

Aberraciones corneales de bajo orden en pacientes con ametropías miópicas

Low-order Corneal Aberrations in Patients with Myopic Ametropias

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>

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

Zonya Lesly Camps Bonne¹ <https://orcid.org/0000-0002-2730-5838>

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

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

RESUMEN

Objetivo: Caracterizar las aberraciones corneales de bajo orden en pacientes con ametropías miópicas.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal, con una muestra de 104 ojos de 104 pacientes adultos con ametropías miópicas y un grupo control de 104 ojos de 104 voluntarios emétopes, que asistieron a consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología. Se definieron las variables demográficas, clínicas y para la cuantificación de las aberraciones corneales la elevación-depresión y el valor cuadrático medio, aportadas mediante el mapa aberrométrico del Pentacam HR.

Resultados: Hubo un predominio del sexo femenino, el rango de edad estuvo comprendido entre 18 y 39 años en ambos grupos. La mediana del equivalente esférico de los pacientes de ametropías miópicas fue -3,25 dioptrías, con agudeza visual sin corrección de 0,10, esfera de -2,63 D y cilindro de -1,00 D, 91 ojos

(87,50 %) tenían astigmatismo miópico compuesto. Los valores de elevación-depresión y el valor cuadrático medio de bajo orden fueron mayores en los pacientes con ametropías miópicas que los emétopes ($p < 0,001$). El astigmatismo vertical, desenfoque y el astigmatismo horizontal no presentaron diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos.

Conclusiones: La miopía con o sin astigmatismo se debe estudiar y tratar como una aberración de bajo orden. Los valores de elevación-depresión y cuadrático medio son superiores en los ojos con ametropías miópicas respecto a los emétopes.

Palabras clave: aberraciones corneales; polinomios de Zernike; ametropías miópicas; aberraciones de bajo orden.

ABSTRACT

Objective: To characterize low-order corneal aberrations in patients with myopic ametropia.

Methods: A descriptive, observational and cross-sectional study was carried out with a sample of 104 eyes of 104 adult patients with myopic ametropia and a control group of 104 eyes of 104 emmetropic volunteers, who attended the Refractive Surgery Clinic of the Cuban Institute of Ophthalmology. Demographic and clinical variables were defined, and for the quantification of corneal aberrations, elevation-depression and average square value, provided by means of the Pentacam HR aberrometric map.

Results: There was a predominance of female sex, the age range was between 18 and 39 years in both groups. The median spherical equivalent of myopic ametropia patients was -3.25 diopters, with uncorrected visual acuity of 0.10, sphere of -2.63 D and cylinder of -1.00 D, 91 eyes (87.50 %) had compound myopic astigmatism. Elevation-depression values and low-order root average square value were higher in patients with myopic ametropes than emmetropes ($p < 0.001$). Vertical

astigmatism, defocus and horizontal astigmatism showed no statistically significant difference between the two groups.

Conclusions: Myopia with or without astigmatism should be studied and treated as a low-order aberration. The elevation-depression and average square values are higher in eyes with myopic ametropia than in emmetropic eyes.

Keywords: corneal aberrations; Zernike polynomials; myopic ametropia; low-order aberrations.

Recibido: 19/09/2023

Aceptado: 14/10/2023

Introducción

La aberración es un término procedente del latín *aberratio*, que significa salirse del camino o desviarse. Las aberraciones se producen por imperfecciones de las superficies ópticas tanto por la forma, por la posición como por el índice de refracción de los medios. Consisten 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.⁽¹⁾

Las aberraciones oculares producidas por la córnea o por el cristalino producen en el paciente una imagen en la retina defectuosa, que limita su visión. La calidad de la imagen retiniana dependerá de las deformaciones que haya sufrido la luz en su recorrido, por lo tanto, aquellas imperfecciones producidas por la óptica ocular se denominan aberraciones oculares. El 90 % de las aberraciones proceden de la córnea.^(2,3,4,5,6)

El análisis de las aberraciones del frente de onda ha adquirido en los últimos tiempos gran importancia. Se usa principalmente en el diagnóstico de

enfermedades de la córnea y del cristalino, en la planificación de procedimientos quirúrgicos de cirugía refractiva corneal y de implante de lentes intraoculares.^(7,8,9,10,11,12)

Los polinomios de Zernike son modelos matemáticos que nos permiten obtener una descripción cuantitativa de las aberraciones, fueron introducidos en 1934 y los recomienda la Sociedad Americana de Óptica para la representación de las aberraciones oculares. Estas aberraciones se pueden distribuir, según el polinomio de Zernike, en tres grandes grupos según el orden al que pertenezcan. Estos tres grupos son: aberraciones constantes, aberraciones de bajo orden y aberraciones de alto orden.⁽¹³⁾

Las aberraciones de bajo orden (LOA) representan las ametropías. Son dos componentes del astigmatismo y uno de *defocus* o desenfoque esférico. Representan el error refractivo de los rayos centrales de un frente de onda con respecto a los periféricos, y a su vez pueden ser positivos o negativos si se está ante un defecto miópico o hipermetrópico. Corresponden al 85 % del total de las aberraciones ópticas. Pueden diagnosticarse y corregirse con la ayuda de lentes esféricas cilíndricas en gafa, con lentes de contacto o con cirugía refractiva. Un número abundante de pacientes presentan este tipo de aberraciones ópticas.⁽¹³⁾

Los defectos refractivos se consideran la segunda causa de discapacidad visual a nivel mundial. Según el Informe mundial sobre la visión, publicado en el 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo existen en la actualidad 2600 millones de personas de todas las edades con miopía y se estima que en el 2050 estarán afectadas 4758 millones de personas con miopía, que representan el 49,8 % de la población mundial.^(14,15,16)

La ametropía se refiere a la ausencia de emetropía, es un error de la refracción, en presencia de la acomodación relajada, en la que los rayos paralelos de luz procedentes del infinito no se enfocan sobre la retina, y pueden clasificarse según la causa como axial o refractiva. Las ametropías miópicas incluyen: la miopía simple, el astigmatismo miópico simple y el astigmatismo miópico compuesto.⁽¹⁷⁾

Existen publicaciones internacionales de aberraciones oculares en pacientes con ametropías e incluso entre diferentes aberrómetros.^(18,19,20) Las publicaciones existentes en Cuba solo describen las modificaciones aberrométricas posteriores a la cirugía de catarata.^(21,22) Por otra parte, *Zhan*,⁽²³⁾ en su tesis doctoral realizada en Cuba mediante estudios aberrométricos, evalúa la calidad visual en pacientes intervenidos con cirugía refractiva. A su vez *Machado* y otros⁽²⁴⁾ estudian las aberraciones corneales en pacientes adultos con indicación de cirugía con láser de excímeros, utilizando el topógrafo Keratron-Scout de Optikon 2000.

La información proporcionada por el aberrómetro da una idea de la calidad óptica del ojo analizado y permite explicar situaciones clínicas en las que el paciente que presente una agudeza visual de unidad, refiera mala calidad visual, por la existencia de altos valores de aberración. Con esta investigación se propone caracterizar las aberraciones de bajo orden en pacientes con ametropías miópicas y voluntarios sanos emétopes.

Métodos

Se realizó una investigación con un diseño de estudio descriptivo, observacional y transversal. El universo de estudio estuvo constituido por 1000 ojos, de 300 pacientes con ametropías miópicas y 200 voluntarios emétopes. El estudio contó con una muestra posterior a la aplicación de *propensity score matching* de 104 ojos de 104 pacientes adultos con ametropías miópicas (grupo 1) y un grupo control de 104 ojos de 104 voluntarios emétopes (grupo 2), que asistieron a consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, desde enero de 2022 a enero de 2023.

Los criterios de inclusión fueron los pacientes mayores o iguales de 18 años de edad, emétopes o con diagnóstico de ametropías miópicas y que alcanzaron una agudeza visual mejor corregida $\geq 20/20$ (1,0). Se excluyeron del estudio aquellos pacientes y voluntarios sanos con ametropías hipermetrópicas y astigmatismos mixtos.

Las variables de la investigación fueron las siguientes: variables demográficas (edad y sexo), las variables clínicas (agudeza visual sin corrección y mejor corregida, esfera, cilindro, equivalente esférico y el tipo de error refractivo) y la cuantificación de las aberraciones corneales, elevación-depresión pico-valle (PV), valor cuadrático RMS de bajo orden (RMS LOA).

Los resultados parten de imágenes obtenidas por tomografía corneal mediante el mapa aberrométrico aportado por el Pentacam HR, con el objetivo de caracterizar las aberraciones corneales de bajo orden en pacientes con ametropías miópicas.

Los datos se obtuvieron directamente del sujeto y se recolectaron en el modelo. Se confeccionó una base de datos en el programa WPS Office Excel 2022 y la información se procesó mediante el programa SPSS versión 26.0. Se emplearon los porcentajes y los números absolutos para resumir las variables cualitativas; en el caso de las cuantitativas, la media con su desviación estándar (DE), mediana, el mínimo y el máximo.

En el análisis inferencial se utilizaron, tanto pruebas paramétricas como no paramétricas. Para determinar el uso de unas u otras se hizo necesario el análisis de las variables para comprobar si los valores seguían una distribución normal y si tenían iguales varianzas, y para ello se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Levene.

Para conocer la discrepancia de las frecuencias observadas con las esperadas en una variable categórica u ordinales se utilizó la prueba de la ji al cuadrado, con un parámetro de probabilidad de 0,5. En la comparación de variables cuantitativas que siguieron una distribución normal y homocedasticidad se empleó la prueba t (dos grupos) y ANOVA (más de dos grupos); en cambio en las que no siguieron una distribución normal ni homocedasticidad se utilizó Mann-Whitney (dos grupos) y la prueba Kruskal-Wallis (más de dos grupos). El rango de significancia usado fue de $p \leq 0,05$ y un intervalo de confianza superior al 95 % (IC $\geq 95\%$).

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 presenta las características demográficas y clínicas del total de la muestra estudiada en ambos grupos, 104 ojos de 104 pacientes adultos con ametropías miópicas y un grupo control de 104 ojos de 104 voluntarios emétopes. El rango de edad estuvo comprendido entre 18 y 39 años en ambos grupos. Las edades medias de los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas fueron $27,85 \pm 5,21$ y $27,89 \pm 5,14$ años respectivamente, que eran similares entre ambos grupos ($p > 0,05$). Hubo diferencia significativa de distribución del sexo en los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas ($p < 0,001$). En los emétopes la distribución del sexo fue similar ($p > 0,05$), mientras que en el grupo de los pacientes con ametropías miópicas predominó el sexo femenino ($<0,001$). La mediana del equivalente esférico de los pacientes de ametropías miópicas fue -3,25 D con AVSC de 0,10, esfera de -2,63 D y cilindro de -1,00 D (tabla 1).

Tabla 1 - Estadígrafos descriptivos de las características demográficas y clínicas

Variables		Emétopes	Pacientes con ametropías miópicas	<i>p</i>
Edad	Media \pm DE	27,85 \pm 5,21	27,89 \pm 5,14	0,973***
	Mediana	27,5	27,5	
	Mín-Máx	18 - 39	18 - 39	
Sexo	Masculino N (%)	48 (46,2 %)	34 (32,7 %)	<0,001**
	Femenino N (%)	56 (53,8 %)	70 (67,3 %)	
	Total	104 (100 %)	104 (100 %)	
AVSC	Media \pm DE	1,00	0,03 \pm 0,11	<0,001***
	Mediana	1,00	0,10	
	Mín-Máx	1,00	0,01 - 0,5	
Esfera	Media \pm DE	0,00	-3,17 \pm 2,05	<0,001***
	Mediana	0,00	-2,63	
	Mín-Máx	0,00	-10,00 - 0,00	
Cilíndro	Media \pm DE	0,00	-1,28 \pm 1,03	<0,001***
	Mediana	0,00	-1,00	
	Mín-Máx	0,00	-5,00- 0,00	
EE	Media \pm DE	0,00	-3,81 \pm 2,02	<0,001***
	Mediana	0,00	-3,25	
	Mín-Máx	0,00	-10,87 - -1,00	

EE: equivalente esférico subjetivo, AVSC: agudeza visual sin cristal, *p** prueba binomial, *p*** prueba de la ji al cuadrado, *p**** U de Mann-Whitney. Variable sexo en emétopes $p = 0,493$ y en pacientes con ametropías miópicas $p < 0,001$) prueba binomial).

Fuente: Historia clínica.

Al analizar el tipo de error refractivo de los pacientes con ametropías miópicas se encontró que 91 ojos (87,50 %) tenían astigmatismo miópico compuesto y solo 9 ojos (8,65 %) y 4 ojos (3,85 %) presentaron miopía simple y astigmatismo miópico simple, respectivamente, con una diferencia significativa de $p < 0,001$, (tabla 2).

Tabla 2 - Estadígrafos descriptivos del tipo de error refractivo de los pacientes con ametropías miópicas

Tipo de error refractivo	N	%	<i>p</i>
Miopía simple	9	8,65	<0,001
Astigmatismo miópico simple	4	3,85	
Astigmatismo miópico compuesto	91	87,50	
Total	104	100	

p: prueba de la ji al cuadrado.

En la tabla 3 se presenta las comparaciones entre ambos grupos de la elevación depresión (PV) y del valor cuadrático medio bajo orden (RMS LOA). Los valores del PV y del RMS LOA fueron mayores en los pacientes con ametropías miópicas que los emétopes ($p < 0,001$).

Tabla 3 - Estadígrafos descriptivos de la cuantificación de las aberraciones corneales y sus comparaciones estadísticas entre ambos grupos

Variables		Emétopes	Pacientes con ametropías miópicas	<i>p</i>
Elevación depresión (PV)	Media ± DE	6 ± 2	9 ± 4	<0,001
	Mediana	6	8	
	Mín-Máx	2 - 11	4 - 24	
	Mediana	1,105	1,403	
	Mín-Máx	0,437 - 2,002	0,62 - 4,37	
Valor cuadrático medio bajo orden (RMS LOA)	Media ± DE	1,037 ± 0,322	1,533 ± 0,768	<0,001
	Mediana	1,03	1,345	
	Mín-Máx	0,346 - 1,95	0,56 - 4,343	
	Mediana	0,361	0,375	
	Mín-Máx	0,246 - 0,665	0,222 - 0,678	

p: U de Mann-Whitney.

Fuente: Historia clínica.

La tabla 4 muestra los valores de las aberraciones de bajo orden y sus comparaciones entre los voluntarios sanos emétopes y los pacientes con ametropías miópicas. Se observa que el astigmatismo vertical Z (2,-2), desenfoque Z (2,0) y el astigmatismo horizontal Z (2,2) no presentaron diferencia estadísticamente significativa (Z (2,-2): $0,043 \pm 0,265$, $-0,006 \pm 0,593$, $p > 0,05$; $0,433 \pm 0,284$, $0,498 \pm 0,425$, $p > 0,05$; $-0,447 \pm 0,390$, $-0,636 \pm 1,140$, $p > 0,05$).

Tabla 4 - Estadígrafos descriptivos de las aberraciones corneales de bajo orden y sus comparaciones entre ambos grupos (segundo orden)

Variables		Emétopes	Pacientes con ametropías miópicas	<i>p</i>
Astigmatismo Vertical Z(2,-2)	Media \pm DE	0,043 \pm 0,265	-0,006 \pm 0,593	0,276
	Mediana	0,035	-0,035	
	Mín-Máx	-0,607 - 1,178	-1,483 - 1,675	
Desenfoque Z (2,0)	Media \pm DE	0,433 \pm 0,284	0,498 \pm 0,425	0,239
	Mediana	0,400	0,505	
	Mín-Máx	-0,177 - 1,144	-0,491 - 1,542	
Astigmatismo Horizontal Z (2,2)	Media \pm DE	-0,447 \pm 0,390	-0,636 \pm 1,140	0,125
	Mediana	-0,426	-0,589	
	Mín-Máx	-1,434 - 0,573	-4,069 - 2,049	

p: U de Mann-Whitney.

Fuente: Historia clínica.

Discusión

El sexo femenino fue más frecuente en el total de la muestra, así como en ambos grupos. Tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, los pacientes eran adultos jóvenes, aunque el promedio de la edad fue superior en el grupo 1. Esta diferencia entre los sexos puede estar dada por que las pacientes del sexo femenino tienen mayor disposición de asistir a las consultas que los del sexo masculino. No obstante, para verificar esta diferencia debe realizarse un estudio poblacional, ya que nuestra investigación se realizó solo con los pacientes que asistieron a la consulta.

Asimismo, la mayor edad promedio observada en el grupo 1 pudiera ser porque son los pacientes emétopes y los del grupo 2 son los que presentan miopía, por lo que acudieron más tempranamente a consulta.

En la literatura internacional los porcentajes de casos con ametropías de uno y otro sexo varían. *Diego*,⁽²⁵⁾ en Perú, reporta un 52 % del sexo masculino, mientras que, en el propio Perú, *Cáceres*,⁽²⁶⁾ encontró que de los 237 pacientes con ametropía el 57 % eran del sexo femenino y los grupos etarios más representados fueron de 18 a 29 años (31,2 %) y de 30 a 59 años (34,6 %).

Por otra parte, *Milanés* y otros,⁽²⁷⁾ en un estudio con 2891 casos tratados en la consulta de oftalmología que se realizó en la isla de Fogo, Cabo Verde, entre los amétopes, el 59,6 % era del sexo femenino y el grupo etario más representado fue entre los 21 a 41 años de edad (44 %). También en un trabajo⁽²⁸⁾ realizado en el Centro Médico Oftalmológico Mesías Huancayo, durante octubre a diciembre del 2018 en pacientes de 19 a 45 años, la frecuencia de casos fue similar por grupos etarios, así como por sexos.

Entre las ametropías miópicas, la más frecuente en la muestra estudiada fue el astigmatismo miópico compuesto y en menor porcentaje la miopía simple y el astigmatismo miópico simple. Coincidentemente en España se realizó un estudio del estado refractivo en una población de Cataluña, en el cual del 100 % de la población de estudio el 40 % padece de astigmatismo miópico.⁽²⁹⁾ También, *Cruz*⁽²⁸⁾ reporta que tanto en el ojo izquierdo como en el derecho las ametropías más frecuentes son el astigmatismo miópico compuesto, seguido por el astigmatismo miópico simple. De igual forma *Hidalgo*⁽³⁰⁾ reporta en un estudio realizado en Perú que el 75 % de los casos evaluados en el centro óptico presentaban astigmatismo miópico compuesto y resultó la afectación más frecuente.

Se considera que las aberraciones de bajo orden (astigmatismo y desenfoque) contribuyen del 80-85 % al deterioro de la calidad visual y que las aberraciones de alto orden constituyen tan solo el 15 % del error total. A pesar de esta importante

diferencia, las aberraciones de alto orden son las que limitan la visión de un ojo sano y no son susceptibles de corregir con métodos convencionales.⁽¹⁾

Cada coeficiente de Zernike se puede representar como un mapa tridimensional en plano pupilar o con una serie de parámetros que permiten cuantificar numéricamente las diferencias con un frente de onda sin aberraciones, entre ellos está, el PV y el valor cuadrático medio (RMS).⁽²⁾

El *pico-valle* es uno de los parámetros que mide la distancia en micras entre el punto más bajo y más alto del mapa aberrométrico, los valores obtenidos en esta investigación son superiores en los pacientes con ametropías miópicas 9 ± 4 micras. Por otra parte, es importante señalar que no existen publicaciones que reporten valores de PV.

El *RMS o valor cuadrático medio (Root Mean Square)* es la sumatoria de las diferencias en cada punto entre el frente de ondas aberrado y el ideal, estas diferencias se elevan al cuadrado y luego se calcula la raíz cuadrada para obtener valores absolutos y evitar que las diferencias positivas y negativas se contrarresten. El RMS se mide en micras y está vinculado a un tamaño pupilar. Los errores refractivos se asocian a aberraciones de bajo orden.

En este estudio, cuando se analiza el valor cuadrático medio de bajo orden se obtienen valores superiores en los pacientes con ametropías miópicas, resultados similares al de *He* y otros.⁽³¹⁾

Carrasco⁽³²⁾ en su estudio en relación con la refracción obtuvo diferencias significativas entre emétrope vs. miopes al describir las aberraciones oculares de bajo orden. *Guo* y otros⁽³³⁾ plantean que al conseguir una reducción de las aberraciones de bajo orden en niños miopes tras el uso de la ortoqueratología se mejora la agudeza visual y la sensibilidad al contraste. Sin embargo, a pesar de no existir suficientes trabajos de las aberraciones de bajo orden se reconoce su papel protagónico.

En las comparaciones de los polinomios de aberración de segundo orden no se encuentra significación estadística. Esto se podría explicar porque cuando se

suman los polinomios para calcular y analizar el dato, se restan entre sí, al existir signos positivo y negativo.

Se puede concluir que la miopía con o sin astigmatismo, a la luz de los conocimientos actuales, debemos estudiarla y tratarla como una aberración de bajo orden. Los valores de elevación depresión y cuadrático medio son superiores en los ojos con ametropías miópicas respecto a los emétopes.

Referencias bibliográficas

1. Comastri Silvia A, Bastida K, Martin G, Bianchetti A. Aberrometrías oculares y de otros sistemas ópticos transformación de coeficientes zernicke al contraer y desplazar transversalmente la pupila. Documento de Trabajo N° 208, Buenos Aires: Universidad de Belgrano; 2008 [acceso 22/06/2023]. Disponible en: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevos/208_comastri.pdf
2. Tomás JJ. Aberrometría ocular: aplicaciones clínicas y limitaciones de los sensores de frente de onda. Ciencia & Tecnología Para la Salud Visual y Ocular. 2014;12(1):93-105. DOI: [10.19052/sv.2497](https://doi.org/10.19052/sv.2497)
3. Bernal Molina P. Estudios teóricos y experimentales del efecto de las aberraciones en la profundidad de campo, la refracción y la acomodación ocular. [Tesis Doctoral]. [España]: Universidad de Valencia; 2017 [acceso 22/06/2023] Disponible en: <http://hdl.handle.net/10550/59124>
4. Marciano Melchor M, Molina Vilchis M, Silva Ortigoza R. Deformaciones de un frente de onda. Lat Am J Phys Educ. 2008 [acceso 22/06/2023];3(2). Disponible en: <http://www.journal.lapen.org.mx>
5. Kuo IC, Lee B, Wang J. Outcomes of refractive surgery consultations at an academic center: characteristics associated with proceeding (or not proceeding) with surgery. J Ophthalmol. 2020:4354085. DOI: [10.1155/2020/4354085](https://doi.org/10.1155/2020/4354085)
6. Toledo F, Faccia P, Liberatore L. Manual práctico optometría clínica. La Plata: Editorial de la Unap; 2020. DOI: [10.35537/10915/94015](https://doi.org/10.35537/10915/94015)

7. Arora R, Gupta P, Sahu J, Jain P, Vishwanath S, Shroff R. Analysis of corneal scheimpflug densitometry and ocular wavefront aberrations post descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Eye Contact Lens*. 2022;48(6):242-9. DOI: [10.1097/ICL.0000000000000868](https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000868)
8. Schmid R, Borkenstein AF. Analysis of higher order aberrations in recently developed wavefront-shaped iols. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2022;260(2):609-20. DOI: [10.1007/s00417-021-05362-2](https://doi.org/10.1007/s00417-021-05362-2)
9. Shao T, Li H, Zhang J, Wang H, Liu S, Long K. Comparison of wavefront-optimized and corneal wavefront-guided transprk for high-order aberrations (>0.35 μm) in myopia. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(12):1413-8. DOI: [10.1097/j.jcrs.0000000000001012](https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001012)
10. Ding C, Chen Y, Li X, Huang Y, Chen H, Bao J. The associations of accommodation and aberrations in myopia control with orthokeratology. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2022;42(2):327-34. DOI: [10.1111/opo.12930](https://doi.org/10.1111/opo.12930)
11. Siedlecki J, Schmelter V, Schworm B, Mayer WJ, Priglinger SG, Dirisamer M, *et al*. Corneal wavefront aberrations and subjective quality of vision after small incision lenticule extraction. *Acta Ophthalmol*. 2020;98(7):e907-13. DOI: [10.1111/aos.14420](https://doi.org/10.1111/aos.14420)
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. Cárdenas Díaz T, Colectivo de autores. Óptica y optometría. Principios y aplicación clínica. Vol. 1. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2023. Disponible en: http://www.bvscuba.sld.cu/libro/optica-y-optometria-principios-y-aplicacion-clinica_volumen1
14. World Health Organization. The impact of myopia and high myopia: report of the Joint World Health Organization–Brien Holden Vision Institute Global Scientific Meeting on Myopia, University of New South Wales, Sydney, Australia, 16–18 March 2015. Geneva: WHO; 2017.

15. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, *et al.* Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016;123(5):1036-42. DOI: [10.1016/j.ophtha.2016.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006)
16. Zhan GF, Du L, Pérez Hernandez G, Pérez Suárez R, Guerra Almaguer M. Factores asociados prevalencia de miopía mundial y su impacto social. *Rev Cubana Oftalmol.* 2021 [acceso 22/06/2023];4(34). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1516>
17. Osuagwu UL, Suheimat M, Atchison DA. Peripheral aberrations in adult hyperopes, emmetropes and myopes. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017;37(2):151-59. DOI: [10.1111/opo.12354](https://doi.org/10.1111/opo.12354)
18. Anbar M, Mohamed Mostafa E, Elhawary AM, Awny I, Farouk MM, Mounir A. Evaluation of Corneal Higher-Order Aberrations by Scheimpflug-Placido Topography in Patients with Different Refractive Errors: A Retrospective Observational Study. *J Ophthalmol.* 2019;2019:5640356. DOI: [10.1155/2019/5640356](https://doi.org/10.1155/2019/5640356)
19. Cook WH, McKelvie J, Wallace HB, Misra SL. Comparison of higher order wavefront aberrations with four aberrometers. *Indian J Ophthalmol.* 2019;67(7):1030-5. DOI: [10.4103/ijo.IJO_1464_18](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1464_18)
20. Rampat R, Malet J, Dumas L, Gatinel D. Wavefront sensing, novel lower degree/higher degree polynomial decomposition and its recent clinical applications: A review. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):2670-2678. DOI: [10.4103/ijo.IJO_1760_20](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1760_20)
21. Benítez Cartaya M, Hernández Silva J, Curbelo Cunill L, Fernández Vásquez G, Padilla González C. Estudio comparativo aberrométrico posterior a la cirugía de catarata en el Centro de Microcirugía Ocular "Ramón Pando Ferrer". *Rev Cubana Oftalmol.* 2011 [acceso 22/06/2023];24(1). Disponible en: <http://www.revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/2>
22. Hernández-Silva JR, Miranda I, Vilar JS, Curbelo L, Fernández G, Ramos M. Estudio aberrométrico de la lente intraocular Miniflex de Mediphacos en pacientes

- operados de catarata mediante la técnica de Facoemulsificación por microincisiones. Rev Cubana Oftalmol. 2009 [acceso 22/06/2023];22(Suppl):52-8. Disponible en: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=58946>
23. Zhan GF. Calidad visual poscirugía refractiva fotoablativa de superficie con perfil de ablación esférico en miopes. [Tesis doctoral]. [La Habana]: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana; 2021.
24. Machado-Fernández E, Orta-Hernández E, Xie Q, Guerra-Almaguer M, Cárdenas-Díaz T. Aberraciones corneales en pacientes con indicación de cirugía refractiva con láser de excímeros. Revista Cubana de Oftalmología. 2023 [acceso 02/11/2023];36(2). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/>
25. Diego Arteaga G. Tipos de ametropías en pacientes jóvenes atendidos en oftalmólogos contreras. 2016 [Tesis de pregrado]. [Lima]: Universidad Nacional Federico Villarreal. 2018 [acceso 22/06/2023] Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2541>
26. Cáceres-Ortiz LDP. Prevalencia de defectos refractivos en pacientes atendidos en el centro óptico happy lens, Majes. [Tesis Optometría]. [Perú]: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2021 [acceso 22/06/2023]. Disponible en: https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/5270/T037_74919355_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. Milanés Armengol AR, Molina-Castellanos K, Alves-Tavares IA, Milanés-Molina M, Ojeda-Leal ÁM. Characterization of patients with with ametropies. Fogo Island, Green Cape. 2015-2017. Medisur. 2019 [acceso 22/06/2023];17(2)30-240. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2019000200230&lng=es
28. Cruz A. Frecuencia de ametropías en pacientes de 19 a 45 años en el Centro Médico Oftalmológico “Mesías” – Huancayo 2018. Perú. [Tesis Optometría]. [Perú]: Universidad Peruana los Andes. Facultad de Ciencias de la Salud. 2021 [acceso

- 22/06/2023]. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4173>
29. Gómez L. Estudio del estado refractivo en una población de Cataluña. [Tesis de pregrado]. [España]: Universidad Politécnica de Cataluña; 2020 [acceso 22/06/2023]. Disponible en: <https://n9.cl/v8zjk>
30. Hidalgo G. Frecuencia del Astigmatismo Miópico Compuesto en Pacientes Atendidos en un Centro Óptico durante febrero del 2020. [Tesis]. [Perú]: Universidad Peruana Los Andes; 2021 [acceso 22/06/2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2005>
31. He JC, Sun P, Held R, Thorn F, Sun X, Gwiazda JE. Wavefront aberrations in eyes of emmetropic and moderately myopic school children and young adults. *Vision Res.* 2002;42(8):1063-70. DOI: [10.1016/s0042-6989\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/s0042-6989(02)00035-4)
32. Carrasco Pagán S. Estudio de aberraciones corneales en población sana mediante tomografía con cámara rotacional de tipo Scheimpflug. [Tesis de doctoral]. [España]: Universidad de Extremadura; 2021 [acceso 22/06/2023] Disponible en: https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/11970/1/TDUEX_2021_Pagan_Carrasco.pdf
33. Guo HC, Jin WQ, Pan AP, Wang QM, Qu J, Yu AY. Changes and Diurnal Variation of Visual Quality after Orthokeratology in Myopic Children. *J Ophthalmol.* 2018;2018:3174826. DOI: [10.1155/2018/3174826](https://doi.org/10.1155/2018/3174826).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Qin Xie.

Curación de datos: Enrique José Machado Fernández.

Análisis formal: Michel Guerra Almaguer.

Adquisición de fondos: Qin Xie.

Investigación: Qin Xie, Taimi Cárdenas Díaz.

Metodología: Michel Guerra Almaguer.

Recursos: Qin Xie.

Software: Michel Guerra Almaguer.

Supervisión: Enrique José Machado Fernández.

Validación: Zonya Lesly Camps Bonne

Visualización: Taimi Cárdenas Díaz.

Redacción-borrador original: Qin Xie.

Redacción-revisión y edición: Qin Xie, Michel Guerra Almaguer