

Análisis de los sistemas actuales en oftalmología para el estudio de enfermedades relacionadas con la modificación geométrica de la arquitectura corneal

(Recibido: 09/04/2015; Aceptado: 19/05/2015)

F. Cavas-Martínez¹, E. de la Cruz Sánchez², J. Nieto Martínez¹,
F.J. Fernández Cañavate¹, D.G. Fernández-Pacheco¹

¹ Dpto. de Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena.

² Dpto. de Actividad Física y Deporte. Universidad de Murcia.

Teléfono: 968 33 88 56 Fax: 968 32 64 74

E-mail: francisco.cavas@upct.es

Resumen. El análisis de la morfología corneal es un procedimiento muy útil en el diagnóstico clínico de determinadas patologías oculares, especialmente las relacionadas con alteraciones ectásicas corneales. Desde la aparición de los sistemas basados en Discos de Plácido a los sistemas que incorporan la fotografía Scheimpflug, existe una variedad de instrumentos que ofrecen la posibilidad de analizar con gran precisión parámetros de la morfología corneal. En esta comunicación se revisan los diversos instrumentos que han sido utilizados para caracterizar la morfología corneal, estando todos influenciados, en mayor o menor medida, por factores como la rapidez de adquisición de datos y la estabilidad de la película lagrimal.

Palabras clave. Morfología corneal; ectasia corneal; queratocono; topógrafo corneal.

Abstract. The analysis of the corneal shape is a very useful process that permits the clinical diagnosis of determined ocular pathologies, especially those related with corneal ectatic disorders. From the appearance of the systems based on the Placido-disc technology to the new systems that combine the accurate Scheimpflug photography, there are a variety of ophthalmic instruments that permit to analyze with high accuracy some parameters of the corneal shape. This communication reviews the different systems that have been used to characterize the corneal morphology, being all of them influenced, to a greater or lesser extent, by factors such as the speed for data acquisition and the stability of the tear film.

Keywords. Corneal shape; corneal ectatic disorder; keratoconus; corneal topographer.

1. Introducción

La caracterización de la morfología corneal, en un estado de equilibrio (córnea sana, ver Fig. 1.a) o de deformación de los tejidos que forman parte de su arquitectura corneal (córnea enferma, ver Fig. 1.b), se ha convertido en un elemento clave para el diagnóstico clínico de determinadas patologías corneales [1], como las derivadas de las alteraciones ectásicas corneales (queratocono).

Es importante conocer la forma de la córnea, dado que más de dos tercios de la potencia total refractiva del ojo humano es debido a ésta. Esto implica que la calidad de la visión humana está directamente relacionada con la calidad del sistema óptico ocular, y una alteración en la forma de la córnea, ya sea debido a una enfermedad o como resultado de una cirugía, puede provocar un efecto dramático sobre el enfoque de la imagen en la retina. La ectasia corneal más importante es el queratocono [2]. Se trata de un adelgazamiento no inflamatorio que se produce en la región central (radio 0 mm a 2 mm), que corresponde a la zona más esférica y con mayor repercusión visual, y en la región paracentral (radio 2 mm a 4 mm), que corresponde a la zona donde empieza a aplanarse la córnea. Esta patología corneal altera la morfología de la córnea de forma asimétrica (Fig. 1.b).

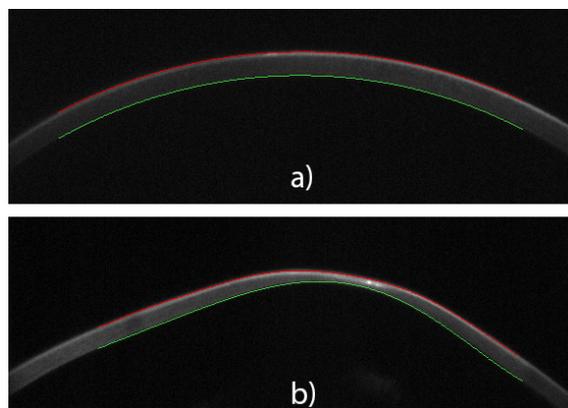


Fig. 1. a) Córnea Sana con cara anterior (rojo) y cara posterior (verde), b) Córnea Enferma con Queratocono.

Físicamente, el queratocono se caracteriza por una protusión excéntrica en dirección temporal-inferior, cuyo signo topográfico se interpreta como una zona o región más elevada que la curva de referencia en el mapa de elevación o altimetrías, y como una zona más curva en el mapa de curvatura (Fig. 2).



Fig. 2. Superficie de elevación respecto la superficie de referencia.

El estudio de la morfología de la córnea se realiza mediante unos instrumentos denominados topógrafos corneales [3], los cuales están basados en tecnologías mínimamente invasivas que mediante técnicas de imagen realizan un mapeo de la superficie anterior y posterior de la córnea. Su análisis permite detectar la presencia de queratocono mediante la caracterización de la geometría corneal a través de parámetros físicos [4].

En los últimos años se ha producido un desarrollo en la evolución cualitativa y cuantitativa de la información aportada por los topógrafos corneales. De forma cuantitativa, la evaluación de la superficie corneal anterior ha pasado de tener unos pocos puntos en el centro de la córnea (datos aportados por el Queratómetro o Oftaltómetro) a tener miles de puntos que comprenden casi la totalidad de la superficie corneal (datos aportados por el videoqueratoscopio). De forma cualitativa, el procesado de imágenes aportado por los nuevos equipos facilitan el diagnóstico precoz del queratocono. En la presente comunicación se presenta una visión general de los instrumentos o topógrafos utilizados para caracterizar la morfología corneal.

2. El Queratómetro

El principio de funcionamiento de este instrumento, también denominado oftaltómetro, está basado en utilizar la capacidad que presenta la cara anterior de la superficie corneal de comportarse como un espejo convexo. El equipo genera una imagen sobre la córnea a partir de la proyección de 4 puntos sobre su superficie. Esta imagen es analizada y convertida en datos de radio corneal a partir de una relación matemática.

Sin embargo, este método presenta una serie de limitaciones: sólo permite caracterizar la región de la córnea de la cara anterior con un radio de 3 mm, baja densidad de datos en toda la región corneal, y no presenta información sobre la región de la córnea comprendida en la zona paracentral, zona periférica y limbo.

3. Sistemas basados en Discos de Plácido

También conocidos como Videoqueratoscopios. En función del sistema de proyección empleado sobre la córnea se distinguen varios tipos:

3.1. Basados en la reflexión de la luz sobre la córnea

Estos sistemas están fundamentados en el concepto de espejos convexos de la leyes de la óptica y tratan de diseñar sobre un determinado objeto unos anillos radiales y concéntricos de tamaño y con distribución conocida, los cuales son reflejados por la película lagrimal existente sobre la córnea.

La imagen generada es capturada por una cámara digital en una corta fracción de tiempo, siendo

procesada ésta por un equipo informático, el cuál registra los bordes de cada anillo (Fig. 3). Tras este pre-procesado, el software propio de cada equipo usa los datos obtenidos para la reconstrucción de la curvatura corneal de la córnea mediante algoritmo.

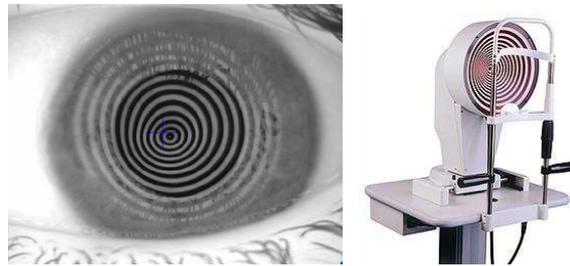


Fig. 3. Anillos proyectados sobre la córnea (izq.) y equipos para la proyección de los discos de Plácido (der).

Sin embargo, estos instrumentos presentan limitaciones propias de los equipos: no aportan información fidedigna de la zona central, ante casos de elevada irregularidad en la morfología corneal, tanto en cara anterior como posterior, los algoritmos de aproximación no representan de forma adecuada su geometría, y baja densidad de adquisición de datos en la zona periférica y limbo. También presentan limitaciones atribuibles al examinador: errores de precisión, alineación y fijación en la toma de datos, o cálculo erróneo de la posición central de los anillos sobre la córnea.

3.2. Basados en redes de frecuencia

Consiste en un instrumento basado en un sistema que utiliza dos redes de frecuencia, una proyectada sobre la cara anterior de la superficie corneal, la cual se deforma y que es analizada respecto la otra red de frecuencia denominada patrón o de referencia. En estos instrumentos, la altimetría de los puntos es proporcional al número de franjas generadas y a la frecuencia real utilizada.

3.3. Tomografía Corneal

Estos sistemas proyectan, de forma secuencial, imágenes de secciones de la córnea a distintos ángulos de una lámpara de hendidura (ver Fig. 4).



Fig. 4. Proyección de una lámpara de hendidura sobre la córnea.

A diferencia de las tecnologías anteriores, estos equipos obtienen directamente la elevación de los puntos objeto de estudio, tanto de la cara anterior como posterior, y por diferenciación de cotas

respecto una superficie de referencia (Fig. 2) se alcanzan los datos de curvatura y de pendiente.

Presentan una ventaja respecto a los otros sistemas a la hora de analizar una córnea que presenta una patología ocular avanzada, como el queratocono, y es que su medición no está condicionada por la calidad de la película lagrimal, por lo que obtiene un mayor volumen de datos tanto en la zona central como en la periférica de la córnea. Otra ventaja que ofrecen estos equipos es la cantidad de información o parámetros obtenidos en los procesos de medición respecto la cara anterior y posterior de la córnea, paquimetrías, volumen de cámara anterior, ángulo camerular, etc., datos que permiten diferenciar completamente una córnea sana de una córnea enferma. A nivel comercial existen dos grupos de equipos basados en este principio, los cuales se diferencian por el sistema de fotografía utilizado para capturar las imágenes de la proyección de la lámpara de hendidura sobre la córnea:

a) *Sistema Orbscan*. Este tipo de equipos proporciona mediante triangulación datos de morfología corneal, tanto de su cara anterior, como posterior. Estos equipos utilizan un sistema de proyección basado en la fotografía clásica, donde el plano de enfoque es perpendicular al plano de la lente. Sin embargo, existen estudios científicos que demuestran la escasa fiabilidad de algunas medidas de la superficie de la cara posterior [5] usando este tipo de equipos.

b) *Sistemas basados en la fotografía Scheimpflug*. Estos equipos se basan en la captura de la imagen fotográfica realizada por una cámara de alta resolución, donde el objeto está situado espacialmente de forma oblicua a la cámara. En este caso, el plano de la lente y de la película lagrimal de la córnea por un lado, y el plano de enfoque por otro lado, no son paralelos, sino que intersectan en un punto en el espacio [6], consiguiendo de esta forma una mayor profundidad de foco, lo que se traduce en una mayor nitidez de la imagen obtenida. A nivel comercial, los equipos que utilizan este sistema basado en la fotografía Scheimpflug son Pentacam (Oculus, USA), Sirius (CS0, Italia) y Galilei (Ziemer, Suiza).

4. Conclusiones

El análisis completo de la morfología corneal es un procedimiento muy útil en el diagnóstico clínico de determinadas patologías oculares, concretamente la relacionadas con alteraciones ectásicas corneales como el queratocono, el cual manifiesta físicamente una pérdida de tenacidad en los tejidos que forman parte de su arquitectura corneal, lo que conlleva una alteración de su geometría (Fig. 1.b). Desde la aparición de los sistemas basados en Discos de

Plácido, que sólo permiten caracterizar la geometría de la superficie anterior de la córnea, a los sistemas que combinan Plácido con la fotografía Scheimpflug, que proporcionan una caracterización completa de la córnea sobre ambas caras, existe un variado número de instrumentos que presentan la capacidad de analizar parámetros corneales anatómicos con gran precisión. Cada uno de ellos está basado en una tecnología que tiene ciertas limitaciones, por lo que es adecuado su conocimiento para optimizar su uso. Los instrumentos basados en la combinación de los discos de Plácido con la fotografía Scheimpflug son los que caracterizan mejor las córneas sanas y enfermas al aportar una mayor densidad de datos tanto de la cara anterior como posterior de la córnea. Todos los instrumentos descritos en este artículo están influenciados por varios factores, pero fundamentalmente por la rapidez en la adquisición de los datos y por la estabilidad de la película lagrimal. Debido a estos factores, no existe todavía una tecnología que permita una reconstrucción fidedigna de la superficie corneal posterior cuando ésta presenta elevadas irregularidades en su morfología como consecuencia de una patología ocular avanzada, como es el caso del queratocono en estadio III o IV.

Referencias

- [1] Roberts, C. (2000) "The cornea is not a piece of plastic". *Journal of Refractive Surgery*, vol. 16, pp. 407-413.
- [2] Rabinowitz, Y.S. (1998) "Keratoconus". *Survey of Ophthalmology*, vol. 42, pp. 297-319.
- [3] Arnalich, F., Piñero, D., Alió, J.L. (2007) "Fundamentals in corneal topography". Ed. Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd. ISBN: 2458655245658.
- [4] Duran de la Colina, J.A. (1998) "Complicaciones de las lentes de contacto". Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-8479784010.
- [5] Maldonado, M.J., Nieto, J.C., Díez-Cuenca, M., Piñero, D. (2006) "Repeatability and reproducibility of posterior corneal curvature measurements by combined scanning-slit and placido-dics topography after Lasik". *Ophthalmology*, vol. 113, pp. 1918-1926.
- [6] Merklinger, H.M. (1993) "Focusing the View Camera: A Scientific Way to Focus the View Camera and Estimate Depth of Field". MacNab Print. ISBN: 978-0969502524.