



► Artículo original

Cambios topoaberrométricos posqueratoplastía lamelar anterior superficial asistida con láser *excimer* en el queratocono grado III

Changes topoaberrometrics postkeratoplasty previous lamellar excimer laser topographic in Keratoconus grade III

Raúl Gabriel Pérez-Suárez,¹ Miguel Omar MoKey-Castellanos,² Aley S. Hernández-Hurtado,³ Xiomara Casas-Arias,³ Mirtha Beatriz Álvarez-Rivero.⁴

1 Especialista de Segundo Grado en Oftalmología, Profesor Asistente, Clínica Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos". La Habana, Cuba.

2 Especialista de Segundo Grado en Oftalmología, Profesor Titular, Ciencias Médicas, HCQ Hermanos Ameijeiras. La Habana, Cuba.

3 Especialista de Primer Grado en Oftalmología, Clínica Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos". La Habana, Cuba.

4 Especialista de Segundo Grado en Oftalmología, Profesor Auxiliar, Hospital Pediátrico Marfán. La Habana, Cuba.

Palabras clave:

topoaberrometría, láser excimer, queratoplastía lamelar anterior, queratocono, Cuba.

► Resumen

Objetivo: Determinar los cambios topoaberrométricos posqueratoplastía lamelar anterior con láser *excimer*, topográfica en queratocono grado III.

Métodos: Estudio experimental, abierto, no controlado, longitudinal y prospectivo, en 35 ojos de 31 pacientes con edad promedio de 35 años, seguimiento entre 12 y 51 meses, operados en la Clínica Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos", entre enero de 2006 y diciembre del 2010.

Resultados: Agudeza visual AVsc mejora de 0.04 a 0.39 y AVcc de 0.28 a 0.78. El equivalente esférico y queratometría promedio disminuyeron de -13.02 a -1.69 y de 54.19 a 45.52

► Abstract

Objective: Determine changes topoaberrometrics postkeratoplasty previous lamellar excimer laser, topographic in Keratoconus grade III.

Methods: Experimental study, open, not controlled, longitudinal and prospective, in 35 eyes of 31 patients with a median age of 35.3 years, monitoring 51 vs. 12 months; operated in the Clínica Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos" from January 2006 to December 2010.

Results: AVsc improves 0.04 to 0.39 and 0.78 to 0.28 AVcc; the spherical equivalent and keratometry average fell - 13.02 to - 1.69 and 54.19 to 45.52D respectively. Decreased aberrations: coma, spherical, trifol

Keywords:

Topoaberrometry, excimer laser, previous lamellar keratoplasty, keratoconus, Cuba.

dioptrías (D), respectivamente. Decrecieron las aberraciones de coma, esférica, trifoil y cuatrifoil de 2.12 a 0.55 μm , -0.51 a 0.17 μm , 0.61 a 0.49 μm , y 0.34 a 0.19 μm , respectivamente. El error cuadrático medio (RMS) de alto orden vario de 1.25 a 0.64 μm y el P-V de 38.57 a 15.2 μm .

Conclusiones: La superficie corneal anterior recupera su curvatura normal, con mejoría de la AVcc y disminución de las aberraciones de alto orden.

and cuatrifoil, 2.12 to 0.55 μm ; -0.51 to 0.17 μm ; 0.61 to 0.49 μm and 0.34 to 0.19 μm respectively. The RMS of high order change from 1.25 to 0.64 μm and the P-V 38.57 to 15.2 μm .

Conclusions: The previous corneal surface recovers its normal curvature, with improvement of the AVcc and decrease of higher-order aberrations.

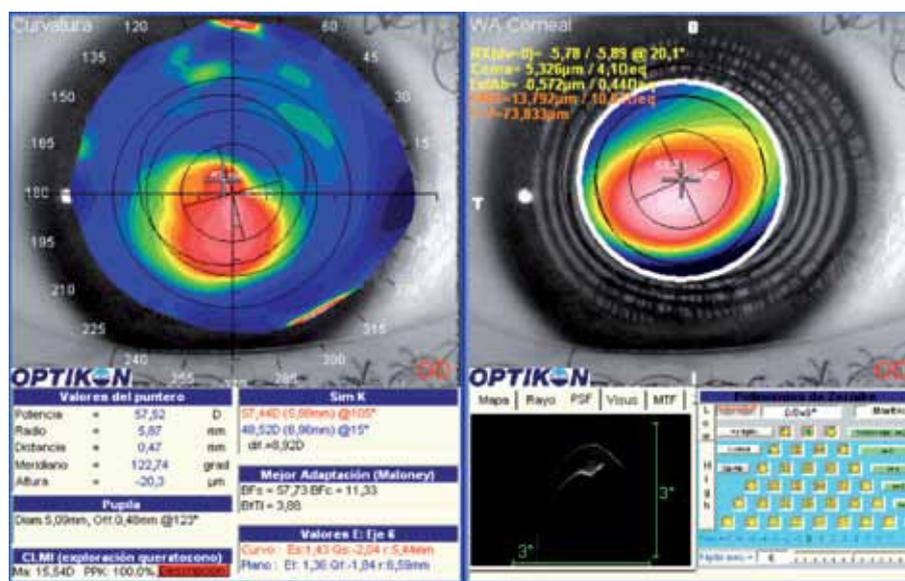
Introducción

El queratocono se caracteriza por protrusión ectásica progresiva no inflamatoria de la córnea con adelgazamiento central y paracentral, que le confiere un aspecto cónico e induce elevados defectos refractivos.¹ En el grado III, se observa deformación transparente de la córnea, queratometría entre 52 y 59 dioptrías (D), deterioro visual por aumento de las aberraciones de alto orden y ametropías miópica y astigmática, paquimetría central menor de 450 micras (μm).

El aspecto típico del mapa topográfico presenta zona bien delimitada con valor dióptrico elevado, rodeada de áreas progresivamente decrecientes en curvatura.² El lazo topográfico indicador del astigmatismo aparece claramente no ortogonal y asimétrico, de mayor tamaño y poder dióptrico que el hemimeridiano inferior, lo que denota un área de mayor debilitamiento focal (**Figura 1**).

El frente de ondas será la combinación lineal de los infinitos coeficientes de Zernike, que se distribuyen en forma de pirámide, las aberraciones de alto orden comienzan a partir del orden tres. El

Figura 1. A) Mapa topográfico de curvatura y B) topoaberrométrico. Se observa el número elevado de aberraciones corneales de alto orden.



orden tres tiene cuatro coeficientes, la aberración denominada astigmatismo triangular o trifoil y el coma. El orden cuatro presenta cinco coeficientes, astigmatismo cuadrangular o cuatrifoil, astigmatismo secundario y aberración esférica. A partir del orden cinco tienen menor repercusión óptica. Existen parámetros que permiten cuantificar numéricamente las diferencias con un frente de ondas sin aberraciones, estas medidas son el pico-valle (P-V) distancia en μm , entre el punto más alto y más bajo del mapa aberrométrico y el error cuadrático medio (RMS), que es la sumatoria de las diferencias en cada punto entre el frente de onda aberrado y el ideal.³

Se considera que las aberraciones de bajo orden (astigmatismo y defecto esférico), contribuyen del 80% al 85% al deterioro de la calidad visual, y que las aberraciones de alto orden constituyen tan sólo un 15% del error total, pero éstas no susceptibles de corregir con métodos convencionales.⁴

En el queratocono el estudio del frente de onda corneal, presenta ventajas específicas sobre el estudio del frente de onda total como son: aporta información clínicamente válida, pese a que la córnea esté fuertemente aberrada, no está limitada al área pupilar y la medida del frente de onda corneal resulta mucho más sensible, que el frente de onda total a los cambios sutiles que experimenta la córnea.⁵

La queratoplastía lamelar anterior superficial asistida con láser *excimer* y guiada por la topografía y la aberrometría corneal del paciente, es una técnica quirúrgica que no produce cortes ni disección de lamelas para retirar el estroma corneal anterior. El láser *excimer* realiza una ablación controlada y precisa hasta una profundidad previamente programada, necesaria para aplanar y regularizar la superficie anterior de la córnea.^{6,7}

Los objetivos del presente estudio son: 1) Determinar los cambios topoaberrométricos pre y posqueratoplastía. 2) Identificar la posible existencia de asociaciones entre las aberraciones corneales de alto orden y la mejor agudeza visual sin corrección (AVsc) y con corrección posoperatoria (AVcc).

► Métodos

Se realizó un estudio experimental, abierto, no controlado, longitudinal y prospectivo, para evaluar los cambios topoaberrométricos pre y posqueratoplastía lamelar anterior superficial, asistida

con láser *excimer* guiado por topografía. Muestra conformada por 35 ojos de 31 pacientes, 14 masculino y 17 femenino, con seguimiento de 23 meses ± 11.95 (rango entre 12 y 51), operados en la Clínica Internacional de Retinosis Pigmentaria "Camilo Cienfuegos" de La Habana, Cuba, durante el periodo entre enero de 2006 a diciembre de 2010, con diagnóstico de queratocono grado III. Fueron incluidos: pacientes de ambos sexos con edad de 18 años o más, queratocono central o paracentral con no menos del 25% de la ectasia en el centro de la córnea, queratometría entre 50 D y 59 D, paquimetría de la zona más delgada superior a 380 μm , córnea transparente o con opacidad que no sobrepase el estroma medio y consentimiento para participar en la investigación.

Exámenes pre y posoperatorio: AVsc y AVcc, refracción, queratometría K1 y K2, tensión ocular, paquimetría, topografía, topoaberrometría (expresadas en μm , para pupila de 5 mm), examen del segmento anterior y fondo de ojo. Se utilizó el láser *excimer* ESIRIS® de SCHWIND. Se aplicó el Software ORK-CAM corneal. Registro de resultados posoperatorios al año. Para todas las pruebas estadísticas el nivel de significación estadística se estableció en un valor de $p < 0.05$.

► Resultados y discusión

El promedio de edad fue de 35.3 ± 11.03 años (rango de 18 a 53). El mayor número de pacientes 11 (35.5%) correspondieron al grupo de 18-28 años, el de 29-38 con siete (22.6%), y el de 39-48 con ocho (25.8%). Los pacientes mayores de 49 años fueron cinco para un 16.2%. Al sexo masculino correspondieron 14 pacientes (45.2%), y al femenino 17 (54.8%). Este resultado coincide con otros investigadores, los cuales evidencian al queratocono como una enfermedad que se presenta en la juventud.^{8,9}

La AVsc aumentó de 0.04 a 0.39 y la AVcc de 0.28 a 0.78. El equivalente esférico (EE) preoperatorio fue de -13.02 D ± 4.93 , con una reducción posoperatoria de -1.69 D ± 3.38 , el componente esférico disminuyó de -10.13 D ± 4.73 a -0.44 D ± 3.22 en el posoperatorio y el componente cilíndrico se redujo de -5.67 D ± 2.35 a -2.52 D ± 1.38 . La queratometría promedio preoperatoria fue de 54.17 D ± 2.84 (rango entre 47.50 D y 59.20 D), y disminuyó hasta 43.52 D ± 1.28 (rango entre 39.88 D y 46.00 D) (**Tabla 1**).

► **Tabla 1.** Resultados refractivos pre y posoperatorio.

n=35	Parámetros	Preoperatorio	Posoperatorio
AVsc	Media	0.04	0.39
	DE	0.02	0.20
	Rango	0.01 a 0.10	0.05 a 0.90
AVcc	Media	0.28	0.78
	DE	0.17	0.18
	Rango	0.05 a 0.50	0.40 a 1.0
Equivalente esférico	Media	-13.02	-1.69
	DE	4.93	3.38
	Rango	-5.25 a -24.50	3.25 a -12.00
Esfera	Media	-10.13	-0.44
	DE	4.73	3.22
	Rango	-2.00 a -20.00	4.75 a -10.00
Cilindro refractivo	Media	-5.67	-2.52
	DE	2.35	1.38
	Rango	-0.50 a -9.50	0.00 a -5.00
Queratometría promedio	Media	54.17	43.52
	DE	2.84	1.28
		47.50 a 59.20	39.88 a 46.00

AVsc: agudeza visual sin corrección; AVcc: agudeza visual con corrección; DE: desviación estándar.

Aberrometría corneal

Las aberraciones estudiadas fueron: coma de $2.12 \mu\text{m} \pm 1.21$ (rango entre 0.17 - $5.14 \mu\text{m}$), con una disminución del valor medio posoperatorio a $0.55 \mu\text{m} \pm 0.46$ (rango 0.03 - $1.85 \mu\text{m}$), la esférica con valor negativo preoperatorio medio de $-0.51 \mu\text{m} \pm 0.41$, varió a positivo $0.17 \mu\text{m} \pm 0.20$. EL trifoil pre fue de $0.61 \mu\text{m} \pm 0.32$ y presentó disminución de $0.49 \mu\text{m} \pm 0.27$, de manera similar se comportó la aberración de cuatrilobio con una media preoperatoria de $0.34 \mu\text{m} \pm 0.52$ y $0.19 \mu\text{m} \pm 0.16$ en el posoperatorio. El RMS total presentó valor medio preoperatorio de $8.84 \mu\text{m} \pm 3.11$ (rango 4.14 - $16.30 \mu\text{m}$), que se redujo en el posoperatorio a $3.21 \mu\text{m} \pm 2.19$ (rango 0.81 - $10.39 \mu\text{m}$), el RMS de alto orden se comportó de forma similar, con media preoperatoria de $2.51 \mu\text{m} \pm 1.25$ y $1.04 \mu\text{m} \pm 0.64$ en el posoperatorio. El P-V preoperatorio fue de $38.57 \mu\text{m} \pm 11.65$ (rango de 13.32 - $63.15 \mu\text{m}$), con disminución posoperatoria a $15.12 \mu\text{m} \pm 10.62$ (rango de 2.36 - $46.24 \mu\text{m}$) (**Tabla 2**).

En la **Tabla 3**, se observan diferencias significativas, al comparar el pre y posoperatorio de las aberraciones: coma, esférica, RMS total, RMS

de alto orden y el P-V, $p=0.000$, no siendo así en la aberración de trifoil $p=0.128$ y cuatrilobio, $p=0.107$.

La **Tabla 4** muestra los valores de los coeficientes de correlación entre la AVsc posoperatoria y las aberraciones corneales de alto orden. Fue significativa la asociación lineal entre la AVsc con el RMS total y P-V posquirúrgico ($p=0.002$), esta relación fue lineal inversa y moderada. No se detectó asociación entre la AVsc y las aberraciones de coma ($p=0.685$), esférica ($p=0.594$), trifoil ($p=0.156$), cuatrilobio ($p=0.703$) y el RMS de alto orden ($p=0.715$).

Se muestra en la **Tabla 5** los valores de los coeficientes de correlación entre la AVcc posquirúrgica, y las aberraciones corneales de alto orden posoperatorias. Fue significativa la asociación entre la AVcc y Trifoil ($p=0.006$), P-V ($p=0.001$), RMS total ($p=0.001$) y RMS de alto orden ($p=0.006$). Asociación lineal inversa y moderada, aumenta la AVcc a medida que disminuyen los valores de las variables independientes anteriormente mencionadas. No hubo asociación significativa entre la AVcc y las aberraciones de coma ($p=0.143$), esférica ($p=0.466$) y cuatrilobio ($p=0.105$).

► **Tabla 2.** Resultado topoaberrométrico pre y posoperatorio.

Aberraciones de alto orden expresado en micras (μm) (diámetro pupilar 5 mm)	Parámetros	Preoperatorio	Posoperatorio
Coma (μm)	Media	2.12	0.55
	DE	1.21	0.46
	Rango	0.17 a 5.14	0.03 a 1.85
Aberración esférica (μm)	Media	-0.51	0.17
	DE	0.41	0.20
	Rango	1.75 a 0.18	-0.12 a 0.64
Trifoil (μm)	Media	0.61	0.49
	DE	0.32	0.27
	Rango	0.18 a 1.42	0.07 a 0.98
Cuatrifoil (μm)	Media	0.34	0.19
	DE	0.52	0.16
	Rango	0.04 a 2.69	0.02 a 0.76
RMS de alto orden (μm)	Media	2.51	1.04
	DE	1.25	0.64
	Rango	0.76 a 6.26	0.33 a 3.04
RMS total (μm)	Media	8.84	3.21
	DE	3.11	2.19
	Rango	4.4 a 16.30	0.81 a 10.39
Pico-valle (P-V) (μm)	Media	38.57	15.12
	DE	11.65	10.62
		13.32 a 63.15	2.36 a 46.24

RMS: error cuadrático medio; DE: desviación estándar.

Vinciguerra y colaboradores¹⁰ estudiaron 1 000 ojos normales con el topógrafo de CSO, establecieron como patológicos más de tres desviaciones estándar de los valores promedios encontrados en la población normal. Para una pupila de 5 mm las aberraciones de fueron: coma 0.38 μm , esférica 0.30 μm y el RMS alto orden 0.34 μm . El autor del presente estudio realizó una investigación en 80 ojos emétopes,¹¹ utilizando el topógrafo Keratron Scout 2000® de Optikon versión Windows 3.8.0, para un diámetro pupilar de 6 mm, los valores de la aberrometría corneal fueron: coma 0.29 μm , esférica 0.24 μm , trifoil 0.13 μm , cuatrifoil 0.047, RMS de alto orden 0.43 μm y el RMS total 0.89 μm .

La localización del cono condiciona la presencia de valores anormalmente elevados de los coeficientes de Zernike para las aberraciones comática primaria y secundaria, siendo éstas las que mayor peso específico aportan al deterioro del frente de onda corneal. La representación del frente de onda

corneal aberrado de un queratocono se caracteriza por la presencia de un desfase del frente de onda entre dos regiones opuestas, este desfase es responsable de la elevada aberración comática negativa. Respecto a la aberración esférica, estudios recientes aportan que tiende a invertir su signo, apareciendo negativa en ojos con queratocono.⁵ El coma es la aberración más temible dentro de las de alto orden, por el deterioro de la calidad visual que induce. Pantanelli S y colaboradores¹² demostraron que las aberraciones de alto orden en ojos con queratocono, son 5.5 veces mayores que en ojos normales. En este estudio, el coma fue la aberración de alto orden más elevada en el preoperatorio, lo que coincide con Batool J y colaboradores¹³ y Alió y Shabayek,¹⁴ quienes encontraron que el coma es la aberración más alta en ojos con queratocono. El coma es el descentramiento de los elementos que constituyen un sistema óptico, de ahí la importancia que tiene en el deterioro de la calidad

► **Tabla 3.** Prueba T para muestras relacionadas. Resultados topoaberrométricos pre y posoperatorio.

	Diferencias relacionadas				Sig.
	Medida	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
			Superior	Inferior	
Coma 1 - Coma 2	1.573200*	0.23636	1.09287	2.05353	0.000
Aberración esférica 1	-.688571*	0.07393	-0.83881	-0.53833	0.000
Trifoil 1 - Trifoil 2	0.119885	0.07694	0.27624	-0.03647	0.128
Cuatrifoil 1 - Cuatrifoil 2	0.155257	0.09376	0.34579	-0.03528	0.107
PV1 - PV2	23.443543*	1.98822	19.40299	27.48410	0.000
RMS total 1 - RMS total 2	5.632029*	0.48122	4.65408	6.60998	0.000
RMS alto orden1 - RMS	1.471229	0.23359	0.99651	1.94594	0.000

1: preoperatorio; 2: posoperatorio. Aberraciones de alto orden expresadas en μm .

*Análisis de las aberraciones corneales a 5 mm de diámetro pupilar. La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05.

visual. La aberración esférica es simétrica, se define como la distancia focal entre los puntos del centro y la periferia de un frente de onda. Si el centro de un sistema se vuelve más curvo, la aberración esférica se vuelve mayor.^{15,16}

Al comparar los valores medio de las aberraciones corneales posoperatorias en los ojos estudiados con los considerados como normales, se

observa que la aberración esférica $0.17 \mu\text{m}$, fue menor que la reportada por los autores antes referidos, la aberración de coma $0.55 \mu\text{m}$ fue ligeramente superior, pero disminuyó 74.06% ($1.57 \mu\text{m}$) con relación al preoperatorio.

La aberración de coma, esférica, el RMS total, RMS de alto orden y el P-V posoperatorio, presentaron una diferencia significativa ($p = 0.000$) con

► **Tabla 4.** Asociación entre las aberraciones corneales de alto orden posquirúrgica y la AVsc posquirúrgica. Correlación de Pearson.

Aberraciones medidas a 5 mm de diámetro pupilar	AVsc posquirúrgica	
A. Coma posquirúrgico	Correlación de Pearson	0.071
	Sig. (bilateral)	0.685
A. Esférica posquirúrgico	Correlación de Pearson	0.093
	Sig. (bilateral)	0.594
A. Trifoli posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.245
	Sig. (bilateral)	0.156
A. Cuatrifoil posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.067
	Sig. (bilateral)	0.703
Pico-Valle (P-V) posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.496*
	Sig. (bilateral)	0.002
RMS total posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.496*
	Sig. (bilateral)	0.002
RMS alto orden posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.064
	Sig. (bilateral)	0.715

AVsc: agudeza visual sin corrección; RMS: error cuadrático medio.

*La correlación es significativa al nivel 0.01

► **Tabla 5.** Asociación entre las aberraciones corneales de alto orden posquirúrgica y la AVcc posquirúrgica. Correlación de Pearson.

Aberraciones medidas a 5 mm de diámetro pupilar		AVsc posquirúrgica
A. Coma posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.253
	Sig. (bilateral)	0.143
A. Esférica posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.127
	Sig. (bilateral)	0.466
A. Trifoli posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.459*
	Sig. (bilateral)	0.006
A. Cuatrifoil posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.279
	Sig. (bilateral)	0.105
Pico-Valle (PV) posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.535*
	Sig. (bilateral)	0.001
RMS total posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.546*
	Sig. (bilateral)	0.001
RMS alto orden posquirúrgico	Correlación de Pearson	-0.457*
	Sig. (bilateral)	0.006

*La correlación es significativa al nivel 0.01. RMS: error cuadrático medio; AVsc: agudeza visual sin corrección.

respecto al preoperatorio, resultado que fue posible obtener porque se aplanan y regularizan la superficie corneal anterior, asociado a la regularidad y homogeneidad en las superficies de la interfase injerto-receptor, sin la inducción de aberraciones de alto orden.

En ojos normales cuando aumenta la aberración de coma o la aberración esférica, se afecta la capacidad y calidad visual. En el presente estudio la asociación entre la AVcc y estas dos variables independientes no fue significativa, lo que puede ser explicado por representar valores que disminuyeron de manera importante, hasta la normalidad la aberración esférica, y casi normal el coma. Es de señalar que la AVcc posoperatoria media fue de 0.78, y la diferencia entre el pre y posoperatorio de las aberraciones de alto orden fue significativa al nivel 0.05.

► Conclusiones

- Se comprobó que la superficie corneal anterior recupera su curvatura normal, con buenos resultados refractivos, visuales y disminución de las aberraciones de alto orden.
- Se demostró que la disminución de las aberraciones de alto orden guardan relación con la mejora de la agudeza visual.

Referencias

1. Grayson. Enfermedades de la Córnea. España. Mosby. 1992. 401-447.
2. Rabinowitz YS. Keratoconus: Review. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297-319.
3. Cadarso Suárez L, Suárez Rodríguez J, Piñeiro Figueira M. Aberrometría Corneal. En: Castillo Gómez A (editor). Métodos diagnósticos en segmento anterior. 1a ed. Madrid. Editorial Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva. 2011. 331-336.
4. Holder H, Artal P, Singer B, et al. Dynamics of the eye's wave aberration. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2001;18(3):497-506.
5. Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: A method to grade keratoconus. *J Refract Surg* 2006;22:539-545.
6. Fontana L, Parente G, Tassinari G. Clinical outcomes after deep anterior lamellar keratoplasty using the big bubble technique in patients with keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143:117-124.
7. Reinhart WJ, Musch DC, Jacobs DS, et al. Deep anterior lamellar keratoplasty as an alternative to penetrating keratoplasty: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology* 2011;118(1):209-218.
8. Seppälä HP, Määttä M, Rautia M, et al. EMMPRIN and MMP-1 in Keratoconus. *Cornea* 2006;25(3):325-330.
9. Romero-Jiménez M, Santo domingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: A review. *Cont Lens Anterior Eye* 2010;33(4):157-166.
10. Vinciguerra P, Camesasca FL, Calossi A. Statistical analysis of physiological aberrations of the cornea. *J Refract Surg* 2003;19:265-269.
11. Pérez R, Prada O, Hernández A, et al. Estudio de aberraciones oculares en ojos emétopes. *Franja Ocular* 2007;47:28-34.
12. Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, et al. Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. *Ophthalmology* 2007;114:2013-2021.
13. Jafri B, Li X, Yang H, et al. Higher Order Wavefront Aberrations and Topography in Early and Suspected Keratoconus. *J Refract Surg* 2007;23:774-781.
14. Barraquer RI. Segmentos Intracorneales y finalidad refractiva. En: Cezón J (editor). Técnicas de modelado corneal desde la Ortoqueratología hasta el cross-linking. 1a ed. Madrid. Editorial Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva. 2009. 121-138.
15. Artal P. ¿Aberraciones, qué es eso de lo que habla todo el mundo? Manual básico de supervivencia. Comunicado Ver y Oír. 2002. 175-178.
16. Marcos S, Burns SA, Moreno-Barriusop E, et al. A new approach to the study of the Ocular Chromatic Aberrations. *Vision Research* 2004;39:4309-4323.