

Influencia de artefactos de brillo en tomografías oculares

Ana R. Arizcuren¹, Alejandra Consejo¹

¹ Tecnologías Ópticas Láser (TOL)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: ana.arizcuren@unizar.es

Resumen

La transparencia corneal es crucial para la salud ocular. Este estudio, basado en procesamiento de imagen y análisis estadístico, usa imágenes corneales clínicas para investigar la influencia de brillos espurios en la transparencia. Se encontró que un aumento en brillos reduce significativamente la transparencia aparente ($r=0.57$, $p<0.001$), explicando estos el 40% de la variación observada.

Contexto

La transparencia corneal es un indicador crucial de la salud ocular, y su evaluación objetiva es fundamental. Este análisis se lleva a cabo mediante dispositivos oftálmicos que se basan en la retrodispersión de luz (*light backscattering*) para medir lo que se denomina densitometría corneal (DC). La DC se calcula a partir de la intensidad media del píxel (*mean pixel intensity*, MPI) de la córnea, estableciendo así una equivalencia directa entre DC y la transparencia corneal. No obstante, es importante señalar que estos dispositivos no toman en cuenta ciertos factores que podrían influir en el estudio de la transparencia del tejido, como la biometría, la edad o los brillos espurios presentes en las imágenes (Fig.1).

Investigaciones anteriores, como la de Miażdzyk et al. [1], han desarrollado metodologías para compensar el efecto de la edad en la DC, utilizando normalización de la señal de DC y la ecualización del histograma de la imagen. Además, el estudio de Consejo et al. [2] examinó la influencia de la inclinación ocular en la DC, subrayando la necesidad de considerar múltiples factores en estos análisis. En este contexto, el objetivo principal de este estudio es investigar, por primera vez, si los brillos espurios presentes en las imágenes clínicas tienen un impacto significativo en la transparencia corneal.

Métodos

En este trabajo se utilizaron imágenes tipo Scheimpflug obtenidas con el tomógrafo Galilei G2 Dual Scheimpflug Analyzer (Ziemer Ophthalmic Systems, Suiza). Este dispositivo emplea dos

cámaras para capturar imágenes de cada meridiano, reduciendo artefactos por movimiento. Se analizaron imágenes de 57 sujetos con edades entre 17 y 60 años.

El análisis de imagen se centró en el meridiano horizontal. Se realizó una segmentación automática de las imágenes, identificando y separando las dos imágenes capturadas inicialmente. Además, se segmentaron las principales estructuras como la córnea, el iris, el reflejo en el cristalino y los brillos laterales de la esclera (en amarillo, verde, rosa y rojo, respectivamente, en Fig. 2).

Asimismo, se calcularon parámetros biométricos con tendencia a disminuir con el envejecimiento: la profundidad de la cámara anterior (*ACD*), determinada como el promedio de dos mediciones en el eje vertical (ACD_1 y ACD_2 , Fig.2) y el tamaño de la pupila (Fig. 2.). Finalmente, se analizó el MPI en la córnea, tanto por capas (epitelio y estroma) como globalmente. Se estableció un límite de intensidad específico para cada imagen, basado en la distribución normal de los datos de intensidad, para cuantificar la presencia de los artefactos de brillo (en adelante, por brevedad, referido como ‘brillos’) en cada una de las estructuras. Luego, se cuantificaron los píxeles que superaron este límite en cada estructura, expresando los resultados en porcentaje.

En el análisis estadístico realizado, se emplearon correlaciones de Pearson (r) para evaluar las relaciones entre los parámetros clave: *MPI* de la córnea, la edad, brillos y los parámetros biométricos (*ACD*, pupila). Además, se llevó a cabo un análisis de mediación para investigar cómo la edad, el *MPI* corneal y los brillos se ven influenciados entre sí. Estos enfoques permitieron comprender detalladamente las interacciones entre los factores estudiados y su impacto en la transparencia corneal.

Resultados y Conclusiones

Tanto la edad como los brillos se presentan como factores de confusión significativos en el cálculo de la transparencia corneal (i.e., *MPI*). Se encontró una

correlación positiva robusta entre la edad y el MPI ($r=0.65$, $p<0.001$), en concordancia con trabajos anteriores [3], así como entre los brillos y el MPI ($r=0.57$, $p<0.001$). A su vez, se observó que, a mayor edad, mayor cantidad de brillos en la imagen ($r=0.29$, $p=0.01$). Debido a la dependencia entre los factores implicados (edad, brillos, MPI) se realizó un análisis estadístico de mediación que reveló que la edad tiene una influencia directa del 60% en el MPI, mientras que los brillos representan el 40% de esta variabilidad.

Al examinar las diferentes estructuras oculares que potencialmente pueden ser fuente de ruido luminoso (Fig. 2), se observaron variaciones en la correlación con la intensidad media de la córnea (Tabla 1). Los brillos laterales fueron identificados como la principal fuente de brillos espurios en la imagen, ocupando aproximadamente un $4.19\pm 0.97\%$ del total (Tabla 1). Los reflejos laterales se corresponden con la zona de transición de la córnea (estructura transparente) a la esclera (estructura opaca), lo que provoca gran retrodispersión. Por otro lado, la presencia de los brillos provenientes del cristalino se considera casi residual. Esta variabilidad en la respuesta de las estructuras oculares que aparecen en la imagen acompañando a la córnea, sugiere una compleja interacción entre estas estructuras y la transparencia corneal.

Aunque los parámetros geométricos ACD y tamaño pupilar se calcularon con código propio en lugar de usar los datos del software oftálmico, los resultados están en concordancia con los reportados en la literatura [3]. Tanto el ACD ($r=-0.53$) como el tamaño pupilar ($r=-0.54$) disminuyen con la edad, confirmando que los sujetos mayores tienen una

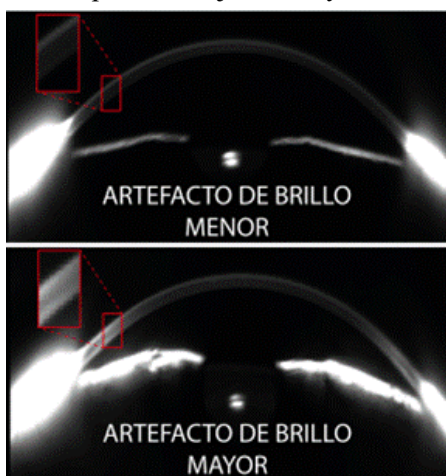


Fig. 1. Ejemplo de un sujeto con artefactos de brillo mayores (arriba) y un sujeto con artefactos de brillo significativos (abajo). El zoom muestra la apariencia del tejido corneal para cada uno de los sujetos.

biometría diferente a la de los más jóvenes, lo que podría afectar a la retrodispersión de la luz.

Este estudio también revela que los brillos representan un factor de confusión significativo en la medición de la transparencia corneal, además de la influencia conocida de la edad. La correlación encontrada entre los brillos y la edad apunta a una posible relación con la biometría ocular. Sin embargo, el análisis específico del origen de los brillos no se aborda en este trabajo y será objeto de futuras investigaciones. A la vista de los resultados obtenidos, clínicamente es fundamental cuantificar los brillos, dado que interfieren de forma directa en la determinación del MPI, parámetro esencial para evaluar la transparencia corneal.

Tabla 1. Contribuciones y correlaciones de los brillos.

Origen de los brillos	Contribución a la imagen de los brillos por estructuras (%)	Relación brillos-MPI cornea (todos, $p<0.05$)
Cristalino	0.06 ± 0.04	$r = 0.23$
Iris	1.77 ± 1.20	$r = 0.34$
Laterales	4.19 ± 0.97	$r = 0.42$

REFERENCIAS

- [1]. MIAŻDŹYK, Maria et al., 2022. *Assessing and compensating for the confounding factors in Scheimpflug-based corneal densitometry*. Biomedical Optics Express. Online. 7 November 2022. Vol. 13, no. 12, p. 6258. DOI 10.1364/boe.47353.
- [2]. CONSEJO, Alejandra et al., 2022. *Influence of eye tilt on corneal densitometry*. Ophthalmic and Physiological Optics. Online. 16 June 2022. Vol. 42, no. 5, p. 1032–1037. DOI 10.1111/opo.13020.
- [3]. NÍ DHUBHGHAILL, Sorcha et al., 2014. *Normative Values for Corneal Densitometry Analysis by Scheimpflug Optical Assessment*. Investigative Ophthalmology & Visual Science. Online. 7 January 2014. Vol. 55, no. 1, p. 162. DOI 10.1167/iovs.13-13236.

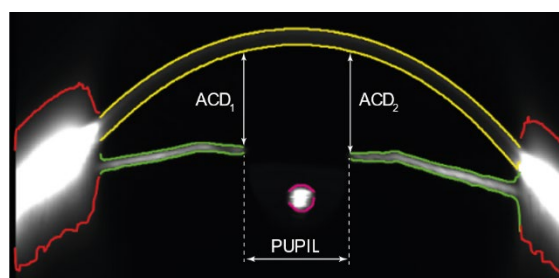


Fig. 2. Segmentación de las distintas estructuras y parámetros geométricos. Córnea (amarillo), iris (verde), reflejo del cristalino (rosa) y reflejos laterales (rojo). ACD: profundidad de la cámara anterior.