

Cambios topoaberrométricos en operados de miopía con técnicas de superficie

Topoaberrometric changes in myopia operated with surface techniques

GuoFeng Zhan^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-7075-7012>

Raúl Gabriel Pérez Suárez¹ <https://orcid.org/0000-0003-0138-4256>

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

Lu Du¹ <https://orcid.org/0000-0002-9661-7448>

Gabriel Pérez Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0002-3513-8793>

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

*Autor para la correspondencia: 121688077@outlook.com

RESUMEN

Introducción: La cirugía refractiva como método quirúrgico para tratar la miopía es una solución 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 o rechazan el uso de los mismos por razones estéticas.

Objetivo: Comparar los cambios topoaberrométricos en pacientes miopes

operados con técnicas de superficie y perfil de ablación esférico.

Métodos: Se realizó un estudio experimental controlado aleatorizado abierto en 160 pacientes (320 ojos). Se formaron dos grupos, al primer grupo (control, 80 pacientes con 160 ojos) se le realizó la técnica quirúrgica queratectomía fotorrefractiva con mitomicina C y al segundo grupo (estudio, 80 pacientes con 160 ojos) queratectomía subepitelial asistida por láser de excímero, en el Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer".

Resultados: Predominaron en ambos grupos las mujeres, la variación entre el preoperatorio y tres meses posoperatorios del grupo control, fue, asfericidad corneal de $-0,31 \pm 0,10 \mu\text{m}$ a $0,25 \pm 0,09 \mu\text{m}$, RMS total $4,17 \pm 1,84 \mu\text{m}$ a $1,05 \pm 0,44 \mu\text{m}$, RMS alto orden de $0,24 \pm 0,15 \mu\text{m}$ a $0,38 \pm 0,15 \mu\text{m}$, aberración esférica de $-0,84 \pm 1,14 \mu\text{m}$ a $-2,42 \pm 2,12 \mu\text{m}$. En el grupo estudio, la variación entre el preoperatorio y los tres meses de posoperatorio fue, asfericidad corneal de $-0,29 \pm 0,09 \mu\text{m}$ a $0,29 \pm 0,37 \mu\text{m}$, RMS total de $4,18 \pm 1,93 \mu\text{m}$ a $1,04 \pm 0,45 \mu\text{m}$, RMS alto orden de $0,25 \pm 0,14 \mu\text{m}$ a $0,40 \pm 0,15 \mu\text{m}$, aberración esférica de $-0,83 \pm 1,19 \mu\text{m}$ a $-2,43 \pm 2,15 \mu\text{m}$. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos.

Conclusión: Ambas técnicas quirúrgicas mostraron mejorar la calidad visual en pacientes miopes y pueden ser realizadas indistintamente, por no presentarse diferencias significativas entre ellas.

Palabras clave: topografía corneal; cirugía refractiva láser; aberrometría; miopía.

ABSTRACT

Introduction: The refractive surgery as surgical method to treat the myopia is a solution that offers to the patients when they don't tolerate the contact lenses, it presents visual aberrations as consequence of the use of glasses with high

diopters or reject the use of glasses for esthetic reasons.

Objective: To compare topoaberrometric changes in myopic patients operated with surface techniques and aspheric ablation profile.

Methods: An open randomized controlled experimental study was performed in 160 patients (320 eyes). Two groups were formed, the first group (control group, 80 patients with 160 eyes) underwent the surgical technique photorefractive keratectomy with mitomycin C and the second group (study group, 80 patients with 160 eyes) subepithelial keratectomy assisted by excimer laser, at the Cuban Institute of Ophthalmology "Ramón Pando Ferrer".

Results: Women predominated in both groups, the variation between preoperative and three months postoperative in the control group was, corneal asphericity from $-0.31 \pm 0.10 \mu\text{m}$ to $0.25 \pm 0.09 \mu\text{m}$, total RMS $4.17 \pm 1.84 \mu\text{m}$ to $1.05 \pm 0.44 \mu\text{m}$, high order RMS from $0.24 \pm 0.15 \mu\text{m}$ to $0.38 \pm 0.15 \mu\text{m}$, spherical aberration from $-0.84 \pm 1.14 \mu\text{m}$ to $-2.42 \pm 2.12 \mu\text{m}$. In the study group, the variation between preoperative and three months postoperative was, corneal asphericity from $-0.29 \pm 0.09 \mu\text{m}$ to $0.29 \pm 0.37 \mu\text{m}$, total RMS from $4.18 \pm 1.93 \mu\text{m}$ to $1.04 \pm 0.45 \mu\text{m}$, high order RMS from $0.25 \pm 0.14 \mu\text{m}$ to $0.40 \pm 0.15 \mu\text{m}$, spherical aberration from $-0.83 \pm 1.19 \mu\text{m}$ to $-2.43 \pm 2.15 \mu\text{m}$. There were no significant differences between the two groups.

Conclusions: Both surgical techniques were shown to improve visual quality in myopic patients and can be performed interchangeably, as there are no significant differences between them.

Keywords: corneal topography; laser refractive surgery; aberrometry; myopia.

Recibido: 27/10/2021

Aprobado: 06/03/2024

Introducción

La cirugía refractiva como método quirúrgico para tratar la miopía es una solución que se ofrece a los pacientes cuando no toleran los lentes de contacto, presentan aberraciones visuales como consecuencia del uso de espejuelos con altas dioptrías (D) o rechazan el uso de los mismos por razones estéticas. Los tratamientos quirúrgicos 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.⁽¹⁾

Entre los procedimientos que emplean el láser de excímero para modificar el poder de la córnea se encuentran: queratomileusis in situ asistida por láser de excímero (LASIK), queratectomía fotorrefractiva (PRK), queratectomía subepitelial asistida por láser de excímero (LASEK) y Epi-LASIK (que es una variante de la LASEK). En la actualidad se está realizando un nuevo método de corrección que involucra la remoción de un pequeño disco del tejido corneal intraestromal con láser de Femtosegundo (Smile), y el mismo se emplea en la corrección de la miopía con o sin astigmatismo.⁽²⁾

Aunque la cirugía refractiva para miopía con láser de excímero puede mejorar la agudeza visual lejana sin corregir (AVSC) al producir una córnea oblata y cambiar el foco de luz que ingresa a través de la córnea central, la calidad visual a menudo no es óptima después de la operación. En dicha cirugía, cuando el rayo láser entra en la periferia, algunas partes se reflejan y el rayo circular se vuelve elíptico, lo que disminuye la eficacia de la energía láser. Todos estos factores pueden inducir a la infra ablación de la córnea periférica, lo que da como resultado un aumento de las aberraciones de orden superior (HOA), especialmente la aberración esférica.^(3,4,5)

Para superar este problema, se puede realizar el tratamiento personalizado o no.

Para aplicar un tratamiento personalizado el láser de excímero, Esiris de la casa comercial SCHWIND de Alemania (utilizado en esta investigación), consta con un software denominado ORK – CAM que son las siglas en Inglés de: Optimized Refractive Keratectomy – Custom Ablation Manager y que permite realizar la ablación guiada por la aberrometría ocular (Ocular ORK – CAM), guiado por la topografía del ojo a tratar (Corneal ORK – CAM) o guiado solamente por la refracción subjetiva del ojo a tratar (ORK – CAM esférico). El objetivo fundamental de aplicar un tratamiento personalizado es eliminar las aberraciones oculares o corneales y evitar que se presenten o induzcan aberraciones en el posoperatorio. Cuando se realiza un perfil de ablación esférico, el objetivo fundamental es mantener la prolapicidad de la córnea en la zona de tratamiento con respecto a la no tratada, sin cambios significativos en el posoperatorios de la aberración esférica y de la asfericidad corneal.⁽⁶⁾

No existen estudios previos en Cuba que describan los cambios de las aberraciones corneales y oculares como parámetros objetivos y subjetivos para evaluar la calidad visual, en pacientes miopes intervenidos de cirugía fotoablativa con láser de excímero y técnicas de superficie queratectomía fotorrefractiva con mitomicina C y queratectomía subepitelial asistida por láser de excímero con mitomicina C (PRK - MMC vs LASEK – MMC) con perfil de ablación esférico.

Por estas razones se realizó este trabajo con el objetivo de comparar los cambios topoaberrometricos en pacientes miopes operados con técnicas de superficie (PRK - MMC, LASEK - MMC) y perfil de ablación esférico en el Instituto Cubano de Oftalmología (ICO) "Ramón Pando Ferrer" entre enero 2018 - marzo 2020.

Métodos

Se realizó un estudio experimental controlado aleatorizado abierto, tipo de equivalencia y no inferioridad con el objetivo de comprobar si ambas técnicas son

iguales o si, al menos, la primera no es inferior a la segunda en 160 pacientes miopes de la investigación.

El universo estuvo conformado por todos los pacientes que acudieron a la consulta de Cirugía Refractiva del grupo básico de trabajo de los días lunes y miércoles constituido por tres especialistas de Oftalmología del Servicio de Cirugía Refractiva del ICO “Ramón Pando Ferrer” en el periodo de enero 2018 y marzo del 2020, que cumplieron con los criterios de selección. La muestra quedó constituida por 160 pacientes (320 ojos). Se formaron dos grupos, al primer grupo (grupo control, 80 pacientes con 160 ojos) se le realizó la técnica quirúrgica PRK – MMC y al segundo grupo (grupo estudio, 80 pacientes con 160 ojos) LASEK - MMC.

Los variables estudiados fueron: la edad, intervalo de edad, sexo, asfericidad corneal, y los valores de la aberrometría corneal y ocular (RMS por las siglas en Inglés de Root Mean Square o error cuadrático medio, que abarcaron en el estudio: RMS total, RMS alto orden, aberración esférica).

A todos los pacientes incluidos en la investigación, se les realizaron biomicroscopia de segmento anterior en cada consulta pre y posoperatoria y estudio de fondo de ojo (oftalmoscopia indirecta e indentación escleral) por especialista de retina en el preoperatorio para el diagnóstico y tratamiento de la miopía, según el protocolo establecido en el Servicio de Cirugía Refractiva del ICO “Ramón Pando Ferrer” y algunos estudios como son asfericidad corneal, los valores de la aberrometría corneal y ocular, todos se repitieron a los 3 meses de operado.

Los datos analizados fueron recogidos a partir de las Historias Clínicas de los pacientes, que incluía los resultados de los exámenes diagnósticos e informe operatorio. Para el procesamiento y análisis estadístico, toda la información recopilada en el modelo de historia clínica oftalmológica se recogió en una base de

datos automatizada en Excel 2007 creada con ese fin. Los datos primarios se procesaron con el programa informático para análisis estadístico SPSS para Windows, versión 25,0.

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 utilizaron la media, como medidas de tendencia central; y la desviación estándar (DE), como medidas de dispersión. Para determinar la asociación de variables cualitativas se empleó la prueba de Chi cuadrado. Para la comparación de variables cuantitativas que no siguieron una distribución normal o cualitativas ordinales, se empleó la prueba U de Mann – Whitney (dos grupos). Cuando la distribución fue normal y la varianza homogénea para la comparación de media se utilizó la prueba t de student (dos variables independientes). Una diferencia con un valor de $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo.

Este estudio fue analizado y sometido a la aprobación de los comités de ética y científico del ICO “Ramón Pando Ferrer”, quienes aprobaron el mismo y monitorearon, además, su realización. En todos los casos se solicitó el consentimiento informado, oral y por escrito, del paciente para participar en el estudio.

Resultados

En la tabla 1, se observa que la edad media fue de 26,48 años \pm 4,47 en los operados con PRK – MMC y de 26,31 años \pm 4,86 en el grupo de LASEK – MMC, el paciente más joven tenía 21 años y el de mayor edad 47 años, con un predominio del intervalo de edad entre 21 y 29 años y del sexo femenino en ambos grupos de

estudios. No hubo diferencia significativa (p^*) en ninguna de las tres variables estudiadas entre ambos grupos pero con una diferencia significativa $p < 0,05$ (P^{**} , P^{***}) en las variables intervalo de edad y el sexo intragrupo (Se realizaron estudios estadísticos para conocer si existen significación dentro de cada grupo y para comparar ambos grupos con el objetivo de conocer la homogeneidad de la muestra).

Tabla 1. Características demográficas, según grupo de estudio

Variables n:80pts,c/grupo	Estadísticos / Categorías	PRK - MMC	LASEK - MMC	p^*
Edad (años)	Media / DE	26,48 ± 4,47	26,31 ± 4,86	0,537*
	Mediana	25,0	25,0	
	Mín-Máx.	21 - 45	21 - 47	
Intervalo Edad	21-29 años (n/%)	65 / 81,3	65 / 81,3	0,887**
	30-38 años (n/%)	13 / 16,3	12 / 15,0	
	39-47 años (n/%)	2 / 2,4	3 / 3,7	
	P^{**}	0,000	0,000	
Sexo	Masculino (n/%)	21 / 26,3	24 / 30,0	0,407**
	Femenino (n/%)	59 / 73,7	56 / 70,0	
	Total (n/%)	80 / 100	80 / 100	
	P^{***}	0,000	0,000	

Fuente: Historia clínica. PRK - MMC: Queratectomía fotorrefractiva más mitomicina C; LASEK - MMC: Queratectomía subepitelial asistida por láser más mitomicina C; n: número de pacientes, 80 pacientes cada grupo, ambos grupos; DE: Desviación estándar. p^* Prueba U de Mann Whitney, p^{**} Prueba de Chi cuadrado, p^{***} Prueba binominal.

Al estudiar los cambios que presentan la asfericidad corneal y las aberraciones corneales, tabla 2, se observa que la asfericidad corneal en ambos grupos era negativa en el preoperatorio, PRK – MMC (-0,31 ± 0,10), LASEK – MMC (-0,29 ± 0,09) y tomó un valor positivo en el posoperatorio de 0,25 ± 0,09 y 0,29 ± 0,37 respectivamente. La aberración esférica varió en PRK – MMC de 0,24 μ m a 0,50 μ m

en el posoperatorio y en el grupo de LASEK – MMC de 0,25 μm a 0,49 μm . El RMS corneal de alto orden, el total y la aberración esférica en ambos grupos aumentaron de manera significativa. Los cambios significativos se produjeron intragrupos (pre y posoperatorio p^*) pero no al comparar los resultados de ambos grupos (p^{**}).

Tabla 2. Cambios de la asfericidad corneal y aberraciones corneales pre y posoperatorio según grupo de estudio

Grupo de estudio	Preoperatorio	Posoperatorio 3 meses	Valor p^*
Asfericidad corneal (Q) Media (DE)			
PRK - MMC	-0,31 \pm 0,10	0,25 \pm 0,09	0,000
LASEK - MMC	-0,29 \pm 0,09	0,29 \pm 0,37	0,000
Valor p^{**}	0,131	0,380	-
RMS corneal de alto orden Media μ (DE)			
PRK - MMC	0,42 \pm 0,11	0,71 \pm 0,24	0,000
LASEK - MMC	0,42 \pm 0,84	0,72 \pm 0,28	0,000
Valor p^{**}	0,921	0,991	-
RMS corneal total Media μ (DE)			
PRK - MMC	1,60 \pm 0,64	1,83 \pm 0,70	0,000
LASEK - MMC	1,56 \pm 0,59	1,81 \pm 0,84	0,001
Valor p^{**}	0,649	0,475	
Aberración esférica corneal Media μ (DE)			
PRK - MMC	0,24 \pm 0,88	0,50 \pm 0,22	0,000
LASEK - MMC	0,25 \pm 0,08	0,49 \pm 0,23	0,000
Valor p^{**}	0,504	0,796	-

Fuente: Historia clínica. DE: Desviación estándar. RMS: Root Mean Square o valor cuadrático medio. p^* : prueba t para muestras emparejadas; p^{**} : Prueba U de Mann Whitney, para muestras independientes.

En la tabla 3, se describen los cambios que se presentan en las diferentes variables que estudia la aberrometría ocular. La aberración ocular esfera y cilindro informan de los valores de la refracción obtenidos por el aberómetro, (aberraciones de bajo orden) ambas variables disminuyen a valores considerados como normales (\pm 0,50

D) en el posoperatorio en ambos grupos ($p= 0,000$), el RMS ocular de alto orden aumentó en ambos grupos de estudio de manera significativa, el RMS ocular total, disminuye hasta valores normales en el posoperatorio de manera significativa ($p= 0,000$) y la aberración esférica aumenta haciéndose más negativa. En ambos grupos existió una diferencia significativa entre los resultados pre y posoperatorios en el intragrupo (p^*) pero no hubo diferencia significativa entre los grupos de estudios (p^{**}).

Tabla 3. Cambios de las aberraciones oculares pre y posoperatorio según grupo de estudio

Grupo de estudio	Preoperatorio	Posoperatorio 3 meses	Valor p^*
Aberración ocular esfera Media (DE)			
PRK – MMC	-2,93 ± 1,69	0,26 ± 0,72	0,000
LASEK – MMC	-3,00 ± 1,74	0,32 ± 0,68	0,000
Valor p^{**}	0,724	0,464***	-
Aberración ocular cilindro Media (DE)			
PRK – MMC	-1,26 ± 0,97	-0,61 ± 0,49	0,000
LASEK – MMC	-1,26 ± 0,91	-0,63 ± 0,45	0,000
Valor p^{**}	0,738	0,343	-
RMS ocular de alto orden Media μ (DE)			
PRK - MMC	0,24 ± 0,15	0,38 ± 0,15	0,000
LASEK - MMC	0,25 ± 0,14	0,40 ± 0,15	0,000
Valor p^{**}	0,674	0,361	-
RMS ocular total Media μ (DE)			
PRK - MMC	4,17 ± 1,84	1,05 ± 0,44	0,000
LASEK - MMC	4,18 ± 1,93	1,04 ± 0,45	0,000
Valor p^{**}	0,850	0,824	-
Aberración esférica ocular Media μ (DE)			
PRK - MMC	-0,84 ± 1,14	-2,42 ± 2,12	0,000
LASEK - MMC	-0,83 ± 1,19	-2,43 ± 2,15	0,000
Valor p^{**}	0,564	0,922	-

Fuente: Historia clínica. **DE**: Desviación estándar. **RMS**: Root Mean Square o valor cuadrático medio. **p***: prueba t para muestras emparejadas; **p****: Prueba U de Mann Whitney, para muestras independientes. **P*****: prueba t para muestras independientes.

Discusión

En el estudio fueron incluidos 320 ojos de 160 pacientes, distribuidos en dos grupos según el tipo de tratamiento quirúrgico realizado (PRK - MMC o LASEK - MMC) de 160 ojos cada uno. La media de edad de los pacientes estudiados se correspondió con pacientes jóvenes o adultos jóvenes, de hecho 65 pacientes en cada grupo (81,3 %) se encontraron en un rango de edad entre 21 - 29 años de edad, lo cual pudiera guardar relación con uno de los motivos principales por el cual los pacientes se someten a este tipo de cirugía: el estético, preocupación más frecuente en los individuos jóvenes. 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.^(7,8,9) Siranaula Arias⁽¹⁰⁾ estudia 87 pacientes operados de miopía y encontró que el 34,5 % estaban en edades comprendidas entre 18 y 25 años y el 60,9 % era del sexo femenino, datos que coinciden con este estudio.

En el análisis acerca de la distribución por sexo predominaron las mujeres, comportamiento también observado en los artículos revisados donde se analizaron los resultados de este tipo de cirugía. Las pacientes del sexo femenino eran mayoría en 7 de los 11 artículos incluidos en las dos revisiones sistemáticas previamente citadas (60 - 78 %).^(7,8)

En estudios como el de Eliaçık y sus colaboradores⁽¹¹⁾ en el cual también se comparan ambos procedimientos quirúrgicos, la media de edad fue $26,39 \pm 4,99$ años (rango: 18 - 34 años), pero a diferencia de la presente investigación, predominaron los pacientes del sexo masculino (57,1 %).

El término aberración tiene su origen en el latín y significa salirse del camino o desviarse. Idealmente, cuando un frente de onda plano llega al ojo y atraviesa las estructuras oculares se curva de manera regular, por lo que cada rayo focaliza en el mismo punto de la retina, formando una imagen perfecta en la retina.⁽¹²⁾ Esta imagen sólo estará deteriorada por el efecto de la difracción, debido a la naturaleza ondulatoria de la luz. Cuando hay alguna alteración en el frente de onda al atravesar el ojo, la imagen que se forma en la retina ya no es perfecta, sino que se convierte en una mancha más extensa, asimétrica y borrosa. La diferencia entre el frente de onda ideal y el frente de onda aberrado es lo que se conoce como aberración del frente de onda.⁽¹²⁾

Se considera que las aberraciones de bajo orden (astigmatismo y desenfoque) contribuyen del 80 – 85 % al deterioro de la calidad visual y que las aberraciones de alto orden constituyen tan solo 15 % del error total.⁽¹³⁾ La cirugía refractiva fotoablativa puede inducir aberraciones de alto orden, al alterar la superficie corneal (forma y poder de la superficie anterior de la córnea) esto puede producir una degradación en la calidad de la imagen resultando en deslumbramiento y halo⁽¹⁴⁾ Sin embargo la relación entre las aberraciones de alto orden y la medida subjetiva de la calidad visual no está clara.

La córnea humana tiene una forma prolata⁽¹⁵⁾ (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.

Numerosos estudios⁽¹⁶⁾ han tratado de determinar la asfericidad de una córnea normal [Mandell, 1965; Mandell y St. Helen, 1971; Kiely *et al.*, 1982 y 1984; Guillon *et al.*, 1986; Sheridan y Douthwaite, 1989; Rowse y *et al.*, 1991; Klein, 1992; Fleming *et al.*, 1993. En un estudio realizado por Eghbali y cols., 1995 la asfericidad media

obtenida a partir de medidas de mapas topográficos corneales fue de -0,18. Este valor está de acuerdo con los obtenidos en los estudios que se realizaron con anterioridad. Mandell y colaboradores, 1971] y Kiely y colaboradores, 1982 obtuvieron un valor $Q = -0,26$. Kiely y colaboradores, 1984 determinaron una Q media igual a -0,21. Guillon y colaboradores, 1986 encontraron $Q = -0,17$ y $Q = -0,19$ y Sheridan y Douthwaite, 1989 $Q = -0,11$ y $Q = -0,12$ para los meridianos más plano y más curvo, respectivamente. Kiely y colaboradores, 1982 estudiaron 176 ojos normales y encontraron que un 88 % de ellos presentaban un perfil elíptico prolato ($-1 < Q < 0$) y un 12 % lo presentaban oblato ($Q > 0$) con formas corneales que aumentaban su curvatura desde el centro a la periferia. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Eghbali *et al.*, 1995 que proporcionaron un 80 % y un 20 % para perfiles prolato y oblato respectivamente. El valor mínimo de Q encontrado en todos los estudios es $Q_{\min} = -0,81$ [Townesley, 1970] y el máximo es $Q_{\max} = 0,47$ [Kiely *et al.*, 1982 y 1984]. Los valores preoperatorios de asfericidad corneal Q , obtenidos en este estudio fueron negativos (córnea prolata) y positivo en el posoperatorio (córnea oblata), debido a la ablación del tejido central (6 mm) de la córnea con el objetivo de cambiar su poder y convertir una lente convergente en una divergente o sea la córnea de ser una elipse prolata es transformada en una elipse oblata^(17,18).

En este estudio la asfericidad corneal preoperatoria, fue de -0,29 en el grupo de PRK – MMC y -0,31 en el LASEK – MMC, ligeramente superior al considerado como normal pero similar al del estudio realizado por Ying Xiong y sus colaboradores⁽¹⁹⁾ que en 1683 ojos con una edad media de 53,64 años y un rango de edad entre 30 y 107 años, encontraron una media de asfericidad corneal en los 3 mm centrales de $-0,28 \pm 0,18$.

La asfericidad se tornó positiva a los 3 meses, aspecto también relacionado con que la córnea después de la cirugía se tornó oblata ($Q > 0$). Por otra parte, 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 ($0 > Q > -1$), mayor en el grupo que se le realizó LASEK (grupo donde el EE preoperatorio fue mayor y la córnea se tornó más plana en el posoperatorio), pero sin diferencia significativa entre ambos grupos. Este resultado del cambio de la asfericidad, no fue el esperado si se considera que el perfil de ablación aplicado fue esférico cuyo objetivo es preservar una prolatividad central en la zona tratada en relación a la periferia, pero es importante señalar que la aberración esférica corneal en ambos grupos fue similar tanto en el pre como en el posoperatorio sin cambios significativos entre los grupos, pero sí intragrupo.

Según señalan Azar y sus colaboradores⁽²⁰⁾ los valores de Q son importantes en términos de resultados visuales y tener un valor negativo de Q es mejor que uno positivo.

Teniendo en consideración el modelo matemático descrito por Gatinel y sus colaboradores⁽²¹⁾, un paciente con una Q negativa (una córnea prolata) en el preoperatorio es más propenso a obtener un mejor resultado visual después de una cirugía refractiva, aunque en la práctica la evidencia clínica sugiere que esto no es siempre así, en parte debido al proceso de cicatrización de la córnea.

Özülken K, İlhan Ç⁽²²⁾ estudiaron 108 ojos de 54 pacientes y los dividieron en dos grupos (PRK y trans PRK con 54 ojos cada uno) utilizaron el láser de excímero Amaris Schwind versión 750, con un seguimiento posoperatorio de un año y el objetivo de comparar la asfericidad corneal y las aberraciones de alto orden corneales entre ambos grupos. La asfericidad corneal posoperatoria fue de $0,02 \pm$

0,67 en PRK y de $-0,02 \pm 0,61$ en trans PRK, cifras menores a la encontrada en la presente investigación, aunque fue positiva la asfericidad en el grupo de PRK.

Kaluzny y sus colaboradores⁽²³⁾ evaluó los resultados refractivos, la predictibilidad, seguridad y eficacia de estos dos procedimientos y encontraron resultados similares después de tres meses de seguimiento. Fattah⁽²⁴⁾ y Antonios⁽²⁵⁾ declaran que en el posoperatorio las aberraciones de alto orden en ambos grupos, obtenidas por análisis de Scheimpflug fueron similares.

Numerosos trabajos experimentales han estudiado la relación entre las aberraciones y la asfericidad.⁽¹⁶⁾ Por ejemplo, Kiely *et al.*, 1982, calculando la aberración esférica de Seidel para objetos en el infinito, mostraron que una variación en la asfericidad corneal proporciona una contribución mucho mayor en la aberración esférica de la córnea humana que la que proporciona una variación en el radio de curvatura corneal central. La forma de la superficie corneal tiene una influencia muy importante sobre la aberración esférica, y, por tanto, en la función óptica.⁽¹⁶⁾ Esto explicaría, por ejemplo, que pequeños cambios en la asfericidad corneal después de la cirugía tengan como consecuencia distintas calidades de visión. 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⁽²⁶⁾. La asfericidad⁽¹⁶⁾ de la córnea puede compensar parcialmente la aberración esférica y mejorar la calidad de la imagen retiniana.

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 *Root Mean Square* (RMS por sus siglas en Inglés) o error cuadrático medio que 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. Algunos estudios científicos relacionan el valor de la RMS con la agudeza visual (AV), de tal manera que una RMS de 1 se asocia con una AV = 20/20; un RMS de 1,5 con una AV = 20/80; y una RMS total de 0,5 con una AV = 20/15. El valor normal de RMS para aberraciones totales es aproximadamente de 0,25 micras, para una pupila de 5 mm.⁽²⁷⁾ 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 a las aberraciones de alto orden.

Báez⁽²⁸⁾ refiere que en el caso del RMS ocular de alto orden, (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 μm ; Normal alto: 0,3 a 0,5 μm ; Astigmatismo irregular: 0,5 a 0,7 μm y posible queratocono: mayor a 0,7 μm .

En el presente estudio, en ambos grupos aumentó ligeramente el RMS alto orden, (PRK –MMC, 0,38 μm y LASEK –MMC, 0,40 μm) pero mantuvo valores dentro de límites considerados como normales (0,3 -0,5 μm), el RMS ocular total, mostró cifras en ambos grupos cercanas a 1 μm , esto se asocia con valores de AVSC de 20/20, según lo referido anteriormente y sin diferencia significativa entre ambos grupos, resultado que permite afirmar que los ojos tratados alcanzaron buena capacidad y calidad visual.

Las técnicas quirúrgicas más avanzadas en cirugía refractiva corneal en la actualidad, son el FEMTO - LASIK (FS - LASIK) y el SMILE. Según el estudio de

Gyldenkerne et al, referido por Sánchez González⁽²⁹⁾, las aberraciones esféricas, de coma y residuales de alto orden aumentaron en ambos grupos. Sin embargo, las inducciones fueron significativamente mayores para el grupo FS - LASIK. En particular, la aberración esférica aumentó mucho más en el grupo FS - LASIK. Peng - Fei Zhao⁽³⁰⁾, realiza un estudio similar comparando FEMTO - LASIK y SMILE y obtiene un RMS alto orden de 0,56 en el grupo de SMILE y 0,54 en los operados con técnica FS - LASIK, valores cercanos a los obtenidos en este estudio.

Estos resultados al igual que los referidos en la presente investigación muestran que al realizar ablación sobre el tejido corneal ya sea en la superficie, en el estromal o retirar una lamela de estroma para modificar el radio de curvatura anterior de la córnea es posible la inducción de aberraciones de alto orden como la aberración esférica y el coma, por lo que es necesario seleccionar el perfil de ablación adecuado para disminuir la inducción de irregularidad corneal que se traduce clínicamente por un aumento de las aberraciones de alto orden con posibilidad de alterar la calidad visual.

Ambas técnicas quirúrgicas son efectivas para alcanzar una buena calidad visual posoperatoria y no existen diferencias significativas entre ellas según las variables estudiadas.

Referencias bibliográficas

1. Kuryan J, Cheema A, Chuck RS. Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) for correcting myopia (Review). Cochrane Database Syst Rev. 2017[acceso: 15/10/2021]; 2 (2): CD011080. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011080.pub2>

2. Li SM, Zhan S, Li SY, Peng XX, Hu J, et al. Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for correction of myopia. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016; 2: CD009799. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009799.pub2>
3. Cano D, Barbero S, Marcos S. Comparison of real and computer-simulated outcomes of LASIK refractive surgery. *J Opt Soc Am. A Opt Image Sci Vis.* 2004; 21 (6): 926-936. Disponible en: <https://doi.org/10.1364/josaa.21.000926>
4. Yoon G, Macrae S, Williams DR, Cox IG. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31 (1): 127-135. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.10.046>
5. Oliver KM, Hemenger RP, Corbett MC. Corneal optical aberrations induced by photorefractive keratectomy. *J Refract Surg.* 1997 [acceso: 15/10/2021]; 13 (3): 246-254. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9183756/>
6. Garrido M, Jacobo J. Resultados refractivos y aberrometría corneal en el FEMTO-LASIK hipermetrópico: Influencia del perfil de ablación, centrado y localización de la bisagra. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Madrid. 2018[acceso: 15/10/2021]. Disponible en: <https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/685535/garrido-ceca-guadalupe.pdf?sequence=1>
7. 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011080.pub2>
8. Li SM, Zhan S, Li SY, Peng XX, Hu J, et al. Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for correction of

myopia. Cochrane Database Syst Rev. 2016; 2: CD009799. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009799.pub2>

9. Pérez Suárez RG, Gómez Díaz J, Silva hernández A, Pérez Hernández G, Cárdenas Díaz T, et al. LASEK-mitomicina C versus PRK-mitomicina C en pacientes con miopía o astigmatismo miópico compuesto. Rev Cubana Oftalmol. 2019[acceso: 15/10/2021]; 32 (2): e217. Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/717>

10. Arias S, Tatiana D. Cirugía refractiva con láser de Femtosegundo por PRK y LASIK. Clínica EXILASER-Cuenca periodo enero 2015–junio 2017. [Tesis: Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Medicina, 2017[acceso: 15/10/2021]. ISSN: 9BT2017-MT138. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/reducacue/7503>

11. Eliaçik M, Bayramlar H, Erdur SK, Karabela Y, Demirci G, et al. Anterior segment optical coherence tomography evaluation of corneal epithelium healing time after 2 different surface ablation methods. Saudi Med J. 2015; 36 (1): 67-72. Disponible en: <https://doi.org/10.15537/smj.2015.1.9983>

12. Iribarne Ferrer Y. Sensibilidad al contraste tras LASIK convencional y personalizado. [Tesis doctorado]. Barcelona, 2005[acceso: 15/10/2021]. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/36496/6/05>

13. Szczotka-Flynn L, McMahon TT, Lass JH, Sugar J, et al. Late-stage progressive corneal astigmatism after penetrating keratoplasty for keratoconus. Eye Contact Lens. 2004; 30 (2): 105-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/01.icl.00000118526.35929.of>

14. 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. Disponible en: <https://doi.org/10.22336/rjo.2020.55>

15. Tăbăcaru B, Stanca H. Corneal topography in preoperative evaluation for laser keratorefractive surgery—a review. *Rom J Ophthalmol*. 2020; 64 (4): 333-341. Disponible en: <https://doi.org/10.22037/joos.v2i1.27941>
16. 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]: Universidad Complutense, escuela universitaria de óptica y optometría, Madrid, 2010[acceso: 15/10/2021]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/11607>
17. Galvis V, Tello A, Carlos Jaramillo L, et al. Cambios corneales producidos por la cirugía refractiva con excimer láser: revisión de tema. *Medicas UIS*. 2017; 30 (1): 99-105. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revmed.v30n1-2017010>
18. Sánchez Rivera CA, Mayorga MT. Variación de la asfericidad corneal en pacientes miopes sometidos a cirugía refractiva LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis) o LASEK (Laser-Assisted Subepithelial Keratomileusis). *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul*. 2016; 14 (2): 71-79. Disponible en: <https://doi.org/10.19052/sv.3877>
19. Xiong Y, Li J, Wang N, Liu X, Wang Z, et al. The analysis of corneal asphericity (Q value) and its related factors of 1,683 Chinese eyes older than 30 years. *PLoS ONE*. 2017; 12 (5): e0176913. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176913>
20. Azar DT, Chang JH, Han KY. Wound Healing After Keratorefractive Surgery: Review of Biological and Optical Considerations. *Cornea*. 2012; 31 Suppl (01): S9-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e31826ab0a7>
21. Gatinel D, Malet J, Hoang-Xuan T, Azar DT. Corneal Elevation Topography: Best Fit Sphere, Elevation Distance, Asphericity, Toricity and Clinical Implications. *Cornea*. 2011; 30 (5): 508-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181fb4fa7>

22. Özülken K, İlhan Ç. Comparison of Higher-Order Aberrations After Single-Step Transepithelial and Conventional Alcohol-Assisted Photorefractive Keratectomy. *Turk J Ophthalmol.* 2020; 50 (3): 127-132. Disponible en: <https://doi.org/10.4274/tjo.galenos.2019.14554>
23. 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. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001993>
24. Fattah MA, Antonios R, Arba Mosquera S, Abiad B, Awwad ST. Epithelial Erosions and Refractive Results After Single-Step Transepithelial Photorefractive Keratectomy and Alcohol-Assisted Photorefractive Keratectomy in Myopic Eyes: A Comparative Evaluation Over 12 Months. *Cornea.* 2018; 37 (1): 45-52. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001428>
25. Antonios R, Abdul Fattah M, Arba Mosquera S, Abiad BH, Sleiman K, Awwad ST. Single-step transepithelial versus alcohol-assisted photorefractive keratectomy in the treatment of high myopia: a comparative evaluation over 12 months. *Br J Ophthalmol.* 2017; 101 (8): 1106-1112. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2016-309409>
26. Pineros Sánchez OE. Predictibilidad en la inducción de aberración esférica basada en la asfericidad corneal post LASIK en miopes. *Rev. Soc. Colomb. Oftalmol.* 2016[acceso: 15/10/2021]; 49 (4): 262 - 267. Disponible en: <https://scopublicaciones.socoftal.com/index.php/SCO/article/view/39/35>
27. Castillo Gómez A. Métodos diagnósticos en segmento anterior. Catálogo de la Biblioteca CAO, consulta 1 de septiembre de 2021[acceso: 15/10/2021]. Disponible en: <https://www.ofthalmologos.org.ar-catalogo/items/shows/5468>
28. Báez M. Exámenes de topografía, aberrometría y pentacamara. *Optometría, Revista de la Federación Colombiana de Optómetras.* 2008[acceso: 15/10/2021];

22: 22-26. https://issuu.com/japhsion/docs/revista_sco_v38-3_actualizacion_abe

29. Sánchez González JM, Márquez R. Análisis del tratamiento de fotoqueratectomía refractiva en ametropía miópica mediante las técnicas LASIK (laser assisted in situ keratomileusis) con femtosegundo y relex smile (small incision lenticule extract). [Tesis Doctoral Inédita]: Universidad de Sevilla, Sevilla, 2017. [acceso: 15/10/2021] Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/73669>

30. Zhao PF, Hu YB, Wang Y, Fu CY, Zhang J, et al. Comparison of correcting myopia and astigmatism with SMILE or FS-LASIK and postoperative higher-order aberrations. *Int J Ophthalmol* 2021; 14 (4): 523-528. Disponible en: <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.04.07>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: GuoFeng Zhan

Curación de datos: GuoFeng Zhan, Lu Du, Gabriel Pérez Hernández

Análisis formal de datos: Raúl Gabriel Pérez Suárez, Taimi Cárdenas Díaz

Investigación: GuoFeng Zhan, Lu Du, Gabriel Pérez Hernández

Metodología: Raúl Gabriel Pérez Suárez

Administración del proyecto: GuoFeng Zhan, Raúl Gabriel Pérez Suárez

Supervisión: GuoFeng Zhan, Raúl Gabriel Pérez Suárez, Taimi Cárdenas Díaz

Validación: Taimi Cárdenas Díaz

Redacción – borrador original: GuoFeng Zhan, Raúl Gabriel Pérez Suárez

Redacción – revisión y edición: GuoFeng Zhan