

Predictability of spherical aberration based on corneal asphericity after myopic laser customized corneal ablation

Predictibilidad en la inducción de aberración esférica basada en la asfericidad corneal post LASIK en miopes

¹Oscar Enrique Piñeros Sánchez MD

Abstract

Recibido 15/08/2016

Aceptado 05/12/2016

Purpose: To determine the predictability of postoperative ocular spherical aberration (Z 4,0) based on postoperative corneal asphericity (Q value) in patients with myopic astigmatism.

Design: Case series, retrospective

Methods: Wavefront-guided laser in situ keratomileusis (LASIK) was performed in 40 eyes of 23 patients using the Schwind Esiris Excimer Laser. Patients were evaluated preoperatively and 3 months postoperatively. Spherical aberration was measured with a COAS Shack-Hartmann wavefront sensor, and determined for a 6 mm analysis diameter zone. Corneal asphericity was measured with

¹Oftalmólogo - Supraespecialista en Córnea.
Director y Profesor Programa de Especialización en
Oftalmología, Escuela de Medicina, Universidad del
Valle, Cali, Colombia
Jefe Sección de Oftalmología Hospital Universitario
del Valle, Cali, Colombia
Coordinador área de Córnea, Clínica de
Oftalmología de Cali, Cali, Colombia
Tel 552 0887 – 315 567 2689
info@oscarpinerosmd.com

El autor no tiene intereses comerciales en los contenidos discutidos en este artículo. Este estudio no tuvo ningún tipo de financiamiento.

the Orbscan II topographer. Correlation and linear regression analysis was performed. A *P* value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results: Treated eyes had a mean manifest spherical error of -2.98 ± 1.36 Diopters (D), and a mean manifest astigmatic error of 0.52 ± 0.46 D. The mean Q was -0.30 ± 0.13 preoperatively and $+0.03 \pm 0.22$ postoperatively. The mean spherical aberration was 0.054 ± 0.109 microns preoperatively and 0.262 ± 0.135 microns postoperatively. We found a positive statistically significant correlation between postoperative Q value and postoperative spherical aberration ($r=0.367$) ($P=0.02$). The postoperative Q value showed a low correlation with postoperative spherical aberration ($R^2=0.14$).

Conclusions: There was an increase in corneal asphericity and spherical aberration after surgery. Postoperative corneal asphericity is mildly associated with postoperative spherical aberration. Predictability of postoperative spherical aberration in terms of correlation with postoperative Q value was poor, suggesting that corneal asphericity is not a major predictor of spherical aberration induction.

Key words: Lasik, myopia, astigmatism, corneal asphericity, spherical aberration.

Introducción

Los valores normales de la aberración esférica ocular presentan una gran variación en la población general y se ha observado una

tendencia de aumento positivo con el paso de los años.^{1,2} La aberración esférica puede producir degradación en la calidad de las imágenes y síntomas visuales nocturnos.³ La córnea humana es esférica y la mayoría de las córneas son prolatas (aplanación progresiva del centro a la periferia).⁴

Los ojos miópicos tienen una asfericidad corneal (Q) entre +0.19 y -0.32 (promedio -0.12)⁵ la cual balancea la aberración esférica producida por el cristalino.⁶ El Lasik miópico convencional induce aumento de la aberración esférica lo cual puede ocasionar degradación de la calidad de la visión.^{7,8} Por lo tanto, el objetivo de la cirugía refractiva láser debería ser corregir el defecto refractivo reduciendo o por lo menos no induciendo aberraciones oculares de alto orden (HOA). La tecnología de frente de onda permite la detección, cuantificación y reducción de HOA, cuando se realiza una ablación corneal personalizada con excimer láser. La magnitud de la inducción de aberración esférica post ablación es difícil de predecir.⁹ La principal variable que induce aberración esférica es el tratamiento del defocus (componente esférico).¹⁰

La identificación de otras variables que influyan en la inducción de aberración esférica ayudarían a mejorar los algoritmos usados en la cirugía refractiva láser. Los cambios en la asfericidad corneal producidos por el tratamiento, podrían ayudar a explicar y predecir la aberración esférica inducida. En este estudio, se evalúa la predictibilidad de la aberración esférica postoperatoria con base en la asfericidad corneal postoperatoria en pacientes con astigmatismo miópico a quienes se les realizó ablación corneal personalizada con Lasik.

Métodos

Se realizó un estudio de series de caso de tipo retrospectivo. Se revisaron las historias clínicas de 54 pacientes con astigmatismo miópico a quienes se le practicó Lasik con ablación corneal personalizada. Todos los procedimientos quirúrgicos fueron realizados por el autor de este artículo.

Para ser incluido en este estudio el paciente debía tener mínimo 18 años de edad, diámetro pupilar en condiciones mesópicas de mínimo 6.0 mm y haber retirado sus lentes de contacto por lo menos 2 semanas antes de los exámenes preoperatorios. Los pacientes con historia de enfermedad ocular diferente al defecto refractivo, cirugía ocular, enfermedad sistémica que pudiera potencialmente afectar el proceso de cicatrización y en estado de embarazo se excluyeron del estudio. Todos los pacientes leyeron y firmaron el consentimiento informado en el que se explican los riesgos y complicaciones potenciales del procedimiento a realizar.

A todos los pacientes se les realizó un examen oftalmológico completo máximo una semana antes de la cirugía y 3 meses después de la cirugía. El examen incluyó Agudeza Visual sin corrección (AVSC), Agudeza Visual con corrección (AVCC), refracción subjetiva, Biomicroscopía en lámpara de hendidura, tonometría por aplanación, examen del segmento posterior con la pupila dilatada, paquimetría, topografía corneal y aberrometría ocular.

La asfericidad corneal se midió con un Topógrafo corneal Orbscan II (Bausch and Lomb, Rochester, NY, USA) utilizando el índice de asfericidad Q. La medición se realizó tomando como centro el ápex

corneal, perpendicular a la superficie en un área de 10.0 mm. Un valor negativo de Q (-) indica una superficie prolata (aplanamiento progresivo del centro a la periferia). Un valor positivo de Q (+) indica una superficie oblata (aplanamiento progresivo de la periferia al centro).

Las aberraciones oculares de alto orden (HOA) y el diámetro pupilar se midieron con un Aberrómetro tipo Hartmann-Shack, Complete Ophthalmic Analysis System (COAS), version 1.41.35 (Wavefront Sciences Inc, Albuquerque, NM). Este Aberrómetro tiene un sistema de microlentes de 210 micras de diámetro y mide 600 puntos en una pupila de 6.0 mm de diámetro. Las medidas de frente de onda se realizaron en condiciones mesópicas, sin dilatar la pupila, con el paciente mirando un punto de fijación para visión lejana. La aberración esférica se midió en micras en una zona de análisis pupilar de 6.0 mm usando Polinomios de Zernike como representación matemática de la aberración del frente de onda.

A todos los pacientes se les realizó Lasik bilateral. La preparación incluyó limpieza del área quirúrgica con solución de yodo povidona y aplicación de gotas de anestesia. Para crear el flap corneal se utilizó el Microquerátomo M2 de Moria (Moria SA, Antony, France) con una cabeza de 130 micras. Se realizó un flap de aproximadamente 9.0 mm de diámetro y charnela de ubicación superior. Para la ablación corneal se utilizó un Excimer Láser Esiris (Schwind Inc, Kleinostheim, Germany) con un algoritmo guiado por frente de onda (ORK-W version 2.0) en una zona óptica central de 6.0 mm con una zona de transición de 1.0 mm. El Excimer Láser Esiris usa un spot Gaussiano de 0.8 mm de

diámetro, una velocidad de repetición de 200 Hz y un sistema de seguimiento de 330 Hz. Después de realizada la ablación corneal, el flap se reposiciona y se aplica una gota de antibiótico. Al día siguiente el paciente inicia Fluorometalona gotas 0.1% tres veces al día por una semana y gotas lubricantes tres veces al día por tres meses.

Análisis estadístico

Para determinar la correlación entre la asfericidad corneal (Q) postoperatoria y la aberración esférica (4,0) postoperatoria se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Para determinar la variación de la variable dependiente (aberración esférica) a partir de la variable independiente (asfericidad corneal), se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el coeficiente de correlación al cuadrado (R^2). Se consideró un valor de $P < 0.05$ estadísticamente significativo.

Resultados

De las 54 historias clínicas revisadas, se analizaron 40 ojos de 23 pacientes a quienes se les realizó evaluación al tercer mes postoperatorio.

La edad promedio de los pacientes analizados fue 29 ± 8 años (rango, 20 a 49 años), 16 eran mujeres (70%) y 7 eran hombres (30%). El defecto refractivo preoperatorio y postoperatorio se muestra en la Tabla 1. La aberración esférica preoperatoria y postoperatoria se muestra en la Tabla 2. Se observó un aumento de la aberración esférica en el postoperatorio estadísticamente significativo ($P < 0.01$). La asfericidad corneal

preoperatoria y postoperatoria se muestra en la Tabla 3. Se observó un aumento de la asfericidad corneal en el postoperatorio estadísticamente significativo ($P < 0.01$).

El coeficiente de correlación de Pearson mostró una correlación positiva estadísticamente significativa entre asfericidad corneal postoperatoria y aberración esférica postoperatoria ($r = 0.367$) ($P = 0.02$). El análisis de regresión lineal mostró una correlación baja aunque estadísticamente significativa entre asfericidad corneal postoperatoria y aberración esférica postoperatoria ($R^2 = 0.14$) ($P = 0.02$).

Discusión

Aunque la correlación positiva entre asfericidad corneal y aberración esférica ya ha sido descrita previamente,^{11,16-18} nuestro estudio encontró que solo el 14% de los cambios en la aberración esférica postoperatoria podían ser explicados por los cambios en la asfericidad corneal postoperatoria. Por lo tanto, estos hallazgos pueden indicar que la predictibilidad es baja y que deben existir otros factores que influyan en la inducción de aberración esférica postoperatoria. Estos factores podrían incluir el efecto de la corrección del defocus (componente esférico), la arquitectura de la ablación (zona óptica y zona de transición) y la cicatrización corneal.¹² La disminución del efecto de la ablación por reflexión de los rayos del láser al incidir en forma oblicua en la periferia de la córnea, induce aberración esférica.¹³ Adicionalmente, los cambios biomecánicos que produce la cirugía refractiva con Excimer láser inducen

aberración esférica.¹⁴ Se debe tener en cuenta también que la aberración esférica ocular no depende únicamente de la forma de la córnea, está influenciada por la aberración esférica presente en el cristalino. Existe un balance entre la aberración esférica corneal y lenticular que con el paso de los años se va alterando por cambios en el cristalino, induciendo aumento de la aberración esférica positiva.¹⁵

En conclusión, la asfericidad corneal no es un factor principal en la inducción de aberración esférica ocular en ojos con astigmatismo miópico tratados con cirugía refractiva láser. Variables adicionales se deben incorporar a los algoritmos del láser con el fin de reducir o eliminar la inducción de aberración esférica en el postoperatorio.

Tablas

Tabla 1. Defecto refractivo preoperatorio y 3 mes postoperatorio

	Preoperatorio	Postoperatorio
Esfera promedio + DS (D)	-2.98 + 1.36	+0.16 + 0.53
Esfera rango (D)	-0.58 a -5.57	-0.82 a +1.55
Cilindro promedio + DS (D)	0.52 + 0.46	0.28 + 0.18
Cilindro rango (D)	0.02 a 2.46	0.02 a 0.80

D= Dioptrías

DS= Desviación Standard

Tabla 2. Aberración esférica ocular (Z 4,0) preoperatorio y 3 mes postoperatorio

	Preoperatorio	Postoperatorio	P
Promedio + DS (micras)	0.054 + 0.109	0.262 + 0.135	< 0.01
Rango (micras)	-0.122 a 0.309	-0.013 a 0.466	

DS= Desviación Standard

Tabla 3. Asfericidad corneal (Q) preoperatorio y 3 mes postoperatorio

	Preoperatorio	Postoperatorio	P
Promedio + DS	-0.30 + 0.13	+0.03 + 0.22	< 0.01
Rango	-0.58 a +0.06	-0.59 a +0.49	

DS= Desviación Standard

Referencias

- Porter J, Guirao A, Cox IG, Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am A* 2001;18:1793-1803
- Artal P, Guirao A. Optical aberrations and the aging eye. *Int Ophthalmol Clin* 2003;43:63-77
- Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, Sarver EJ. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1487-1495.
- Gatinel D, Hoang-Xuan T, Azar D. Determination of corneal asphericity after myopia surgery with the excimer laser: A mathematical model. *Ophthalmol Vis Sci* 2001;42:1736-1742.
- Anera R, Jimenez J, Jimenez L, Bermudez J, Hita E. Changes in corneal asphericity after lasik. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:762-768.
- Hersh P, Fry K, Blaker W. Spherical aberration after laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. Clinical results and theoretical models of etiology. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2096-2104.
- Marcos S. Aberrations and visual performance following standard laser vision correction. *J Refract Surg* 2001;17:S596-S601.
- Marcos S, Cano D, Barbero S. Increase in corneal asphericity after standard Lasik for myopia is not inherent to the Munnerlyn algorithm. *J Refract Surg* 2003;19:S592-S596.
- Kohnen T, Bühren J, Kühne C, Mirshahi A. Wavefront-Guided LASIK with the Zyoptix 3.1 System for the Correction of Myopia and Compound Myopic Astigmatism with 1-Year Follow-up. *Ophthalmology* 2004;111:2175-2185.
- Yoon G, MacRae S, Williams D, Cox I. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:127-135
- Holladay J, Janes J. Topographic changes in corneal asphericity and effective optical zone after lasik. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:942-947.
- Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg* 2007;23:505-514
- Mrochen M, Seiler T. Influence of corneal curvature on calculation of ablation patterns used in photorefractive laser surgery. *J Refract Surg* 2001;17:S584-587.
- Roberts C. The cornea is not a piece of plastic. *J Refract Surg* 2000;16:407-413.
- Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2002;19:137-143.
- Subbaram MV, MacRae S, Slade SG, Durrie DS. Customized LASIK treatment for myopia: relationship between preoperative higher order aberrations and refractive outcome. *J Refract Surg* 2006;22:746-753.
- Arba S, Ortueta D. Correlation Among Ocular Spherical Aberration, Corneal Spherical Aberration, and Corneal Asphericity before and after LASIK for Myopic Astigmatism with the SCHWIND Amaris platform. *J Refract Surg* 2011;27:434-443
- Gatinel D, Azar DT, Dumas L, Malet J. Effect of anterior corneal surface asphericity modification on fourth-order zernike spherical aberrations. *J Refract Surg* 2014;30:708-715