medida que aumenta la edad.<sup>5,6</sup>

La cirugía de catarata ha experimentado cambios tecnológicos importantes durante los últimos años. Se ha pasado del concepto de cirugía "extirpadora", cuyo objetivo último era la recuperación de la transparencia del dióptrico ocular mediante la extracción del cristalino cataratoso, a la cirugía refractiva con implante de la lente intraocular, con la finalidad de conseguir la emetropía independientemente del defecto de refracción previo. Sin embargo, el hecho de alcanzar una agudeza visual posquirúrgica de 20/20 o de la unidad, considerado un éxito para los cirujanos refractivos y de catarata, representa solo una parte de la función visual. No es infrecuente que algunos pacientes tengan visión nebulosa, deslumbramiento y mala visión nocturna como reflejo de la reducción de la sensibilidad al contraste.<sup>7</sup>

Además del estudio de la sensibilidad al contraste, el desarrollo durante los últimos años de instrumentos de medición con la tecnología de frente de onda ha despertado el interés de conocer las aberraciones del ojo humano y su impacto en la función visual. Por tanto, para conocer el estado de la función visual en la actualidad es imprescindible manejar la información obtenida de la medición de la agudeza visual con optotipos de la sensibilidad al contraste y del frente de ondas obtenido. En esta situación, la cirugía moderna de la catarata tiene que adicionar al concepto de la cirugía refractiva el de la cirugía rehabilitadora, con lo que el resultado final ha de ser la recuperación de una función visual óptima.<sup>8</sup>

Un sistema óptico tiene tres elementos básicos que pueden alterar la calidad de la imagen generada: la difracción, la dispersión (o *scattering* en inglés) y las aberraciones. La difracción es el efecto que ocasiona el borde pupilar al pasar la luz a través de él, al impactar y desviar su trayectoria. Con estos datos se puede dar explicación en cuanto a los cambios que genera una lente cuando se implanta dentro del ojo. La dispersión de la luz hace referencia a la transparencia de los medios refringentes del ojo.<sup>9</sup>

Las aberraciones constituyen uno de los elementos más debatidos en los últimos años. Es un término derivado del latín *aberratio*, que significa salirse del camino o desviarse, y que consiste en el "defecto óptico debido al cual los rayos procedentes de un punto no forman una imagen perfecta de ese punto al atravesar un sistema óptico". De estas variantes resultan las aberraciones ópticas, y se consideran dos tipos principales: de bajo orden (miopía, hipermetropía y astigmatismo) y de alto orden. En el ojo humano estas aberraciones ocurren principalmente en las superficies anteriores y posteriores de la córnea y del cristalino, pero también pueden responder a irregularidades de forma, de posición, de transparencia y al índice de refracción existentes en los medios refractivos. Esta es la razón por la que los rayos procedentes de un punto objetivo del espacio, que entran por la córnea paralelos al eje óptico del ojo, no formen un punto imagen perfecto en el plano de los fotorreceptores foveales, y resultan imágenes desenfocadas que disminuyen la agudeza visual. Estas desviaciones pueden ser principalmente determinadas por los actuales métodos diagnósticos. A esta práctica oftalmológica se le identifica con el nombre de aberrometría.<sup>10</sup>

Para medir el nivel de incidencia de las aberraciones existen diferentes tipos de tecnologías aberrométricas; entre ellas, está la del OPD-Scan II AR-10 000 (*Optical Path Difference*), tecnología japonesa de la firma Nidek, de la que se dispone actualmente en el Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", la cual permite una información muy exacta y fidedigna para los diagnósticos ópticos.

Esta adquisición ha motivado el estudio aberrométrico antes y después de la cirugía de catarata a un grupo de pacientes para medir el comportamiento de la calidad visual, resultante del implante de dos modelos de lente intraocular: PCF60 (plegable) y PH55 (rígido), mediante dos técnicas quirúrgicas: Blumenthal y facoemulsificación. En esa línea de pensamiento se justifica que se hagan investigaciones sobre la calidad resultante de las intervenciones quirúrgicas. Esto requiere aun más, en el plano científico y tecnológico, buscar las mejores técnicas que contribuyan a ir elevando progresivamente la calidad del trabajo oftalmológico cubano.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, longitudinal y prospectivo, en el Centro de Microcirugía Ocular del Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", de La Habana. El universo estuvo integrado por los pacientes que acudieron a la línea diagnóstica preoperatoria del servicio de catarata de dicho centro y que presentaban diagnóstico de catarata con parámetros tributarios de tratamiento quirúrgico, en el período comprendido entre octubre de 2007 y febrero de 2008.

No fueron aceptados para el estudio aquellos pacientes que presentaban los siguientes criterios de exclusión: enfermedades de párpado (ectropión, entropión, ptosis palpebral), alteraciones de la lágrima (ojo seco), trastornos corneales (distrofias, degeneraciones, queratocono y leucoma), cataratas traumáticas, glaucoma, degeneraciones retinianas y maculares que se detectaran en el período preoperatorio, anomalías oculares congénitas (microcórnea, aniridia VPHP), enfermedades generales como conectivopatías y afecciones del sistema inmunológico, y pacientes que no asistieron a realizarse la medición posoperatoria. Esto motivó que se redujera la población operada de catarata.

El tamaño de la muestra estuvo determinado por la posibilidad de realizar el mapa de diferencia del patrón óptico (OPD Scan) en el tiempo establecido para la investigación, que quedó compuesta por 30 ojos, y se constituyeron dos grupos de estudio:

*Grupo 1:* Pacientes operados con la técnica quirúrgica Blumenthal, con implante de lente rígido PMMA (PH - 55).

*Grupo 2:* Pacientes operados mediante la facoemulsificación y el implante de lente acrílico plegable hidrofílico (PCF 60).

A todos los pacientes seleccionados se les realizaron los siguientes estudios preoperatorios: examen oftalmológico completo mediante biomicroscopia del segmento anterior y posterior, así como oftalmoscopia indirecta, medida de agudeza visual sin y con corrección, autorrefracción, queratometría, biometría, tonometría por aplanación, cálculo del lente intraocular (LIO) por IOL Master (SRK-T) y OPD Scan.

Todos los pacientes fueron operados por el mismo equipo de cirujanos. El seguimiento posoperatorio se realizó mediante consultas planificadas al primer día, a la semana, al mes y a los dos meses posteriores a la cirugía. En todas se efectuó un examen detallado en el biomicroscopio y con el OPD Scan al primer mes y al segundo de posoperatorio.

Se definió un conjunto de criterios de medición, mapeo y graficación en aras de lograr un resultado cualitativo, tanto para las mediciones preoperatorias como

posoperatorias de cada paciente en condiciones mesópicas. De la gama de mapas con sus correspondientes gráficas del OPD Scan se trabajó solo con seis:

- Mapa OPD
- Mapa axial
- Mapa OPD interno
- Gráfico RMS
- Gráfico de función de transferencia modular (MTF)

MTF

- Mapa de calidad visual (índice Strehl, WF error)

Las fuentes de información utilizadas fueron la planilla de recolección de datos confeccionada a los efectos de la investigación y una base de datos en Microsoft Excel para la recogida de los gráficos de Zernike correspondientes a cada tipo de mapa estudiado por cada paciente.

Los datos se obtuvieron de una hoja de cálculo de Microsoft Excel (versión 2003), donde se normalizaron y estandarizaron. El fichero resultante se importó a una base de datos del paquete estadístico SPSS (versión 11.0) para su posterior procesamiento.

Para el procesamiento estadístico se emplearon técnicas exploratorias y confirmatorias. La información se resumió en tablas y gráficos. Además, se aplicaron las pruebas no-paramétricas: prueba de los rangos con signo de Wilcoxon y prueba de Mann-Whitney (comparación de datos preoperatorios y posoperatorios y comparación entre grupos, respectivamente). Se trabajó con un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ .

A los pacientes que formaron parte de la investigación se les entregó para su firma una hoja de consentimiento informado, donde quedaron expresados explícitamente los objetivos del estudio y la voluntariedad y respeto a la confiabilidad de la información obtenida para este.

## RESULTADOS

Del total de pacientes ( $n = 30$ ), se les realizó la técnica Blumenthal a 8 (26,67 %) y facoemulsificación a 22 (73,33 %). De ellos, 18 (60,0 %) eran del sexo femenino, de las cuales 5 (27,78 %) recibieron la técnica Blumenthal y las 13 restantes (72,22 %) la facoemulsificación. En cuanto al sexo masculino, de 12 pacientes (40 %), 3 (25 %) correspondieron a Blumenthal y 9 (75,0 %) a la facoemulsificación. La edad media de los pacientes en el grupo Blumenthal (lente intraocular rígido) fue de 69,5 años (51 a 91) y en el grupo facoemulsificación (lente intraocular plegable) de 61,36 años (45 a 76). Tanto la agudeza visual sin corrección como la agudeza visual con corrección (en ambos momentos) mejoraron significativamente después de la cirugía para ambos grupos (tabla 1).

**Tabla 1.** Distribución de los pacientes preoperatorio vs. posoperatorio, por agudeza visual sin corrección, agudeza visual con corrección, Índice de Strehl y WF error por técnica quirúrgica

Variables		Grupo 1 (Blumenthal)	Probabilidad	Grupo 2 (faco)	Probabilidad
Agudeza visual sin corrección	Pre	0,101	0,010	0,174	0,000
	Pos	0,381		0,400	
Agudeza visual con corrección	Pre	0,2738	0,012	0,2636	0,000
	Pos	0,7625		0,7591	
Índice Strehl	Pre	0,005	0,207	0,003	0,000
	Pos	0,007		0,023	
WF error	Pre	10,039	0,575	6,917	0,002
	Pos	7,97		3,168	

Fuente: Planilla de recolección de datos y base de datos.

El índice de Strehl (cociente de la intensidad máxima) mejoró para el grupo 1 después de realizada la cirugía, pero no reflejó una diferencia estadísticamente significativa; no así para el grupo 2 (facoemulsificación), en el que mejoró significativamente, con lo que se interpretó que dicho resultado denotó una mayor calidad visual en el segundo grupo.

El error de frente de onda (WF error) mejoró tras la cirugía para los dos grupos, pero con diferencias significativas para el grupo 2, lo que significa que la facoemulsificación indujo menos error total para el frente de onda.

La función de transferencia modular (MTF) o pérdida en contraste de la imagen, donde se estudian las diferencias entre el objeto que se proyecta sobre la lente y la imagen que esta genera, es la relación del contraste del objeto y el contraste de la imagen expresada por el valor de la función MTF de una lente, que será 1 cuando es perfecta la transferencia de modulación. Este valor disminuye en la medida en que aparezcan imperfecciones, hasta aproximarse a cero (0); por tanto, en este estudio no se expresa una mejoría significativa en el grupo 1 poscirugía, pues no se comporta de igual manera que en el grupo 2, en el que hubo una mejoría significativa en la sensibilidad al contraste posquirúrgico. Como se muestra en la tabla 2, la distribución de los pacientes por MTF A/B (pre vs. pos) y MTF A/D según técnica quirúrgica por grupo es la siguiente:

- MTF A/B: donde A es el área comprendida por la curva promedio del ojo del paciente (*ave curve*), y B es el área comprendida por la curva BMTF (curva representativa del ojo humano emétrico).
- MTF A/D: donde A es el área comprendida por la curva promedio del ojo del paciente (*ave curve*) y D es el área comprendida por la curva límite de difracción.

**Tabla 2.** Distribución de los pacientes por MTF A/B (preoperatorio vs. posoperatorio) y MTF A/D según técnica quirúrgica (grupo)

Variables		Grupo 1	Probabilidad	Grupo 2	Probabilidad
MTF A/B	Pre	0,207	0,161	0,207	0,00
	Pos	0,253		0,365	
MTF A/D	Pre	0,079	0,161	0,077	0,00
	Pos	0,096		0,149	

Fuente: Base de datos.

Las aberraciones corneales posquirúrgicas expresadas en el gráfico de *Zernike* correspondientes al mapa axial (tabla 3) disminuyeron en ambos grupos, menos el astigmatismo tetraangular total y la "aberración esférica total" posquirúrgicos, que aumentaron ligeramente (aunque no de manera significativa) en el grupo 1.

**Tabla 3.** Aberraciones corneales (pre y pos) por grupo de estudio según valores expresados por el gráfico de *Zernike* correspondiente al mapa axial

Variables		Blumenthal		Faco		Probabilidad <sub>b vs. f</sub> **
		Media	Prob <sub>b</sub> *	Media	Prob <sub>f</sub> *	
Aberración total = total	Pre	9,866	0,575	6,346	0,935	0,373
	Pos	9,616		4,433		0,174
Inclinación = tilt	Pre	5,018	0,674	2,066	0,200	0,467
	Pos	4,638		1,425		0,041
Aberración de más alto orden total = h-o	Pre	6,629	1,000	3,393	0,685	0,281
	Pos	6,048		3,251		0,574
Coma total = t.coma	Pre	3,757	0,889	1,857	0,581	0,673
	Pos	3,208		1,395		0,453
Astigmatismo triangular total = t.trefoil	Pre	3,415	0,674	1,860	0,709	0,159
	Pos	3,358		1,633		0,708
Astigmatismo tetraangular total = t.4foil	Pre	2,445	0,484	2,119	0,372	0,907
	Pos	2,451		1,392		0,639
Aberración esférica total = t.sph	Pre	1,300	0,674	1,805	0,570	0,708
	Pos	1,368		0,681		0,542
Astigmatismo de alto orden = h.astig	Pre	2,129	0,779	1,559	0,935	0,302
	Pos	1,914		1,017		0,778

\* Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

\*\* Prueba de Mann-Whitney.

Fuente: Base de datos.

En el grupo 2 (facoemulsificación) disminuyeron sensiblemente en comparación con el grupo 1 (Blumenthal), y solo se establecieron diferencias significativas para la "inclinación", en comparación con este último (tabla 4).

**Tabla 4.** Aberraciones internas (pre y pos) por grupo de estudio según valores expresados por el gráfico de *Zernike* correspondiente al mapa Internal OPD

		Blumenthal		Faco		Probabilidad <sub>B vs. A</sub> **
		Media	Probabilidad*	Media	Probabilidad <sub>F</sub> *	
Aberración total = Total	Pre	8,116	0,327	9,505	0,004	0,925
	Pos	7,956		3,095		0,044
Inclinación = Tilt	Pre	4,646	0,674	3,419	0,178	0,542
	Pos	3,811		2,374		0,061
Aberración de más alto orden total = H-O	Pre	5,258	0,327	5,502	0,077	0,606
	Pos	4,699		1,768		0,017
Coma Total = T.Coma	Pre	2,480	0,674	2,717	0,098	0,851
	Pos	2,442		0,890		0,091
Astigmatismo triangular total = T.Trefoil	Pre	3,148	0,484	2,234	0,485	0,174
	Pos	2,074		0,665		0,122
Astigmatismo tetraangular total = T.4foil	Pre	2,186	0,674	1,943	0,733	0,348
	Pos	1,514		0,751		0,007
Aberración esférica total = T.Sph	Pre	14,358	0,779	1,748	0,016	0,606
	Pos	1,477		0,376		0,223
Astigmatismo de alto orden = H.Astig	Pre	2,133	0,208	1,975	0,223	0,241
	Pos	1,849		0,613		0,039

\* Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

\*\* Prueba de Mann-Whitney.

Fuente: Base de datos.

Las aberraciones internas totales posquirúrgicas expresadas en el gráfico de *Zernike* correspondientes al mapa internal OPD, en conjunto, disminuyeron en ambos grupos. En el segundo grupo (facoemulsificación) su decrecimiento fue significativo para la aberración total y la esférica total. En las aberraciones totales de alto orden el astigmatismo tetraangular total, el astigmatismo de alto orden y la aberración total, su disminución es significativa a favor de facoemulsificación vs. Blumenthal; esto significa que, tanto la técnica como el lente implantado en el grupo 2, producen una calidad óptica mejor.

Las aberraciones totales oculares posquirúrgicas expresadas en el gráfico de *Zernike* correspondientes al mapa OPD en ambos grupos disminuyeron, y fue significativo dicho comportamiento para el grupo 2 (facoemulsificación) en relación con la aberración total y la esférica total. Por otra parte, al comparar los resultados entre ambos grupos, se observaron diferencias significativas para la aberración total y la inclinación, también a favor del segundo grupo, y se expresa que en la facoemulsificación se inducen menos (tabla 5).



**Tabla 5.** Aberraciones totales del ojo (pre y pos) por grupo de estudio según valores expresados por el gráfico de *Zernike* correspondiente al mapa OPD

Variables		Blumenthal		Faco		Probabilidad <sub>B vs. F</sub> **
		Media	Probabilidad <sub>B</sub> *	Media	Probabilidad <sub>F</sub> *	
Aberración total = Total	Pre	8,876	0,484	7,802	0,002	0,574
	Pos	7,858		2,819		0,019
Inclinación = Tilt	Pre	4,721	0,575	2,324	0,189	0,412
	Pos	3,985		1,066		0,040
Aberración de más alto orden total = H-O	Pre	5,312	0,575	3,286	0,685	0,707
	Pos	4,474		1,746		0,091
Coma Total = T.Coma	Pre	2,065	1,000	1,370	0,709	0,542
	Pos	2,438		0,777		0,373
Astigmatismo triangular total = T.Trefoil	Pre	2,858	0,889	1,193	0,858	0,281
	Pos	2,090		0,819		0,083
Astigmatismo tetra-angular total = T.4foil	Pre	3,402	0,889	1,341	0,516	0,542
	Pos	3,310		0,591		0,067
Aberración esférica total = T.Sph	Pre	1,503	0,327	0,970	0,042	0,373
	Pos	1,231		0,384		0,574
Astigmatismo de alto orden = H.Astig	Pre	1,992	0,441	1,421	0,249	0,325
	Pos	1,852		0,687		0,189

\* Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

\*\* Prueba de Mann-Whitney.

Fuente: Base de datos.

## DISCUSIÓN

*Chávez y Ayud* plantean que en ojos fáquicos la reducción de la agudeza visual y la sensibilidad al contraste, que ocurre con la edad, se le atribuye a cambios en el cristalino. Estos cambios empiezan con la presbicia y se relacionan con un incremento en las aberraciones con el análisis del frente de onda.<sup>10</sup>

Varios autores coinciden en plantear que la aberrometría aplicada al sistema óptico del ojo ha viabilizado investigar y conocer que la córnea de la mayoría de la población presenta una aberración esférica positiva en individuos jóvenes y que se compensa con la aberración esférica negativa del cristalino, por lo que se afirma que esta es estable con el tiempo. En el cristalino va cambiando y a partir de los 40 años de edad comienza a ser positiva, con lo que no solamente no compensa la aberración corneal, sino que se suma a ella y deteriora la calidad óptica de todo el sistema. Asimismo se plantea que las aberraciones tienden a ser el espejo simétrico entre los ojos izquierdo y derecho, aunque de modo parecido a la anisometropía, sujetos con patrones de aberración de ondas muy diferentes de izquierda a derecha, son poco frecuentes. Es por eso que no se destaca si el ojo operado fue derecho o izquierdo.<sup>11-14.</sup>

El promedio de edad de los pacientes fue mayor en el grupo 1, y se ratifica así que las aberraciones aumentan con la edad; por tanto, serían mayores las aberraciones a corregir para lograr mejor calidad de la imagen retiniana, como se plantea en la bibliografía, la cual se refiere a que la degradación superior causada por la edad aumenta el grado de dispersión intraocular que distingue al grupo 1 por presentar un promedio de edad mayor. Los resultados refractivos dados por el índice de strehl, el error de frente de onda y los valores de MTF aquí obtenidos, coinciden con trabajos

revisados en la literatura, excepto al que se refiere la Dra. *Marcos* en su trabajo, que en contraposición a lo mostrado en nuestro estudio en relación con el material del LIO y la MTF, refieren que el Polymethylmethacrylate (PMMA) ofrece un valor de 0,98 y el acrílico hidrófilo de 0,83, lo que demuestra que el lente rígido posee una mejor propiedad en relación con la sensibilidad al contraste superior al lente plegable. En el presente estudio se llega a un opuesto resultado que pudiera estar relacionado con las ventajas que ofrecen la técnica quirúrgica especializada empleada —al inducir menos inflamación posquirúrgica residual— y resultan, por tanto, menores aberraciones de bajo y alto orden.<sup>15,16</sup>

A pesar de que un ojo pseudofáquico tiene mejor agudeza visual y mejor sensibilidad al contraste que uno afaco, la sensibilidad al contraste del ojo pseudofáquico es menor que la de un ojo fáquico normal. Dado que los LIO modernos son ópticamente superiores al cristalino natural, se piensa en otros factores que pueden ser responsables de los bajos resultados de sensibilidad al contraste que se obtienen después de la cirugía de catarata.

Se ha demostrado una significativa disminución de la calidad de visión con el incremento de la edad cuando se mide la sensibilidad al contraste, lo que sugiere un aumento de las aberraciones ópticas a través del tiempo.<sup>17</sup>

En este estudio, las aberraciones corneales resultantes de la cirugía de catarata en el grupo 1 en el que se realizó Blumenthal, coinciden con las diferencias significativas para la inclinación y las aberraciones corneales de trébol. Asimismo, en el coma, al compararla con la facoemulsificación, solo se estableció diferencia significativa para la inclinación. Al respecto, *Guirao* y otros<sup>18</sup> estudiaron el efecto de una incisión corneal pequeña en el frente de onda corneal. Ellos informaron un cambio significativo en el astigmatismo y las aberraciones corneales de trébol, cuyas magnitudes y orientación eran dependientes en la situación de la incisión. Es por eso que los resultados reportados por otros investigadores<sup>19</sup> sostienen que la cantidad de aberraciones (particularmente el astigmatismo y las del tercer orden) aumentaron después de la implantación, probablemente por la inclinación (*tilt*) y el descentramiento de la lente. Al analizar el comportamiento en este estudio de las aberraciones internas, la técnica de facoemulsificación logró una disminución significativa de las aberraciones esférica total y la total.

*Artal* y otros reportaron que en los ojos viejos los ojos posquirúrgicos no muestran un equilibrio bueno de las aberraciones de córnea e interno (LIO). Esto está particularmente relacionado con el hecho de que la aberración esférica de la LIO tiende a ser positiva.<sup>20</sup> En torno a esta problemática, *Vergés C, Casal y otros*<sup>21</sup> afirman que los LIO convencionales esféricos tienen una aberración esférica positiva, por lo que un ojo pseudofáquico no es mejor ópticamente que un ojo fáquico con cristalino transparente; por tanto, un LIO que imite las condiciones de un cristalino joven con respecto a las aberración esférica daría como resultado un ojo pseudofáquico con mejor sensibilidad al contraste comparado con un ojo pseudofáquico con un lente intraocular convencional. *Villarrodona* y otros<sup>22</sup> informaron un aumento significativo en las aberraciones en los pacientes con una LIO acrílica, comparada con aquellos con un silicona o LIO de PMMA, a diferencia de nuestros resultados:

Las LIO hidrófilas acrílicas son flexibles, y después de desplegarse, las deformaciones residuales podrían persistir y podrían aumentar las aberraciones de alto orden;<sup>22</sup> sin embargo, en nuestro estudio predominaron las aberraciones de alto orden en el grupo de las lentes rígidas (PMMA), lo que pudiera responder a la inflamación posquirúrgica residual resultante de esta técnica.

Estudios sobre lentes intraoculares acrílicas hidrófobas e hidrófilas reportaron que el diseño de la lente intraocular artificial influyó en las aberraciones oculares después de hacerse cirugía. Un dato curioso es que había más inclinación y aberraciones del coma en el grupo de la LIO MA60AC.<sup>19</sup> Sobre esto, esos autores encontraron algunas diferencias en las aberraciones oculares en los ojos pseudofáquicos después de la inserción de dos LIO acrílicas diferentes; la inclinación y el coma eran significativamente más altas en el grupo acrílico hidrófobo de tres piezas que en el grupo acrílico hidrófilo de una pieza. Subrayan que la inclinación es un error prismático que no induce distorsión de la imagen, sino un cambio en su posición.<sup>23</sup> En el esquema de clasificación de Zernike, correspondería a una aberración de más bajo orden (primer orden radial). No debe confundirse con lo que se refiere como la inclinación física de una óptica, que corresponde al ángulo formado por el plano medio de esa óptica con respecto al plano de referencia. La aberración del coma es una aberración de alto orden (HOA, por su sigla en inglés) que se alcanza a partir del centramiento imperfecto y la inclinación física de interfaces refractivas diferentes entre la pupila de entrada y la fovea y los resultados en el frotis (extensión) de la imagen retinal.<sup>19</sup> La asimetría de la superficie, tales como el aplanamiento corneal más rápido en un lado que en el lado opuesto, también puede conducir a un aumento en las aberraciones parecidas al coma. Los modelos teóricos han mostrado que esa inclinación física ligera y la descentración de la LIO conducen a aberraciones oculares aumentadas y a errores refractivos.<sup>19</sup> Estos defectos también dan la esfera y cilindro adicionales que pueden afectar la visión adversamente si no hay ninguna corrección de gafas.

*Taketani* y otros<sup>24</sup> compararon las aberraciones de alto orden con las lentes Hydroview H60M y AcrySof MA30BA. En este estudio, las aberraciones de alto orden eran mayores en el acrílico hidrófobo que en el grupo hidrófilo acrílico. En un reciente estudio, *Choi* y otros<sup>1</sup> no encontraron ninguna diferencia significativa en las aberraciones de alto orden globales, excepto en la aberración trebolada con tres tipos de LIO acrílicas. Había aberración más trebolada con la LIO ACRYSOFF. Se plantea que cuando una LIO óptica de 6,0 mm está descentrada por 0,5 mm, la pérdida estimada de la zona óptica utilizable es alrededor del 11 %.<sup>25</sup>

Otros autores estiman que una reducción en la calidad visual ocurre cuando el descentramiento de la LIO es mayor que 1,0 mm o la inclinación es mayor de 5 grados con las LIO esféricas.<sup>26</sup> La tolerancia para la inclinación y el descentramiento es menor para LIO esféricas que inducen la aberración esférica negativa. En tales circunstancias, la degradación de la calidad óptica con la inclinación y el descentramiento tiene lugar por la inducción de aberraciones parecidas al coma.<sup>14</sup> Al comparar los efectos de aberraciones diferentes, citan a *Applegate*<sup>19</sup> para apoyar la tesis de que cuanto más deformada es la porción central, tanto más deletéreas (perjudiciales) son estas aberraciones en la función visual. Al padecer la aberración parecida al coma, causada por el centramiento de la LIO imperfecto o una inclinación física significativa, el globo puede girarse para ajustar la línea de visión, de modo que convergería en la fovea una porción central menos deformada del frente de onda ligeramente. Esto induciría alguna inclinación en la reconstrucción del frente de onda que utiliza los términos de *Zernike*. Por consiguiente, un aumento en el coma puede conducir a un aumento en la inclinación. Sin embargo, la proporcionalidad entre la inclinación de la lente y el coma no puede ser lineal. Para respaldar su argumento, intercalan el resultado del estudio de *Thibos y otros*,<sup>19-26</sup> quienes plantean que existe alguna correlación estadística entre la inclinación y el coma de tercer orden en ojos sanos. La importancia de la aberración de inclinación medida puede reflejar la cantidad de aberración de coma presente en el frente de onda ocular adquirida, que es, a su vez, proporcional al grado de inclinación física o descentramiento de la lente intraocular.

La facoemulsificación con lente plegable redujo de manera significativa las aberraciones esférica total y la total en el posoperatorio, así como la aberración total y la inclinación, en relación con la técnica de Blumenthal.

Se concluye que la calidad visual de estos pacientes fue muy buena en ambos grupos, y fue superior en los operados con facoemulsificación e implante de LIO plegable. Las mejoras de los procedimientos quirúrgicos y un diseño de lente que apunte a cancelar la aberración esférica de la córnea pueden producir mejores resultados ópticos de cirugía de catarata. Además, la integración del OPD scan en los estudios preoperatorios para personalizar y evaluar integralmente al paciente, facilita la realización de un análisis pormenorizado de los datos, lo cual permite identificar la fuente de la degradación óptica y qué parámetros de los componentes oculares es necesario modificar para minimizar la inducción de aberraciones, o —en su caso— corregir las existentes. Todo esto hace que se aumente la calidad visual de los pacientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cano M. Perspectivas de prevención de ceguera para el futuro. Revista Salud Ocular Comunitaria. 2006; 1(2): 1-3. Disponible en: [http://www.revistasaludocular.org/diciembre\\_2006/pdf/1Editorial.pdf](http://www.revistasaludocular.org/diciembre_2006/pdf/1Editorial.pdf)
2. Duerksen R, Lansingh VC. Cataract first cause of avoidable blindness worldwide. En: Centurion V. El libro Cristalino de las Américas. Brasil: Livraria Santos; 2007. p. 891.
3. Hernández Silva JR, Ríos Torres M, Padilla González CM. Resultados del RACSS en Ciudad de La Habana, Cuba, 2005. Rev Cubana Oftalmol. 2006; 19(1). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v19n1/oft01106.pdf>
4. Duerksen R, Lansingh VC. Bienvenidos, lectores iberoamericanos. Revista Salud Ocular Comunitaria. 2006; 1(1): 2. Disponible en: [http://www.revistasaludocular.org/septiembre\\_2006/pdf/1Editorial.pdf](http://www.revistasaludocular.org/septiembre_2006/pdf/1Editorial.pdf)
5. Hernández Silva JR, Padilla González CM, Ramos López M, Ríos Cazo R, Río Torres M. Resultados del Programa Nacional de Prevención de Ceguera por catarata. Cuba 2000 2003. Rev Cubana Oftalmol. 2004; 17(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21762004000200001&lng=en&nrm=iso&ignore=.html](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762004000200001&lng=en&nrm=iso&ignore=.html)
6. Hernández Silva JR, Ríos Torres M, Padilla González CM. Resultados del programa cubano de Prevención de Ceguera. III Congreso Iberoamericano de Prevención de Ceguera. Barranquilla, Colombia; 2006.
7. Packer M, Fine H, Hoffman RS. Wavefront technology in cataract surgery. Curr Open Ophtalmol. 2004; 15(1): 5560. Disponible en: [http://journals.lww.com/co-ophthalmology/Abstract/2004/02000/Wavefront\\_technology\\_in\\_cataract\\_surgery.11.aspx](http://journals.lww.com/co-ophthalmology/Abstract/2004/02000/Wavefront_technology_in_cataract_surgery.11.aspx)
8. Arias Puente A, Andrés AY, García S. LIO de perfil esférico. En: Centurión V. El libro Cristalino de las Américas. Brasil: Livraria Santos; 2007. p. 223.

9. Solorio Pita D, Fontenla JR. Diccionario Terminológico de Oftalmología. Universidad de Barcelona.

10. Chávez ME, Ayup EC. Aberraciones de alto orden, sensibilidad al contraste y agudeza visual: Estudio comparativo entre lentes intraoculares esféricos y convencionales. En: Centurión V. El libro Cristalino de las Américas. Brasil: Livraria Santos; 2007. p. 23343.

11. Hamam H. Las aberraciones y su impacto en la calidad de la visión. En: Boyd BF. Wavefront análisis, aberrómetros y topografía corneal. Highl Intern Ophthal. 2003. p. 189-216.

12. El Hage SG, Berny F. Contribution of the Crystalline lens to the spherical aberration of the eye. J Opt Soc Am. 1973;63(3):20511. Disponible en: [http://www.opticsinfobase.org/view\\_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FDirectPDFAccess%2F770E314E%2DD326%2D6442%2D129735F835FFEDBA%5F54887%2Epdf%3Fda%3D1%26id%3D54887%26seq%3D0%26mobile%3Dno&org=Centro%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Ciencias%20M%C3%A9dicas](http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FDirectPDFAccess%2F770E314E%2DD326%2D6442%2D129735F835FFEDBA%5F54887%2Epdf%3Fda%3D1%26id%3D54887%26seq%3D0%26mobile%3Dno&org=Centro%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Ciencias%20M%C3%A9dicas)

13. Guirao A, González C, Redondo M, Geraghty E, Norrby S, Artal P. Average optical performance of the human eye as a function of age in a normal population. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1999;40(1):20313. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/40/1/203.full.pdf>

14. Wang L, Dai E, Koch DD, Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. J Cataract Refract Surg. 2003;29(8):151421. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(03\)00467-X/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(03)00467-X/abstract)

15. McLellan J, Marcos S, Burns S. Age-related changes in monochromatic wave aberrations in the human eye. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2001;42(6):1390-5. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/42/6/1390.full.pdf+html>

16. Marcos S. Aberrometry: basic science and clinical applications. Bull Soc Belg Ophthalmol. 2006;302:197-213. Disponible en: [http://www.ophtalmologia.be/download.php?dof\\_id=394](http://www.ophtalmologia.be/download.php?dof_id=394)

17. Aggarwal A, Khurana AK, Nada M. Contrast sensitivity function in pseudophakics and aphakics. Am Ophthalmol Scand. 1999;77:441-3. Disponible en: <http://preview.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10463418>

18. Guirao A, Tejedor J, Artal P. Corneal aberrations before and after small incision cataract surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2004;45(12):4312-19. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/45/12/4312.full.pdf+html>

19. Rohart Ch, Lemarinel B, Thanh HX, Gatinel D. Ocular aberrations after cataract surgery with hydrophobic and hydrophilic acrylic intraocular lenses: comparative study. J Cataract Refract Surg. 2006;32(7):1201-05. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16857510>

20. Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. J Opt Soc Am A. 2002;19(1):13743. Disponible en: [http://www.opticsinfobase.org/view\\_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FDirectPDFAccess%2F7A962BD6%2DCFD6%2D15FA%2D2DB](http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FDirectPDFAccess%2F7A962BD6%2DCFD6%2D15FA%2D2DB)

---

[A61C6B7D5DBEF%5F67235%2Epdf%3Fda%3D1%26id%3D67235%26seq%3D0%26mobile%3Dno&org=Centro%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Ciencias%20M%C3%A9dicas](http://www.scielo.sld.cu/A61C6B7D5DBEF%5F67235%2Epdf%3Fda%3D1%26id%3D67235%26seq%3D0%26mobile%3Dno&org=Centro%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Ciencias%20M%C3%A9dicas)

21. Vergés C, Cazal J, Lavín C. Condiciones ópticas que debe reunir una lente intraocular para mejorar la calidad visual. En: Centurion V. El libro Cristalino de las Américas. Brasil: Livraria Santos; 2007. p. 211.

22. Vilarrodona L, Barret GD, Jonson B. High-order aberrations in pseudophakia with different intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2004;30(3):571-5. Disponible en: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=15658473>

23. Thibos LN. The optics of wavefront sensing. Ophthalmol Clin North Am. 2004;17(2):111-7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15207554>

24. Taketani F, Matsuura T, Yukawa E, Hara Y. High-order aberrations with hydroview H60M and Acrysof MA30BA intraocular lenses: comparative study. J Cataract Refract Surg. 2004;30(4):844-8. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(03\)00816-2/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(03)00816-2/abstract)

25. Hansen SO, Tetz MR, Solomon KD, Borup MD, Brems RN, O'Morchoe DJ, et al. Decentration of flexible loop posterior chamber intraocular lenses in a series of 222 postmortem eyes. Ophthalmology. 1988;95(3):344-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3174001>

26. Guyton DL, Uozato H, Wisnicki HJ. Rapad determination of intraocular lens tilt and decentration through the undilated pupil. Ophthalmology 1990;97(10):1259-64. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2243675>

Recibido: 3 de noviembre de 2010.  
Aprobado: 10 de diciembre de 2010.

Dra. *Mireya Benítez Cartaya*. Servicio de Uveítis. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". Ave. 76 No. 3104 entre 31 y 41 Marianao, La Habana, Cuba.  
Email: [mireya.benitez@infomed.sld.cu](mailto:mireya.benitez@infomed.sld.cu)