

## MODELO DE SUPERFICIE CORNEAL POSTERIOR A PARTIR DE TOPOGRAFIA CORNEAL ANTERIOR Y PAQUIMETRIA TOPOGRAFICA

PARAFITA MATO MA<sup>1</sup>, CERVIÑO EXPOSITO A<sup>2</sup>, PEREZ MARTIN MV<sup>3</sup>, YEBRA-PIMENTEL VILAR E<sup>4</sup>,  
GIRALDEZ FERNANDEZ MJ<sup>2</sup>

### SUMMARY

### MODEL OF CORNEAL POSTERIOR SURFACE FROM ANTERIOR CORNEAL TOPOGRAPHY AND TOPOGRAPHIC PACHOMETRY

**Introduction:** Posterior corneal surface has been not well investigated and methods have not been completely developed, although there is no doubt about its importance because of its refractive implications and the consequences derived from refractive surgery.

**Objective:** Design and application of a new method of estimating posterior corneal surface contour in healthy and round anterior corneal topologed subjects.

**Methods:** EyeSys 2000 Videokeratoscopy and ultrasonic topographic pachometry (Ophthasonic® A-Scan/Pachometer III) on 25 points in 10 corneas. Using the software Table Curve 3D and 2D both tridimensional profiles of anterior and posterior surfaces, and each one of the examined meridians will be reconstructed (0°-180°, 45°-225°, 90°-270°, 135°-315°).

**Results/Conclusions:** The tridimensional surface equation that gets the best range of fit with the posterior corneal surface in round anterior corneal topologed corneas corresponds with a generic equation of the rational polynomial type, getting a determination coefficient  $r^2 > 0.990$ . Using the bidimensional representation the fit results more reliable, because it is made meridian by meridian, making evident the progressively increasing corneal thickness from center to periphery and estimating corneal thickness at each point of the examined area.

**KEY WORDS:** Corneal topography, pachometry, posterior corneal surface.

### RESUMEN

**Introducción:** La superficie corneal posterior ha sido poco investigada y con métodos poco desarrollados, aunque su importancia es indudable por sus implicaciones refractivas y por las consecuencias que pueden derivarse de la cirugía refractiva.

---

\* Comunicación libre presentada en el XVII Congreso de la Sociedad Española de Contactología. IV Congreso Hispano-Luso de Contactología. 1999 Madrid.

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Biológicas. Licenciado en Medicina y Cirugía. Oftalmólogo. Departamento de Cirugía. Universidad de Santiago de Compostela.

<sup>2</sup> Diplomado en Óptica y Optometría. Departamento de Física Aplicada (Óptica). Universidad de Santiago de Compostela.

<sup>3</sup> Doctora en Física. Departamento Física Aplicada (área Óptica). Universidad de Santiago de Compostela.

<sup>4</sup> Doctora en Farmacia. Diplomada en Óptica y Optometría. Departamento de Física Aplicada (Óptica). Universidad de Santiago de Compostela.

**Objetivo:** Diseño y aplicación de un nuevo método de estimación de la morfología de la superficie corneal posterior en sujetos sanos con córneas de tipología anterior redonda.

**Metodología:** Videoqueratoscopia EyeSys 2000 y paquimetría ultrasónica (Ophthasonic A-Scan/Pachometer III) topográfica de 25 puntos en córneas de 10 sujetos. Mediante el software informático Table Curve 3D y 2D se reconstruyen los perfiles tridimensionales de las caras anterior y posterior, así como en cada uno de los meridianos examinados en paquimetría topográfica ( $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ - $225^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ - $315^{\circ}$ ).

**Resultados/Conclusiones:** La ecuación de la superficie tridimensional que mejor se adapta a la superficie posterior de las córneas con tipología redonda es una ecuación genérica de tipo polinómico racional, con coeficiente de determinación  $r^2 > 0,990$ .

En la representación bidimensional el ajuste es todavía más fiable por realizarse meridiano a meridiano, evidenciando el aumento progresivo del grosor corneal del centro a la periferia y estimando el espesor corneal en cada punto del área examinada.

**PALABRAS CLAVE:** Topografía corneal, paquimetría, superficie corneal posterior.

---

## INTRODUCCION

---

Existe un interés creciente en la determinación y visualización de la morfología corneal con fines refractivos o quirúrgicos, así como para el diagnóstico y posterior seguimiento de las ectasias corneales.

En los últimos años los estudios de morfometría corneal se han multiplicado y diversificado, tomando mayor relevancia el análisis cualitativo y cuantitativo de parámetros tales como la curvatura (topografía corneal) o el espesor corneal (paquimetría).

Por otra parte, el contorno de la superficie corneal posterior ha sido siempre difícil de calcular al no serle aplicable la misma metodología que a la superficie anterior. Diversos trabajos concluyeron erróneamente que la superficie posterior era esférica (1,2). Sin embargo, actualmente ha quedado suficientemente demostrado (3,4) que la superficie posterior de la córnea es esférica, aunque su grado de aplanamiento es menor que en la superficie anterior. De modo semejante, diversos estudios (5,6) han concluido que la superficie posterior contribuye a disminuir el astigmatismo corneal hasta en un 14%, evidenciando así su importancia en la calidad de las imágenes retinianas.

Para obtener el perfil de la superficie corneal posterior se idearon diversas técnicas basadas en la ampliación de fotografías de la sección óptica corneal en el meridiano vertical observada con lámpara de hendidura (7) o en la medida directa de las alturas correspondientes a las imágenes catópticas de Purkinje (1,8).

En este trabajo, tomando como bases el análisis de la topografía corneal anterior mediante video-

queratoscopia computerizada y la paquimetría topográfica se infiere la topografía corneal posterior. Con ello se pretende: 1) contribuir el avance en el conocimiento morfológico de la superficie corneal posterior, realizando una aproximación a las superficies que mejor se adaptan a su contorno. 2) Tratar de establecer patrones comunes en córneas de tipología anterior redonda, por ser la menos compleja. 3) Aplicar la metodología a un caso de ectasia corneal como es el queratocono posterior, por ser la situación más compleja que pudiera presentarse.

---

## MATERIAL Y METODOS

---

El estudio se realiza en córneas de tipología corneal anterior redonda correspondientes a 10 ojos sanos, de 7 personas emétopes (5 mujeres, 2 hombres) (rango de edad: 20-24 años). Por tanto, 4 ojos no presentan tipología corneal anterior redonda. La córnea afecta de queratocono posterior corresponde a un varón de 27 años de edad.

Tanto para la selección de pacientes como para la recogida de los datos (radios sagitales) de la superficie corneal anterior se utiliza el sistema de análisis corneal EyeSys 2000 v. 3.1 (fig. 1).

Mediante el paquímetro ultrasónico Ophthasonic® A-Scan/pachometer III se realizan medidas en los 6 mm centrales de la córnea, sobre 25 puntos repartidos a lo largo de los meridianos  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ - $225^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ - $315^{\circ}$ , según se describió en trabajos previos (9) (figs. 2 y 3).

Los cálculos matemáticos se realizan en Microsoft Excel, introduciendo las expresiones para los

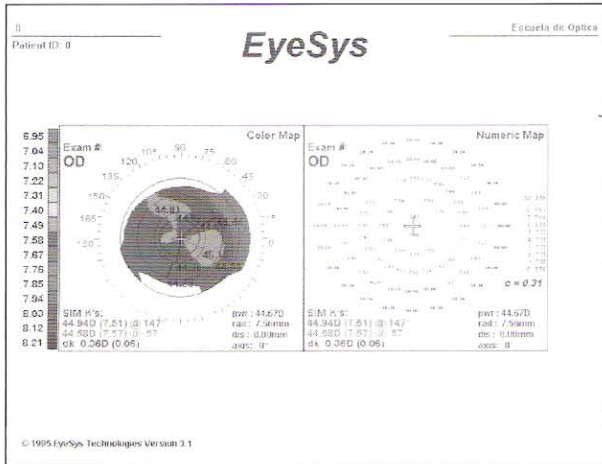


Fig. 1: Imagen proporcionada por el videoqueratoscopio mostrando los valores del radio sagital.

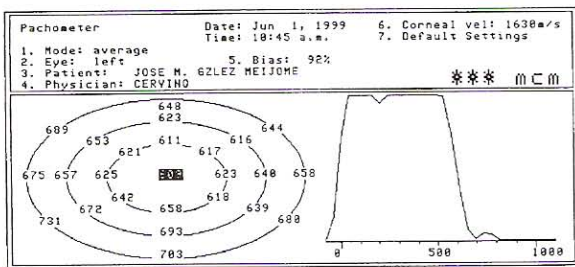


Fig. 2: Imagen de paquimetría topográfica proporcionada por el paquímetro Ophthasonic A-Scan/Pachometer III.

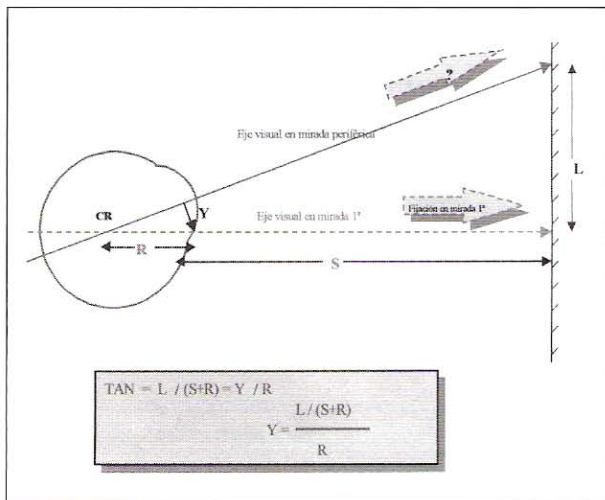


Fig. 3: Técnica de paquimetría topográfica sobre 25 puntos.

valores de ságitas, las coordenadas de los puntos examinados, así como los datos obtenidos con el análisis topográfico de la superficie anterior y con la paquimetría topográfica.

Conociendo el radio sagital en 25 puntos de la superficie anterior y el espesor corneal en esos mismos puntos, se estima la curvatura corneal de las superficies anterior y posterior en cada meridiano. Para ello se obtienen los valores de la ságitas mediante la expresión:

$$S_1 = \frac{h_1^2}{3R_0 - \sqrt{R_{p1}^2 - h_1^2}}$$

Con los valores de ságitas en los 25 puntos datos de la superficie anterior y los obtenidos en la paquimetría topográfica, se realizan los cálculos necesarios para obtener los puntos equivalentes de la superficie posterior. Sobre la base del esquema diseñado por Patel et al (3) (fig. 4), la expresión para el cálculo de la ságitas posterior es la siguiente:

$$S_2 = \left[ S_1 + \sqrt{t_p^2 + \left( \frac{h_1 t_p}{R_{p1}} \right)^2} \right] - t_c$$

Los valores de la ságitas posterior se introducen en el software Table Curve 3D, obteniéndose el ajuste de la superficie que mejor se adapta a la cara posterior de la córnea.

Para que se puedan observar ambas superficies al mismo tiempo se realiza una representa-

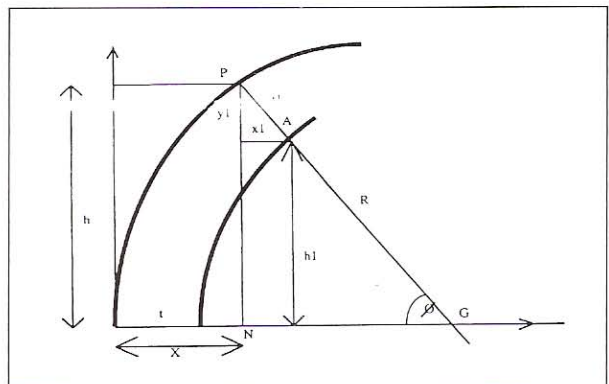


Fig. 4: Esquema de Patel et al (3) para el cálculo de la superficie corneal posterior.

ción en dos dimensiones con el software Table Curve 2D. Esto permite la observación directa de las variaciones de espesor desde el ápex a la periferia y la visualización de los posibles patrones comunes para córneas de tipología redonda. Para ello, mediante Microsoft Excel se obtienen las coordenadas de los puntos de las superficies anterior y posterior, así como sus valores de ságitas. Estas representaciones bidimensionales se realizan para cada meridiano examinado en la paquimetría topográfica.

De modo semejante, se analiza la relación existente entre las caras anterior y posterior en un caso de queratocono posterior, realizando la representación bidimensional en el meridiano en que se encuentra localizada la ectasia.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La representación tridimensional de la superficie posterior de la córnea (fig. 5) pone de manifiesto que la superficie de ecuación conocida que mejor se ajusta al perfil corneal posterior corresponde en todos los casos a superficies con ecuación genérica del tipo polinómico racional (alto grado de ajuste, coeficiente de determinación  $>0,990$  y error  $<2\%$  del valor de la ságitas). La representación tridimensional puede ser bastante eficaz en la tipología corneal anterior redonda, pero de dudosa fiabilidad en otras tipologías, dado que el ajuste se lleva a cabo a partir de 25 puntos, homogéneamente repartidos sobre los 6 mm centrales de la superficie corneal.

En cuanto a la representación bidimensional de la superficie corneal posterior (fig. 6), se observa que las curvas de mejor ajuste presentan también ecuación genérica polinómica racional. Concreta-

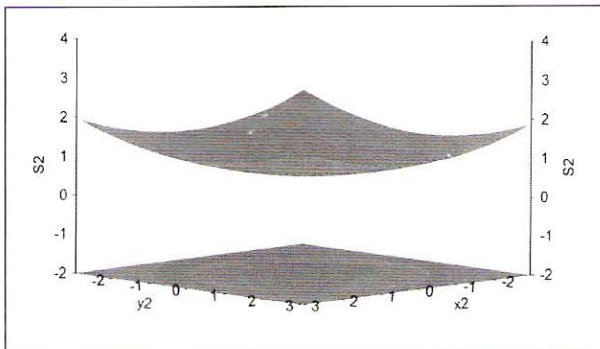


FIG. 5: Representación tridimensional de la superficie corneal posterior.

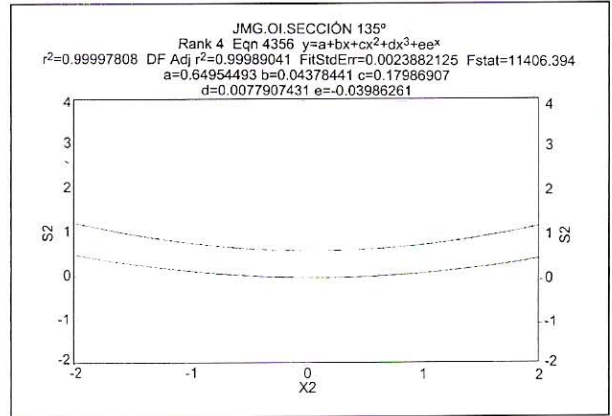


FIG. 6: Representación bidimensional simultánea de las superficies corneales anterior y posterior.

mente, las ecuaciones  $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ee^x$  y  $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ee^{-x}$  pueden ser utilizadas en cualquier meridiano de todas las córneas examinadas, obteniendo en todos los casos un coeficiente de adaptabilidad  $r^2 > 0,9999$ . Asimismo se observa que dentro de un mismo ojo, las variaciones en la ecuación genérica en los distintos meridianos no van más allá del cambio en los valores de los coeficientes. Tras probar el ajuste con funciones polinómicas más sencillas, se ha comprobado que los términos  $ee^x$  y  $ee^{-x}$  tienen escasa relevancia y que se obtienen buenos ajustes ( $r^2 \geq 0,999$ ) utilizando la ecuación polinómica de tercer grado  $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ , que es más genérica y aplicable a todos los meridianos de las córneas examinadas.

La representación bidimensional simultánea de las superficies anterior y posterior (fig. 7) pone de

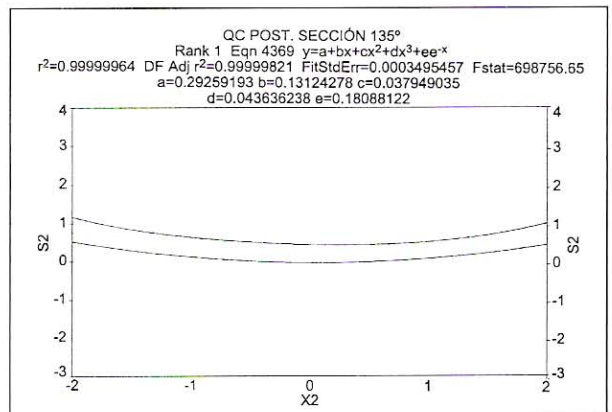


FIG. 7: Representación bidimensional simultánea de las superficies corneales anterior y posterior en un caso de queratocono posterior.

manifiesto el aumento progresivo del grosor corneal a medida que aumenta la distancia al centro, de modo que pueden estimarse las curvaturas y el espesor corneal en cada punto del meridiano examinado. Tal estimación puede tener mucha utilidad en el control y seguimiento de adaptaciones de LC, en los procedimientos de cirugía refractiva, así como en el caso de queratoconos anteriores o posteriores. De modo que, en este último caso, examinando el meridiano en que se encuentra la alteración topográfica, podría valorarse el grado de adelgazamiento y la situación exacta de la ectasia.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. TSCHERNING MME. *Physiological Optics*. Philadelphia, Pa: Keystone Publishing, 4th Ed. 1904.
2. CAMELLIN M. *Proposed formula for the dioptric power evaluation of the posterior corneal surface*. *Refract Corneal Surg* 1990; 6: 261-264.
3. PATEL S, MARSHALL J, FITZKE FW. *Shape and radius of posterior corneal surface*. *Refract Corneal Surg* 1993; 9: 173-181.
4. LAM KC, DOUTHWAITE WA. *A pilot study on the measurement of central posterior corneal radius in Hong Kong Chinese using Purkinje image technique*. *Ophthalm Physiol Opt* 1997; 17(1): 68-74.
5. DUNNE MCM, ROYSTON JM, BARNES DA. *Posterior Corneal Surface Toricity and Total Corneal Astigmatism*. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 708-710.
6. DUNNE MCM, ROYSTON JM, BARNES DA. *Normal variations of the posterior corneal surface*. *Acta Ophthalmol* 1992; 70: 255-261.
7. LOWE RF, CLARK BAJ. *Posterior corneal curvature: correlations in normal eyes and in eyes with primary angle closure glaucoma*. *Br J Ophthalmol* 1973; 57: 464-470.
8. ROYSTON JM, DUNNE MCM, BARNES DA. *Measurement of posterior corneal surface toricity*. *Optom Vis Sci* 1990; 67: 757-763.
9. PARAFITA MA, YEBRA-PIMENTEL E, GONZÁLEZ-MÉIJOME JM. *Paquimetría: técnicas y aplicación clínica*. Ediciones Ulleye. I.S.B.N.: 84-85835-39-5. Valencia, 1999.