

Evaluación cuantitativa de la calidad visual posfotoablación superficial con Microscan Visum en pacientes miopes

Quantitative evaluation of post-superficial photoablation visual quality with Microscan Visum in myopic patients

Chen Zhizhong^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3964-8141>

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

Gisselle Rivera Jiménez¹ <https://orcid.org/0000-0003-3820-1978>

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

Juan Raúl Hernández Silva¹ <https://orcid.org/0000-0002-6991-3567>

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

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: damasodigna@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la calidad visual cuantitativa a los tres meses del tratamiento fotoablativo superficial en la queratectomía fotorrefractiva y la queratectomía fotorrefractiva transepitelial con mitomicina C, realizado con la plataforma láser Microscan Visum en pacientes con ametropías miópicas.

Métodos: Se realizó un estudio cuasiexperimental en 124 pacientes. Se estudiaron 62 pacientes tratados con queratectomía fotorrefractiva con mitomicina C (grupo control) y 62 pacientes tratados con queratectomía fotorrefractiva transepitelial con mitomicina C (grupo experimental), emparejados por características visuales y biométricas preoperatorias. Se analizó la calidad visual en términos cuantitativos, con la agudeza visual sin corrección poscirugía, la sensibilidad al contraste y la presencia de aberraciones corneales de alto orden.

Resultados: La mediana de edad de los pacientes fue de 25 años y predominó el sexo femenino en ambos grupos. En el 100 % de los pacientes se logró una agudeza visual sin corrección de 20/40, y de 20/20 en el 98 %. El valor cuadrático medio y las

aberraciones esféricas corneales aumentaron después de la cirugía (> 80 %). Ambos grupos mostraron una disminución de la sensibilidad al contraste tras la cirugía.

Conclusiones: Ambas técnicas utilizadas lograron una excelente agudeza visual sin corrección; sin embargo, se evidenció un aumento en las aberraciones ópticas de alto orden y una reducción en la sensibilidad al contraste, lo que puede afectar la calidad visual percibida por los pacientes, en especial en ambientes con poca luz.

Palabras clave: aberraciones oculares; fotoablación superficial; Microscan Visium.

ABSTRACT

Objective: To evaluate quantitative visual quality three months after superficial photoablative treatment in photorefractive keratectomy and transepithelial photorefractive keratectomy-TransPRK with mitomycin C performed with the Microscan Visum laser platform in patients with myopic ametropias.

Methods: A quasi-experimental study was conducted in 124 patients. Sixty-two patients treated with photorefractive keratectomy with mitomycin C (control group) and 62 patients treated with transepithelial photorefractive keratectomy-TransPRK with mitomycin C (experimental group) were matched for preoperative visual and biometric characteristics. Visual quality was analyzed quantitatively with postoperative uncorrected visual acuity, contrast sensitivity, and the presence of corneal high-order aberrations.

Results: The median patient age was 25 years, and the median sex was female in both groups. The proportion of patients achieving a SCVA of 20/40 was 100% in both groups, and 98% of those achieving a SCVA of 20/20. Corneal RMS for high-order aberrations and corneal spherical aberrations increased significantly after surgery (>80%). Both groups (PRK-MMC and TransPRK-MMC) showed decreased contrast sensitivity after surgery.

Conclusions: Both techniques (PRK-MMC and TransPRK-MMC) achieved excellent uncorrected visual acuity. However, an increase in higher-order optical aberrations and a reduction in contrast sensitivity were observed, which may affect patients' perceived visual quality, especially in low-light environments.

Keywords: ocular aberrations; surface photoablation; Microscan Visium.

Recibido: 17/10/2025

Aceptado: 27/10/2025

Introducción

La miopía es el error refractivo más frecuente a nivel mundial, con una prevalencia creciente que afecta la calidad de vida y representa un reto para los sistemas de salud. La cirugía refractiva con láser de excímero, en especial la queratectomía fotorrefractiva (PRK) y la queratectomía fotorrefractiva transepitelial (TransPRK) con mitomicina C, ofrecen una solución permanente.

Las aberraciones ópticas son imperfecciones en el sistema óptico del ojo, que impiden formar una imagen clara y precisa del objeto observado. Técnicamente, se definen como la diferencia entre el frente de onda ideal (esférico) y el frente de onda real para cada punto de la pupila, lo que genera distorsiones en la calidad visual.⁽¹⁾

En el proceso de formación de la imagen en el ojo humano existen tres fuentes principales de degradación: la difracción, fenómeno asociado a la naturaleza ondulatoria de la luz, que se produce cuando en el sistema óptico existe una apertura; el esparcimiento (*scattering*), desviación de la luz por no uniformidades en los medios oculares, lo que reduce el contraste de la imagen retiniana; y la aberración óptica, cuando hay diferencia de camino óptico entre el frente de onda perfecto y el real, que genera distorsiones en la imagen.⁽¹⁾

Las aberraciones se clasifican en aquellas de bajo orden (HBO), como miopía, hipermetropía y astigmatismo, que afectan la agudeza visual y pueden corregirse con lentes o cirugía; y las aberraciones de alto orden (HOA), como el coma, el *trefoil* y la aberración esférica, que no se corrigen con facilidad mediante métodos convencionales y afectan la sensibilidad al contraste, lo que provoca síntomas como halos, *glare* y dificultad para ver en condiciones de baja iluminación.^(2,3,4)

Tras cirugía refractiva, en especial en pacientes con miopías elevadas, se ha observado un incremento significativo de las HOA, que está correlacionado con el diámetro pupilar y la magnitud de la ametropía tratada. Aunque muchos pacientes alcanzan una agudeza visual de 20/20, refieren síntomas como *glare*, halos, dificultad para enfocar y cefalea, sobre todo en condiciones escotópicas, lo que evidencia que la agudeza visual no es suficiente para evaluar la calidad visual.^(2,3,4)

Para evaluar de forma cuantitativa la calidad visual, se utilizan métricas en el plano-pupilar, como la raíz cuadrática media de aberraciones (RMS); y en el plano-imagen, como la función de punto extendido (PSF) y la función de transferencia de modulación (MTF). Estas permiten analizar cómo las aberraciones afectan la formación de la imagen en la retina y la percepción visual del paciente.⁽¹⁾ Además, se emplean pruebas como la de Pelli-Robson, para medir la sensibilidad al contraste, la

cual, aunque evalúa una sola frecuencia espacial, es útil desde el punto de vista clínico por su facilidad de aplicación.⁽⁴⁾

La asfericidad corneal influye de forma directa en la aparición de aberraciones ópticas de alto orden, en especial en la aberración esférica. Las córneas con forma prolata (valor Q negativo) presentan una curvatura central más pronunciada que en la periferia, lo que ayuda a reducir esta aberración y mejora la calidad visual. En cambio, las córneas oblatas (valor Q positivo) tienden a aumentar la aberración esférica, lo que genera síntomas como halos, deslumbramiento, disminución de la sensibilidad al contraste y dificultades visuales en ambientes con poca luz.

Para mitigar estos efectos, las plataformas láser actuales emplean perfiles de ablación optimizados por frente de onda (WFO), diseñados para conservar la asfericidad natural de la córnea y minimizar la inducción de aberraciones tras la cirugía refractiva.⁽⁵⁾ Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar la calidad visual cuantitativa a los tres meses del tratamiento fotoablativo superficial en la queratectomía fotorrefractiva y la queratectomía fotorrefractiva transepitelial con mitomicina C, realizado con la plataforma láser Microscan Visum en pacientes con ametropías miópicas.

Métodos

Se realizó un estudio cuasiexperimental, para comparar la calidad visual en pacientes con ametropías miópicas tratados mediante dos técnicas de cirugía ablativa de la superficie corneal: PRK-MMC y TransPRK-MMC, ambas realizadas con perfil de ablación WFO, mediante la plataforma láser Microscan Visum. El estudio incluyó 124 pacientes operados en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”, entre enero de 2023 y enero de 2024, con seguimiento mínimo de tres meses. Ambos grupos fueron emparejados en una relación 1:1 de manera aleatoria, para lo cual se tuvieron en cuenta cuatro variables: edad, agudeza visual mejor corregida (AVMC) preoperatoria, queratometría media preoperatoria, y paquimetría preoperatoria.

Se analizaron variables demográficas (edad y sexo) y parámetros de calidad visual cuantitativa, como sensibilidad al contraste, RMS total corneal, RMS corneal de alto orden y aberración esférica corneal. La información se procesó en una base de datos automatizada en Excel, con respaldo en memorias flash, y el análisis estadístico se realizó con SPSS versión 21.

Las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias y porcentajes, y las cuantitativas con medidas de tendencia central y dispersión. Se aplicaron pruebas estadísticas como binomial, Chi-cuadrado, Fisher, U de Mann-Whitney, Wilcoxon y

Spearman, según el tipo de variable y su distribución. La normalidad y homogeneidad de varianzas se evaluaron con Kolmogorov-Smirnov y Levene. Además, se utilizó regresión multivariada con variables tipificadas, para analizar el RMS corneal HOA y la aberración esférica, con valoración de la capacidad explicativa del modelo mediante R^2 , y la influencia de cada variable por el coeficiente beta estandarizado.

Resultados

En la tabla 1 se muestra que la mediana de edad de los pacientes fue de 25 años en ambos grupos, con rangos intercuartílicos similares: 23-28 años para PRK-MMC y 23-29 años para TransPRK-MMC, sin diferencias significativas ($p = 0,794$).

Tabla 1 - Características demográficas de los pacientes estudiados, según grupo de tratamiento

Variable	Estadísticos/ Categorías	Grupo de tratamiento				p
		PRK-MMC		TransPRK-MMC		
		n		n		
Edad (años)	Media/DE	62	26,10/3,69	62	26,01/3,87	0,794*
	Mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)		25,0/23,0; 28,0		25,0/23,0; 29,0	
	Mín-Máx		21,0-34,0		21,0-35,0	
Sexo (%)	Femenino	48	77,4	46	74,2	0,675* *
	Masculino	14	22,6	16	25,8	
Razón	F/M	48/14	3,4:1	46/16	2,9:1	-

Leyenda: PRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; TransPRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva transepitelial más mitomicina C; DE: desviación estándar; RI: rango intercuartílico, Q₁: 25 percentil; Q₃: 75 percentil; F: femenino; M: masculino; * Prueba U de Mann Whitney; ** Prueba de Chi cuadrado.

Fuente: Historias clínicas.

Se observó un claro predominio del sexo femenino en ambos grupos, con una proporción de 3,4 mujeres por cada hombre en el grupo PRK-MMC, y de 2,9 en el grupo TransPRK-MMC.

En el análisis de la tabla 2 la asfericidad corneal mostró diferencias significativas en los valores preoperatorios entre los grupos tratados con PRK-MMC y TransPRK-

MMC, que fue más negativa en el primero. Tras la cirugía, ambos grupos presentaron un aumento notable en la mediana de la asfericidad corneal, que pasaron de valores negativos a positivos (0,35), lo que indica una transformación hacia una córnea más oblata.

Tabla 2 - Comportamiento de asfericidad corneal y sensibilidad al contraste, según el grupo de tratamiento

de tratamiento	Preoperatorio (n = 62)	Posoperatorio 3 meses (n = 62)	p*
Asfericidad corneal mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	-0,30/-0,40; -0,25	0,35/-0,01; 0,76	0,000
TransPRK-MMC	-0,26/-0,32; -0,22	0,35/-0,06; 0,76	0,000
p** Grupo	0,013	0,594	
Δ Asfericidad corneal (media/DE)			
PRK-MMC	-	0,70/0,42	-
TransPRK-MMC	-	0,70/0,38	-
p**	-	0,976	-
Sensibilidad al contraste monocular mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	1,65/1,35; 1,65	1,65/1,65; 1,65	0,000
TransPRK-MMC	1,50/1,35; 1,65	1,65/1,50; 1,65	0,000
p**	0,386	0,484	-
Sensibilidad al contraste 2 (poscirugía ≥ 1,50) (n/%)			
PRK-MMC	-	57/91,9	1,000***
TransPRK-MMC	-	58/93,5	

Leyenda: PRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; TransPRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva transepitelial más mitomicina C; RI: rango intercuartílico; Q₁: 25 percentil; Q₂: 75 percentil; *Prueba de los rangos de signos de Wilcoxon; ** Prueba U de Mann Whitney; ***Prueba exacta de Fisher.

Fuente: Historias clínicas.

Aunque el cambio fue significativo dentro de cada grupo ($p = 0,000$), no se encontraron diferencias entre los grupos en el posoperatorio ($p = 0,594$), ni en la media de las diferencias pre- y posoperatorias ($p = 0,976$), lo que sugiere que ambos procedimientos inducen un cambio similar en la asfericidad corneal.

El análisis de la sensibilidad al contraste mostró que, aunque no hubo diferencias significativas entre los grupos antes y después de la cirugía ($p = 0,386$ y $p = 0,484$), sí se observó una mejora dentro de cada grupo. En el grupo PRK-MMC, el valor de la mediana se mantuvo constante, pero aumentó el percentil 25; mientras que en el grupo TransPRK-MMC la mediana subió de 1,50 a 1,65, con diferencias estadísticamente significativas en ambos casos ($p = 0,000$).

Además, más del 91 % de los pacientes en ambos grupos alcanzaron una sensibilidad al contraste de 1,50 o superior, sin diferencias significativas entre ellos ($p = 1,000$). Esto sugiere que ambas técnicas contribuyen a mejorar la calidad visual en términos de contraste, aunque con efectos similares.

En la tabla 3, al analizar las aberraciones corneales, no hubo diferencias estadísticamente significativas en el RMS total corneal entre los valores preoperatorios y posoperatorios, al comparar las técnicas PRK-MMC y TransPRK-MMC ($p = 0,764$ y $p = 0,893$). Aunque se observó un aumento en los valores dentro de cada grupo, este cambio no fue estadísticamente significativo ($p > 0,05$). La mediana de la diferencia entre los valores posoperatorios y preoperatorios fue de $0,13 \mu\text{m}$ en el grupo PRK-MMC, y de $0,15 \mu\text{m}$ en el grupo TransPRK-MMC, con rangos intercuartílicos similares, lo que sugiere que ambos procedimientos inducen cambios comparables en el RMS corneal total.

El análisis del RMS de aberraciones de alto orden corneal reveló que no hubo diferencias significativas entre los valores pre- y posoperatorios, al comparar los grupos PRK-MMC y TransPRK-MMC. Sin embargo, dentro de cada grupo se observó un incremento superior al 80 % en los valores posoperatorios respecto a los iniciales, con significancia estadística ($p = 0,000$). Aunque algunos pacientes presentaron valores negativos en la diferencia del RMS HOA (4,8 % en PRK-MMC y 11,3 % en TransPRK-MMC), las diferencias intergrupo no fueron significativas.

Tabla 3 - Cambios de las aberraciones corneales, según el grupo de tratamiento

Grupo de tratamiento	Preoperatorio (n = 62)	Posoperatorio 3 meses (n = 62)	p^*
RMS total corneal (μm) mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	1,44/1,14; 2,09	1,78/1,35; 2,32	0,242
TransPRK-MMC	1,51/1,17; 2,20	1,77/1,28; 2,33	0,383
p^{**}	0,764	0,893	
Δ RMS total corneal (μm) mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	-	0,13/-0,33; -0,48	-

TransPRK-MMC	-	0,15/-0,38; -0,43	
p**	-	0,964	-
RMS de aberraciones alto orden corneal (μm) mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	0,39/0,34; 0,48	0,74/0,53; 0,96	0,000
TransPRK-MMC	0,41/0,34; 0,50	0,72/0,55; 0,96	0,000
p**	0,526	0,877	-
Δ RMS de aberraciones de alto orden corneal (μm) mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	-	0,30/0,14; 0,54	-
TransPRK-MMC	-	0,31/0,14; 0,54	
p**	-	0,834	-
Δ RMS de aberraciones alto orden corneal 2 negativo (n/%)			
PRK-MMC	-	3/ 4,8	-
TransPRK-MMC	-	7/11,3	-
Aberración esférica corneal (μm) mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	0,28/0,19; 0,36	0,49/0,37; 0,73	0,000
TransPRK-MMC	0,25/0,19; 0,31	0,49/0,37; 0,73	0,000
p**	0,111	0,879	-
Δ Aberración esférica corneal (μm) Mediana/RI (Q ₁ ; Q ₃)			
PRK-MMC	-	0,19,07; 0,32	-
TransPRK-MMC	-	0,25/0,15; 0,44	
p**	-	0,219	
Δ Aberración esférica corneal 2 negativo (n/%)			
PRK-MMC	-	6/9,7	-
TransPRK-MMC	-	9/14,5	-

Leyenda: PRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; TransPRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva transepitelial más mitomicina C; RI: rango intercuartílico; Q₁: 25 percentil; Q₂: 75 percentil; *Prueba de los rangos de signos de Wilcoxon; ** Prueba U de Mann Whitney ($p > 0,05$).

Fuente: Historias clínicas.

En cuanto a las aberraciones esféricas corneales, los valores preoperatorios fueron similares entre ambos grupos, aunque ligeramente menores en el grupo TransPRK-

MMC. Tras la cirugía, ambos grupos mostraron un aumento superior al 90 % en la mediana de aberración esférica, también con significancia estadística ($p = 0,000$). Aunque la diferencia absoluta fue algo mayor en el grupo TransPRK-MMC, no se pudo descartar que esta variación se debiera al azar. Estos hallazgos indican que ambas técnicas inducen a un aumento comparable en las aberraciones ópticas corneales.

En la tabla 4 puede observarse que no se encontró correlación en ninguno de los dos grupos de tratamiento entre edad, asfericidad corneal preoperatoria, y sensibilidad al contraste monocular pre- y poscirugía ($p > 0,005$). Existió correlación positiva y fuerte con la asfericidad corneal postcirugía (CCS: $\geq 0,500$, $p = 0,000$) en ambos grupos de tratamiento.

Tabla 4 - Correlación entre edad, asfericidad y sensibilidad al contraste

Variable	Grupo de tratamiento	n	Coefficiente de correlación de Spearman	p
Edad	PRK-MMC	62	-0,019	0,883
	TransPRK-MMC	62	-0,147	0,253
Aesfericidad corneal preoperatoria	PRK-MMC	62	0,182	0,156
	TransPRK-MMC	62	0,172	0,180
Aesfericidad corneal postcirugía	PRK-MMC	62	0,651	0,000
	TransPRK-MMC	62	0,804	0,000
Sensibilidad al contraste preoperatoria	PRK-MMC	62	0,084	0,514
	TransPRK-MMC	62	0,059	0,648
Sensibilidad al contraste postcirugía	PRK-MMC	62	0,050	0,655
	TransPRK-MMC	62	0,041	0,752

Leyenda: PRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; TransPRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva transepitelial más mitomicina C; CCS: coeficiente de correlación de Spearman.

Fuente: Historias clínicas.

La tabla 5 presenta un análisis multivariado mediante regresión múltiple, para identificar las variables que se relacionan de forma independiente con la aberración esférica corneal tras la cirugía. Mediante la utilización del método paso a paso, se incluyeron todas las variables correlacionadas y, en el grupo tratado con PRK-MMC, se conservaron en el modelo la esfera preoperatoria tipificada y el grado de astigmatismo preoperatorio. La esfera preoperatoria fue la variable con mayor

capacidad explicativa (74,8 %), seguida por el astigmatismo (18,1 %), lo que logró que el modelo explicara el 61,0 % de la variabilidad de la aberración esférica corneal posoperatoria (R^2 corregida = 0,610).

En el grupo de pacientes tratados con TransPRK-MMC, el modelo de regresión múltiple logró explicar el 69,7 % de la variabilidad de la aberración esférica corneal posoperatoria. La variable con mayor peso en el modelo fue la esfera preoperatoria tipificada, que aportó el 82,3 % de la explicación, con un coeficiente negativo que indica que, a menor esfera, mayores aberraciones. También se incluyó la asfericidad corneal preoperatoria tipificada, que contribuyó con el 15,1 % de la variabilidad de la variable dependiente.

Tabla 5 - Análisis multivariado de las variables relacionadas de manera independiente con aberración esférica corneal postcirugía

Grupo de tratamiento	Variable	Coeficiente no estandarizado		Coeficiente estandarizado	t	p	IC-95 %	
		β	Error estándar	β			Límite inferior	Límite superior
PRK-MMC	Constante	0,535	0,014		38,102	0,000	0,508	0,563
	Esfera preoperatoria tipificada	-0,187	0,014	-0,748	-13,234	0,000	-0,215	-0,151
	Grado de astigmatismo preoperatoria tipificado	-0,045	0,014	-0,181	-3,196	0,002	-0,073	-0,017
TransPRK-MMC	Constante	0,519	0,018		28,450	0,000	0,483	0,556
	Esfera preoperatoria tipificada	-0,207	0,018	-0,823	-11,681	0,000	-0,243	-0,171
	Asfericidad corneal preoperatoria tipificada	0,042	0,020	0,151	2,147	0,036	0,003	0,082

Leyenda: IC-95 %: intervalo de confianza al 95 %; PRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; TransPRK-MMC: queratectomía fotorrefractiva transepitelial más mitomicina C.

Fuente: Historias clínicas.

Discusión

El estudio de *Achiron* y otros,⁽⁶⁾ que incluyó a 17 592 pacientes tratados con LASIK y PRK entre 17 y 40 años, evidenció que la eficacia quirúrgica se relacionaba con la AVMC preoperatoria, la edad, la paquimetría y la Km preoperatorias. Los pacientes analizados se encontraban en etapas de juventud o adultez temprana, lo que coincide con otros estudios sobre PRK y TransPRK, cuyos rangos de edad oscilaban entre 19 y 53 años, con una media generalmente inferior a 35 años,^(7,8,9,10,11,12) similar al perfil de los pacientes del presente estudio. En el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” (ICO-RPF) existen restricciones etarias para este tipo de cirugía.

Además, se observó una marcada predominancia femenina, tendencia también reportada por *Gharieb* y otros,⁽⁷⁾ *Rodríguez* y otros,⁽⁹⁾ y *Bakhsh* y otros,⁽¹²⁾ quienes registraron proporciones de mujeres superiores al 60 %, con edades promedio entre 28 y 31 años. Esta prevalencia femenina podría explicarse por factores conductuales, como la preocupación por la apariencia física, más común en adultos jóvenes. Asimismo, el aumento de la miopía en la segunda y tercera décadas de la vida, en especial en mujeres, ha sido documentado por *Lee* y otros,⁽¹³⁾ quienes reportaron una incidencia del 14 % en adultos jóvenes (20-28 años), con mayor progresión y alargamiento ocular en mujeres. Por tanto, la distribución por edad y sexo observada en los pacientes tratados podría reflejar tanto patrones conductuales, como el comportamiento epidemiológico de la miopía, además de la capacidad de decisión sobre el tratamiento en esta etapa de la vida.

En el presente estudio se observó que la asfericidad corneal se volvió más positiva tras la cirugía en ambos grupos, lo que indicó una transformación de la córnea hacia una forma más oblata. Esta variación fue similar con independencia de la técnica utilizada. De manera concordante, *Gharieb* y otros⁽⁷⁾ también reportaron una migración de la asfericidad hacia valores más positivos, sin diferencias entre PRK y TransPRK en los valores de Q a los tres meses. Asimismo, *Zhang* y otros⁽¹⁴⁾ confirmaron este patrón de cambio hacia una mayor positividad de la asfericidad corneal tras la cirugía, con una media de diferencia entre los valores posoperatorios y preoperatorios de $0,94 \pm 0,34$. Cabe destacar que estas modificaciones en la esfericidad corneal guardan relación con la agudeza visual.⁽¹⁴⁾

La sensibilidad al contraste está determinada por factores ópticos y neuronales, con el componente óptico representado por la función de transferencia de modulación (MTF), que evalúa la capacidad del sistema visual para transferir detalles desde el objeto a la retina.⁽¹⁾ El MTF se ve afectado por aberraciones y *scattering*, por lo que un aumento de las aberraciones de alto orden tras la cirugía puede reducir de manera significativa la sensibilidad al contraste. *Gatine*⁽¹⁵⁾ señaló que esta disminución del MTF es más marcada con diámetros pupilares mayores, en especial de 6 mm, debido al incremento de aberraciones.

Esto subraya la importancia de revisar la metodología empleada en la medición de la sensibilidad al contraste, ya que el uso de puntos de corte fijos podría comprometer la validez de los resultados. Las aberraciones ópticas, junto con la difracción y el *scattering*, son responsables de la degradación de la imagen, con especial relevancia de la evaluación de la calidad visual posoperatoria. En el presente estudio, aunque el RMS total corneal no mostró cambios significativos, se observó un aumento considerable del RMS HOA corneal y de las aberraciones esféricas tras ambas técnicas quirúrgicas, sin diferencias entre ellas, lo que coincide con hallazgos previos.^(15,16,17,18,19,20)

Gharieb y otros⁽⁷⁾ reportaron valores preoperatorios de RMS total corneal y RMS HOA inferiores a los observados en este estudio, aunque las diferencias entre los valores pre- y posoperatorios fueron similares. *Choi* y otros⁽²⁰⁾ encontraron que las aberraciones esféricas aumentaban significativamente con diámetros pupilares mayores de 5 mm, más pronunciadas a partir de los 6 mm, aunque esto no implicaba necesariamente una mayor afectación de la agudeza visual, salvo en condiciones de baja iluminación.

Los valores preoperatorios de RMS HOA y aberraciones esféricas en este estudio fueron superiores a los reportados por *Guerra* y otros⁽²¹⁾, y el incremento posoperatorio superó el 80 %, incluso con perfiles de ablación WFO, diseñados para minimizar la inducción de HOA. Aunque otros estudios también han reportado aumentos con WFO, la magnitud observada aquí es mayor.

Gatinel⁽¹⁵⁾ atribuyó el incremento de aberraciones poscirugía a factores como variaciones excesivas en la esfericidad corneal, zonas ópticas insuficientes y descentrado de la ablación. Este estudio refuerza la importancia de mantener la estabilidad de la asfericidad corneal, ya que los pacientes con menor variabilidad en este parámetro presentaron menores incrementos de aberraciones. Otros factores que podrían influir incluyen córneas gruesas ($> 520 \mu\text{m}$), pupilas pequeñas ($\leq 5 \text{ mm}$), buen centrado de la ablación (*offset* pupilar $< 0,2 \text{ mm}$), radios queratométricos regulares (42–45 D), epitelio regular y delgado, zonas ópticas efectivas $\geq 6,5 \text{ mm}$, bajos niveles de RMS HOA preoperatorios ($< 0,30 \mu\text{m}$ en zona de 6 mm) y rastreo ocular eficaz.^(16,17,18,19) *Gatinel*⁽¹⁵⁾ recomendó mantener una córnea más prolata dentro de la zona óptica, para reducir la inducción de HOA.

Además, ablaciones descentradas menores de 1 mm pueden provocar incrementos significativos en las aberraciones esféricas (factor de 5,1) y comas (factor de 3,9).⁽²⁰⁾ Otro aspecto relevante es el tamaño del impacto del láser en la plataforma Microscan Visum (0,9 mm), mayor que en otros sistemas, lo que puede dificultar una transición suave entre la zona tratada y la no tratada, generar bordes escalonados y un aumento del riesgo de aberraciones esféricas y RMS HOA, en especial en ablaciones profundas en pacientes con miopías altas.⁽²¹⁾ Estas irregularidades pueden

detectarse mediante mapas topográficos o tomográficos que comparen la asfericidad y la aberración esférica en distintos diámetros.

El análisis multivariado realizado en pacientes tratados con PRK-MMC identificó como variables asociadas de forma independiente al RMS HOA corneal, al equivalente esférico (EE) preoperatorio, con mayor peso, y a la queratometría media. En el grupo tratado con TransPRK, solo el EE preoperatorio mostró asociación significativa. Debido a que los modelos empleados son lineales, pudieran existir otras variables con relaciones no lineales que no se detectaron, lo que limita la capacidad explicativa del modelo. El EE preoperatorio refleja la magnitud de ablación necesaria: a mayor error refractivo (menor valor matemático del EE), mayor eliminación de tejido central y mayor alteración de la asfericidad corneal. Por su parte, una queratometría media elevada se relaciona con una córnea más prolata (asfericidad más negativa), lo que influye en la variabilidad del RMS HOA, según el grado de error refractivo.

Con respecto a las aberraciones esféricas corneales, en el grupo PRK-MMC se asociaron de forma independiente la esfera preoperatoria (principal contribuyente) y el grado de astigmatismo. La esfera mostró una relación negativa, coherente con su vínculo al error refractivo. Aunque el astigmatismo no guarda una relación causal directa con las aberraciones esféricas, puede influir al modificar la simetría y asfericidad corneal, en especial en casos de astigmatismo elevado o irregular, y tras cirugías que alteran la geometría corneal.⁽²²⁾

En el grupo TransPRK, las variables asociadas fueron la esfera preoperatoria (de forma negativa) y la asfericidad corneal preoperatoria, con mayor impacto de la esfera. Esto se explica porque a mayor EE tratado, mayor es el aplanamiento apical y la transición hacia una córnea oblata, lo que incrementa las aberraciones esféricas positivas.⁽²³⁾ La geometría de la ablación determinada por el EE tiene mayor influencia que la asfericidad inicial, ya que parámetros como el tamaño de la zona óptica (ZO), la profundidad de ablación y la zona de transición responden directamente al EE. *Guner* y otros⁽²⁴⁾ también encontraron correlación entre el EE preoperatorio y los parámetros de ablación, así como con la magnitud de las aberraciones esféricas, lo que sugiere la necesidad de incluir estos factores en futuros estudios, para mejorar la predicción del comportamiento aberrométrico posoperatorio.

La mayoría de los pacientes incluidos en el estudio fueron mujeres en edad joven adulta. Se observó un incremento de aberraciones ópticas (> 80 %) en las aberraciones corneales de alto orden y en las aberraciones esféricas corneales tras la cirugía, con independencia de la técnica utilizada. No se encontraron diferencias entre PRK-MMC y TransPRK-MMC en cuanto a los resultados aberrométricos a los tres meses de seguimiento. La incorporación de métricas, como el RMS corneal y la

sensibilidad al contraste, permitió una evaluación más precisa de la calidad visual, más allá de la agudeza visual tradicional.

Referencias bibliográficas

1. Castillo Gómez A, González Fernández LM, Verdejo del Rey A, Palomino Bautista C, Escalada Ferrándiz A, Genol Saavedra I. Concepto de Calidad Visual. Medida de la Función Visual. In: Gómez C, editor. Métodos diagnósticos en segmento anterior. Madrid: Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto Refractiva; 2011. p. 261-7.
2. Parede TR, Torricelli AA, Mukai A, Vieira Netto M, Bechara SJ. Quality of vision in refractive and cataract surgery, indirect measurers: review article. Arq Bras Oftalmol. 2013;76(6):386-90. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0004-27492013000600016>
3. Lara M. Resultados del test de sensibilidad al contraste Pelli-robson en la población sin patología oftalmológica [Tesis]. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya; 2016 [acceso 30/07/2025]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/89732>
4. Hernández LR, Castro P, Méndez TDJ, Zazo R, Domínguez K. Sensibilidad al contraste en edad pediátrica. Rev Cub Oftalmol. 2021 [acceso 30/07/2025];34(3). Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/992>
5. Wu Y, Wang S, Wang G, Zhao S, Wei R, Huang Y. Corneal Asphericity and Higher-Order Aberrations after FS-LASIK and Trans-PRK for Myopia. J Ophthalmol. 2021 [acceso 30/07/2025];2021:3765046. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/3765046>
6. Achiron A, Gur Z, Aviv U, Hilely A, Mimouni M, Karmona L, et al. Predicting Refractive Surgery Outcome: Machine Learning Approach With Big Data. J Refract Surg. 2017;33(9):592-7. DOI: <https://doi.org/10.3928/1081597x-20170616-03>
7. Gharieb HM, Awad-Allah MAA, Ahmed AA, Othman IS. Transepithelial Laser versus Alcohol Assisted Photorefractive Keratectomy Safety and Efficacy: 1-Year Follow-up of a Contralateral Eye Study. Korean J Ophthalmol. 2021;35(2):142-52. DOI: <https://doi.org/10.3341/kjo.2020.0105>
8. Kaluzny BJ, Cieslinska I, Mosquera SA, Verma S. Single-Step Transepithelial PRK vs Alcohol-Assisted PRK in Myopia and Compound Myopic Astigmatism Correction. Medicine (Baltimore). 2016;95(6):e1993. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.0000000000001993>

9. Rodríguez AH, Galvis V, Tello A, Parra MM, Rojas M, Arba MS, *et al.* Fellow eye comparison between alcohol-assisted and single-step transepithelial photorefractive keratectomy: late mid-term outcomes. *Rom J Ophthalmol.* 2020;64(2):176-83. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7339690/>
10. Alhawsawi A, Hariri J, Aljindan M, Alburayk K, Alotaibi HA. Outcomes of Single-Step Transepithelial Photorefractive Keratectomy Compared With Alcohol Assisted Photorefractive Keratectomy Using Wave-Light EX500 Platform. *Cureus.* 2023;15(3):e36872. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.36872>
11. Hashemi H, Alvani A, Aghamirsalim M, Miraftab M, Asgari S. Comparison of transepithelial and conventional photorefractive keratectomy in myopic and myopic astigmatism patients: a randomized contralateral trial. *BMC Ophthalmol.* 2022;22(1):68. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02293-2>
12. Bakhsh AM, Elwan SAM, Chaudhry AA, El-Atris TM, Al-Howish TM. Comparison between Transepithelial Photorefractive Keratectomy versus Alcohol Assisted Photorefractive Keratectomy in Correction of Myopia and Myopic Astigmatism. *J Ophthalmol.* 2018;2018:5376235. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/5376235>
13. Lee SS, Lingham G, Sanfilippo PG, Hammond CJ, Saw SM, Guggenheim JA, *et al.* Incidence and Progression of Myopia in Early Adulthood. *JAMA Ophthalmol.* 2022;140(2):162-9. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2021.5067>
14. Zhang YL, Xu XH, Cao LJ, Liu L. Corneal curvature, asphericity, and aberrations after transepithelial photorefractive keratectomy and femtosecond laser assisted in situ keratomileusis for myopia: A prospective comparative study. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):2945-9. DOI: https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1106_20
15. Gatinel D. Corneal Topography and Wavefront Analysis. In: Albert DM, Miller JM, Azar DT, Young LH, editors. *Albert and Jakobiec's Principles and Practice of Ophthalmology.* 1 ed. Switzerland: Springer Nature; 2022. p. 1109-234.
16. Wang Q, Stoakes IM, Moshirfar M, Harvey DH, Hoopes PC. Assessment of Pupil Size and Angle Kappa in Refractive Surgery: A Population-Based Epidemiological Study in Predominantly American Caucasians. *Cureus.* 2023;15(8):e43998. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.43998>
17. Khakshoor H, McCaughey MV, Vejdani AH, Daneshvar R, Moshirfar M. Use of angle kappa in myopic photorefractive keratectomy. *Clin Ophthalmol.* 2015;9:1935. DOI: <https://doi.org/10.2147/oph.S70690>
18. Moshirfar M, Hoggan RN, Muthappan V. Angle Kappa and its importance in refractive surgery. *Oman J Ophthalmol.* 2013;6(3):151-8. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-620X.122268>

19. de Ortueta D, von Rüdén D, Arba-Mosquera S. Refractive Effect of Epithelial Remodelling in Myopia after Transepithelial Photorefractive Keratectomy. Vision (Basel). 2022;6(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/vision6040074>
20. Choi KY, Chan SS, Chan HH. The effect of spatially-related environmental risk factors in visual scenes on myopia. Clin Exp Optom. 2022;105(4):353-61. DOI: <https://doi.org/10.1080/08164622.2021.1983400>
21. Guerra Almaguer M, García Ayup D, Cruz Izquierdo D, Castillo Nuñez R, Camps Bonne ZL. Aberraciones oculares en pacientes con ametropías miópicas. Rev Cub Oftalmol. 2025 [acceso 30/07/2025];38. Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/2054>
22. Seiler T, Reckmann W, Maloney RK. Effective spherical aberration of the cornea as a quantitative descriptor in corneal topography. J Cataract Refract Surg. 1993;19 Suppl:155-65. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(13\)80400-2](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(13)80400-2)
23. Shi Z, Gao M, Liu C, Zhang S, Zhao Q. TransPRK in the treatment of low to moderate and high myopia: a comparative study of the clinical outcomes. Sci Rep. 2025;15(1):25327. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10445-9>
24. Guneri Beser B, Yildiz E, Turan Vural E. Prognostic factors of visual quality after transepithelial photorefractive keratectomy in patients with low-to-moderate myopia. Indian J Ophthalmol. 2020;68(12):2940-4. DOI: <https://doi.org/10.4103/ijo.IJO27920>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Chen Zhizhong.

Curación de datos: Dunia Cruz Izquierdo.

Análisis formal: Gisselle Rivera Jiménez.

Investigación: Taimi Cárdenas Díaz.

Metodología: Chen Zhizhong.

Administración del proyecto: Juan Raúl Hernández Silva.

Supervisión: Gisselle Rivera Jiménez.

Validación: Chen Zhizhong.

Redacción-borrador original: Dunia Cruz Izquierdo.

Redacción-revisión y edición: Taimi Cárdenas Díaz.