

## Sensibilidad al contraste y aberrometría ocular en pacientes operados de miopía con técnicas de superficie

Contrast Sensitivity and Ocular Aberrometry in Patients Operated on for Myopia with Surface Techniques

Lu Du<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9661-7448>

Gabriel Pérez Hernández<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3513-8793>

Raúl Gabriel Pérez Suárez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0138-4256>

Taimi Cárdenas Díaz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3220-4553>

Michel Guerra Almaguer<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2452-3490>

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

\* Autor para la correspondencia: [michguerra@infomed.sld.cu](mailto:michguerra@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar el cambio de la sensibilidad al contraste en pacientes operados de miopía con técnicas de superficie y su relación con la aberrometría ocular.

**Métodos:** Se realizó un estudio experimental con 324 ojos de 162 pacientes miopes atendidos en la consulta de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” en el período de enero 2019 y marzo de 2020 y que fueron operados de cirugía refractiva con láser de excímero, técnicas de superficie y perfil de ablación esférico. La sensibilidad al contraste fue la variable principal de comparación entre ambas técnicas quirúrgicas. Se formaron dos grupos de pacientes, cuya asignación fue secuencial, al primer grupo, se le realizó la técnica quirúrgica PRK-MMC (81) y al segundo LASEK-MMC (81) con un seguimiento de 3 meses.

**Resultados:** Predominaron las mujeres con miopía leve y edades entre 21 y 28 años. A los tres meses la sensibilidad al contraste, agudeza visual sin corrección, equivalente esférico y el valor cuadrático medio total mejoraron de manera significativa, mostrando una relación positiva con la sensibilidad al contraste en ambos grupos, sin diferencias entre ellos.

**Conclusiones:** La sensibilidad al contraste mejora con técnicas de superficie y posee una relación positiva y significativa con los resultados visuales, refractivos y aberrométricos. El estudio de las aberraciones oculares proporciona un arma fundamental para valorar la calidad óptica del ojo humano, información que permite conocer la calidad visual que se puede esperar en los pacientes evaluados.

**Palabras clave:** sensibilidad al contraste; aberraciones oculares; técnicas superficie.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the change in contrast sensitivity in patients operated on for myopia with surface techniques and its relationship with ocular aberrometry.

**Methods:** An experimental study was carried out with 324 eyes of 162 myopic patients treated at the Refractive Surgery Clinic of the Cuban Institute of Ophthalmology "Ramón Pando Ferrer" between January 2019 and March 2020 who underwent refractive surgery with excimer laser and surface techniques and aspheric ablation profile. Contrast sensitivity was the main variable of comparison between both surgical techniques. Two groups of patients were sequentially assigned, the first group underwent PRK-MMC (81) and the second LASEK-MMC (81) with a 3-month follow-up.

**Results:** Women with mild myopia and ages between 21 and 28 years predominated. After 3 months contrast sensitivity, uncorrected visual acuity, spherical equivalent and total average square value improved significantly, showing a positive relationship with contrast sensitivity in both groups, with no differences between them.

**Conclusions:** Contrast sensitivity improves with surface techniques and has a positive and significant relationship with visual, refractive and aberrometric outcomes. The study of ocular aberrations provides a fundamental tool to assess the optical quality of the human eye, information that allows us to know the vision quality that can be expected in the patients evaluated.

**Keywords:** contrast sensitivity; ocular aberrations; surface techniques.

Recibido: 22/08/2022

Aceptado: 29/08/2022

## Introducción

El término miopía proviene del griego μύω, "contraer (los ojos)", y ὄψ, ("ojo"). Se trata de un defecto de la refracción en el cual con la acomodación relajada los rayos paralelos de luz provenientes del exterior se enfocan por delante de la retina. Desde el punto de vista de la refracción se señala que es una condición en la cual el error de refracción objetivo del equivalente esférico es  $\leq -0,25$  dioptrías (D) en cualquier ojo. Se considera el trastorno refractivo más frecuente. De acuerdo a las dioptrías (D), estas pueden ser subdividida en tres niveles: leve ( $\geq -3,00D < 0,00 D$ ), moderada ( $\geq -6,00D < -3,25$ ) y elevada ( $< -6,00 D$ ).<sup>(1)</sup>

Según el "Informe mundial sobre la visión", publicado en el 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo existen 2600 millones de personas de todas las edades con miopía y se estima que en el 2050 estarán afectadas 4758 millones de personas con la enfermedad, que representan el 49,8 % de la población mundial.<sup>(1,2,3)</sup> Los defectos refractivos se consideran la segunda causa de discapacidad visual a nivel mundial.<sup>(4)</sup> Las estimaciones globales según otras investigaciones indican que 312 millones en el 2015 eran miopes, cifra que puede ascender a 324 millones para el 2025<sup>(5)</sup> y a 4758 millones para el 2050, como reporta la OMS.<sup>(3)</sup>

Debe tenerse en cuenta, además, que una miopía no corregida de -1,50 D puede resultar en una deficiencia visual moderada y una miopía de -4,00 D es un error refractivo suficiente para provocar una disminución de la visión no corregida que puede ser clasificada como ceguera. Agréguesele, que con el incremento de la prevalencia de la miopía se incrementa también la prevalencia de la miopía severa asociada con complicaciones como el desprendimiento de retina, el glaucoma, entre otras. Por tanto la enfermedad tiene y tendrá alto impacto en la sociedad, por la incapacidad laboral que puede ocasionar, por la sobrecarga en los sistemas de salud, pero sobre todo por las implicaciones en la calidad de vida del paciente, en particular en aquellos que desarrollan una discapacidad grave como la ceguera.<sup>(1)</sup>

La miopía y otros errores refractivos pueden ser corregidos con métodos no quirúrgicos (tradicional) y con métodos quirúrgicos. Los métodos no quirúrgicos comprenden el uso de espejuelos o de lentes de contacto. A pesar de su gran uso se señala algunas desventajas para ambas formas de corrección óptica. Con los espejuelos hay un incremento de la dispersión de la luz, una magnificación/minimización de la imagen, que generan incomodidad. Los lentes de contacto, por su parte, pueden irritar la superficie ocular con el correspondiente incremento de infecciones y de erosiones corneales.<sup>(6)</sup>

La cirugía refractiva como método quirúrgico para tratar la miopía es una solución más permanente que se ofrece a los pacientes cuando no toleran los lentes de contacto, presenta aberraciones visuales como consecuencia del uso de espejuelos con altas dioptrías (D) o rechazan su uso por razones estéticas. Las intervenciones quirúrgicas pueden dividirse en procedimientos que modifican el poder refractivo de la córnea, implante de lentes intraoculares fáquicos y procedimientos que alteran la naturaleza del cristalino.<sup>(7)</sup>

Los procedimientos corneales incluyen la corrección con láser, las cirugías incisionales y los trasplantes sintéticos o de tejido. Todos estos procedimientos corrigen el error refractivo mediante la modificación del radio de curvatura y la forma de la córnea. Los procedimientos quirúrgicos de la córnea que involucran la utilización de láser se conocen como cirugía refractiva con láser de excímero y pueden ser agrupados en dos categorías fundamentales: queratomileusis *in situ* con láser (LASIK con utilización de microquerátomo o Láser de femtosegundo) y los métodos de ablación de superficie, siendo los más empleados la queratectomía fotorrefractiva (PRK) y la queratectomía subepitelial asistida por láser (LASEK).

La PRK fue de las técnicas con láser de excímero que se utilizan en la actualidad, la primera en surgir. Implica la remoción del epitelio ya sea mecánica con un cuchillete, con el mismo láser de excímero, con el alcohol al 95 % diluido al 20 %, o con abrasión con un cepillo. Esto va seguido de la ablación con el láser de excímero a través de la membrana de Bowman y del estroma corneal.<sup>(7)</sup>

El LASEK es otra técnica de ablación de superficie introducida por el Dr. Camellin en 1999, derivada de la PRK.<sup>(8)</sup> En ella se preserva el epitelio corneal, mediante la utilización de un trépano con una solución al 20 % de alcohol al 95 %, que elimina el anclaje epitelial. En estudios previos el LASEK ha mostrado algunas ventajas con relación a la PRK, tales como disminución del dolor posoperatorio, menor frecuencia de haz y más rápida recuperación visual, atribuida al reemplazo del epitelio.

La función visual generalmente se mide por la agudeza visual (AV), que determina el detalle más pequeño que puede ser visto con un alto contraste. Por lo tanto, determina la capacidad de una persona para detectar pequeños detalles bajo condiciones de contraste máximo. Los objetos tienen varios niveles de contraste, así como distintos tamaños. Por ello, existen personas que, a pesar de tener buena AV, refieren contar con una visión pobre. La sensibilidad al contraste (SC) se podría definir como la capacidad de detectar diferencias de luminosidad entre zonas contiguas.<sup>(9)</sup>

La calidad de la visión viene determinada por factores neuronales y ópticos. Dentro de los factores neuronales están por ejemplo la distribución y tamaño de células a nivel retiniano, así como el procesamiento de las imágenes a nivel del córtex. Como factores ópticos que influyen en la calidad de la visión se incluyen las aberraciones oculares, la difracción y el *scattering* ocular.<sup>(10)</sup>

Los pacientes intervenidos con cirugía refractiva se diferencian de otro tipo de pacientes quirúrgicos oftalmológicos, pues suelen ser individuos jóvenes que tienen una excelente AV con su corrección óptica. Algunos de ellos, a pesar de conseguir una AV excelente tras la cirugía refractiva, no están satisfechos con el resultado de la intervención. Por ello, a la hora de determinar la función visual de los pacientes, se considera la medición de la SC como una prueba más sensible que la AV por medir, no solo la capacidad sino también la calidad de la visión.

El Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” es centro de referencia para la cirugía refractiva en el país. En él se evalúan las nuevas técnicas quirúrgicas, así como los equipamientos que se introducen para estudios y tratamientos de pacientes con ametropías. El conocimiento de las inconsistencias de estas técnicas, así como de sus beneficios relativos y limitaciones, es importante para el oftalmólogo y permite tomar decisiones sobre bases más sólidas acerca de cuál podría ser el proceder más eficaz para la corrección de los diferentes niveles de miopía.

Por otra parte, si bien se han publicado varios artículos de revisión y metaanálisis y se han desarrollado múltiples ensayos clínicos, en el país no se ha realizado un estudio que relacione la sensibilidad al contraste con los resultados refractivos, visuales y aberrométrico después de una cirugía refractiva con técnicas de superficie (PRK-MMC vs. LASEK-MMC, queratectomía fotorrefractiva con mitomicina C y queratectomía subepitelial asistida por láser de excímero con mitomicina C, respectivamente). De ahí que se realizara esta investigación con el objetivo de determinar el cambio de la sensibilidad al contraste en pacientes operados de miopía con técnicas de superficie y su relación con la aberrometría ocular.

## Métodos

Se realizó un estudio experimental controlado aleatorizado abierto, tipo de equivalencia y no inferioridad con el objetivo de comprobar si ambas técnicas eran iguales (estudio de equivalencia) o si, al menos, la primera no era inferior a la segunda (estudio de no inferioridad)

con pacientes miopes atendidos en la consulta de Cirugía Refractiva por el grupo básico de trabajo de los lunes y miércoles del Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” (ICORPF) en el período de enero 2019 y marzo de 2020.

Se incluyeron los pacientes que fueron operados de cirugía refractiva con láser de excímero y técnicas de superficie (PRK-MMC y LASEK-MMC) con perfil de ablación esférico. La sensibilidad al contraste fue la variable de comparación entre ambas técnicas quirúrgicas y su relación con la aberrometría ocular; así como con los resultados visuales y refractivos.

El universo estuvo constituido por todos los pacientes que acudieron a la consulta de cirugía refractiva, la muestra quedó conformada por 162 pacientes (324 ojos) divididos en dos grupos, 81 pacientes (162 ojos) fueron intervenidos quirúrgicamente con la técnica PRK-MMC y a 81 pacientes (162 ojos) se les realizó la técnica LASEK-MMC.

Las variables objeto de la investigación fueron: agudeza visual sin corregir (AVSC) o mejor agudeza visual corregida (MAVC), equivalente esférico obtenido, longitud axial (LA), queratometría media, paquimetría, asfericidad corneal (Q), aberrometría y la sensibilidad contraste.

La información recopilada en el modelo de historia clínica oftalmológica se recogió en una base de datos en Excel creada con ese fin. Los datos primarios se procesaron con el programa informático para análisis estadístico SPSS para Windows, versión 25. Las variables cualitativas se describieron estadísticamente mediante frecuencias absolutas (n) y cifras porcentuales (%). Mientras que para la descripción del comportamiento de las variables cuantitativas se utilizó la media, como medida de tendencia central; y la desviación estándar (DE), como medida de dispersión.

Para determinar la asociación de variables cualitativas se empleó la prueba de la ji al cuadrado en el caso de las tablas de 2 x 2, con frecuencias esperadas menores de 5. Además, se empleó la prueba binomial.

Para la comparación de variables cuantitativas que no siguieron una distribución normal o cualitativas ordinales, se empleó la prueba no-paramétrica U de Mann-Whitney (dos grupos). Como hipótesis nula se planteó que los grupos de la variable cuantitativa eran equivalentes en su posición para las diferentes categorías de la variable independiente cualitativa. Cuando se trató de dos muestras pareadas evaluadas en el momento preoperatorio y a los tres meses se empleó la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon.

Para saber si la variable se distribuía normalmente o si tenían iguales varianzas se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Levene, respectivamente. En todos los casos

se utilizó un nivel de significación de 0,05. En el caso de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene,  $p$  debía ser mayor de 0,05, para asumir que la variable tenía una distribución normal e iguales varianzas. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) para evaluar el grado de correlación entre variables cuantitativas continuas.

La información final se brindó en forma de tablas resumidas y gráficos con las medidas de resumen para las variables en estudio, así como, el nivel de significación estadística para ayudar a su comprensión e interpretación. A través de juicios de carácter sintético se arribaron a las conclusiones y recomendaciones. Este estudio fue analizado y sometido a la aprobación de los comités de ética y científico del ICO “Ramón Pando Ferrer”.

## Resultados

En el estudio participaron 162 pacientes miopes (324 ojos) a los cuales se les realizó cirugía refractiva con láser excímero y técnica de superficie y perfil de ablación esférico, la muestra fue dividida en dos grupos según modalidad quirúrgica. Al grupo control se les realizó PRK-MMC y al grupo estudio LASEK-MMC, compuesto cada uno por 162 ojos de 81 pacientes. El valor de la media de edad fue de  $26,49 \pm 4,32$  años y predominaron los pacientes con edades entre 21 y 28 años con un 72,8 %, en los tratados con técnica PRK-MMC. En el grupo de tratados con LASEK-MMC, el valor de la media de edad fue de  $26,17 \pm 4,44$  años y también predominó el grupo de edad entre 21 y 28 años con el 77,8 %. No hubo diferencia significativa en la media de edad entre ambos grupos de tratamiento.

Existió un predominio de pacientes del sexo femenino. En el grupo de pacientes tratados con PRK-MMC, estas representaron el 75 %, y en los tratados con LASEK-MMC, el 73 %. Hubo un predominio en toda la muestra de la miopía leve con 178 ojos (54,9 %), seguido de la moderada con 122 (37,7 %) y solo 24 (7,4 %) una miopía grave.

En los ojos operados de PRK-MMC hubo un cambio significativo en las variables, AVSC que mejoró de  $0,16 \pm 0,13$  en el preoperatorio a  $0,95 \pm 0,12$  en el posoperatorio. El equivalente esférico varió de  $-3,37 \pm 1,73$  a  $-0,05 \pm 0,31$  y la queratometría media de  $44,66 \pm 1,29$  a  $41,17 \pm 1,98$ , no se evidenció cambio significativo en la MAVC. En el grupo operado de LASEK-MMC se observó una mejoría significativa en las variables de AVSC de  $0,15 \pm 0,12$  a  $0,94 \pm 0,14$ , la MAVC de  $0,98 \pm 0,05$  a  $0,99 \pm 0,01$ , el equivalente esférico de  $-3,76 \pm 1,91$  a  $-0,13 \pm 0,34$  y la queratometría media de  $44,58 \pm 1,23$  a  $40,70 \pm 2,12$ .

Al comparar ambos grupos no se observó diferencia significativa. La longitud axial fue de  $24,12 \pm 0,81$  en los tratados con PRK-MMC y de  $24,51 \pm 0,86$  en el LASEK-MMC, de la comparación fue significativo  $p < 0,05$  (tabla 1).

**Tabla 1** - Estadísticos descriptivos de parámetros visual y refractivos pre y posoperatorios según grupo de tratamiento

Variable	Estadísticos/categorías	Técnica quirúrgica	Preoperatorio	Posoperatorio	$p^{**}$
AVSC (decimal)	Media/DE	PRK-MMC	0,16/0,13	0,95/0,12	0,000
		LASEK-MMC	0,15/0,12	0,94/0,14	0,000
	$p^{b**}$		0,904	0,945	----
MAVC (decimal)	Media/DE	PRK-MMC	0,99/0,30	0,99/0,13	0,286
		LASEK-MMC	0,98/0,05	0,99/0,01	0,001
	$p^{b**}$		0,216	0,458	---
EE (D)	Media/DE	PRK-MMC	-3,37/1,73	-0,05/0,31	0,000
		LASEK-MMC	-3,76/1,91	-0,13/0,34	0,000
	$p^{b**}$		0,100	0,052	---
Q media (D)	Media/DE	PRK-MMC	44,66/1,29	41,17/1,98	0,000
		LASEK-MMC	44,58/1,23	40,70/2,12	0,000
	$p^{b**}$		0,126	0,14	---
Longitud axial (mm)	Media/DE	PRK-MMC	24,29/0,86		NP
		LASEK-MMC	24,37/0,86		
	$p^{a***}$		0,000		-

DE: desviación estándar; AVSC: agudeza visual sin corrección; MAVC: mejor agudeza visual corregida; EE: equivalente esférico; Qm: queratometría media; D: dioptría; NP: no procede,  $p^a$ : diferencia entre el valor preoperatorio y posoperatorio; \* prueba de los signos de Wilcoxon;  $p^b$  diferencia entre los grupos de tratamiento; \*\* prueba U de Mann-Whitney; \*\*\* prueba T para muestra independientes.

Fuente: historia clínica. Ambos grupos (n = 162 ojos para cada grupo, 81 pacientes),

En la tabla 2 se muestran las variaciones observadas en el pre y posoperatorio de cada grupo y las diferencia entre ambos grupos. Todas las variables estudiadas presentaron un cambio significativo entre el pre y posoperatorio dentro de cada grupo con una  $p < 0,05$ , pero al

realizar el análisis intergrupo solo mostró significación en el preoperatorio la aberración de coma y en el posoperatorio el RMS de alto orden y la asfericidad corneal.

Los valores de sensibilidad al contraste mejoraron en la PRK-MMC de  $1,58 \pm 0,12$  a  $1,63 \pm 0,57$  y en el LASEK-MMC de  $1,58 \pm 0,14$  a  $1,63 \pm 0,39$ . La asfericidad corneal se hace positiva en ambos grupos, pero en los operados de LASEK-MMC alcanza el valor de  $0,36 \pm 0,41$  y el RMS total disminuyó de  $4,18 \pm 1,74$  a  $1,04 \pm 0,39$  en la PRK-MMC y de  $4,50 \pm 2,20$  a  $1,07 \pm 0,51$  en el LASEK-MMC. El RMS de alto orden aumentó en el posoperatorio en ambos grupos, pero se mantuvo dentro de límites normales, siendo mayor en el LASEK-MMC ( $0,41 \pm 0,15$ ).

**Tabla 2** - Estadísticos descriptivos de la sensibilidad al contraste, asfericidad corneal y aberrometría ocular pre y posoperatorios según grupo de tratamiento

Variable	Estadísticos/categorías	Técnica quirúrgica	Preoperatorio	Posoperatorio	$p^{**}$
Sensibilidad al contraste A/O	Media/DE	PRK-MMC	1,58/0,12	1,63/0,57	0,000
		LASEK-MMC	1,58/0,14	1,63/0,39	0,003
	$p^{***}$		0,666	0,362	---
Asfericidad corneal (Q)	Media/DE	PRK-MMC	-0,30/0,09	0,21/0,34	0,000
		LASEK-MMC	-0,29/0,09	0,36/0,41	0,000
	$p^{***}$		0,183	0,007	---
RMS total ( $\mu$ )	Media/DE	PRK-MMC	4,18/1,74	1,04/0,39	0,000
		LASEK-MMC	4,50/2,20	1,07/0,51	0,000
	$p^{***}$		0,484	0,770	---
RMS alto orden ( $\mu$ )	Media/DE	PRK-MMC	0,25/0,15	0,38/0,14	0,000
		LASEK-MMC	0,23/0,14	0,41/0,15	0,000
	$p^{***}$		0,085	0,033	---
Aberración de coma ( $\mu$ )	Media/DE	PRK-MMC	1,15/0,76	1,67/0,94	0,000
		LASEK-MMC	1,06/0,77	1,70/1,03	0,000
	$p^{***}$		0,026	0,779	---
Aberración esférica ( $\mu$ )	Media/DE	PRK-MMC	-0,86/1,03	-2,48/0,76	0,000
		LASEK-MMC	-0,81/1,31	-2,51/2,19	0,000
	$p^{***}$		0,387	0,781	

DE: Desviación estándar; A/O: Ambos ojos; RMS: *Root Mean Square* o valor cuadrático medio;  $p^a$  diferencia entre el valor preoperatorio y posoperatorio; \* prueba de los signos de Wilcoxon,  $p^b$  diferencia entre los grupos de tratamiento; \*\* prueba U de Mann-Whitney.

Fuente: historia clínica. Ambos grupos (n = 162 ojos para cada grupo, 81 pacientes).

La sensibilidad al contraste fue la variable principal del estudio, en la tabla 3, se presenta cómo se modificó en ambos grupos, al estudiar ambos ojos por separados y los dos ojos a la vez. Hubo una mejoría de la sensibilidad al contraste en ambos grupos de manera significativa entre el pre y el posoperatorio, pero no hay cambios significativos entre ambos grupos de tratamiento. Al estudiar los ojos por separados se aprecia que los valores obtenidos en el posoperatorio fueron muy similares. En el OD  $1,60 \pm 0,93$  en los operados de PRK-MMC y  $1,60 \pm 0,82$  en el LASEK-MMC y OI,  $1,59 \pm 0,11$  y  $1,60 \pm 0,09$ , respectivamente (tabla 3).

**Tabla 3** - Estadísticos descriptivos de la sensibilidad al contraste pre y posoperatorios según grupo de tratamiento

Variable	Estadísticos/categorías	Técnica quirúrgica	Preoperatorio	Posoperatorio	$p^{a*}$
Sensibilidad al contraste OD	Media/DE	PRK-MMC	1,51/0,17	1,60/0,93	0,000
		LASEK-MMC	1,49/0,17	1,60/0,82	0,000
	$p^{b**}$		0,325**	0,470**	---
Sensibilidad al contraste OI	Media/DE	PRK-MMC	1,52/0,16	1,59/0,11	0,000
		LASEK-MMC	1,50/0,17	1,60/0,09	0,000*
	$p^{b**}$		0,214**	0,930**	---
Sensibilidad al contraste A/O	Media/DE	PRK-MMC	1,58/0,12	1,63/0,57	0,000
		LASEK-MMC	1,58/0,14	1,63/0,39	0,003
	$p^{b**}$		0,666**	0,362**	---

DE: Desviación estándar;  $p^a$  diferencia entre el valor preoperatorio y posoperatorio; \* prueba de los signos de Wilcoxon;  $p^b$  diferencia entre los grupos de tratamiento; \*\* prueba U de Mann-Whitney.

Fuente: historia clínica. Ambos grupos (n = 162 ojos para cada grupo, 81 pacientes).

Cuando se estudia la relación que tienen los ojos operados, según las variables visuales y refractivas analizadas, con la sensibilidad al contraste sin separarlos por grupos, se observa que en el preoperatorio solo la esfera en los ojos izquierdo presenta una relación negativa y significativa ( $-0,159/0,043$ ), en el posoperatorio ambos ojos presentan una relación positiva y significativa en las variables AVSC, esfera y equivalentes esférico. Al relacionar ambas técnicas quirúrgicas con la sensibilidad al contraste se aprecia que esta es casi nula o sea que la sensibilidad al contraste no es modificada por el tipo de cirugía, en PRK-MMC ( $-0,021/0,790$ ) y en LASEK-MMC ( $0,036/0,647$ ) (tabla 4).

**Tabla 4 -** Correlación entre agudeza visual, equivalente esférico, asfericidad corneal (Q), técnica quirúrgica y la sensibilidad al contraste en ambos ojos pre y posoperatoria

N =162 pacientes	Relación con sensibilidad al contraste			
	Preoperatorio		Posoperatorio	
	C. Pearson	p	C. Pearson	p
AVSC	0,031	0,693	0,525**	0,000
MAVC	0,052	0,512	0,036	0,653
E.E	-0,187*	0,017	0,681**	0,000
A. corneal	0,036	0,651	-0,319**	0,000
Técnica quirúrgica	0,000	1,000	0,000	1,000

C. Pearson: correlación de Pearson; \*\* la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); \* la correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral); C. Pearson: correlación de Pearson; AVSC: agudeza visual sin corrección; MAVC: mejor agudeza visual corregida; E.E: equivalente esférico; A. corneal: asfericidad corneal (Q); Téc. quirúrgica: técnica quirúrgica.

Se analizó la correlación entre la sensibilidad al contraste y las variables que estudian las aberraciones oculares totales (tabla 5). Los ojos fueron agrupados en derechos o izquierdos y a la vez en pre y posoperatorio. En el preoperatorio solo la aberración esférica presentó una relación casi nula, las restantes variables mostraron una relación significativa con la sensibilidad al contraste. RMS total (OD: 0,182/0,021; OI: 0,156/0,047) RMS alto orden (-0,158/0,045; OI: -0,192/0,014) el Coma (OD: -0,196/0,012; OI:-0,174/0,027). En el posoperatorio los ojos derechos no mostraron una relación significativa entre las variables estudiadas y la sensibilidad al contraste. Solo el RMS de alto orden (-0,227/0,004) presentó una relación negativa y significativa en los ojos izquierdo. Las técnicas quirúrgicas mostraron una relación nula con la sensibilidad al contraste.

**Tabla 5 -** Correlación entre RMS total, RMS alto orden, A. Coma, A. Esférica, técnica quirúrgica y la sensibilidad al contraste en OD y OI pre y posoperatoria

N = 324 ojos (OD =162 OI = 162)	Relación con sensibilidad al contraste			
	Preoperatorio		Posoperatorio	
	OD	OI	OD	OI
	Correl./p.	Correl./p.	Correl./p.	Correl./p.
RMS total	0,182*/0,021	0,156*/0,047	-0,079/0,318	0,132/0,095
RMS A.O	-0,158*/0,045	-0,192*/0,014	0,119/0,131	-0,227**/0,004
A. Coma	-0,196*/0,012	-0,174*/0,027	0,029/0,714	-0,111/0,158
A. Esférica	0,006/0,935	0,042/0,596	0,008/0,919	0,200/0,206
Téc. quirúrgica	NP	NP	-0,021/0,790	0,036/0,647

Correl.: correlación de Pearson; \*\* la correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); \* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). RMS: *Root Mean Square* o valor cuadrático medio; A.O: alto orden; A. Coma: aberración de coma; A. Esférica: aberración esférica; Téc. quirúrgica: técnica quirúrgica; NP: no procede.

## Discusión

En el estudio se incluyeron 324 ojos de 162 pacientes, distribuidos en dos grupos de 162 ojos cada uno, de acuerdo al tipo de tratamiento quirúrgico realizado, dígase PRK-MMC o LASEK-MMC. La media de edad de los pacientes estudiados se corresponde con pacientes jóvenes o adultos jóvenes, de hecho, el 75 % de los pacientes se encuentran en un rango de edad entre 21-28 años. Esto pudiera guardar relación con uno de los motivos principales por el cual los pacientes se someten a este tipo de cirugía como el estético, que es una preocupación frecuente en los individuos más jóvenes. También existió un franco predominio del sexo femenino, referente a la motivación estética como razón básica para la realización de este tipo de cirugía. Cuando se revisan otros estudios en los cuales se analizaron los resultados de pacientes tratados con PRK y LASEK puede observarse que la media de edad reportada oscila entre 22,94-34,5 años, rango de edades en el que se encuentran comprendidos los valores reportados en la presente investigación.<sup>(11)</sup>

En el análisis realizado por *Kuo* y otros<sup>(10)</sup> con el objetivo de identificar las características de los pacientes que solicitan este tipo de cirugía, encontraron que son, principalmente, pacientes jóvenes, y que por cada año que aumenta la edad, son menos los pacientes que la solicitan.

Predominaron los grados leve y moderado de miopía en el 92 % de los ojos estudiados. En este resultado intervienen dos factores, uno es que no se realiza la cirugía en ojos con menos de - 8,00 dioptrías y el otro es la media de edad que fue de 26 años aproximadamente en ambos grupos de estudios.

*Mosquera*<sup>(12)</sup> estudia 97 pacientes miopes entre 15 y 40 años de edad que acudieron a la Óptica San Alejos, Las edades y el sexo coinciden con los valores encontrados en este estudio, pero no el grado de miopía, lo que puede estar relacionado con el tratamiento solicitado. Es importante señalar que los pacientes con miopía alta tienen mayores posibilidades de desarrollar catarata y glaucoma con mayor frecuencia que la población no miope, por lo que se recomienda ser muy cuidadoso al decidir una cirugía refractiva en estos pacientes.<sup>(13)</sup>

La Academia Americana de Oftalmología (AAO)<sup>(14)</sup> reporta que desde los ensayos clínicos iniciales, con pacientes con miopías de -6,0 D o menos, las cirugías de PRK y LASIK lograban resultados de AVSC de 20/20 en el 56-86 % de los ojos tratados, de AVSC de 20/40 o más en el 88-100 % y en el 88-100 % de los ojos se encontraban entre  $\pm 1,0D$  de emetropía. Ellos señalan que los reportes desde el año 2000, han mostrado una mejoría de los resultados y de la seguridad de las cirugías. *Valeria*,<sup>(15)</sup> en 70 pacientes operados con técnica LASEK, reporta que el equivalente esférico mejora de -2,82 a 0,062 dioptrías y el 93 % alcanzan una AVSC  $\geq 20/30$ .

Los resultados visuales y refractivos en el presente estudio coinciden con lo planteado por los autores anteriores.

Se utilizó el test de Pelli-Robson para medir la sensibilidad al contraste, refiriendo como valor normal para el grupo de personas entre 10 y 55 años de edad (1,35 a 1,65). *Fang* y otros,<sup>(16)</sup> reportan en pacientes jóvenes ( $22,6 \pm 2,7$  años) para visión de lejos (4,29 metros) una media de SC de  $1,81 \pm 0,52$ . Los valores en el presente estudio son inferiores al reportado por *Fang*, pero están dentro de parámetro normales según el grupo de edad y experimentó una mejoría significativa en el posoperatorio al analizarlos de manera mono y binocular.

La *Iribarne*<sup>(17)</sup> plantea que los pacientes miopes presentan una disminución de la sensibilidad al contraste, aunque agrega que si la miopía es bien corregida no debe presentarse alteración, sobre todo en la no degenerativa. Además, agrega que para evaluar si existe una verdadera disminución de la SC posoperatoria es necesario compararla con los valores preoperatorios medidos con la MAVC. El test de sensibilidad al contraste unido a la AVMC puede ser una manera efectiva de evaluar los pacientes en la práctica clínica.<sup>(18)</sup>

*Wallau* y otros,<sup>(19)</sup> *Barreto* y otros<sup>(20)</sup> y *Slade* y otros<sup>(21)</sup> emplearon el test de CSV- 1000E para comparar los cambios de SC entre las técnicas quirúrgicas LASIK y PRK, *Barreto* y otros<sup>(20)</sup> y *Slade* y otros<sup>(21)</sup> no observaron diferencias significativas de SC entre ambas técnicas. *Wallau*<sup>(19)</sup> refiere que los resultados con la técnica PRK fueron mejores. Ellos concluyen que los cambios que se producen en la SC tras cirugía refractiva con ambas técnicas no son significativos, y se producen tanto en visión fotópica como escotópica, siendo superiores en condiciones de baja iluminación para frecuencias espaciales bajas. Este hecho representa una ventaja de la técnica PRK.

La córnea humana tiene una forma prolata (valor Q negativo promedio de - 0,26). El valor Q se basa en la curvatura central de 3 a 4 mm de la córnea y es un coeficiente que describe la tasa de cambio en la curvatura de la córnea desde su centro a la periferia.<sup>(22)</sup> Es importante señalar que no existieron diferencias entre los valores preoperatorios de asfericidad entre los dos grupos de tratamiento. En el posoperatorio ambos grupos presentaron una asfericidad positiva. Esto es compatible con el cambio que sufre la curvatura corneal anterior por el efecto de la ablación, cambia de elipse prolata a una elipse oblata ( $0 > Q > -1$ ), fue mayor en el grupo que se le realizó LASEK, la diferencia entre ambos grupos fue significativa.

Según señalan *Azar* y otros<sup>(23)</sup> los valores de Q son importantes en términos de resultados visuales, y tener un valor negativo de Q es mejor que uno positivo. Aunque la asfericidad corneal fue positiva, la sensibilidad al contraste mejoró y la relación entre ambas variables fue

débil (negativa o positiva), y solo fue significativa en el OI de los operados de LASEK. Por esto es posible afirmar, que el perfil esférico es efectivo, de ahí que en el futuro se deba evaluar relacionado con la excentricidad y la aberración esférica. El objetivo es aumentar el conocimiento de la influencia del cambio real en la calidad visual y, a su vez, relacionarlo con los cambios en las aberraciones oculares.

Los errores refractivos se asocian a aberraciones de bajo orden mientras que los halos, deslumbramientos, disminución de la sensibilidad al contraste, disminución de la visión nocturna se asocian con las aberraciones de alto orden. *Zhao*,<sup>(24)</sup> estudia la relación entre la sensibilidad al contraste y las aberraciones totales de alto orden, con 6629 ojos miopes con una media de  $-4,86 \pm 2,07$  dioptrías. Y concluye que la relación que se establece entre estas dos variables es compleja, que las aberraciones de tercer orden son el factor principal que afectan la SC, y dentro de ellas el coma puede reducir la SC y la calidad visual.

Además *Zhao*<sup>(24)</sup> plantea que no se puede asumir que todas las aberraciones disminuyen la SC y que sí se eliminaran mejorarían la calidad visual. Comenta que el total de las aberraciones no son el factor principal que determina el nivel de la SC. También considera que algunas aberraciones pueden neutralizar a otras y su simple reducción puede romper el balance entre ellas y disminuir la calidad visual.

El RMS de alto orden sufrió ligera variación con ambas técnicas. Su relación con la sensibilidad al contraste fue positiva y débil en los ojos derechos y negativa en los izquierdos y significativa en los operados de LASEK-MMC. De manera general se puede afirmar que las variables que más afectaron la SC en el posoperatorio, fueron, el equivalente esférico, la AVSC y el RMS total, en menor nivel de importancia, se presentaron el grado de miopía y la aberración de coma.

*Mehdi Khodaparast*,<sup>(25)</sup> estudia la visión de color, sensibilidad al contraste y las aberraciones de alto orden, con 46 ojos con miopía moderada, operados de PRK con perfil esférico de tratamiento igual al empleado en esta investigación. Reporta que no se presentaron cambios significativos en la visión de color ni la sensibilidad al contraste ni en la aberración de coma, pero hubo un incremento del RMS alto orden y de la aberración esférica.

*Báez*<sup>(26)</sup> refiere que en el caso del RMS Ho, (analiza únicamente alto orden), sus valores de referencia, teniendo en cuenta un diámetro de pupila de 6 mm, son: normal: 0,1 a 0,3  $\mu\text{m}$ ; normal alto: 0,3 a 0,5  $\mu\text{m}$ ; astigmatismo irregular de 0,5 a 0,7  $\mu\text{m}$ ; posible queratocono: mayor a 0,7  $\mu\text{m}$ . Cuando se analizan estos resultados se puede apreciar, que, tanto en el pre como en

el posoperatorio, los valores en el RMS alto orden fueron normales y estos permiten que mejore la SC en el posoperatorio.

Los resultados en la aberrometría sugieren realizar un análisis y relacionarlas con la asfericidad corneal obtenida en este estudio y lo planteado en la literatura. Varios trabajos experimentales han estudiado la relación entre las aberraciones y la asfericidad.<sup>(27)</sup> Generalmente se considera que la mayor contribución al control de la aberración esférica total es la modificación de la curvatura de la superficie anterior de la córnea, ya que el cristalino corrige su propia aberración esférica, no solo por la modificación de la curvatura de sus superficies, sino también por variaciones compensatorias en el índice de refracción.<sup>(28)</sup>

Ryan y otros<sup>(29)</sup> realizan un estudio sobre la sensibilidad al contraste después de un tratamiento guiado por frente de onda ocular y frente de onda optimizado con técnica quirúrgica de PRK y LASIK. En el resultado se observa una mejoría significativa de la SC, al corregir las aberraciones presentes en los ojos tratados. En la actual investigación se realizó un tratamiento esférico optimizado y los resultados coinciden con los reportados por Ryan y otros.<sup>(29)</sup>

Se puede concluir que la sensibilidad al contraste mejora con ambas técnicas quirúrgicas y posee una relación positiva y significativa con los resultados visuales, refractivos y aberrométricos. A su vez el estudio de las aberraciones del ojo proporciona un arma fundamental a la hora de valorar la calidad óptica del ojo humano, información que permite conocer la calidad visual que se puede esperar en los pacientes evaluados.

## Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. 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, Australia, 2015. Geneva: OMS; 2017 [acceso 29/10/2022] Disponible en: <https://www.who.int/blindness/causes/MyopiaReportforweb.pdf>
2. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la visión (World Report on Vision). Ginebra: OMS; 2020 [acceso 29/10/2022] Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331423/9789240000346-spa.pdf>
3. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, *et al.* 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.

4. Li F. Efectividad de los Lentes Fáquicos ACR 128 en la corrección de la alta miopía. [Tesis]. [La Habana]: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana; 2019.
5. Mountjoy E, Davies NM, Plotnikov D, Smith GD, Rodriguez S, Williams CE, *et al.* Education and myopia: assessing the direction of causality by mendelian randomisation. *BMJ*. 2018;361:k2022. DOI: 10.1136/bmj.k2022.
6. Kuryan J, Cheema A, Chuck RS. Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) for correcting myopia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;2(2):CD011080. DOI: 10.1002/14651858.
7. Kharod-Dholakia B, Afshari NA. Effect of Refractive Surgery on Strabismus and Binocular Vision. In: Alio JL, Azar DT, editors. *Management of Complications in Refractive Surgery*. San Francisco: Springer International Publishing; 2018. p. 217-20.
8. Soria Peña L. Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico [Terminación de Grado]. [Sevilla]: Universidad de Sevilla; 2017 [acceso 29/10/2022]. Disponible en: <https://n9.cl/riyct>
9. Chung SA, Kim WK, Moon JW, Yang H, Kim JK, Lee SB, *et al.* Impact of laser refractive surgery on ocular alignment in myopic patients. *Eye (Lond)*. 2014;28(11):1321-7. DOI: 10.1038/eye.2014.209.
10. 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;2020:4354085. DOI: 10.1155/2020/4354085.
11. Pérez Suárez R, Gómez Díaz J, Silva Hernández A, Pérez Hernández G, Cárdenas Díaz T, Guerra Almaguer M. LASEK-MITOMICINA C versus PRK-MITOMICINA C en pacientes con miopía o astigmatismo miópico compuesto. *Rev Cubana Oftalmol*. 2019 [acceso 29/10/2022];32(2):e217. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21762019000200002&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762019000200002&lng=es)
12. Mosquera Bustamante MJ, San Lucas Machuca 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 29/10/2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5875>
13. Espino García A. Miopía Alta: definición, comorbilidad y corrección refractiva Revisión bibliográfica. [Trabajo Máster en Cirugía Refractiva 2018-2019]. [Valladolid]: Universidad

de Valladolid; 2019 [acceso 29/10/2022]. Disponible en:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/250406386.pdf>

14. American Academy of Ophthalmology. Photoablation: Techniques and Outcomes. In: American Academy of Ophthalmology, editor. Refractive Surgery (2018-2019 Basic and Clinical Science Course). 13. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2018. p. 48.

15. Valeria Rey D, Moreno-Montoy J. Resultado visual a los tres meses de cirugía con LASEK. *Rev Mex Oftalmol.* 2017;91(5):247-53 DOI: [10.1016/j.mexoft.2016.07.007](https://doi.org/10.1016/j.mexoft.2016.07.007).

16. Yan FF, Hou F, Lu ZL, Hu X, Huang CB. Efficient Characterization and Classification of Contrast Sensitivity Functions in Aging. *Sci Rep.* 2017;7(1):5045. DOI: 10.1038/s41598-017-05294-0.

17. Iribarne Ferrer Y. Sensibilidad al contraste tras LASIK convencional y personalizado[M]. [Tesis doctorado]. [Barcelona]: Universitat de Barcelona; 2006. [acceso 29/10/2022] Disponible en:  
[http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/36496/2/01.YIF\\_INTRODUCCION.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/36496/2/01.YIF_INTRODUCCION.pdf)

18. Richman J, Spaeth GL, Wirostko B. Contrast sensitivity basics and a critique of currently available tests. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(7):1100-6. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.05.001.

19. Wallau AD, Campos M. Photorefractive keratectomy with mitomycin C versus LASIK in custom surgeries for myopia: a bilateral prospective randomized clinical trial. *J Refract Surg.* 2008;24(4):326-36. DOI: 10.3928/1081597X-20080401-03.

20. Barreto J Jr, Barboni MT, Feitosa-Santana C, Sato JR, Bechara SJ, Ventura DF, *et al.* Intraocular straylight and contrast sensitivity after contralateral wavefront-guided LASIK and wavefront-guided PRK for myopia. *J Refract Surg.* 2010;26(8):588-93. DOI: 10.3928/1081597X-20090930-01.

21. Slade SG, Durrie DS, Binder PS. A prospective, contralateral eye study comparing thin-flap LASIK (sub-Bowman keratomileusis) with photorefractive keratectomy. *Ophthalmology.* 2009;116(6):1075-82. DOI: 10.1016/j.optha.

22. Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg.* 2007;23(5):505-14. DOI: 10.3928/1081-597X-20070501-15.

23. Azar DT, Chang JH, Han KY. Wound healing after keratorefractive surgery: review of biological and optical considerations. *Cornea.* 2012;31(Suppl 1):S9-19. DOI: 10.1097/ICO.0b013e31826ab0a7.

24. Zhao PF, Li SM, Lu J, Song HM, Zhang J, Zhou YH, *et al.* Effects of higher-order aberrations on contrast sensitivity in normal eyes of a large myopic population. *Int J Ophthalmol.* 2017;10(9):1407-11. DOI: 10.18240/ijo.
25. 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
26. Báez M. Exámenes de topografía, aberrometría y pentacamara. *Optometría. Revista de la Federación Colombiana de Optómetras.* 2008 [acceso 29/10/2022];22:22-6 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599209.pdf>
27. Villar Collar C. Distorsión luminosa nocturna después de cirugía refractiva LASIK: influencia de las aberraciones monocromáticas de alto orden y de los algoritmos de ablación. [Tesis de Doctorado]. [Madrid]: Universidad complutense escuela universitaria de óptica y optometría; 2010 [acceso 29/10/2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/11607>
28. Pinos Sánchez OE. Predictibilidad en la inducción de aberración esférica basada en la asfericidad corneal post LASIK en miopes. *Rev. Soc. Colombiana de Oftalmología* 2016 [acceso 29/10/2022];49(4):262-7 Disponible en: <http://fi-admin.bvsalud.org>
29. Ryan DS, Sia RK, Rabin J, Rivers BA, Stutzman RD, Pasternak JF, *et al.* Contrast Sensitivity After Wavefront-Guided and Wavefront-Optimized PRK and LASIK for Myopia and Myopic Astigmatism. *J Refract Surg.* 2018;34(9):590-6. DOI: 10.3928/1081597X-20180716-01.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribuciones de los autores

*Conceptualización:* Du Lu.

*Curación de datos:* Du Lu.

*Análisis formal:* Taimi Cárdenas Díaz.

*Adquisición de fondos:* Du Lu

*Investigación:* Taimi Cárdenas Díaz, Du Lu.

*Metodología:* Raúl Pérez Suárez.

*Administración del proyecto:* Gabriel Pérez Hernández.

*Recursos:* Du Lu.

*Software:* Du Lu.

*Supervisión:* Michel Guerra Almaguer.

*Validación:* Gabriel Pérez Hernández.

*Visualización:* Raúl Gabriel Pérez Suárez.

*Redacción-borrador original:* Du Lu.

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