



ARCHIVOS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE OFTALMOLOGÍA

www.elsevier.es/ofthalmologia



Artículo original

Correlación de la relación excavación/papila óptica medida mediante HRT-III, SD-OCT y el dispositivo de colorimetría fotográfica Laguna ON_hE[☆]



I. Rodríguez Uña^{a,*}, C.D. Méndez Hernández^a, F. Sáenz-Francés^a y J. García Feijóo^{a,b,c}

^a Servicio de Oftalmología, Hospital Clínico San Carlos, Instituto de Investigación Sanitaria del Hospital Clínico San Carlos (IdISSC), Madrid, España

^b Instituto de Investigaciones Oftalmológicas Ramón Castroviejo, Universidad Complutense, Madrid, España

^c Red Temática de Investigación Cooperativa en Oftalmología (RETICS), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de julio de 2013

Aceptado el 4 de septiembre de 2014

On-line el 15 de noviembre de 2014

Palabras clave:

Cociente excavación/papila

Colorimetría

Papila

Glaucoma

Morfología

Perfusión ocular

Retinografía

R E S U M E N

Objetivo: Estudiar la correlación existente entre la relación excavación/papila óptica (E/P) medida mediante el nuevo dispositivo de colorimetría fotográfica Laguna ON_hE (Optic Nerve Hemoglobin), tomografía de coherencia óptica (OCT) de dominio espectral, tomografía retiniana con láser confocal (HRT) y valoración mediante retinografía.

Métodos: Un total de 154 ojos de 154 sujetos (52 controles, 36 hipertensos oculares y 66 con glaucoma primario de ángulo abierto) fueron estudiados de forma prospectiva determinándose el cociente E/P mediante Laguna ON_hE, HRT-III (Heidelberg Engineering), OCT Spectralis (Heidelberg Engineering) y el análisis de fotografías de papilas por parte de un observador experto en glaucoma de forma enmascarada.

Resultados: Los coeficientes de correlación intraclase (CCI) globales fueron: 0,379 (IC 95%: 0,233-0,508) entre Laguna ON_hE y HRT; 0,621 (IC 95%: 0,513-0,709) entre Laguna ON_hE y OCT, y 0,558 (IC 95%: 0,398-0,678) entre Laguna ON_hE y observador, siendo esta concordancia estadísticamente significativa en todos los casos. El mayor CCI se obtuvo entre OCT y observador: 0,715 (IC 95%: 0,605-0,795).

Conclusiones: La medida de E/P estimada por Laguna ON_hE presenta buena correlación con la determinada por OCT y la valorada por un especialista en glaucoma. Las mejores correlaciones se encuentran entre OCT y experto. La concordancia fue buena entre Laguna ON_hE, OCT y experto, siendo menor con HRT, que presenta una correlación menor con el resto de procedimientos.

© 2013 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

[☆] Este trabajo fue presentado como Comunicación de Investigación en el 89 Congreso de la Sociedad Española de Oftalmología, Tenerife, España, en septiembre de 2013.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ignacirodurodriguez@gmail.com (I. Rodríguez Uña).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ofal.2014.09.007>

0365-6691/© 2013 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Correlating cup-to-disc ratios measured by HRT-III, SD-OCT and the new color imaging Laguna ON_hE procedure

A B S T R A C T

Keywords:

Colorimetry
Cup/disk ratio
Papilla
Glaucoma
Morphology
Ocular perfusion
Retinography

Objective: To examine correlations between cup-to-disc (C/D) ratios determined by the new Laguna ON_hE (optic nerve hemoglobin) color imaging procedure, spectral domain optical coherence tomography (OCT), confocal scanning laser tomography using Heidelberg retina tomography (HRT), and examining retinal images.

Methods: C/D ratio measurements were made on 154 eyes of 154 subjects (52 healthy controls, 36 with ocular hypertension and 66 with primary open-angle glaucoma) using the Laguna ON_hE, HRT-III (Heidelberg Engineering) and OCT Spectralis (Heidelberg Engineering) instruments and photographs of the optic disc were examined by a blinded observer (experienced glaucoma specialist).

Results: Global intraclass correlation coefficients (ICC) were: 0.379 (95% CI: 0.233-0.508) for Laguna ON_hE-HRT, 0.621 (95% CI: 0.513-0.709) for Laguna ON_hE-OCT, and 0.558 (95% CI: 0.398-0.678) for the Laguna ON_hE-observer, indicating significant agreement in each case ($P < .001$). The highest ICC was recorded for OCT- observer (0.715; 95% CI: 0.605-0.795).

Conclusions: C/D ratios measured using the Laguna ON_hE procedure correlated well with OCT measurements and retinography measurements made by an experienced observer. Best correlation was observed for OCT versus observer measurements. Agreement was good between the Laguna ON_hE, OCT and observer measurements, and was somewhat lower between HRT and the remaining procedures.

© 2013 Sociedad Española de Oftalmología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La evaluación de la papiladel nervio óptico (PNO) resulta esencial en el diagnóstico y el manejo del glaucoma¹. Así mismo, el estudio morfológico de la PNO constituye una pieza clave en la detección precoz del glaucoma, siendo la determinación de la relación entre el área de excavación papilar y el área de papila óptica (E/P) uno de los parámetros más empleados. En este contexto, el análisis de fotografías estereoscópicas de la papila óptica llevado a cabo por examinadores experimentados continúa siendo el *gold standard* dentro de la evaluación de los cambios del nervio óptico en el desarrollo y evolución del glaucoma^{2,3}. No obstante, la descripción clínica de la PNO es subjetiva, no aporta datos cuantitativos y puede implicar una elevada variabilidad intra-observador e interobservador^{1,4,5}. Con el desarrollo de las técnicas de imagen óptica, la determinación de la morfología del disco óptico se ha hecho más objetiva y cuantitativa por lo que su uso en la práctica clínica se ha extendido ampliamente³.

Este trabajo presenta un novedoso método en el estudio del glaucoma basado en el análisis colorimétrico de fotografías digitales del fondo de ojo⁶, y su utilidad en la estimación del cociente E/P. El objetivo de este trabajo es estudiar la correlación existente entre la relación E/P medida mediante este nuevo dispositivo de colorimetría fotográfica y la determinada por un especialista en glaucoma, microscopía láser confocal (HRT) e imágenes de tomografía de coherencia óptica de dominio espectral (SD-OCT).

Sujetos, material y método

Se han incluido 154 ojos de 154 sujetos, estudiados de forma prospectiva: 52 controles sanos, 36 hipertensos oculares (HTO) y 66 con glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA): 32 incipientes, 19 moderados y 15 avanzados.

Los criterios de inclusión de cada grupo del estudio se detallan a continuación:

- Controles: presión intraocular (PIO) <18 mmHg; papila óptica normal y anillo neuroretiniano intacto; perimetría blanco-blanco normal.
- HTO: PIO $\geq$ 21 mmHg; 2 perimetrías blanco-blanco normales.
- GPAA: alteraciones campimétricas reproducibles; excavación y aspecto de nervio óptico patológicos. Glaucoma incipiente: defecto medio (DM) de la perimetría blanco-blanco Octopus TOP G1 entre 2 y 6 dB; glaucoma moderado: DM entre 7 y 12 dB; glaucoma avanzado: DM $\geq$ 12 dB.

Se consideraron como criterios de exclusión generales los siguientes: agudeza visual corregida inferior a 0,5 de lejos y de cerca, defectos de refracción superiores a 3 dioptrías esféricas y 1,5 dioptrías de astigmatismo, ángulo estrecho en la exploración gonioscópica, atrofia peripapilar marcada, antecedentes de enfermedad neurooftalmológica (neuritis óptica, esclerosis múltiple, etc.), retinopatías o maculopatías de cualquier tipo, cualquier tipo de enfermedad glaucomatosa que no correspondiera a GPAA, HTO secundarias, opacidades cristalinas significativas, diabetes mellitus, enfermedades vasculares, enfermedades neurológicas, etc.

Las diferentes pruebas se llevaron a cabo en fechas próximas, siempre en un intervalo inferior a una semana y sin que las condiciones clínicas de los pacientes cambiaran en ese período de tiempo. Este trabajo ha sido realizado de acuerdo a los criterios éticos aceptados en la Declaración de Helsinki y ha sido aprobado por el Comité Ético del Hospital Clínico San Carlos de Madrid.

Se determinó el cociente E/P mediante el nuevo dispositivo de colorimetría fotográfica Laguna ON_hE (Optic Nerve Hemoglobin, La Laguna, Tenerife, España), microscopia láser confocal (HRT-III, Heidelberg Retinal Tomograph, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Alemania), SD-OCT (Spectralis, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Alemania) y el análisis de fotografías bidimensionales de papilas por parte de un observador experto en glaucoma (CMH) de forma enmascarada. Las retinografías fueron capturadas mediante un retinógrafo no midriático (Canon Non-Mydriatic Retinal Camera CR-DGi, Canon Inc., Tokyo, Japón), empleando intensidades de flash específicas para evitar la saturación del color.

El dispositivo Laguna ON_hE localiza de forma automática la papila en una retinografía y muestra una imagen ampliada de la misma, indicando si se trata de un ojo derecho o izquierdo. A continuación, delimita de forma semiautomática la papila, permitiendo al explorador el establecimiento más preciso de los bordes de la misma. El aparato permite establecer los ejes vertical y horizontal de la papila, su orientación y su tamaño y un ajuste muy preciso de la delimitación papilar. Cuando se acepta la delimitación como válida, se generan automáticamente los resultados del análisis de la hemoglobina (Hb) en sus diversas presentaciones (fig. 1)⁶. Una de ellas es la pendiente de concentraciones de Hb en el meridiano vertical (fig. 1D). Laguna ON_hE ofrece un valor de cociente E/P basado en una estimación de las concentraciones de Hb de las regiones papilares del eje vertical. Se calcula la Hb media de varios sectores verticales agrupados por su localización central, intermedia o periférica para ver su distribución desde el centro hasta la periferia. Generalmente la Hb disminuye desde la periferia hacia el centro. La pendiente resultante ha demostrado estar correlacionada con el cociente vertical E/P medido con OCT⁷. Se establecen como normales cifras de cociente E/P menores de 0,64. La cantidad de Hb es evaluada con un programa de análisis de imagen provisto de la herramienta Matlab de procesamiento de imágenes (The Math Works Inc, Natick, Massachusetts, EE. UU.) y lenguajes de programación Java (Oracle Corporation, Redwood Shores, California, EE. UU.).

Para la determinación del cociente E/P, HRT-III calcula automáticamente un plano de referencia, el cual está situado 50 µm por debajo de la superficie retiniana media en el área de análisis. A partir de ahí, establece la diferencia entre el área correspondiente a excavación papilar y el área de disco total, ofreciendo un valor de cociente E/P medido en el meridiano vertical. En el caso de OCT Spectralis, la medición se ha realizado delimitando la excavación papilar y el disco óptico a partir del análisis de las fotografías del fondo de ojo que ofrece el módulo de estudio de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) (fig. 2). Un examinador independiente (IRU) determinó en todos los casos la excavación papilar mediante este procedimiento. Sobre la fotografía del fondo de ojo, y empleando el medidor de distancias de alta

resolución que ofrece esta plataforma, se establecen los diámetros verticales de la excavación y de la papila en micras (fig. 3). La relación entre ambas medidas ofrece el valor de cociente E/P.

Para describir las características de los sujetos incluidos en el estudio, así como los parámetros obtenidos en las diferentes pruebas, se utilizan la media y la desviación estándar. Se consideran media y desviación estándar o mediana y rango intercuartil en caso de asimetría. Se analiza el comportamiento de las variables cuantitativas por cada uno de los grupos de diagnóstico categorizadas mediante el test de la t de Student (en comparaciones de una variable con 2 categorías) o el análisis de la varianza (ANOVA). Se corrige el nivel de significación con el test de Bonferroni. En todos los contrastes de hipótesis se rechaza la hipótesis nula con un error de tipo I o error α menor de 0,05. Para determinar la concordancia entre los distintos métodos estudiados se utilizó el coeficiente de correlación intraclass (CCI). Los datos resultantes fueron analizados utilizando los programas Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EE. UU.) y SPSS 15.0 para Windows (SPSS, Chicago, Illinois, EE. UU.).

Resultados

La edad media de la muestra fue $65,82 \pm 12,59$ años. El cociente E/P vertical (media $\pm$ DE) fue $0,57 \pm 0,14$; $0,51 \pm 0,25$; $0,55 \pm 0,17$; $0,50 \pm 0,24$, según Laguna ON_hE, HRT-III, OCT Spectralis y el observador experto en glaucoma, respectivamente. El cociente E/P estimado por Laguna ON_hE en los diferentes grupos estudiados fue: $0,51 \pm 0,11$ en controles; $0,51 \pm 0,10$ en HTO y $0,65 \pm 0,14$ en el grupo de GPAA, situándose por encima de lo que el programa establece como valor normal.

Los CCI en la población global fueron: 0,379 (IC 95%: 0,233-0,508) entre Laguna ON_hE y HRT; 0,621 (IC 95%: 0,513-0,709) entre Laguna ON_hE y OCT, y 0,558 (IC 95%: 0,398-0,678) entre Laguna ON_hE y observador. Esta concordancia entre Laguna ON_hE y los demás dispositivos estudiados se representa gráficamente, a través de diagramas de Bland-Altman, en la figura 4. El valor de la pendiente de las rectas de regresión fue para cada caso: Laguna-HRT: $-0,75$ (IC 95%: $-0,58$; $-0,92$); Laguna-OCT: $-0,26$ (IC 95%: $-0,11$; $-0,41$); y Laguna-observador experto: $-0,62$ (IC 95%: $-0,50$; $-0,75$). La concordancia entre métodos en el total de la población estudiada se muestra en la tabla 1. El mayor CCI en toda la muestra se obtuvo entre OCT y observador: 0,715 (IC 95%: 0,605-0,795).

La concordancia entre todos los métodos estudiados en los diferentes subgrupos en los que se halla distribuido el total de la población se muestra en la tabla 2. El mayor CCI en el análisis por subgrupos se obtuvo entre OCT y HRT en glaucomas avanzados (0,808; IC 95%: 0,530-0,930), seguido por la misma comparación de dispositivos en el caso de HTO (0,733; IC 95%: 0,538-0,854). La concordancia entre OCT y observador obtuvo el tercer CCI más alto, y el caso de este análisis fue en el grupo de controles (0,665; IC 95%: 0,482-0,792). Laguna ON_hE obtuvo su mayor concordancia con el observador experto en el subgrupo de glaucomas incipientes (CCI: 0,615; IC 95%: 0,347-0,791).

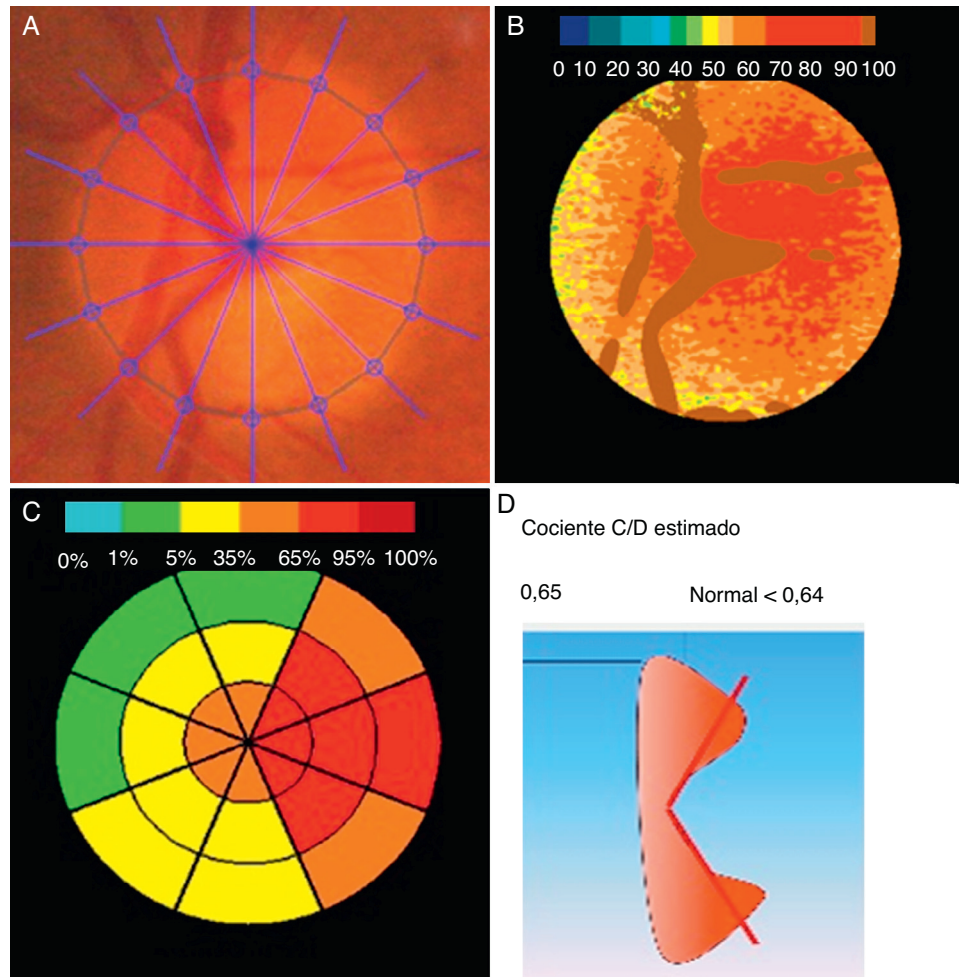


Figura 1 – Representaciones gráficas de diversos análisis ofrecidos por el colorímetro Laguna ON_hE. A) Delimitación de la papila del nervio óptico. Una vez que el programa abre la retinografía, localiza de forma automática la papila y muestra una imagen ampliada de la misma. El explorador establece el perímetro de la papila y a continuación el programa genera automáticamente 16 sectores delimitados a partir de radios centrales, cuyos límites externos pueden ser ajustados finamente de nuevo por el explorador. B) Representación de la papila en imagen de pseudocolor con la escala de colores en la parte superior. Se establece un código de colores en función del porcentaje de Hb que exista en cada zona de la papila en relación con el valor de referencia establecido (vasos centrales de la retina). Los colores más fríos indican baja cantidad de Hb (desde el azul más oscuro hasta el azul más claro y el verde), el amarillo representa un valor intermedio, y los colores cálidos como el naranja y el rojo hasta llegar al marrón indican mayor cantidad de Hb, sucesivamente. C) Gráfico de percentiles de concentración de Hb por sectores con la escala de colores en la parte superior. Se divide la papila en 24 sectores asimétricos entre sí dispuestos tal y como muestra en la figura. Los 24 sectores se encuentran agrupados en grupos de 3 (cada uno de ellos del mismo espesor), formando sectores de 45°. Se puede apreciar cómo finalmente los sectores quedan distribuidos a modo de 3 anillos concéntricos. D) Pendiente de concentraciones de Hb en el meridiano vertical. Se calcula la Hb media de varios sectores verticales agrupados por su localización central, intermedia o periférica para ver su distribución desde el centro hasta la periferia. El programa ofrece una estimación del cociente vertical E/P y aporta el dato numérico considerado como referencia normal.

Tabla 1 – CCI entre los diferentes dispositivos en toda la muestra (n = 154)

	Laguna ON _h E (0,57 ± 0,14)	HRT-III (0,51 ± 0,25)	SD-OCT (0,55 ± 0,17)	p
HRT-III	0,379			< 0,001
SD-OCT	0,621	0,644		< 0,001
Observador experto (0,50 ± 0,24)	0,558	0,649	0,715	< 0,001
	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	

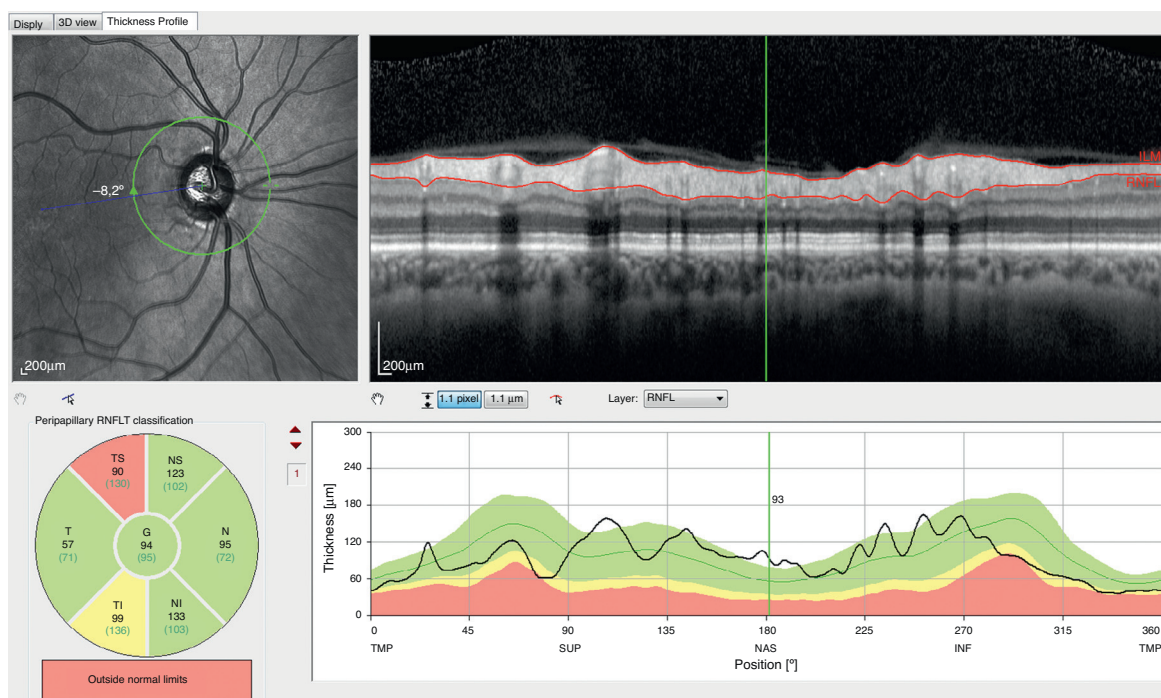


Figura 2 – Vista de la representación gráfica que ofrece el módulo de estudio de la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR) de OCT Spectralis: fotografía del fondo de ojo, indicando la localización de la sección; corte tomográfico de las capas de la retina, señalando la CFNR; cuantificación (en μm) del grosor de la CFNR por sectores y clasificación de los mismos mediante un mapa de colores; y representación del perfil de la CFNR superpuesto al mapa de colores.

Discusión

La medida del cociente E/P que ofrece el nuevo dispositivo de colorimetría fotográfica Laguna ON_hE se basa en la perfusión de la papila óptica y podría ser de utilidad en el diagnóstico

y el seguimiento de los pacientes con glaucoma⁶. Las retinografías miden la cantidad de luz reflejada en las diferentes longitudes de onda. En las áreas tisuales con elevado contenido en Hb gran parte de la luz reflejada es roja, menos es verde y menos aún es azul. En las áreas con bajo contenido

Tabla 2 – CCI entre los diferentes dispositivos en los diferentes subgrupos de la muestra

	Laguna ON _h E	HRT-III	SD-OCT
Controles			
HRT-III	0,263 (p = 0,028 [*])		
SD-OCT	0,498 (p < 0,001 [*])	0,606 (p < 0,001 [*])	
Observador experto	0,348 (p = 0,005 [*])	0,600 (p < 0,001 [*])	0,665 (p < 0,001 [*])
HTO			
HRT-III	0,158 (p = 0,173)		
SD-OCT	0,305 (p = 0,032 [*])	0,733 (p < 0,001 [*])	
Observador experto	0,097 (p = 0,281)	0,632 (p < 0,001 [*])	0,586 (p < 0,001 [*])
Glaucomas Incipientes			
HRT-III	0,323 (p = 0,032 [*])		
SD-OCT	0,479 (p = 0,002 [*])	0,308 (p = 0,039 [*])	
Observador experto	0,615 (p < 0,001 [*])	0,535 (p = 0,001 [*])	0,535 (p = 0,001 [*])
Glaucomas Moderados			
HRT-III	-0,034 (p = 0,556)		
SD-OCT	0,298 (p = 0,096)	0,479 (p = 0,015 [*])	
Observador experto	0,290 (p = 0,103)	0,336 (p = 0,070)	0,460 (p = 0,019 [*])
Glaucomas Avanzados			
HRT-III	0,444 (p = 0,038 [*])		
SD-OCT	0,564 (p < 0,010 [*])	0,808 (p < 0,001 [*])	
Observador experto	0,590 (p = 0,007 [*])	0,521 (p = 0,017 [*])	0,554 (p = 0,011 [*])

* p < 0,05.

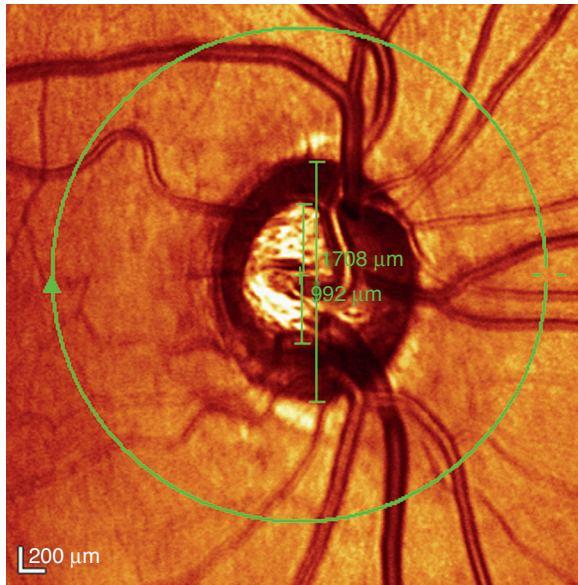


Figura 3 – Vista en detalle de la fotografía del fondo de ojo: ampliada, centrada en la papila del nervio óptico y a color. Se puede apreciar cómo se establecieron los diámetros verticales de la excavación y de la papila (en μm) mediante el medidor de distancias de alta resolución que ofrece esta plataforma.

en Hb, predominantemente se reflejan la luz verde y la azul. Según las determinaciones realizadas por González de la Rosa et al.⁶ cuanto menor es la cantidad de Hb, más verde y azul se refleja, por ello, en áreas con atrofia o poca vascularización (excavación papilar), la proporción de verde y azul reflejados se incrementa, y esto se percibe en la imagen como blanqueamiento (palidez). Se han publicado previamente otros sistemas informáticos similares de detección de glaucoma basados en el análisis de fotografías del fondo de ojo en los que se analiza de forma automática el cociente E/P, con muy buenos resultados⁸.

El programa Laguna ON_hE utiliza algoritmos matemáticos de segmentación automática que identifican los vasos retinianos y el borde de la papila. Así mismo, ofrece un valor de cociente E/P basado en una estimación de las concentraciones de Hb de las regiones papilares del eje vertical. Esta medida estimada presenta buena correlación con la determinada por OCT y la valorada por un especialista en glaucoma, según nuestro estudio. La concordancia fue buena entre Laguna ON_hE, OCT y experto en el global de la muestra (siendo ligeramente mayor con OCT; CCI: 0,621; $p < 0,001$), y menor con HRT (CCI: 0,379; $p < 0,001$), que presenta una correlación menor con el resto de procedimientos. En el análisis por subgrupos, se produjo un fenómeno similar, siendo la concordancia entre Laguna ON_hE y HRT más baja que con los otros métodos en todos los subgrupos, salvo en el caso de HTO (el CCI fue menor con el observador experto). Laguna ON_hE obtuvo su mayor concordancia con el observador experto en el subgrupo de glaucomas incipientes (CCI: 0,615), superando únicamente en este subgrupo y en el de glaucomas avanzados a la concordancia con OCT, que de nuevo obtuvo los valores más altos de CCI en la mayoría de los subgrupos estudiados.

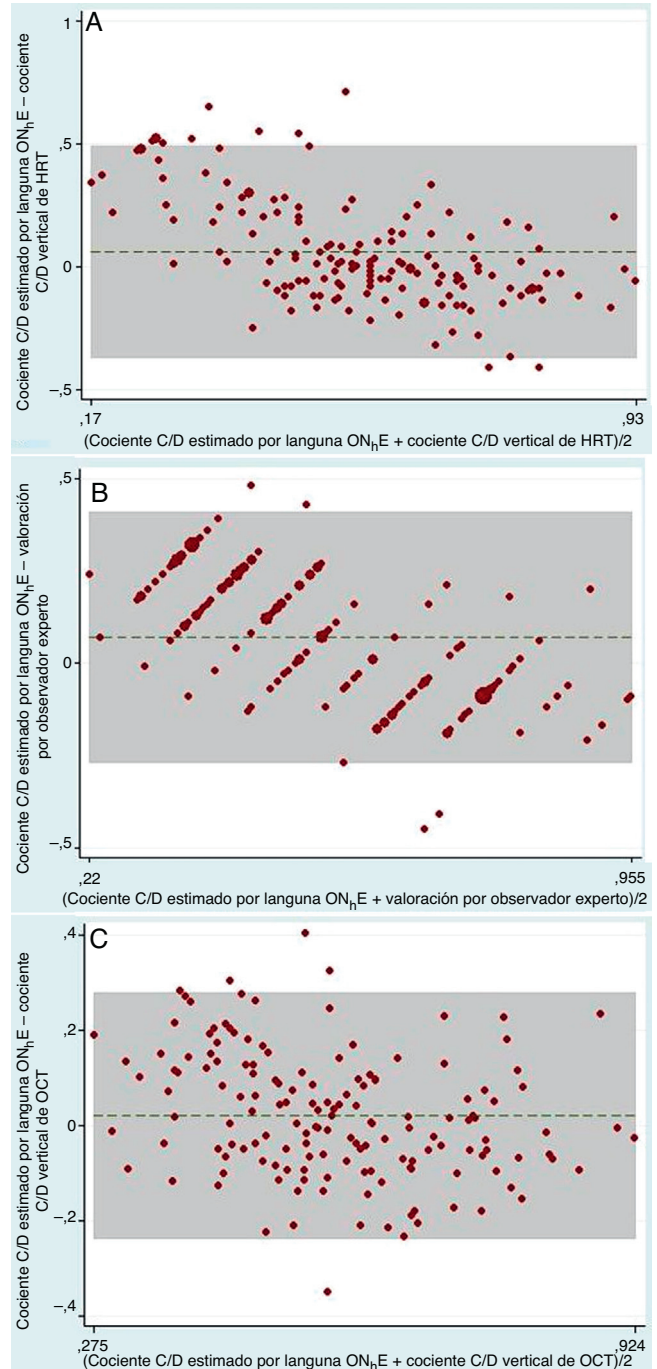


Figura 4 – Diagramas de Bland-Altman representando la concordancia entre Laguna ON_hE y los demás dispositivos estudiados en la población global. A) Laguna ON_hE – HRT. B) Laguna ON_hE – Observador experto. C) Laguna ON_hE – OCT.

El índice vertical E/P es un parámetro de HRT que ha demostrado utilidad diferenciando controles y glaucomas⁹. Algunos estudios en grandes poblaciones de HTO han demostrado que las medidas obtenidas con HRT se corresponden bien con las estimaciones basadas en la estereofotografía de la relación entre el cociente E/P tanto horizontal como vertical. Además, se ha visto que esas asociaciones permanecen tras el ajuste por edad, área de disco y PIO¹⁰. Al comparar HRT y SD-OCT

(SOCT Copernicus HR; OPTOPOL Technology S.A., Zawiercie, Polonia) las correlaciones más altas entre los dos instrumentos se observaron en el área de la excavación ($r=0,783$; $p=0,000$) y en el cociente E/P ($r=0,669$; $p=0,000$), mientras que las correlaciones más bajas se observaron en el área papilar ($r=0,100$; $p=0,037$), el área del anillo ($r=0,275$; $p=0,000$), el volumen de la excavación ($r=0,005$; $p=0,391$) y el volumen del anillo ($r=0,021$; $p=0,346$)². En un estudio llevado a cabo por Schuman et al. se encontró que el área papilar, el cociente E/P y el área de la excavación papilar eran mayores con OCT comparados con HRT, mientras que ocurría lo contrario con el volumen del anillo neuroretiniano¹¹. En nuestro estudio, el cociente E/P con OCT ($0,55 \pm 0,17$) fue mayor que el obtenido con HRT-III ($0,51 \pm 0,25$) resultando esta diferencia estadísticamente significativa (t-test; $p=0,004$).

En algunos estudios se ha percibido que las medidas obtenidas mediante OCT fueron superiores a las obtenidas con HRT-III, a excepción de la profundidad de la excavación media y máxima. El valor del coeficiente de correlación para el área papilar y el cociente E/P fueron 0,367 y 0,681 respectivamente⁵, cifras muy similares a las halladas en nuestro estudio (ICC de HRT frente a OCT para cociente E/P: 0,644; IC 95%: 0,536-0,730).

Las mejores correlaciones encontradas en este estudio corresponden a OCT y explorador experto. El método empleado en el presente trabajo para determinar el cociente E/P mediante OCT Spectralis, basado en el módulo de estudio de la CFNR, posiblemente disponga de menor precisión que los parámetros disponibles con otros SD-OCT como Cirrus (Carl Zeiss Meditec, Dublín, Irlanda), que ofrece un valor de cociente E/P de forma directa. Sin embargo, se parece más al análisis de la papila que lleva a cabo un observador lo cual podría ir a favor de la elevada concordancia entre estos dos métodos en cuanto a los resultados obtenidos. En esencia, el criterio que más ayuda a un observador a diferenciar entre la zona que corresponde a anillo neuroretiniano y la zona que corresponde a excavación papilar es la coloración de ambas zonas, lo cual guarda semejanza con el análisis que hace el colorímetro. Sin embargo, influyen otros factores como son la distribución e incurvamiento de los vasos papilares, etc. cuya interpretación podría ser más limitada con el colorímetro. Cabe señalar en nuestro caso que el análisis de papilas ópticas mediante fotografías bidimensionales podría ser una limitación del estudio, en relación con el análisis más preciso que ofrecen las estereofotografías.

En el presente estudio se ha visto que el CCI para el cociente E/P vertical entre OCT Spectralis y un observador experto fue 0,715 ($p < 0,001$), lo cual resulta superior a las cifras halladas en algunos estudios que comparaban los parámetros del disco óptico evaluados mediante estereofotografía y OCT Cirrus ($r=0,497$)³. La concordancia entre OCT y observador obtuvo el CCI más alto dentro de las comparaciones de toda la muestra y el tercer CCI más alto en el análisis por subgrupos, en este caso en el subgrupo de controles sanos, donde posiblemente sea más fácil para el observador determinar el valor de cociente E/P y coincidir con OCT.

En las gráficas de Bland-Altman (fig. 4) puede verse que, midiendo el cociente E/P mediante OCT, el valor tiende a ser mayor en glaucomas moderados y avanzados que en controles o sujetos con HTO. Sin embargo, Laguna ON_hE tiende sistemáticamente a proporcionar medidas algo más

elevadas de E/P en HTO y controles que OCT y valores generalmente algo más bajos en grupos más patológicos. Algo similar ocurre en las gráficas de Laguna-HRT y Laguna-observador. El valor negativo de la pendiente de la recta de regresión en estas gráficas explica este comportamiento de Laguna ON_hE cuando se la compara con los otros métodos diagnósticos estudiados. Como ya se ha comentado Laguna ON_hE ofrece un valor de cociente E/P basado en una estimación de las concentraciones de Hb de las regiones papilares del eje vertical. Si bien la utilización de estos parámetros colorimétricos guarda cierta semejanza con el análisis visual que hace el observador (aunque con las diferencias comentadas), es muy distinta al empleo de los criterios morfométricos que utilizan OCT y HRT y podría aportar medidas no tan exactas de esta variable, lo cual podría ser una posible explicación a estos resultados. Se debe recordar en este punto que Laguna ON_hE no fue diseñado primariamente para medir el cociente E/P sino que es una medida indirecta obtenida a través de estimaciones.

En conclusión, la medida del cociente C/D que ofrece Laguna ON_hE presenta buena correlación con las determinadas de forma semiautomática a partir de las imágenes obtenidas mediante OCT Spectralis y la valorada por un especialista en glaucoma. Las mejores correlaciones en la determinación de la E/P entre procedimientos se encuentran entre la medida de la E/P vertical de OCT y el experto. La correlación fue buena entre Laguna ON_hE, OCT y experto, siendo menor con la determinación de E/P vertical de HRT-III, que presenta una correlación menor con el resto de procedimientos. Si bien Laguna ON_hE no tiene como objetivo principal medir la relación E/P, la correlación entre la valoración de la excavación papilar realizada mediante este procedimiento y otras herramientas de diagnóstico estructural así como con la determinada por un examinador experto en glaucoma es alta.

Financiación

Este estudio se ha desarrollado con financiación de la Beca FIS (Fondo de Investigaciones Sanitarias) EXP: PI/09/90933 «Medida topográfica de la perfusión del nervio óptico y aplicación al estudio del glaucoma».

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alayon S, Gonzalez de la Rosa M, Fumero FJ, Sigut-Saavedra JF, Sanchez JL. Variabilidad entre expertos al delimitar el borde y área papilar. Arch Soc Esp Oftalmol. 2013;88:168-73.
2. Yang QS, Yu YJ, Li SN, Liu J, Hao YJ. Comparative study of optic disc measurement by Copernicus optical coherence tomography and Heidelberg retinal tomography. Chin Med J (Engl). 2012;125:2858-61.
3. Iwase A, Nakagawa T, Araie M. Comparison of optic disc parameters obtained by simultaneous stereo fundus photography and spectral domain optical coherence

- tomography. ARVO Annual Meeting. Seattle, WA, EE. UU.; 2013. Poster number: 1896-B0150.
4. Iester M, Mikelberg FS, Courtright P, Burk RO, Caprioli J, Jonas JB, et al. Interobserver variability of optic disk variables measured by confocal scanning laser tomography. *Am J Ophthalmol*. 2001;132:57-62.
 5. Seymenoglu G, Baser E, Ozturk B. Comparison of spectral-domain optical coherence tomography and Heidelberg retina tomograph III optic nerve head parameters in glaucoma. *Ophthalmologica*. 2013;229:101-5.
 6. Gonzalez de la Rosa M, Gonzalez-Hernandez M, Sigut J, Alayon S, Radcliffe N, Mendez-Hernandez C, et al. Measuring hemoglobin levels in the optic nerve head: Comparisons with other structural and functional parameters of glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54:482-9.
 7. Gonzalez de la Rosa M. 7.º Congreso de la Sociedad Española de Glaucoma. Alicante; 2012.
 8. Nayak JAR, Bhat PS, Shetty N, Lim T. Automated diagnosis of glaucoma using digital fundus images. *J Medical Sys*. 2009;33:337-46.
 9. Bozkurt B, Irkeç M, Arslan U. Diagnostic accuracy of Heidelberg Retina Tomograph III classifications in a Turkish primary open-angle glaucoma population. *Acta Ophthalmol*. 2010;88:125-30.
 10. Zangwill LM, Weinreb RN, Berry CC, Smith AR, Dirkes KA, Liebmann JM, et al. The confocal scanning laser ophthalmoscopy ancillary study to the ocular hypertension treatment study: Study design and baseline factors. *Am J Ophthalmol*. 2004;137:219-27.
 11. Schuman JS, Wollstein G, Farra T, Hertzmark E, Aydin A, Fujimoto JG, et al. Comparison of optic nerve head measurements obtained by optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol*. 2003;135:504-12.