

Aberraciones corneales en pacientes con indicación de cirugía refractiva con láser de excímeros

Corneal Aberrations of Patients Indicated for Excimer Laser Refractive Surgery

Enrique José Machado Fernández¹ <https://orcid.org/0000-0001-7445-3422>

Eduardo Adrián Orta Hernández¹ <https://orcid.org/0009-0005-0285-4346>

Qin Xie¹ <https://orcid.org/0000-0003-3346-5931>

Michel Guerra Almaguer^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2452-3490>

Taimi Cárdenas Díaz¹ <https://orcid.org/0000-0003-3220-4553>

¹Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: michguerra@infomed.sld.cu

RESUMEN

Objetivo: Determinar las aberraciones corneales en pacientes con indicación de cirugía refractiva con láser de excímeros.

Métodos: Se realizó un estudio retrospectivo, transversal, descriptivo, con 161 ojos de 81 pacientes adultos, de ambos sexos con indicación de cirugía con láser de excímeros para la corrección de su defecto refractivo. Se definieron como variables edad, sexo, desenfoque, astigmatismo, coma, trefoil y aberración esférica, las que se determinaron por el estudio topográfico de rutina con el topógrafo KeratronTM Scout, Optikon.

Resultados: Se obtuvieron los siguientes valores promedios: desenfoque $-4,17 \pm 0,29$ D (-16,15 a 8,5 D) y absoluto $4,94 \pm 0,199$ (10 a 16,5 D), astigmatismo $-1,56 \pm 0,09$ D (-9,44 a -0,09 D), coma $0,25 \pm 0,016$ (0,01 a 1,5 D), trefoil $0,204 \pm 0,016$ (0,01 a

1,18 D) y aberración esférica $0,316 \pm 0,018$ D (0,0 a 1,27D). En el 75 % de los casos los valores absolutos de desenfoque fueron inferiores a 6,56, de astigmatismo inferior a 0,33 D, de coma menor que 0,33, trefoil inferior a 0,25 y aberraciones esféricas menores que 0,32 D.

Conclusiones: Los valores promedio de las aberraciones corneales desenfoque, astigmatismo, coma, trefoil y aberración esférica se encuentran en el rango de los valores reportados en la literatura científica y la distribución de los valores de las aberraciones corneales presentan desplazamiento de la mayoría de los casos hacia los valores más bajo del rango de determinación.

Palabras clave: aberraciones corneales; cirugía refractiva; topógrafo; láser de excímeros.

ABSTRACT

Objective: To determine corneal aberrations in patients indicated for excimer laser refractive surgery.

Methods: A retrospective, cross-sectional and descriptive study was carried out with 161 eyes of 81 adult patients of both sexes with indication of excimer laser surgery for the correction of their refractive defect. Age, sex, defocus, astigmatism, coma, trefoil and spherical aberration were defined as variables, determined by routine topographic study with the KeratronTM Scout topographer, Optikon.

Results: The following average values were obtained: defocus of -4.17 ± 0.29 D (-16.15 to 8.5 D) and absolute of 4.94 ± 0.199 (10 to 16.5 D), astigmatism of -1.56 ± 0.09 D (-9.44 to -0.09 D), coma of 0.25 ± 0.016 (0.01 to 1.5 D), trefoil of 0.204 ± 0.016 (0.01 to 1.18 D) and spherical aberration of 0.316 ± 0.018 D (0.0 to 1.27D). In 75 % of the cases, the absolute values for defocus were lower than 6.56; for astigmatism, lower than 0.33 D; for coma, lower than 0.33; for trefoil, lower than 0.25; and for spherical aberrations, lower than 0.32 D.

Conclusions: The average values of corneal aberrations for defocus, astigmatism, coma, trefoil and spherical aberration are in the range of values reported in the scientific literature, while the distribution of corneal aberrations values present

displacement of most of the cases towards the lower values of the determination range.

Keywords: corneal aberrations; refractive surgery; topographer; excimer laser.

Recibido: 08/03/2023

Aceptado: 24/03/2023

Introducción

A nivel mundial existen más de mil millones de personas con un alto grado de defectos visuales reportados por la Organización Mundial de la Salud, dentro de los cuales se encuentran la miopía, la hipermetropía, el glaucoma, las cataratas y las ectasias corneales. Muchas de estas enfermedades no reciben la atención necesaria y adecuada.⁽¹⁾

La calidad de la imagen de la retina puede verse afectada por varios factores. El enfoque, la claridad, la definición del campo, la visibilidad de la mácula, la visibilidad del disco óptico y los artefactos son factores muy importantes que permiten evaluar la calidad de la imagen retiniana.⁽²⁾

Para una buena calidad visual es necesario que los rayos de luz lleguen sin dificultades a la retina. Sin embargo, es muy fácil que ocurra una degradación de la imagen que cause una disminución de la calidad visual.⁽³⁾

El ojo humano es un sistema formador de imagen que consta de la córnea y el cristalino como las lentes que focalizan la imagen en la retina. Este sistema de lentes presenta imperfecciones que generan aberraciones de frente de onda, las cuales producen una imagen borrosa. Como sucede con los sistemas ópticos, conocer las aberraciones de frente de onda permite modificar la forma en cómo la luz entra al sistema, de tal manera que se obtenga una imagen nítida.⁽⁴⁾

Las aberraciones ópticas son imperfecciones de un sistema óptico que producen imágenes defectuosas e impiden reproducir una copia clara y exacta del objeto de

fijación. Cuando se analiza, por ejemplo, un ojo con cualquier defecto refractivo se encuentra que los haces salientes de luz pierden su paralelismo y algunos de ellos se adelantan o se atrasan con respecto al plano de referencia. Esto es una aberración óptica o deformidad en el frente de onda.⁽⁵⁾

Entre tanto, la aberración de onda es la diferencia de camino óptico entre un frente de onda perfecto (esférico) y los frentes de onda reales para cada punto de la pupila, es decir, la diferencia entre el frente de onda que se representa como un mapa bidimensional de niveles de gris o de color en el que cada nivel representa la cantidad de aberraciones de onda expresada en micrómetros o en número de longitudes de onda. Esta función asigna a cada punto del plano de la pupila de salida, el valor de la diferencia de camino óptico sobre el rayo procedente de este punto entre el frente de onda real y el de referencia, formando así la aberración óptica.⁽⁶⁾

Estas definiciones concuerdan con la de Piñero y otros⁽⁷⁾ que plantean que las aberraciones ópticas se definen como un defecto óptico que produce desviaciones y genera imágenes poco nítidas o alteradas. Estas se producen por alteraciones de las superficies ópticas, por ejemplo, cambios en la forma, posición o por el diferente índice de refracción de los medios.

Las aberraciones son las características que dan forma a las imágenes del sistema óptico, y como el ojo no es un sistema óptico perfecto, las aberraciones generan una disminución de la visión, como la sensibilidad al contraste que también se ve afectada. Según Vidal la sensibilidad al contraste está determinada por la función de modulación de transferencia (MTF = cociente entre la calidad de imagen con que la retina percibe un objeto y la calidad real del objeto); entendiéndose por calidad el más importante límite físico a la visión espacial la cual es el resultado entre la calidad de la imagen percibida por la retina y la calidad de la imagen real.⁽⁸⁾

El sistema visual tiene varias alteraciones que puede afectar la calidad de la visión, entre ellas están las alteraciones en la retina, alteraciones en la transparencia del cristalino y las alteraciones en la córnea, estas últimas pueden inducir la aparición de los defectos refractivos tales como miopía, hipermetropía y astigmatismo. Estos

defectos refractivos han sido una de las causas de la disminución de la visión que, en dependencia del grado del defecto, puede afectar la agudeza visual y la calidad de visión; aunque también se encuentran las aberraciones de alto y bajo orden y el queratocono.⁽⁹⁾

Las aberraciones se pueden dividir en tres grupos, según el orden al que pertenezcan pueden ser constantes, bajo orden y de alto orden:

- Aberraciones constantes. Son aberraciones que presentan todos los sistemas ópticos y que no influyen en la calidad visual de los pacientes. No se deteriora la imagen retiniana. Se compensan de forma natural con los movimientos del ojo.⁽¹⁰⁾
- Aberraciones de bajo orden. Son miopía, hipermetropía, espasmos acomodativos, también se les conoce como ametropías. Se refiere a cualquier defecto ocular que ocasione un enfoque inadecuado de la imagen sobre la retina que causa una disminución de la agudeza visual.⁽¹¹⁾
- Aberraciones de alto orden. Son imperfecciones ópticas del ojo que alteran la calidad de la imagen retiniana y que no se pueden corregir con gafas convencionales. Así mismo, pueden asociarse a disminución de la calidad visual en ojos sanos.⁽¹²⁾ Por otro lado, la importancia de determinar las aberraciones de alto orden radica en su utilidad para evaluar los resultados quirúrgicos individuales y estudiar la respuesta biomecánica de la córnea, que es responsable de alrededor de dos tercios del poder refractivo del ojo.⁽⁹⁾

Los síntomas más comunes de las aberraciones son: diplopía, halos, pérdida de contraste o nitidez de la imagen, imágenes fantasma y mala visión nocturna. Las formas de aberración son: desenfoque, astigmatismo, coma, trefoil y aberración esférica.⁽¹²⁾

Desde la matemática, es conveniente representar al frente de onda como una suma ponderada de funciones que corresponden con aberraciones individuales. Dichas

funciones constituyen entonces una base vectorial, dentro de las cuales la más usada en la actualidad corresponde con los polinomios de Zernike.⁽¹³⁾

Las aberraciones de bajo orden, asociadas con los polinomios de Zernike, hasta el segundo orden, representan los errores refractivos como la miopía, hipermetropía y astigmatismo. Estas aberraciones representan un aproximado del 85 % de todas las aberraciones del ojo.⁽¹³⁾

Por otro lado, las aberraciones de alto orden corresponden con el 15 % restante de todas las aberraciones del ojo y son imperfecciones que no pueden ser corregidas por métodos convencionales. En general, todos los ojos tienen algún grado de aberraciones de alto orden.⁽¹⁴⁾ Se han evidenciado diferentes factores que intervienen o que modifican las aberraciones, como la edad, las cirugías previas, el diámetro pupilar y la iluminación entre otros.^(15,16)

El conocimiento de la distribución de estos errores en la población normal puede ser útil para correcciones más precisas utilizando técnicas novedosas en cirugía refractiva o lentes de contacto personalizadas. También puede ser útil en el diagnóstico temprano de diferentes afecciones patológicas. De ahí que el objetivo del estudio fuera determinar las aberraciones corneales en pacientes con indicación de cirugía refractiva con láser de excímeros, debido a que las aberraciones ópticas hacen que la calidad de la imagen retiniana disminuya, hemos querido identificarlas en un grupo de pacientes que acudieron al servicio de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” con el fin de ser sometidos a corrección de su ametropía con láser de excímeros.

Métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, transversal, descriptivo en el Servicio de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, durante el período comprendido de enero 2020 a febrero de 2023. El universo de estudio, estuvo constituido por todos los pacientes mayores de 18 años de edad que acudieron al servicio de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología

Ramón Pando Ferrer en el período 2007-2020 para someterse a cirugía refractiva y que se les realizó estudios de las aberraciones corneales usando el topógrafo Keratron™-Scout de Optikon 2000 y que cumplieron los siguientes criterios de inclusión: ser mayor de 18 años de edad, presentar algún defecto refractivo y tener realizado estudio topográfico corneal.

La muestra quedó conformada por 161 ojos de 81 pacientes adultos. Se calculó el tamaño de muestra con el programa G*Power (con el uso de una fórmula de la familia de las pruebas t llamada regresión lineal múltiple). Se quiso obtener una potencia del 80 % y un error alfa del 5 %. Se consideró un poder del efecto de la edad sobre la presencia de aberraciones corneales (en dioptrías) de 0,15.

Las variables de la investigación fueron las siguientes: edad, sexo, desenfoque, astigmatismo, coma, trefoil y aberración esférica. Estas variables se determinaron por el estudio topográfico de rutina con el topógrafo Keratron™ Scout, Optikon, las determinaciones se realizaron a un diámetro de pupila de 6 mm.

Se recolectaron datos de los pacientes de manera retrospectiva. Se vaciaron los datos en una base de datos de Excel. La normalidad de cada variable fue explorada con la prueba de Shapiro-Wilk. Las variables continuas con distribución normal se expresaron en media, error típico de la media, mínimo, máximo, percentiles y distribución de frecuencia. La base de datos en Excel fue transferida al programa SPSS 26.0 en el cual se determinaron los estadígrafos antes relacionados.

Esta investigación fue analizada y sometida a la evaluación para su aprobación de los comités de ética y científico del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

Resultados

En la tabla 1 se presentan los estadígrafos descriptivos del desenfoque de los 161 pacientes adultos de ambos sexos (63,9 % femenino) que formaron la muestra. En ella se puede observar una media de $-4,17 \pm 0,29$ D, en un rango de -16,15 a 8,5 D.

Los valores del desenfoque según la distribución de frecuencias en los percentiles: 25 % de -6,39 D, 50 % de -4,80 D y en 75 % de -2,82 D. En términos de valores absolutos, media de $4,94 \pm 0,199$ D, en un rango de 10 a 16,5 D. Los valores absolutos del desenfoque según la distribución en los percentiles: 25 % de 3,14 D, 50 % de 4,91 D y en 75 % de 6,56 D.

Tabla 1 - Estadígrafos descriptivos del desenfoque

Estadígrafos descriptivos	Valor D	Valores absolutos D
Media	-4,17	4,94
Error estándar de la media	0,29	0,199
Mínimo	-16,15	10
Máximo	8,5	16,15
Percentil 25 %	-6,39	3,14
Percentil 50 %	-4,80	4,91
Percentil 75%	-2,82	6,56

Con respecto al astigmatismo la media fue de $-1,56 \pm 0,09$ D, en un rango de -9,44 a -0,09 D. Los valores del astigmatismo según la distribución en los percentiles: 25 % de -2,105 D, 50 % de -1,17 D y en 75 % de -0,73 D y tomando los valores absolutos; una media de $1,56 \pm 0,09$ D, en un rango de 0,09 a 9,44 D. Los valores del astigmatismo según la distribución en los percentiles: 25 % de 0,73 D, 50 % de 1,17 D y en 75 % de 2,11 D (tabla 2).

Tabla 2 - Estadígrafos descriptivos del astigmatismo

Estadígrafos descriptivos	Valor D	Valores absolutos D
Media	-1,56	1,56
Error estándar de la media	0,09	0,09
Mínimo	-9,44	0,09
Máximo	-0,09	9,44
Percentil 25 %	-2,1050	0,73
Percentil 50 %	-1,17	1,17
Percentil 75 %	-0,73	2,11

Las aberraciones en coma se presentaron con una media de $0,25 \pm 0,016$ D, en un rango de 0,01 a 1,5 D. Los valores de la aberración en coma según la distribución en los percentiles fueron: 25 % de 0,13 D, 50 % de 0,21 D y 75 % de 0,33 D. Hubo coincidencia en los valores absolutos (tabla 3).

Tabla 3 - Estadígrafos descriptivos del coma

Estadígrafos descriptivos	Valor D	Valores absolutos D
Media	0,25	0,25
Error estándar de la media	0,016	0,016
Mínimo	0,01	0,01
Máximo	1,50	1,50
Percentil 25 %	0,13	0,13
Percentil 50 %	0,21	0,21
Percentil 75%	0,33	0,33

Las aberraciones en trefoil se presentaron con una media de $0,204 \pm 0,016$ D, en un rango de 0,01 a 1,18 D. Los valores de la aberración en coma según la distribución en los percentiles fueron: 25 % de 0,08 D, 50 % de 0,15 D y 75 % de 0,25 D. Hubo coincidencia en los valores absolutos (tabla 4).

Tabla 4 - Estadígrafos descriptivos del trefoil

Estadígrafos descriptivos	Valor D	Valores absolutos D
Media	0,204	0,204
Error estándar de la media	0,015	0,015
Mínimo	0,01	0,01
Máximo	1,18	1,18
Percentil 25 %	0,08	0,08
Percentil 50 %	0,15	0,15
Percentil 75%	0,25	0,25

La media de las aberraciones esféricas fue de $0,316 \pm 0,018$ D, en un rango de 0,0 a 1,27 D. Los valores de la aberración en coma según los percentiles fueron: 25 % de 0,19 D, 50 % de 0,25 D y 75 % de 0,32 D. Hubo coincidencia en los valores absolutos (tabla 5).

Tabla 5 - Estadígrafos descriptivos de la aberración esférica

Estadígrafos descriptivos	Valor D	Valores absolutos D
Media	0,316	0,318
Error estándar de la media	0,018	0,018
Mínimo	0,0	0,0
Máximo	1,27	1,27
Percentil 25 %	0,19	0,19
Percentil 50 %	0,25	0,25
Percentil 75%	0,32	0,32

Discusión

Los resultados que se presentan de los valores medios y los rangos de las aberraciones coma, trefoil y esférica son semejantes a los obtenidos por *Benítez* y otros, en el 2019, en un estudio realizado en el propio Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.⁽¹⁷⁾ En esa ocasión se analizaron 101 topografías corneales de pacientes diagnosticados de queratocono en el período 2016-2017 y se reportaron valores medios de coma de 1,65 D (0,09 a 4,24 D), trefoil de 0,69 (0,08 a 1,87 D) y de aberraciones esféricas de 1,36 (0,01 a 5,13).

Por otra parte, los valores medios aquí presentados son superiores que los reportados por *Miranda* y otros en el 2009,⁽¹⁸⁾ quienes en una población con parámetros del rango de normalidad y en tres momentos diferentes, reportan medias para coma de 0,013, 0,013 y 0,014 μm ; para trefoil de 0,015, 0,016 y 0,016 μm y para la aberración esférica de 0,016, 0,016 y 0,017 μm , aunque se incluyen en los rangos de los valores aquí obtenidos.

Asimismo, en una población de estudio de 775 ojos, para diámetro pupilar de análisis de 6 mm se reporta en coma vertical corneal un promedio de $0,066 \pm 0,211$ y para diámetros de 8 mm de $0,088 \pm 0,446 \mu\text{m}$, en trefoil horizontal un promedio de $0,20 \pm 0,086$ para diámetros de 6 mm y para diámetros de 8 mm de $0,082 \pm 0,173 \mu\text{m}$ y en la aberración esférica corneal total fue de $0,250 \pm 0,128$ y $0,711 \pm 0,323 \mu\text{m}$, análisis realizados a 6 mm y 8 mm de diámetro pupilar respectivamente.⁽¹⁹⁾

Existen estudios que obtienen valores medios para las aberraciones esféricas de $0,36 \pm 0,266 \mu\text{m}$ y otro realizado con población china muestra valores medios de esta misma aberración de $0,49 \pm 0,16 \mu\text{m}$. Otros autores como *Zhang* y otros,⁽²⁰⁾ tampoco encuentran valores negativos de aberraciones esféricas.

Singh y otros,⁽²¹⁾ en un estudio realizado con 109 ojos en 4 mm de diámetro pupilar describen valores medios de coma de $0,08 \pm 0,04$, de trefoil $0,07 \pm 0,03$, aberración esférica de $0,05 \pm 0,02$ y total de $0,14 \pm 0,04$ y a 6 mm de diámetro pupilar coma de $0,29 \pm 0,12$, de trefoil $0,18 \pm 0,10$, aberración esférica de $0,23 \pm 0,08$ y total de $0,45 \pm 0,12$.

Como puede observarse los resultados en los estudios prequirúrgico de los pacientes con indicación de cirugía refractiva, en cuanto a astigmatismo, desenfoque, coma, trefoil y esférica se encuentran dentro del rango de valores descritos en la literatura internacional.

Como se explicó, el análisis de las aberraciones corneales en los pacientes candidatos a cirugía es importante, pues esta supone una parte mayoritaria de las aberraciones oculares, las cuales son fácilmente medibles. Por otro lado, el valor que tiene poder determinarlas radica en su utilidad para evaluar los resultados quirúrgicos individuales y estudiar la respuesta biomecánica de la córnea, que es responsable de aproximadamente dos tercios del poder refractivo del ojo.

Se concluye que las aberraciones corneales de desenfoque y astigmatismo, presentes en los pacientes con indicación de corrección de la ametropía con láser de excímeros en esta investigación muestran que la mayoría de los casos se encuentran en el rango de los valores más bajo y en el rango de los reportados por otros investigadores. Los valores de las aberraciones corneales coma y trefoil presentan desplazamiento, en la mayoría de los casos, a los valores más bajos del rango de determinación, a su vez los valores de la aberración esférica presentan desplazamiento hacia los valores más bajos del rango de determinación.

Referencias bibliográficas

1. World Health Organisation. World report on vision. World health Organisation. 2019 [acceso 29/10/2022];214 Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail/world-report-on-vision>
2. Días JMP, Oliveira CM, da Silva Cruz LA. Retinal imagen quality assessment usin ggeneric imagen quality indicators. Information Fusion. 2014 DOI: [10.1016/j.inffus.2012.08.001](https://doi.org/10.1016/j.inffus.2012.08.001)
3. Claramunt I. Estudio de las aberraciones oculares y corneales en función de la edad. 2013 [acceso 29/10/2022]. [Tesis de grado], Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/89643>
4. Valdivieso-González LG, Muñoz-Potosí AF, Tepichin-Rodríguez E. Determinación de las aberraciones de alto orden para la evaluación de resultados quirúrgicos. AContacts. 2019 [acceso 29/10/2022];2:1-4 Disponible en: <https://n9.cl/vmsf3>
5. Rosas A. Una aproximación a la tecnología de frentes de onda bases de aberrometría (1, 2y 3 parte). Sociedad Colombiana de Oftalmología. 2005 [acceso 29/10/2022];38:69-105. Disponible en: <https://www.ofthalmologos.org.ar/catalogo/items/show/3313>
6. Vargas L, Fernández M, Sabogal N, Tovar A. Nuevos hallazgos de aberraciones cornea les por cirugía refractiva láser y de catarata. Documentos de Trabajo Areandina Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina; 2021. DOI: [10.33132/26654644.1890](https://doi.org/10.33132/26654644.1890)
7. Piñero DP, Ortiz D, Alio JL. Ocular scattering. Optom Vis Sci. 2010;87(9):E682-96. DOI: [10.1097/OPX.0b013e3181e87da6](https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181e87da6).
8. Vidal Olarte R. Entendiendo e interpretando las aberraciones ópticas. Cienc tecnol salud vis ocul. 2011 [acceso 29/10/2022];9(2):105-22. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599209.pdf>
9. Ramírez Hoyos JE, Grisales López JD. Corrección de las aberraciones ópticas para mejorar la sensibilidad al contraste en pacientes con queratocono usuarios de lentes de contacto. Colombia: Universidad Antonio Nariño Facultad de

- optometría Antioquia; 2021 [acceso 29/10/2022]. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2355>
10. Liang J, Williams DR. Aberrations and retinal image quality of the normal human eye. JOSA A. 1997 [acceso 29/10/2022];14(11):2873-83.
11. Dolgin E. Thymyopia boom. Nature News. 2015;519:276.
12. Hughes RP, Vincent SJ, Read SA, Collins MJ. Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. Clin Exp Optom. 2020;103(1):68-85. DOI: [10.1111/cxo.12960](https://doi.org/10.1111/cxo.12960)
13. Mahajan VN. Zernike circle polynomials and optical aberrations of systems with circular pupils. Appl Opt. 1994 Dec 1;33(34):8121. DOI: [10.1364/AO.33.008121](https://doi.org/10.1364/AO.33.008121)
14. Joslin CE, Wu SM, McMahon TT, Shahidi M. Higher-order wavefront aberrations in corneal refractive therapy. Optom Vis Sci. 2003 Dec;80(12):805-11. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-200312000-00010>
15. Jayabalan GS, Bille JF. The Development of adaptive optics and its application in ophthalmology. In: Bille J (eds.). High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics. Springer, Cham; 2019. p. 339-58. DOI: [10.1007/978-3-030-16638-0_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16638-0_16)
16. Vargas L, Fernández M, Saboga N, Tovar A. Nuevos hallazgos de aberraciones corneales por cirugía refractiva láser y de catarata. Documentos De Trabajo Areandina, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina; 2021. DOI: [10.33132/26654644.1890](https://doi.org/10.33132/26654644.1890)
17. Benítez MMC, López DN, Cárdenas DT, Guerra M, Noriega JM, Castillo AC. Topoaberrometría en pacientes con queratocono. Rev Cub Oftal. 2019 [acceso 29/10/2022];32(2):1-20. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcuboft/rco-2019/rco192g.pdf>
18. Miranda MA, O'Donnell C, Radhakrishnan H. Repeatability of corneal and ocular aberration measurements and changes in aberrations over one week. Clin Exp Optom 2009 [acceso 29/10/2022];92(3):253-66. DOI: [10.1111/j.1444-0938.2009.00364.x](https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2009.00364.x)

19. Zhu X, Zou L, Yu M, Qiu C, Chen M, Dai J. Comparison of postoperative visual quality after SMILE and LASEK for high myopia: A 1-year outcome. PLoS One. 2017 Aug 3;12(8):e0182251. DOI: [10.1371/journal.pone.0182251](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182251)
20. Zhang M, Jing Q, Chen J, Jiang Y. Analysis of corneal higher-order aberrations in cataract patients with high myopia. J Cataract Refract Surg. 2018 [acceso 29/10/2022];44(12):1482-90. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335018306771>
21. Singh B, Sharma S, Bharti N, Samantrey D, Paandey D J, Bharti S. Visual and refractive outcomes of new intraocular lens implantation after cataract surgery. Scientific reports. 2022;12(1):14100. DOI: [10.1038/s41598-022-14315-6](https://doi.org/10.1038/s41598-022-14315-6)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Enrique José Machado Fernández.

Curación de datos: Eduardo Adrián Orta Hernández.

Análisis formal: Michel Guerra Almaguer.

Adquisición de fondos: Qin Xie.

Investigación: Eduardo Adrián Orta Hernández.

Metodología: Enrique José Machado Fernández.

Recursos: Qin Xie.

Software: Michel Guerra Almaguer.

Supervisión: Enrique José Machado Fernández.

Validación: Eduardo Adrián Orta Hernández.

Visualización: Taimi Cárdenas Díaz.

Redacción-borrador original: Eduardo Adrián Orta Hernández.

Redacción-revisión y edición: Enrique José Machado Fernández.