

Aberraciones corneales de alto orden en pacientes con ametropías miópicas

Higher 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>

Dunia Cruz Izquierdo¹ <https://orcid.org/0000-0002-2900-6575>

Yaíma Rodríguez Caro¹ <https://orcid.org/0000-0002-3417-854X>

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 alto orden en pacientes con ametropías miópicas y voluntarios sanos emétopes.

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 sanos 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 el valor cuadrático medio de alto orden, que aportó el mapa aberrométrico del Pentacam HR.

Resultados: Hubo un predominio del sexo femenino. 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. La mediana del equivalente esférico de los pacientes de ametropías

miópicas fue -3,25 D, esfera de -2,63 D y cilindro de -1,00 D y 91 ojos (87,50 %) tenían astigmatismo miópico compuesto. El valor cuadrático medio de alto orden fue similar en ambos grupos ($p > 0,05$). Entre los coeficientes de aberraciones corneales de alto orden solo hubo significación estadística en el *pentafoil* horizontal.

Conclusiones: Las aberraciones corneales de alto orden tienen una influencia significativa sobre la calidad de la imagen retiniana, de aquí la importancia de su estudio, por el deterioro de la calidad visual que pueden ocasionar. Queda demostrado que no existen diferencias en las aberraciones de alto orden entre los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas, mientras no exista otra alteración corneal.

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

ABSTRACT

Objective: To characterize higher order corneal aberrations in patients with myopic ametropías and healthy emmetropic volunteers.

Methods: A descriptive, observational and cross-sectional study was carried out using a sample of 104 eyes of 104 adult patients with myopic ametropias and a control group of 104 eyes of 104 healthy emmetropic volunteers, who attended the refractive surgery office at Instituto Cubano de Oftalmología. Demographic and clinical variables were defined, as well as the mean square value of higher order for the quantification of corneal aberrations, providing the Pentacam HR aberrometric map.

Results: There was a predominance of the female sex. The mean ages of emmetropes and patients with myopic ametropias were 27.85 ± 5.21 and 27.89 ± 5.14 years. The median spherical equivalent of patients with myopic ametropias was -3.25 D, sphere of -2.63 D and cylinder of -1.00 D, while 91 eyes (87.50 %) had compound myopic astigmatism. The mean square value of high order was similar in both groups ($p > 0.05$). Among the coefficients of higher order corneal aberrations there was statistical significance only in the horizontal pentafoil.

Conclusions: Higher order corneal aberrations have a significant influence on retinal image quality; hence the importance of their study, due to the deterioration of visual quality that they may cause. It has been demonstrated that there are no differences in high order aberrations between emmetropes and patients with myopic ametropias, as long as there is no other corneal alteration.

Keywords: corneal aberrations; Zernike polynomials; myopic ametropias; higher order aberrations.

Recibido: 16/10/2023

Aceptado: 03/11/2023

Introducción

Las aberraciones oculares 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.^(1,2,3,4,5,6)

Las aberraciones son producidas 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.⁽⁷⁾

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 se denomina etimológicamente aberración óptica o deformidad en el frente de onda.⁽⁸⁾

Las aberraciones de alto orden (HOA) están constituidas a partir del tercer orden. Los investigadores afirman que hasta el sexto orden son importantes a nivel ocular porque afectan en menor cantidad ($\pm 15\%$) que las aberraciones de bajo orden, pero

pueden llegar a disminuir la calidad de visión y no son susceptibles de corregir con métodos convencionales, pero pueden corregirse con cirugía fotoablativa corneal personalizada.^(9,10,11)

La sintomatología más genérica que provocan es: sensación de visión doble, imágenes fantasmas, halos, pérdida de contraste, visión borrosa, disminución de la nitidez de la imagen, bordes de letras poco nítidas, escaso grado de detalle, deslumbramiento y mala visión nocturna.⁽¹²⁾

Los polinomios de Zernike fueron introducidos en 1934 y los recomienda la Sociedad Americana de Óptica para la representación de las aberraciones oculares. El polinomio se identifica con dos índices, n y m , siempre con valor entero; esquematizado así: Z^m_n en el que el subíndice “ n ” indica la potencia más alta (orden radial), siempre es positivo y si el número es más alto la potencia será más alta. El subíndice superior “ m ” es la frecuencia azimutal o angular; en el componente armónico, cuanto mayor es esta, más periférica será la aberración, puede tener valores positivos o negativos.^(11,13)

Los diferentes tipos de aberraciones de alto orden se describen aquí teniendo en cuenta el orden (n) en el que se encuentran, hasta cuarto orden son las que más deterioran la calidad visual:

- *Las aberraciones de tercer orden (Z3), el coma (3, -1) o (3, 1) es aquella en la cual el rayo que parte del centro de la pupila enfoca al punto objeto en un punto imagen alejado del origen del plano. Se llama así porque la forma de la imagen de un punto es similar a la de un cometa. Se localiza en la media periferia y es debida a la superficie anterior de la córnea y del cristalino y a la posterior del cristalino.⁽¹³⁾ El astigmatismo triangular *trefoil* (3,-3) o (3, 3), es el astigmatismo triangular, presenta tres ejes. Su imagen tridimensional representa un frente de onda que avanza, se retrasa y alterna en tres ocasiones distintas. Las principales molestias en los pacientes son deslumbramientos y halos alrededor de los objetos. Se observa fundamentalmente en la degeneración marginal pelúcida o alteraciones de la*

córnea posquirúrgicas que presenten una elevación de la media periferia como poscirugía de pterigión, túnel corneal de extensión amplio o que sufrió una quemadura en una facoemulsificación.^(7,14)

- *Las aberraciones de cuarto orden (Z4) o aberración esférica (4, 0) es aquella en la cual los rayos que parten de una zona cada vez más alejada del centro de la pupila convergen en un punto cada vez más cercano a la pupila y más alejado del punto imagen gaussiano sobre el eje z. El ojo humano presenta en un gran porcentaje algún grado de aberración esférica, incluso en personas con unidad de visión. Es un parámetro significativo para distinguir los diferentes grados de queratocono. El tetrafoil (4, -4) o (4, 4), es muy semejante al astigmatismo cuadrático (4,-2) o (4, 2), también presenta cuatro zonas en periferia donde el frente de onda avanza y se retrasa en cuatro puntos diferentes, pero la afectación en la visión es menor.*^(7,9,11)
- *Las aberraciones de quinto (Z5) y sexto orden (Z6) (pentafoil, segundo trefoil, coma vertical secundario, coma horizontal secundario, hexafoil, tetrafoil secundario, astigmatismo terciario y aberración esférica de sexto orden) no degradan la imagen en ojos normales cuando la pupila es pequeña o hay gran intensidad luminosa, pero pueden deteriorar la calidad y la resolución de la imagen cuando la pupila está dilatada.*^(9,11,13)

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. Con esta investigación se propone caracterizar las aberraciones corneales de alto 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 estudio contó con una muestra de 104 ojos de 104 pacientes adultos

con ametropías miópicas (grupo 2) y un grupo control de 104 ojos de 104 voluntarios emétopes (grupo 1), 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, 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 mejor corregida, esfera, cilindro, equivalente esférico y el tipo de error refractivo) y la cuantificación de las aberraciones corneales, el valor cuadrático RMS de alto orden (RMS HOA).

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 se procesaron 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. 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, esfera de -2,63 D y cilindro de -1,00 D.

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 ($p < 0,001$).

Tabla 1 - Estadígrafos descriptivos de las características demográficas y clínicas

Variables		Emétopes	Pacientes con ametropías miópicas	p
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 %)	
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	

Fuente: Historia clínica. EE: equivalente esférico subjetivo, AVSC: agudeza visual sin cristal, p^* prueba binomial, p^{**} prueba ji al cuadrado, p^{***} U de Mann-Whitney.

En la tabla 2 se presenta las comparaciones entre ambos grupos del valor cuadrático medio de alto orden (RMS HOA). El valor de RMS HOA fue similar en ambos grupos ($p > 0,05$).

Tabla 2 - Estadígrafos descriptivos del valor cuadrático medio de alto orden y sus comparaciones estadísticas entre ambos grupos

Variable		Emétropes	Pacientes con ametropías miópicas	<i>p</i>
RMS HOA	Media ± DE	0,378 ± 0,077	0,384 ± 0,096	0,803
	Mediana	0,361	0,375	
	Mín-Máx	0,246 - 0,665	0,222 - 0,678	

Fuente: Historia clínica. RMS HOA: valor cuadrático medio de alto orden. *p*: U de Mann-Whitney.

La tabla 3 muestra las aberraciones corneales del tercer orden como *trefoil* vertical Z (3,-3), coma vertical Z (3,-1), coma horizontal Z (3,1) y *trefoil* horizontal Z (3,3). Ninguna de estas aberraciones corneales tuvo diferencia estadísticamente significativa en la comparación de los emétropes y los pacientes con ametropías miópicas.

Tabla 3 - Estadígrafos descriptivos de las aberraciones de tercer orden de ambos grupos

Variabes		Emétropes	Pacientes con ametropías miópicas	<i>p</i>
<i>Trefoil</i> vertical Z (3,-3)	Media ± DE	-0,062 ± 0,101	1,140 ± 0,103	0,757**
	Mediana	0,070	-0,067	
	Mín-Máx	-0,359 - 0,291	-0,331 - 0,18	
Coma vertical Z (3,-1)	Media ± DE	-0,105 ± 0,144	-0,106 ± 0,171	0,941*
	Mediana	-0,110	-0,115	
	Mín-Máx	-0,402 - 0,344	-0,464 - 0,383	
Coma horizontal Z (3,1)	Media ± DE	-0,011 ± 0,154	-0,007 ± 0,112	0,591**
	Mediana	-0,014	-0,004	
	Mín-Máx	-0,401 - 0,335	-0,3 - 0,267	
<i>Trefoil</i> horizontal Z (3,3)	Media ± DE	0,020 ± 0,092	0,013 ± 0,107	0,591*
	Mediana	0,025	0,009	
	Mín-Máx	-0,229 - 0,255	-0,299 - 0,297	

Fuente: Historia clínica. *p**prueba t de muestra independiente, *p*** U de Mann-Whitney.

En la tabla 4 se presentan las aberraciones corneales del cuarto orden, como *tetrafoil* vertical Z (4,-4), astigmatismo secundario vertical Z (4,-2), aberración

esférica Z (4,0), astigmatismo secundario horizontal Z (4,2) y tetrafoil horizontal Z (4,4). Se muestra que en ninguno de estas aberraciones corneales hubo diferencia estadísticamente significativa en la comparación de los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas.

Tabla 4 - Estadígrafos descriptivos de las aberraciones de cuarto orden de ambos grupos

Variables		Emétopes	Pacientes con ametropías miópicas	p
Tetrafoil vertical Z (4,-4)	Media ± DE	0,014 ± 0,066	0,009 ± 0,055	0,734**
	Mediana	0,015	0,011	
	Mín-Máx	-0,135-0,29	-0,166-0,122	
Astigmatismo secundario vertical Z (4,-2)	Media ± DE	0,005 ± 0,037	0,003 ± 0,049	0,579**
	Mediana	0,005	0,002	
	Mín-Máx	-0,085-0,112	-0,109-0,139	
Aberración esférica Z (4,0)	Media ± DE	0,195 ± 0,062	0,203 ± 0,080	0,382*
	Mediana	0,200	0,196	
	Mín-Máx	0,022-0,329	-0,024-0,401	
Astigmatismo secundario horizontal Z (4,2)	Media ± DE	-0,035 ± 0,059	-0,034 ± 0,066	0,839*
	Mediana	-0,035	-0,028	
	Mín-Máx	-0,17-0,139	-0,237-0,111	
Tetrafoil horizontal Z (4,4)	Media ± DE	-0,064 ± 0,069	-0,059 ± 0,075	0,628*
	Mediana	-0,066	-0,073	
	Mín-Máx	-0,271-0,151	-0,367-0,185	

Fuente: Historia clínica. p* prueba t de muestra independiente, p** U de Mann-Whitney.

En la tabla 5 se presenta las aberraciones corneales del quinto orden y sus comparaciones entre los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas. Se encontró que solo hubo diferencia significativa en *pentafoil* horizontal Z (5,5) con la media de $-0,006 \pm 0,045$ y $0,009 \pm 0,038$, respectivamente ($p < 0,05$). Sin embargo, no hubo diferencia significativa en *pentafoil* vertical Z (5,-5), *trefoil* secundario vertical Z (5,-3), coma secundario vertical Z (5,-1), coma secundario horizontal Z (5,1) y *trefoil* secundario horizontal Z (5,3).

Tabla 5 - Estadígrafos descriptivos de las aberraciones de quinto orden de ambos grupos

Variables		Emétropes	Pacientes con ametropías miópicas	p
Pentafoil vertical Z (5,-5)	Media ± DE	-0,011 ± 0,039	-0,014 ± 0,045	0,746**
	Mediana	-0,009	-0,008	
	Mín-Máx	-0,151-0,107	-0,164-0,108	
Trefoil secundario vertical Z (5,-3)	Media ± DE	0,060 ± 0,023	-0,0002 ± 0,028	0,119**
	Mediana	0,004	0,000	
	Mín-Máx	-0,045-0,079	-0,076-0,082	
Coma secundario vertical Z (5,-1)	Media ± DE	-0,010 ± 0,034	-0,011 ± 0,038	0,899*
	Mediana	-0,013	-0,013	
	Mín-Máx	-0,143-0,072	-0,109-0,098	
Coma secundario horizontal Z (5,1)	Media ± DE	-0,014 ± 0,026	-0,013 ± 0,027	0,459
	Mediana	-0,012	-0,011	
	Mín-Máx	-0,074 - 0,085	-0,116-0,053	
Trefoil secundario horizontal Z (5,3)	Media ± DE	-0,001 ± 0,024	0,0007 ± 0,0120	0,502*
	Mediana	-0,002	0,002	
	Mín-Máx	-0,055-0,088	-0,048-0,071	
Pentafoil horizontal Z (5,5)	Media ± DE	-0,006 ± 0,045	0,009 ± 0,038	0,013*
	Mediana	-0,005	0,009	
	Mín-Máx	-0,175-0,095	-0,115-0,143	

Fuente: Historia clínica. p* prueba t de muestra independiente, p** U de Mann-Whitney.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en las aberraciones corneales de sexto orden entre los emétropes y los pacientes con ametropías.

Discusión

Es especialmente relevante el estudio de aquellos defectos no medible con lentes esferocilíndricas como las aberraciones de alto orden. Las aberraciones 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 aberraciones de alto orden que más repercuten sobre la calidad visual son las que se sitúan en la parte central y superior del polinomio de Zernike.⁽⁷⁾

Las aberraciones de alto orden de la superficie corneal anterior son compensadas por la cara corneal posterior en ojos con córneas sanas y en córneas patológicas, lo cual reduce las aberraciones corneales totales desde un 4 % hasta un 33 %.⁽¹⁶⁾

Así, en el presente trabajo se realiza un estudio descriptivo y comparativo de las características aberrométricas corneales de las aberraciones corneales de alto orden en voluntarios sanos emétopes (grupo 1, 104 ojos) o con ametropías miópicas (grupo 2, 104 ojos), atendidos en la consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, que asistieron a consulta de forma consecutiva en un año.

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.

Diego,⁽¹⁵⁾ en Perú reporta un 52 % del sexo masculino eran pacientes con ametropías miópicas, mientras que, en el propio Perú, *Cáceres*⁽¹⁶⁾ 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*,⁽¹⁷⁾ en un estudio con 2891 pacientes 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 %).

Entre las ametropías miópicas, la más frecuente en la muestra estudiada fue el astigmatismo miópico compuesto, lo cual coincide con un estudio realizado en España sobre el estado refractivo en una población de Cataluña, en el que del 100 % de la población de estudio, el 40 % padece de astigmatismo miópico.⁽¹⁸⁾ También *Cruz*⁽¹⁹⁾ reporta el astigmatismo miópico compuesto como la ametropía más frecuente. De igual forma *Hidalgo*⁽²⁰⁾ reporta en un estudio realizado en Perú que el 75 % de los casos evaluados en el centro óptico presentaban astigmatismo miópico compuesto.

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 valor cuadrático medio (RMS).⁽⁷⁾ El RMS (*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.⁽⁷⁾

En esta investigación el valor cuadrático medio de alto orden es similar en ambos grupos, asimismo, *Kiuch* y otros,⁽²¹⁾ en un análisis de regresión múltiple, evidenciaron que no hay asociación entre el defecto refractivo y los componentes de las aberraciones de alto orden al igual que el estudio de *Little* y otros.⁽²²⁾ Otras investigaciones reportan diferencias del RMS de alto orden en relación con el estado refractivo.^(23,24,25)

En los resultados, el tercer orden y cuarto orden no presentan diferencias significativas entre ambos grupos. Un estudio⁽²⁶⁾ realizado con 1556 ojos de 778 pacientes muestra que tampoco existe diferencias significativa en el tercer orden, sin embargo en el cuarto orden la aberración esférica muestra diferencias significativas.

En esta investigación al determinar los valores de aberración esférica para un tamaño pupilar de 6 mm, se obtiene en pacientes emétopes valores de $0,195 \pm 0,062 \mu\text{m}$ y en pacientes con ametropías miópicas $0,203 \pm 0,080 \mu\text{m}$, estos difieren de los obtenidos en el estudio realizado por *Vinciguerra*,⁽²⁶⁾ con 1000 ojos de sujetos normales, en el que observaron un coeficiente promedio de aberración esférica positiva primaria de $0,52 \pm 0,17 \mu\text{m}$ para un tamaño pupilar de 7 mm y $0,15 \pm 0,05 \mu\text{m}$ para un tamaño pupilar de 5 mm, utilizando el topógrafo de CSO (CSO, Florence, Italia). Al utilizar en este estudio un diámetro pupilar de 6 mm se obtienen valores inferiores en comparación con otras investigaciones que utilizan diámetros pupilares mayores.

Wang y otros,⁽²⁷⁾ en una muestra de ojos normales y diámetro pupilar de 6 mm, obtuvieron un valor de $0,48 \pm 0,124 \mu\text{m}$ para las aberraciones de alto orden, $0,28 \pm 0,086 \mu\text{m}$ para la aberración esférica y de $0,25 \pm 0,135 \mu\text{m}$ para la aberración de

coma, utilizando un topógrafo Atlas (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Alemania). Otro estudio realizado en Cuba, en el año 2007 con 80 ojos emétopes, utilizó el topógrafo Keratron Scout 2000 de Optikon, Italia, para un diámetro pupilar de 6 milímetros y los valores que obtuvo de la aberrometría corneal fueron: coma 0,29 μm , aberración esférica 0,24 μm , *trifoil* 0,13 μm , *cuatrifoil* 0,047, RMS de alto orden 0,43 μm .⁽²⁸⁾

En personas jóvenes la aberración esférica corneal total (+ 0,28 μm de RMS para una pupila de 6 mm) está compensada por la aberración esférica negativa del cristalino de (-0,27 μm), pero con el paso de los años la aberración esférica del cristalino disminuye hasta neutralizarse en torno a los 40 años y acaba por positivarse en torno a los 60 años (+ 0,13 μm).²⁶

En el ámbito de la planificación para llevar a cabo procedimientos de cirugía refractiva láser también es importante conocer el valor de las aberraciones corneales del paciente. El perfil de ablación más extendido en la actualidad es el optimizado (conocido también como esférico). En pacientes en los que las aberraciones de orden alto son mayores de 0,30 μm (para una pupila de 6 mm) los tratamientos basados en frente de ondas dan mejores resultados que los optimizados.⁽²⁶⁾

Se pueden concluir que las aberraciones corneales de alto orden tienen una influencia significativa sobre la calidad de la imagen retiniana, de aquí la importancia de su estudio, por el deterioro de la calidad visual que pueden ocasionar. Queda demostrado que no existen diferencias en las aberraciones de alto orden entre los emétopes y los pacientes con ametropías miópicas, mientras no exista otra alteración corneal.

Referencias bibliográficas

1. 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)

2. 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)
3. 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)
4. 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)
5. 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)
6. 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)
7. 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
8. Mejía Y. El frente de onda y su representación con polinomios de Zernike. *Cien. tecnol. salud.vis. ocul.* 2011 [acceso 22/06/2023];9(2):145–66. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599204>
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. Zhan GF. Calidad visual poscirugía refractiva fotoablativa de superficie con perfil de ablación esférico en miopes. [Tesis doctoral]. [Cuba]: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana; 2021.
11. Rosas A. Una aproximación a la tecnología de frente de onda bases de aberrometría (1, 2 y 3 parte). *Sociedad Colombiana de Oftalmología.* 2005 [acceso

- 22/06/2023];38:69-105. Disponible en:
https://issuu.com/japhsion/docs/revista_sco_v38-3_actualizacion_abe
12. Khodaparast-Zavareh M, Beheshtnejad AH, Latifi G, Momenaei B, Tayebi F. Color Vision, Contrast Sensitivity and Higher Order Aberrations after Photorefractive Keratectomy. J Ophthalmol Opto Sci. 2019;2(1):1-9. DOI: [10.22336/rjo.2020.55](https://doi.org/10.22336/rjo.2020.55)
13. Vidal Olarte R. Entendiendo e interpretando las aberraciones ópticas. Cien.Tecnol. Salud. Vis. Ocul. 2011;2(9):105-22. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599209>
14. Thibos LN, Cheng X, Bradley A. Design principles and limitations of wave-front guided contact lenses. Eye Contact Lens. 2003;29(1 Suppl):S167-70, discussion S190-1, S192-4. DOI: [10.1097/00140068-200301001-00046](https://doi.org/10.1097/00140068-200301001-00046)
15. 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>
16. Cáceres-Ortiz LDP. Prevalencia de defectos refractivos en pacientes atendidos en el centro óptico happyLens, 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
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 22/06/2023];17(2)30-240. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2019000200230&lng=es
18. 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>

19. Cruz A. Frecuencia de ametropías en pacientes de 19 a 45 años en el Centro Médico Oftalmológico “Mesías” – Huancayo 2018. [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>
20. 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>
21. 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)
22. Little JA, McCullough SJ, Breslin KM, Saunders KJ. Higher order ocular aberrations and their relation to refractive error and ocular biometry in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(8):4791-800. DOI: [10.1167/iovs.13-13533](https://doi.org/10.1167/iovs.13-13533)
23. 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)
24. 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: <https://doi.org/10.1155/2019/5640356>
25. Llorente L, Barbero S, Cano D, Dorronsoro C, Marcos S. Myopic versus hyperopic eyes: Axial length, corneal shape and optical aberrations. *J. Vis.* 2004;(5) DOI: [10.1167/4.4.5.288-98](https://doi.org/10.1167/4.4.5.288-98)
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 22/06/2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10662/11970>

27. Vinciguerra P, Camessasca FL, Calossi A. Statistical analysis of physiological aberrations of the cornea. J Refract Surg. 2003;19:265-9. DOI: [10.3928/1081-597X-20030302-20](https://doi.org/10.3928/1081-597X-20030302-20)
28. Wang Y, Zhao K, Jin Y, Niuy Z. Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye. Journal of Refractive Surgery. 1995 [acceso 22/06/2023];5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12699188/>
29. Pérez R, Prada O, Hernández A. Estudio de aberraciones oculares en ojos emétopes. Franja Ocular. 2007 [acceso 22/06/2023];47:28-34. Disponible en: <http://www.franjapublicaciones.com/focular/fo47/estudio.htm>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Qin Xie.

Curación de datos: Dunia Cruz Izquierdo

Análisis formal: Michel Guerra Almaguer.

Adquisición de fondos: Qin Xie.

Investigación: Qin Xie, Taimi Cárdenas Díaz.

Metodología: Michel Guerra Almaguer, Taimi Cárdenas Díaz

Recursos: Qin Xie.

Software: Michel Guerra Almaguer.

Supervisión: Dunia Cruz Izquierdo

Validación: Yaíma Rodríguez Caro

Visualización: Taimi Cárdenas Díaz.

Redacción-borrador original: Qin Xie.

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