

## Aberraciones oculares en pacientes con ametropías miópicas

Ocular aberrations in patients with myopic ametropia

Michel Guerra Almaguer<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1542-9091>

Diana García Ayup<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0000-6028-9262>

Dunia Cruz Izquierdo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2900-6575>

Runnier Castillo Nuñez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0009-9804-9681>

Zonya Lesly Camps Bonne<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2730-5838>

<sup>1</sup>Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [michguerra1976@gmail.com](mailto:michguerra1976@gmail.com)

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar las características de las aberraciones oculares en pacientes con ametropías miópicas.

**Métodos:** Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, en el que se incluyeron 100 pacientes con ametropías miópicas (200 ojos), atendidos en la consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer.

**Resultados:** Predominaron las mujeres con astigmatismo miópico compuesto y una edad media de  $24,42 \pm 4,25$  años. La agudeza visual sin corrección presentó un valor medio de  $0,03 \pm 0,15$ , el equivalente esférico presentó un valor promedio de  $-4,96 \pm 3,27$  y el diámetro pupilar un valor medio de  $5,87 \pm 0,91$ . La elevación depresión mostró una media de  $20,37 \pm 10,29$  y el valor cuadrático medio un promedio de  $5,29 \pm 2,84$ .

**Conclusiones:** En los pacientes con ametropías miópicas, predominan las aberraciones de bajo orden y sus parámetros aberrométricos presentan valores superiores a los de las aberraciones de alto orden.

**Palabras clave:** aberraciones oculares; polinomios de Zernike; ametropías miópicas.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the characteristics of ocular aberrations in patients with myopic ametropia.

**Methods:** An observational, descriptive, cross-sectional study was conducted, including 100 patients with myopic ametropia (200 eyes) who were treated at the Refractive Surgery Clinic of the Ramón Pando Ferrer Cuban Institute of Ophthalmology.

**Results:** Women with compound myopic astigmatism predominated, with a mean age of  $24.42 \pm 4.25$  years. Uncorrected visual acuity had a mean value of  $0.03 \pm 0.15$ , the spherical equivalent had a mean value of  $-4.96 \pm 3.27$ , and the pupil diameter had a mean value of  $5.87 \pm 0.91$ . The elevation depression showed a mean of  $20.37 \pm 10.29$  and the mean quadratic value showed an average of  $5.29 \pm 2.84$ .

**Conclusions:** In patients with myopic ametropia, low-order aberrations predominate and their aberrometric parameters show higher values than those of high-order aberrations.

**Keywords:** ocular aberrations; Zernike polynomials; ametropia.

Recibido: 05/05/2025

Aceptado:14/07/2025

## Introducción

El estudio de las aberraciones oculares, bien sean las totales, las corneales o las internas, proporcionan una herramienta fundamental a la hora de valorar la calidad

óptica del ojo humano. 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, 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 %.<sup>(1,2)</sup>

Las aberraciones oculares presentan un gran impacto en la calidad óptica y constituyen uno de los elementos más debatidos en la práctica oftalmológica en los últimos años por sus aplicaciones clínicas en los procedimientos quirúrgicos de cirugía refractiva corneal y de implante de lentes intraoculares.<sup>(3,4)</sup>

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 dependerá de las deformaciones que haya sufrido la luz en su recorrido. De manera general las aberraciones oculares o totales incluyen las aberraciones de la córnea y del cristalino, y el 90 % proceden de la córnea.<sup>(5,6)</sup>

La aberración es un término procedente del latín *aberratio*, que significa salirse del camino o desviarse, son producidas por imperfecciones de las superficies ópticas tanto por la forma, 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 y de alto orden.<sup>(5)</sup>

Los polinomios de Zernike son modelos matemáticos que permiten obtener una descripción cuantitativa de las aberraciones. Desde el punto de vista matemático, las aberraciones son funciones que caracterizan las propiedades de formación de imágenes en cualquier sistema óptico, inclusive en el ojo humano. En la práctica solo se analizan los coeficientes hasta el sexto orden. La magnitud de las aberraciones deteriora en mayor o menor cantidad la calidad visual de la imagen analizada.<sup>(5)</sup>

Se considera que las aberraciones de bajo orden (astigmatismo y defectoesférico)

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.<sup>(6,7,8)</sup>

Las aberraciones oculares de alto orden comienzan a partir del orden tres. A partir del orden cinco tienen menor repercusión óptica y solo merecen consideración en casos especiales, las que más repercuten sobre la calidad visual, son las que se sitúan en la parte central y superior del polinomio de Zernike.<sup>(9,10)</sup>

La ametropía se refiere a la ausencia de emetropía, es un error de la refracción, en presencia de la acomodación relajada, donde los rayos paralelos de luz procedentes del infinito no se enfocan en la retina, y pueden clasificarse por su presunta causa en axial, de curvatura y de índice. Las ametropías miópicas incluyen la miopía simple, el astigmatismo miópico simple y el astigmatismo miópico compuesto.<sup>(5)</sup>

Las publicaciones existentes en Cuba solo describen las modificaciones aberrométricas posterior a la cirugía de catarata.<sup>(11,12)</sup> Otros estudios se han limitado a describir las aberraciones corneales en pacientes con indicación de cirugía refractiva,<sup>(13)</sup> las aberraciones corneales de alto y bajo orden en pacientes con ametropías miópicas aportadas por el mapa aberrométrico del Pentacam HR.<sup>(14,15)</sup> Por lo que el objetivo de la investigación fue determinar las características de las aberraciones oculares en pacientes con ametropías miópicas.

## Métodos

Se realizó una investigación con un diseño de estudio observacional, descriptivo y transversal, con 200 ojos de 100 pacientes con ametropías miópicas, que fueron atendidos en la consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer y asistieron a consulta de forma consecutiva de enero de 2023-enero de 2024.

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 las aberraciones oculares según el polinomio de Zernike desde el segundo orden radial Z (2) hasta el cuarto orden Z (4), además de la cuantificación de los parámetros aberrométricos mediante la elevación-depresión pico-valle (PV) y el valor cuadrático medio (RMS) y de alto orden (RMS HO).

Los resultados parten de imágenes obtenidas por el aberrómetro COAS, con el objetivo de determinar las características de las aberraciones oculares en pacientes con ametropías miópicas.

Se incluyeron en la investigación los pacientes mayores o iguales de 21 años, con la misma condición refractiva en ambos ojos y con agudeza visual mejor corregida (AVMC)  $\geq 20/20$  (1,0) unidad de visión en ambos ojos, y como límite superior fueron los 39 años por constituir los pacientes presbitas criterio de exclusión en esta investigación.

Los datos se obtuvieron del propio sujeto y se recolectaron en el modelo creado para este fin. Se confeccionó una base de datos en el programa WPS Office Excel 2022 y se procesaron con el programa SPSS versión 26.

El análisis descriptivo de las variables cualitativas se realizó mediante frecuencias absolutas (n) y relativas (%). Mientras que, para la descripción de las variables cuantitativas se utilizaron la media y la mediana como medidas de tendencia central; así como la desviación estándar (DE), el mínimo y el máximo como medidas de dispersión. Desde el punto de vista ético la investigación está justificada ya que se realizó según las normas de la investigación científica vigente.

## Resultados

Se incluyeron en el estudio 100 participantes con 200 ojos. La muestra analizada estuvo conformada por 100 pacientes con ametropía miópica, con una edad promedio de  $24,42 \pm 4,25$  años, con un rango etario entre 21 y 39 años. La mediana

de edad es de 23 años. En cuanto a la distribución por sexo, el 22 % de los pacientes eran hombres ( $n = 22$ ) y el 78 % mujeres ( $n = 78$ ), lo que refleja una prevalencia del sexo femenino.

Al analizar el tipo de ametropía miópica, se encontró que 162 ojos (81,0 %) tenían astigmatismo miópico compuesto, solo 20 ojos (10,0 %) y 18 ojos (9,0 %) presentaron miopía simple y astigmatismo miópico simple.

En la tabla 1 se presentan las características refractivas y biométricas. En cuanto a la agudeza visual sin corrección (AVSC) sus valores oscilaron entre 0,01 y 0,5. En cuanto a la esfera, el valor promedio fue de  $-4,06 \pm 3,09$ . El cilindro, que mide el astigmatismo tuvo un valor medio de  $-1,68 \pm 1,21$ , lo que sugiere que muchos pacientes también presentaban astigmatismo. El equivalente esférico (EE) presentó un valor promedio de  $-4,96 \pm 3,27$ , lo que confirma la presencia de miopía significativa en la mayoría de los pacientes. El diámetro pupilar presentó un valor medio de  $5,87 \pm 0,91$ .

**Tabla 1.** Estadígrafos descriptivos de las características refractivas y biométricas.

Variables		Pacientes con ametropías miópicas n = 200
AVSC	Media $\pm$ DE	0,03 $\pm$ 0,15
	Mediana	0,12
	Mín - Máx	0,01-0,5
Esfera	Media $\pm$ DE	-4,06 $\pm$ 3,09
	Mediana	-3,29
	Mín-Máx	-17,84- -0,04
Cilindro	Media $\pm$ DE	-1,68 $\pm$ 1,21
	Mediana	-1,59
	Mín-Máx	-5,02-0,05
EE	Media $\pm$ DE	-4,96-3,27
	Mediana	-4,45
	Mín-Máx	-19,87- -1,10
Diámetro pupilar	Media $\pm$ DE	5,87 $\pm$ 0,91
	Mediana	6,15
	Mín-Máx	3,19-7,20

Fuente: Modelo de recolección. AVSC: agudeza visual sin corrección. EE: equivalente esférico subjetivo.  $p$ : prueba de la ji al cuadrado de la muestra.

La tabla 2, muestra los valores de las aberraciones de bajo orden. El astigmatismo vertical Z (2,-2) tiene una media de  $-0,05 \pm 0,62$ . En cuanto al *defocus* o desenfoque Z (2,0), se observa una mayor variabilidad, con una media de  $5,27 \pm 3,18$ , lo que sugiere un componente predominante de desenfoque en esta muestra. El astigmatismo horizontal Z (2,2) presenta una media de  $-0,25 \pm 1,09$ , lo que denota mayor variabilidad en comparación con el astigmatismo vertical, pero con una tendencia promedio hacia valores negativos. Estos datos reflejan el desenfoque como aberración predominante en los pacientes miópicos, en contraste con el astigmatismo, que presenta menor magnitud y variabilidad.

**Tabla 2.** Estadígrafos descriptivos de las aberraciones oculares de bajo orden, según el polinomio de Zernike

Variables		Pacientes con ametropías miópicas
Z (2,-2) astigmatismo vertical	Media $\pm$ DE	$-0,05 \pm 0,62$
	Mediana	-0,03
	Mín-Máx	-1,69-2,35
Z (2,0) defocus o desenfoque	Media $\pm$ DE	$5,27 \pm 3,18$
	Mediana	4,51
	Mín-Máx	0,49 - 18,86
Z (2,2) astigmatismo horizontal	Media $\pm$ DE	$-0,25 \pm 1,09$
	Mediana	-0,25
	Mín-Máx	-3,06 - 2,28

Fuente: Modelo de recolección. Z (2,-2): astigmatismo vertical; Z (2,0): defocus o desenfoque; Z (2,2): astigmatismo horizontal. p U de Mann-Whitney.

Las aberraciones oculares de tercer orden, como el trefoil vertical Z (3,-3) presentaron una media de  $-0,06 \pm 0,11$ , indicando que la mayoría de los pacientes tenían valores cercanos a cero con baja variabilidad. El coma vertical Z (3,-1) mostró una media de  $-0,01 \pm 0,13$ , lo que sugiere una distribución centrada alrededor de cero, el coma horizontal Z (3,1) tuvo una media de  $0,01 \pm 0,09$ , lo que refleja una variabilidad similar a la coma vertical, pero con una ligera tendencia positiva. Por

último, el trefoil horizontal Z (3,3) mostró una media de  $0,01 \pm 0,08$ , lo que indica una variabilidad reducida. En conjunto, las aberraciones de tercer orden presentaron valores bajos, lo que sugiere que tienen una influencia menor en la calidad visual de los pacientes con ametropías miópicas (tabla 3).

**Tabla 3.** Estadígrafos descriptivos de las aberraciones oculares de alto orden (tercer orden), según el polinomio de Zernike

Variables		Pacientes con ametropías miópicas
Z (3,-3) trefoil vertical	Media $\pm$ DE	-0,06 $\pm$ 0,11
	Mediana	-0,07
	Mín-Máx	-0,45 - 0,21
Z (3,-1) coma vertical	Media $\pm$ DE	-0,01 $\pm$ 0,13
	Mediana	0,00
	Mín-Máx	-0,36-0,42
Z (3,1) coma horizontal	Media $\pm$ DE	0,01 $\pm$ 0,09
	Mediana	-0,01
	Mín-Máx	-0,30 - 0,21
Z (3,3) trefoil horizontal	Media $\pm$ DE	0,01 $\pm$ 0,08
	Mediana	0,01
	Mín-Máx	-0,21-0,23

Fuente: Modelo de recolección. Z (3,-3): trefoil vertical, Z (3,-1): coma vertical, Z (3,1): coma horizontal, Z (3,3): trefoil horizontal.

En la tabla 4, se presentan las aberraciones oculares del cuarto orden, el tetrafoil vertical Z (4,-4), se obtuvo una media de 0,01. El astigmatismo secundario vertical Z (4,-2) mostró una media de -0,01, sugiriendo una distribución equilibrada. En cuanto a la aberración esférica Z (4,0), la media fue de 0,08, lo que sugiere una diversidad considerable en las aberraciones entre los pacientes. Para el astigmatismo secundario horizontal Z (4,2), la media se mantuvo en -0,01 con una baja desviación estándar, lo que indica consistencia en los datos y un rango de -0,13 a 0,12. El tetrafoil horizontal Z (4,4) también presentó una media de -0,01 y con un rango que osciló entre -0,11 y 0,09. En general, los resultados sugieren una distribución cercana a la simetría en la mayoría de las variables, con una mayor variabilidad en la aberración esférica.

**Tabla 4.** Estadígrafos descriptivos de las aberraciones oculares de cuarto orden, según el polinomio de Zernike

Variables		Pacientes con ametropías miópicas
Z (4,-4) tetrafoil vertical	Media ± DE	0,01 ± 0,04
	Mediana	0,01
	Mín-Máx	-0,20-0,15
Z (4,-2) astigmatismo secundario vertical	Media ± DE	-0,01 ± 0,03
	Mediana	-0,01
	Mín-Máx	-0,11-0,08
Z (4,0) aberración esférica	Media ± DE	0,08 ± 0,10
	Mediana	0,05
	Mín-Máx	-0,15-0,30
Z (4,2) astigmatismo secundario horizontal	Media ± DE	-0,01 ± 0,01
	Mediana	-0,01
	Mín-Máx	-0,13-0,12
Z (4,4) tetrafoil horizontal	Media ± DE	-0,01 ± 0,03
	Mediana	-0,01
	Mín-Máx	-0,11-0,09

Fuente: Modelo de recolección. Z (4,-4): tetrafoil vertical, Z (4,-2): astigmatismo secundario vertical, Z (4,0): aberración esférica, Z (4,2): astigmatismo secundario horizontal, Z (4,4): tetrafoil horizontal. p\* prueba t de muestra independiente, p\*\* U de Mann-Whitney.

En la tabla 5 se presentan los valores de los parámetros aberrométricos oculares. Los valores de elevación-depresión (PV), cuadrático medio (RMS) y de alto orden (RMS HO) en pacientes con ametropías miópicas. El PV muestra una media de  $20,37 \pm 10,29$ , lo que sugiere una notable variabilidad en las aberraciones entre los pacientes. El PV de alto orden (PV HO) tiene una media de  $1,6 \pm 0,65$ , y un rango más estrecho, lo que indica una variabilidad moderada en las aberraciones de alto orden. El RMS refleja un promedio de  $5,29 \pm 2,84$ , una mediana de 4,46 y un rango de 0,55 a 17,49, lo que señala la heterogeneidad de las aberraciones globales en este grupo. Por otro lado, el RMS de alto orden (RMS HO) presenta una media de  $0,26 \pm 0,10$ , lo que sugiere una menor dispersión y mayor consistencia en las aberraciones de alto orden.

**Tabla 5.** Estadígrafos descriptivos de los valores de elevación-depresión, cuadrático medio total y de alto orden

Variables		Pacientes con ametropías miópicas
PV	Media $\pm$ DE	20,37 $\pm$ 10,29
	Mediana	18,32
	Mín-Máx	2,30 - 63,67
PV HO	Media $\pm$ DE	1,6 $\pm$ 0,65
	Mediana	1,69
	Mín-Máx	0,37 - 3,80
RMS	Media $\pm$ DE	5,29 $\pm$ 2,84
	Mediana	4,46
	Mín-Máx	0,55 - 17,49
RMS HO	Media $\pm$ DE	0,26 $\pm$ 0,10
	Mediana	0,26
	Mín-Máx	0,07 - 0,69

Fuente: Modelo de recolección. PV: elevación-depresión por sus siglas en inglés *Peak valley*. PV HO: elevación-depresión de alto orden, RMS: valor cuadrático medio, RMS HO: valor cuadrático medio de aberraciones de alto orden. p: U de *Mann-Whitney*.

## Discusión

La muestra se caracterizó, según variables demográficas y clínicas en: la media de edad de los pacientes estudiados se correspondió con adultos jóvenes, que se encontraban en un rango de edad entre 21-39 años. Se tuvo en cuenta el límite inferior de edad de 21 años por constituir la edad establecida en pacientes candidatos a cirugía refractiva corneal<sup>(5)</sup> y el límite superior de 39 años por constituir los pacientes presbitas, lo que se consideró como criterio de exclusión en esta investigación, con una edad promedio de 24,42  $\pm$  4,25 años.

En el análisis acerca de la distribución por sexo, predominaron las mujeres en el total de la muestra. 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 esta investigación se realizó en los pacientes que asistieron a la consulta.

En la literatura internacional los porcentajes de casos de forma general con ametropías de uno y otro sexo son variables. *Diego*<sup>(16)</sup>, en Perú, reporta un 52 % del sexo masculino. *Milanés y otros*,<sup>(17)</sup> en un estudio con 2891 pacientes tratados en la consulta de oftalmología realizado en la isla de Fogo, Cabo Verde, informa que entre los amétropes, el 59,6 % son del sexo femenino y el grupo etario más representado es entre los 21 a 41 años de edad (44 %).

Por otra parte, *Mosquera y otros*<sup>(18)</sup> estudian 97 pacientes miopes entre 15 y 40 años de edad, encuentran que el 52 % tienen una miopía alta y el 48 % presentan entre 20 y 25 años de edad, y el 64 % son del sexo femenino. *Salman y otros*<sup>(19)</sup> estudian las aberraciones corneales en 573 pacientes que se divide en cuatro grupos (emétropes, miopes, hipermétropes, astigmáticos), con un predominio del sexo femenino en los cuatro grupos. De manera general el presente estudio coincide con estos resultados.

En el análisis acerca la características refractivas y biométricas (tabla.1), la media de la AVSC en este estudio es de  $0,03 \pm 0,15$  y del equivalente esférico de  $-4,96-3,27$ . *Lu y otros*<sup>(20)</sup> reporta en el preoperatorio de los pacientes que fueron operados de cirugía refractiva con láser de excímero una AVSC de  $0,16 \pm 0,13$  y un equivalente esférico de  $-3,37 \pm 1,73$ . Otros estudios muestran valores de equivalente esférico  $2,81 \pm 0,51$ , Khan  $3,733 \pm 1,96$  y el de Padmanabhan  $5,33 \pm 1,22$ .<sup>(21,22)</sup>

Entre las ametropías miópicas, la más frecuente en la muestra estudiada fue el astigmatismo miópico compuesto, lo que coincide con el estudio de *Gómez*<sup>(23)</sup> que realizó un estudio del estado refractivo en una población de Cataluña, en el cual del 100 % de la población de estudio el 40 % presenta astigmatismo miópico. También *Cruz*<sup>(24)</sup> reporta el astigmatismo miópico compuesto como la ametropía más frecuente. Los resultados de este estudio también coinciden con lo publicado por *Pérez y otros*<sup>(25)</sup> que se encuentran el 98,6 % de astigmatismo miópico compuesto en los pacientes operados de miopía.

Los coeficientes de Zernike se pueden representar como un mapa tridimensional en plano pupilar o como una serie de parámetros que permiten cuantificar de forma numérica las diferencias con un frente de onda sin aberraciones, entre ellos está la elevación-depresión y el valor cuadrático medio. Es un buen sistema óptico, donde todos los coeficientes de Zernike son casi cero en la media poblacional.<sup>(5,26)</sup>

*Porter* y otros<sup>(27)</sup> estudian la variación de las aberraciones ópticas en una población normal de sujetos, con un rango de refracción de +6 D a 12 D y un astigmatismo hasta 3 D, se realizaron mediciones aberrométricas en una población con un rango de edad entre 21-65 años y midieron los valores absolutos de los coeficientes de Zernike.

Es necesario destacar que en investigación presentada no se describen las aberraciones constantes<sup>(5)</sup> (el pistón, el tilt y el tilp) por ser aberraciones invariables en todos los sistemas ópticos. Estos tres polinomios constituyen traslaciones y rotaciones del sistema de referencia, que pueden ser compensadas de forma natural con los movimientos del ojo y no deterioran la imagen retiniana, elemento que pudiera justificar que no existan estudios en la literatura científica que describan estas aberraciones.<sup>(5)</sup>

En la tabla 2, se presentan los resultados de los polinomios de aberración de segundo orden, en este estudio se reportan valores de defocus Z (2,0)  $5,27 \pm 3,18$  que representan las aberraciones ópticas que contribuyen al desenfoque de la imagen y estos valores sugiere un componente predominante de desenfoque en esta muestra. El astigmatismo horizontal Z (2,2) presenta una media de  $-0,25 \pm 1,09$ , con mayor variabilidad en comparación con el astigmatismo vertical.

*Lou* y otros<sup>(28)</sup> estudian 245 ojos de 170 pacientes (93 mujeres y 77 hombres), la edad media de los sujetos del estudio fue de  $26,11 \pm 6,38$  años, oscilando entre 18 y 40 años con una media de la esfera de  $-4,30 \pm 2,00$  D. En este estudio observacional utilizan el Pentacam AXL y el topógrafo de disco Placido (KR-1W) Hartmann-Shack, como analizador de frente de onda para medir las aberraciones en pacientes miopes. Reportan valores de aberración de segundo orden en miopías elevadas, entre ambos equipos de Z (2,0) ( $0,79 \pm 0,36$ ) ( $0,68 \pm 0,17$ ), los resultados

de esta investigación no coinciden con *Lou* y otros<sup>(28)</sup> porque se describe el total de las aberraciones. En cuanto al astigmatismo horizontal se reportan valores Z (2,2)  $(-1,10 \pm 0,51)$   $(-0,85 \pm 0,38)$ , que son similares a esta investigación Z (2,2)  $(0,25 \pm 1,09)$ .

Las aberraciones corneales del tercer orden (tabla 3), en este estudio presentan valores bajos, lo que sugiere que tienen una influencia menor en la calidad visual de los pacientes con ametropías miópicas. El coma horizontal Z (3,1) se encontró una media de  $0,01 \pm 0,09$ , con una mediana de  $-0,01$  y un rango de  $-0,30$  a  $0,21$ , lo que refleja una variabilidad similar a la coma vertical  $(0,01 \pm 0,13)$ , pero con una ligera tendencia positiva. *Lou* y otros<sup>(28)</sup> reportan valores de coma horizontal Z (3,1)  $(0,06 \pm 0,09)$  y  $(0,10 \pm 0,11)$ .

*Wei* y otros<sup>(29)</sup> en un estudio realizado sobre población miope con valor de esfera media:  $-5,23 \pm 1,29$  D, cilindro:  $-1,29 \pm 0,98$  D obtienen un valor medio de coma vertical de  $0,06 \pm 0,26$   $\mu\text{m}$  y de coma horizontal de  $0,06 \pm 0,13$  a 6 mm, para una población de edad media de  $32,1 \pm 6$  años. *Wang* y otros<sup>(30)</sup> reportan un valor de coma vertical de  $0,05 \pm 0,14$  y de coma horizontal de  $0,01 \pm 0,11$   $\mu\text{m}$ .

El trefoil vertical Z (3,-3) en esta investigación presenta una media de  $-0,06 \pm 0,11$  y el trefoil horizontal Z (3,3) muestra una media de  $0,01 \pm 0,08$ . *Wang* y otros<sup>(30)</sup> reporta un valor de valor medio de trefoil vertical de  $-0,06 \pm 0,19$   $\mu\text{m}$  y de trefoil horizontal de  $0,02 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$ , para una media de edad del estudio fue de  $41 \pm 10$  años.

En cuanto a las aberraciones oculares del cuarto orden (tabla. 4), los resultados sugieren una distribución cercana a la simetría en la mayoría de las variables, con una mayor variabilidad en la aberración esférica Z (4,0), la media fue de  $0,08 \pm 0,10$   $\mu\text{m}$ . *Wei* y otros<sup>(29)</sup> obtiene un valor medio de aberración esférica de  $0,22 \pm 0,14$   $\mu\text{m}$ . *Wang* y otros<sup>(30)</sup> con la utilización de un aberrómetro tipo Hartmann-Sack, reporta una aberración esférica ocular de  $0,10 \pm 0,10$   $\mu\text{m}$ , en una población de  $41 \pm 10$  años. Otro estudio<sup>(31)</sup> en una población de Tanzania de 657 ojos analizados con el uso del aberrómetro de tipo Hartmann-Shack obtienen valores medios de  $0,18 \pm 0,09$   $\mu\text{m}$  con una media de edad de  $57,2 \pm 10,3$  años.

La elevación-depresión (PV) 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 de los pacientes con ametropías miópicas fue de  $20,37 \pm 10,29$  micras y de alto orden de  $1,6 \pm 0,65$  (tabla.5). Es importante señalar que no se encontraron publicaciones que reporten valores de elevación-depresión. En cuanto al valor cuadrático medio (RMS) (tabla 5), que es la cantidad de desviación de un frente de onda perfecto con el real. A menor RMS, mejor es el frente de onda real, y mejor la calidad visual. El valor "cero" teórico supondría una concordancia perfecta entre el frente de onda y la esfera de referencia el RMS se mide en micras ( $\mu\text{m}$ ).

El RMS total de pacientes con ametropías miópicas en este estudio ( $5,29 \pm 2,84 \mu\text{m}$ ) es superior al reportado por *Págan*<sup>(26)</sup> ( $1,675 \pm 0,764 \mu\text{m}$ ) por ser solo de las aberraciones corneales. En esta investigación el valor cuadrático medio de alto orden (RMS HOA) es de  $0,26 \pm 0,10 \mu\text{m}$ , los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por *Kiuchi* y otros<sup>(32)</sup> quienes reportan que el estado refractivo no se asocia con las aberraciones corneales de alto orden.

*Kim* y otros<sup>(33)</sup> estudian 54 ojos con miopía elevada mayor de 6 D, reporta un RMS HOA  $0,27 \pm 0,087 \mu\text{m}$ ,  $p > 0,05$ ). *Philip* y otros<sup>(34)</sup> estudia 100 miopes leves y 25 miopes elevados encuentran un valor de RMS HOA de  $0,23 \pm 0,05 \mu\text{m}$  y  $0,22 \pm 0,08 \mu\text{m}$  respectivamente, sin existir diferencias significativas.

*Salman* y otros<sup>(19)</sup> estudian 211 ojos con miopía simple y 175 ojos con astigmatismo miópico compuesto, con la utilización del tomógrafo Sirius, reportan en los pacientes con ametropías miópicas ( $0,24 \pm 0,14 \mu\text{m}$ ,  $0,31 \pm 0,16 \mu\text{m}$ ). *Neroev* y otros<sup>(35)</sup> estudian 134 ojos de 67 pacientes con miopía moderada y elevada reportan valores de RMS HOA desde  $0,24 \pm 0,02 \mu\text{m}$   $0,45 \pm 0,03$  según el grado de miopía. Los resultados de este estudio coinciden con estos resultados.

Las limitaciones de la investigación radican, que solo se estudiaron pacientes con ametropías miópicas. La aberrometría realizada con la utilización del aberrómetro de COAS, solo permite hacer una descripción de las aberraciones oculares totales, de tal manera que no se puede obtener de forma independiente las aberraciones

corneales.

Se puede concluir que hubo un predominio de mujeres jóvenes, con astigmatismo miópico compuesto. Queda demostrado que en los pacientes con ametropías miópicas, existe un predominio de las aberraciones de bajo orden y sus parámetros aberrométricos presentan valores superiores a los de las aberraciones de alto orden.

## Referencias bibliográficas

1. Holden BA, Mariotti SP, Kocur I. The impact of myopia and high myopia. Report of the Joint World Health Organization - Brien Holden Vision Institute Global Scientific meeting on myopia. 2020 [acceso 20/11/2023]. Disponible en: [https://myopiainstitute.org/wpcontent/uploads/2020/10/Myopia\\_report\\_020](https://myopiainstitute.org/wpcontent/uploads/2020/10/Myopia_report_020)
2. Zhan GF, Du L, Pérez Hernández G, Pérez Suárez R, Guerra Almaguer M. Factores asociados prevalencia de miopía mundial y su impacto social. Rev Cubana Oftalmol. 2021 [acceso 20/11/2023];4(34). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1516>
3. 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)
4. 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  $\mu\text{m}$ ) 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)
5. 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](http://www.bvscuba.sld.cu/libro/optica-y-optometria-principios-y-aplicacion-clinica_volumen1)

6. 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)
7. Mejía Barbosa Y. El frente de onda y su representación con polinomios de Zernike. Cien. tecnol. salud.vis. ocul. 2011 [acceso 23/10/2022];9(2):145-66. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599204>
8. Claramunt Miraball I. Estudio de las aberraciones oculares y corneales en función de la edad [tesis de grado]. [España]: Universidad Politécnica de Catalunya. 2013; [acceso 21/10/2023]. Disponible en: <https://1library.co/document/zkx31p8y-estudios-aberraciones-oculares>
9. Recarte M. Polinomios de zernike y su aplicación en oftalmología. Revista de La Escuela De Física, Unah. 2017;1(5):21-5. DOI: [10.5377/ref.v5i1.8320](https://doi.org/10.5377/ref.v5i1.8320)
10. Vidal Olarte R. Entendiendo e interpretando las aberraciones ópticas. Cien.Tecnol. Salud. Vis. Ocul. 2011 [acceso 21/10/2023];2(9):105-22. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599209>
11. Hernández Silva JR, Miranda Hernández I, Vilar Salas JS, Curbelo Cunill L, Fernández Vázquez G, Ramos López 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 11/11/2023];22(Suppl):52-8. Disponible en: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=58946>
12. Benítez Cartaya M, Hernández Silva J, Curbelo Cunill L, Fernández Vázquez 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 11/11/2023];24(1). Disponible en: <http://www.revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/2>
13. 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 Oftalmol. 2023 [acceso

29/11/2023];36(2) Disponible en:

<https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1763>

14. Xie Q, Guerra Almaguer M, Cárdenas Díaz T, Machado Fernández E, Camps Bonne ZL. Aberraciones corneales de bajo orden en pacientes con ametropías miópicas. Rev Cubana Oftalmol. 2023 [acceso 29/11/2023];36(3). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1818>

15. Xie Q, Guerra Almaguer M, Cárdenas Díaz T, Cruz Izquierdo D, Rodríguez Caro Y. Aberraciones corneales de alto orden en pacientes con ametropías miópicas. Rev Cubana Oftalmol. 2023 [acceso 29/11/2023];36(4). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1829>

16. Diego Arteaga G. Tipos de ametropías en pacientes jóvenes atendidos en oftalmólogos contreras. 2016 [tesis de pregrado] [Lima]: Universidad Nacional Federico Villarreal. 2018 [acceso 25/06/2024]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2541>

17. 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 25/06/2024];17(2)30-240. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2019000200230&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2019000200230&lng=es)

18. Mosquera MJ, San Lucas SS. Relación entre la miopía y la sensibilidad al contraste en pacientes de 15 a 40 años que asisten a la óptica san alejo, los ríos-babahoyo, octubre 2018–abril 2019 [tesis de grado]. [Ecuador]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2019. [acceso 04/07/2024]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5875>

19. Salman A, Kailani O, Ghabra M, Omran R, Darwish TR, Shaaban R, *et al.* Corneal higher order aberrations by sirius topography and their relation to different refractive errors. BMC Ophthalmol. 2023;23(1):104. DOI: [10.1186/s12886-023-02841-4](https://doi.org/10.1186/s12886-023-02841-4).

20. Du L, Pérez Hernández G, Pérez Suárez RG, Cárdenas Díaz T, Guerra Almaguer M. Sensibilidad al contraste y aberrometría ocular en pacientes operados de miopía con técnicas de superficie. Rev Cubana Oftalmol. 2022 [acceso 25/7/2024];35(3).

Disponible en:

<https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1702>

21. Briceño S. Establecer la correlación de las aberraciones inducidas con las variables prequirúrgicas e intraquirúrgicas en pacientes intervenidos de cirugía refractiva en el centro oftalmológico Virgilio Galvis Ramirez [tesis de posgrado]. [Colombia]: Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB; 2023 [acceso 25/7/2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/22822>

22. Khan MS, Humayun S, Fawad A, Ishaq M, Arzoo S, Mashhadi F. Effect of wavefront optimized LASIK on higher order aberrations in myopic patients. Pak J Med Sci. 2015;31(5):1223-6. DOI: [10.12669/pjms.315.7683](https://doi.org/10.12669/pjms.315.7683)

23. Gómez L. Estudio del estado refractivo en una población de Cataluña [tesis de pregrado]. [España]: Universidad Politécnica de Cataluña; 2020 [acceso 25/07/2024] Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/333749/.pdf>

24. Cruz A. Frecuencia de ametropías en pacientes de 19 a 45 años en el Centro Médico Oftalmológico “Mesías” – Huancayo 2018 [tesis de optometría]. [Perú]: Universidad Peruana los Andes. Facultad de Ciencias de la Salud. 2021 [acceso 25/07/2024] Disponible en:

<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4173>

25. Pérez RG, Gómez ES. LASEK-mitomicina C versus PRK-mitomicina C en pacientes con miopía o astigmatismo miópico compuesto. Rev Cub de Oftal. 2019 [acceso 28/7/2024];32(2):e717. Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S086421762019000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421762019000200002)

26. Págan Carrasco S. Estudio de aberraciones corneales en población sana mediante tomografía con cámara rotacional de tipo Scheimpflug [tesis doctoral] España: Universidad de Extremadura. 2021 [acceso 25/06/2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10662/11970>

27. Porter J, Guirao A, Cox IG, Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2001 Aug;18(8):1793-803. DOI: [10.1364/josaa.18.001793](https://doi.org/10.1364/josaa.18.001793).

28. Lou W, Du W, Jin H, Hu Y. Comparison of anterior corneal aberrations measured by Scheimpflug and Placido Disc System for myopes. *BMC Ophthalmol.* 2022;22(1):512. DOI: [10.1186/s12886-022-02753-9](https://doi.org/10.1186/s12886-022-02753-9)
29. Wei RH, Lim L, Chan WK, Tan DT. Higher order ocular aberrations in eyes with myopia in a Chinese population. *J Refract Surg.* 2006;22(7):695-702. DOI: [10.3928/1081-597X-20060901-11](https://doi.org/10.3928/1081-597X-20060901-11)
30. Wang L, Koch DD. Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(10):1896-903. DOI: [10.1016/s0886-3350\(03\)00643-6](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(03)00643-6)
31. Asano H, Hiraoka T, Seki Y, Shibata T, Osada H, Saruta T, *et al.* Distribution of corneal spherical aberration in a Tanzanian population. Kobashi H, editor. *PLOS ONE.* 2019 [acceso 22/8/2024];14(9):e0222297. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0222>
32. Kiuchi G, Hiraoka T, Ueno Y, Mihashi T, Oshika T. Influence of refractive status and age on corneal higher-order aberration. *Vision Res.* 2021;181:32-37. DOI: [10.1016/j.visres.2020.12.007](https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.12.007)
33. Kim M, Lee YG, Seo KR, Kim EK, Lee HK. Comparison of higher-order aberrations between eyes with natural supervision and highly myopic eyes in Koreans. *Korean J Ophthalmol.* 2007;21(2):79–84. DOI: [10.3341/kjo.2007.21.2.79](https://doi.org/10.3341/kjo.2007.21.2.79)
34. Philip K, Martinez A, Ho A, Conrad F, Ale J, Mitchell P, Sankaridurg P. Total ocular, anterior corneal and lenticular higher order aberrations in hyperopic, myopic and emmetropic eyes. *Vision Res.* 2012;52(1):31-7. DOI: [10.1016/j.visres.2011.10.018](https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.10.018)
35. Neroev VV, Tarutta EP, Khanjian AT, Harutyunyan SG, Markosian GA, Khodzhabeekyan NV. Aberratsii opticheskoi sistemy glaza pri miopii razlichnoi stepeni [Optical aberrations of the eyes with various degrees of myopia]. *Vestn Oftalmol.* 2021;137(5):14-21. Russian. DOI: [10.17116/oftalma202113705114](https://doi.org/10.17116/oftalma202113705114)

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## Contribuciones de los autores

*Conceptualización:* Michel Guerra Almaguer.

*Curación de datos:* Dunia Cruz Izquierdo.

*Análisis formal:* Diana García Ayup.

*Investigación:* Zonya Lesly Camps Bonne.

*Metodología:* Runnier Castillo Nuñez.

*Administración del proyecto:* Diana García Ayup.

*Supervisión:* Michel Guerra Almaguer.

*Validación:* Zonya Lesly Camps Bonne.

*Redacción borrador original:* Dunia Cruz Izquierdo.

*Redacción, revisión y edición:* Michel Guerra Almaguer.