

INVESTIGACIONES

Características estructurales del disco óptico y la capa de fibras neurorretinianas mediante tomografía confocal láser en la sospecha de cierre angular primario

Structural characteristics of the optic disc and the neuroretinal nerve fiber layer observed by confocal laser tomography in suspected primary angle closure

Dra. Liamet Fernández Argones, Dr. Francisco Fumero González, Dra. Carmen María Padilla González, Dr. Ibraín Piloto Díaz, Lic. Ana Iris Carcaset Chamizo

Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

RESUMEN

Objetivo: evaluar las características del disco óptico y la capa de fibras neurorretinianas en la sospecha de cierre angular primario, el desempeño de las funciones discriminantes y la influencia del tamaño del disco en estos.

Métodos: estudio de serie de casos de corte transversal en 47 ojos (30 pacientes) con sospecha de cierre angular primario. Se utilizó el tomógrafo confocal de barrido láser (HRT 3, Heidelberg Engineering, Alemania). Para el análisis de la influencia del tamaño del disco se consideraron tres grupos: área de disco menor de 1,6 mm², entre 1,6 y 2 mm² y mayor de 2,0 mm².

Resultados: el área de disco se relacionó positivamente con el área de copa, área de anillo, volumen de copa, área de sección transversal de la capa de fibras neurorretinianas y tamaño de copa ($p=0,023$, $p=0,009$, $p=0,022$, $p=0,026$, $p=0,020$ respectivamente) y negativamente con la curvatura horizontal de la capa de fibras neurorretinianas ($p=0,019$). Hubo una relación significativa con la variación de la altura del contorno ($p=0,008$), fundamentalmente a expensas de las diferencias de los discos pequeños con los medianos. Para las funciones MRA, GPS y FSM el mejor

desempeño fue en el disco pequeño (aproximadamente 92 % de concordancia con el disco sano en cada una). La función RB mostró la mayor coincidencia (100, 96 y 100 %; según grupos de área de disco), mientras el GPS, la menor (92, 72 y 55,6 % respectivamente).

Conclusiones: el área de disco se relaciona con el área de copa, área de anillo, volumen de copa, área de sección transversal y curvatura horizontal de la capa de fibras neurorretinianas, tamaño de copa y variación de altura del contorno. Las funciones MRA, GPS y FSM identifican el disco sano con mayor certeza cuando es pequeño. La función RB se desempeña mejor mientras el GPS peor, independientemente del valor de área de disco.

Palabras clave: sospecha de cierre angular primario, tomografía confocal laser, funciones discriminantes.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the characteristics of the optic disc and of the retinal nerve fiber layer in the suspected primary angle closure, the performance of glaucomatous discriminant functions, and the influence of the optic disc size in the results.

Methods: a cross-sectional case series study in 47 eyes (30 patients) with suspected primary angle-closure, for which the confocal laser tomography (HRT 3, Heidelberg Engineering, Germany), was used to obtain the images. The influence of the optic disc size was analyzed in 3 groups: $< 1,6\text{mm}^2$, $1,6 - 2,0\text{mm}^2$ y $> 2,0\text{mm}^2$.

Results: the disc area was positively related to the cup area, the rim area, the cup volume, the retinal nerve fiber layer cross sectional area, and the cup size ($p=0,023$, $p=0,009$, $p=0,022$, $p=0,026$, $p=0,020$ respectively) and negatively related with the horizontal curvature of the retinal nerve fiber layer ($p=0,019$). There was a significant relation to the variation of contour height ($p=0,008$), particularly to differences between small and medium size discs. Discriminant functions such as MRA, GPS and FSM performed better in small discs (approximately 92 % of agreement with the normal discs for each one). The RB function obtained the greater coincidence (100, 96 and 100 % for respective groups of disc areas), whereas GPS obtained the smallest (92, 72 and 55,6 % respectively).

Conclusions: the disc area is related to cup area, rim area, cup volume, retinal nerve fiber layer cross sectional area, retinal nerve fiber layer horizontal curvature, cup size and the variation of contour height. The MRA, GPS and FSM discriminant functions identify better the normal optic disc when it is small. The RB function performs the best whereas the GPS performs the worst, regardless of the disc area.

Key words: suspected primary angle closure, confocal laser scanning, discriminant glaucomatous functions.

INTRODUCCIÓN

El glaucoma por cierre angular primario continúa siendo un problema de salud mundial; afecta alrededor de 16 millones de personas en el mundo, 4 millones de las cuales son ciegas de ambos ojos.¹ En Cuba la presencia de ángulo estrecho se ha asociado al color de piel blanco, sexo femenino, menor longitud axial e hipermetropía.^{2,3} Estas características han sido relacionadas con el disco óptico pequeño en diferentes estudios.⁴⁻¹⁰

El examen del disco óptico y la capa de fibras neurorretinianas (CFNR) permanece como uno de los pilares fundamentales en el diagnóstico de glaucoma. El desarrollo tecnológico actual ha favorecido obtener imágenes digitales de estas estructuras mediante técnicas no invasivas, realizar mensuraciones objetivas y aplicar fórmulas para diferenciar los discos normales de los glaucomatosos.¹¹

Una de estas tecnologías es la tomografía confocal láser o retiniana de Heidelberg (HRT), cuyas mensuraciones han mostrado correlación significativa con las histológicas.¹² No obstante, el tamaño del disco óptico influye en las áreas y volúmenes calculados mediante esta tecnología,¹³ ha sido reportada menor precisión diagnóstica, fundamentalmente menor sensibilidad, en el disco óptico pequeño.¹⁴⁻¹⁹

Esta investigación persiguió el objetivo de evaluar mediante HRT las características normales del disco óptico, la CFNR y el desempeño de las funciones discriminantes en ojos con ángulo estrecho; así como evaluar la influencia del tamaño del disco en estos.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de serie de casos, corte transversal, en 47 ojos (30 pacientes) con diagnóstico de sospecha de cierre angular primario en el periodo de marzo a julio de 2010. Se incluyeron aquellos pacientes con ángulo camerular estrecho (no visualización del espolón escleral en la gonioscopia sin indentación con lente de Goldmann), relación copa/disco menor o igual a 0,2 a la oftalmoscopia directa, así como dos exámenes de campo visual confiables dentro de límites normales mediante el programa 32 del Perímetro OCTOPUS 101 (HAAG-STREIT International).

Se excluyeron los ojos con imágenes tomográficas de calidad no óptima (desviación estándar mayor de 20), aquellas donde el modelo matemático *Glaucoma Probability Store* (GPS) no funcionó, antecedentes de hipertensión ocular u otra condición como uveítis, trauma ocular; anomalías congénitas del disco óptico o de la CFNR, catarata, ametropía elevada y retinopatía diabética, que pudieran interferir en los resultados.

Las imágenes digitales del disco óptico y la CFNR fueron obtenidas mediante el tomógrafo confocal de barrido láser (HRT 3, Heidelberg Engineering, Alemania). Este utiliza un diodo láser de 670 nm para realizar un escaneo bidimensional en múltiples planos focales, así brinda finalmente una reconstrucción tridimensional media, a partir de las 3 imágenes obtenidas, con un tamaño de 15° (imagen topográfica media).

Se delimitó manualmente la línea de contorno del disco óptico por dos expertos (LF, FF) al seguir el borde interno del anillo de Elschnig. Luego se obtuvieron los siguientes parámetros estereométricos relacionados con el disco óptico y la CFNR: área de disco, área de copa, área de anillo, relación de área copa/disco, relación de copa/disco lineal,

volumen de copa, volumen de anillo, profundidad media de copa, profundidad máxima de copa, índice de morfología de copa (medida de la forma tridimensional general de la copa del disco óptico), espesor medio de CFNR (medida relativa al plano de referencia que representa el grosor de la CFNR a lo largo de la línea de contorno), área de sección transversal de CFNR (representa el área entre el plano de referencia y la línea de contorno), máxima elevación del contorno, máxima depresión del contorno y variación de altura del contorno (representa la diferencia entre el punto más elevado y más deprimido a nivel de la línea de contorno).

Al delimitar manualmente la línea de contorno se define automáticamente el plano de referencia a 50 μm de profundidad de la altura de la superficie media del haz papilomacular en la línea de contorno (350° - 356°). Las estructuras profundas con respecto al plano de referencia son consideradas copa (excavación) y por encima, anillo neurorretiniano.

Basado en el GPS, sistema completamente automático que se aplica sobre la base de un modelo matemático de la forma del disco óptico insertando datos recogidos directamente del mapa topográfico, se adquirieron las mensuraciones siguientes: inclinación de la pared de copa, profundidad y tamaño de copa, curvatura horizontal y vertical de CFNR.²⁰

Las variables mencionadas se analizaron según las diferencias de sus medias entre las zonas temporal-superior (TS) y temporal-inferior (TI).

Se estudió la influencia del área de disco en las medias de las variables considerando tres grupos: área de disco menor de 1,6 mm^2 (pequeño), entre 1,6 - 2,0 mm^2 (mediano) y mayor de 2,0 mm^2 (grande). El primer grupo coincide con el área de disco pequeña en la base de datos normativa del HRT 3, mientras el segundo y tercer grupo con el área de disco normal (1,6 - 2,5 mm^2).²¹ El reordenamiento utilizado en este estudio se realizó teniendo en cuenta que la mayor área de disco de la muestra fue de 2,35 mm^2 .

Se comparó la certeza en la clasificación del disco sano mediante análisis de regresión de Moorfields (MRA, según siglas en inglés), cálculo de probabilidad de glaucoma (GPS, según siglas en inglés), fórmulas discriminantes Frederick S. Mikelberg (función FSM) y R. Bathija (función RB) en los tres grupos de área de disco.

El MRA^{22,23} se basa en la relación que existe entre el anillo y la copa de forma global y por sectores. El GPS compara con la base de datos normativa para clasificar el disco óptico como normal (valor entre 0 y 28), intermedio o sospechoso (entre 28 y 64) y fuera de los límites normales (de 64 a 100).^{18,24}

Las formulas discriminantes FSM²⁵ y RB²⁶ consideran normales los valores positivos y anormales los negativos. La función discriminante FSM incluye el índice de morfología de copa, la variación de altura del contorno y el volumen de anillo. La función discriminante RB incluye el índice de morfología de copa, variación de altura del contorno, espesor medio de CFNR y área de anillo.

Se analizaron las diferencias entre las variables del grupo de discos clasificados como normales y las del grupo de discos mal clasificados (incluye sospechosos y fuera de límites normales), para cada una de las funciones. El análisis estadístico se realizó mediante el test no paramétrico de U de Mann-Whitney para comparación de dos

medias y de Kruskal-Wallis para más de dos medias en grupos independientes, ambas con un nivel de significación de $\alpha=0,05$.

Se obtuvo el consentimiento informado de los pacientes para la realización de los exámenes diagnósticos y la utilización de los datos en la confección del presente trabajo. Se siguió los postulados de la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

En la serie se presentó como promedio $47 \pm 12,9$ años de edad (rango de 23 a 72). Predominó el sexo femenino y el color de piel blanco. La estrechez angular varió de 0 a 20° (según Shaffer) y la relación copa/disco al examen del nervio óptico en lámpara de hendidura de 0 a 0,2 ([tabla 1](#)).

Tabla 1. Distribución de los pacientes según datos demográficos

Variable	Resultados
Edad media \pm DS (rango)	$47,43 \pm 12,86$ (23 - 72)
Sexo femenino masculino	23 7
Color de la piel blanco no blanco	24 6
Amplitud angular 0° 10° 20°	9 17 21
Relación de área copa/disco 0 0,1 0,2	14 15 18

El área de disco no mostró relación significativa con el color de la piel ($p=0,656$) ni con el sexo ($p=0,816$). Las medias de las variables obtenidas mediante los parámetros estereométricos (dependientes de la línea de contorno) y mediante el GPS (automáticos) se muestran en la [tabla 2](#). El valor de área de disco se relacionó positivamente con el área de copa, área de anillo, volumen de copa, área de sección transversal de CFNR y tamaño de copa ($p=0,023$, $p=0,009$, $p=0,022$, $p=0,026$, $p=0,020$ respectivamente). Se relacionó negativamente con la curvatura horizontal de CFNR ($p=0,019$). Hubo una relación significativa con la variación de la altura del contorno ($p=0,008$) fundamentalmente a expensas de las diferencias de los discos pequeños con los medianos ([tabla 2](#)).

Tabla 2. Valores medios de los parámetros mensurados mediante HRT según el área de disco

Parámetros estereométricos	< 1,6 mm ² (n=13) Media±DS (Rango)	1,6 - 2,0 mm ² (n=25) Media±DS (Rango)	> 2,0 mm ² (n=9) Media±DS (Rango)	Valor p [§]	Valor p [*]	Valor p [‡]	Valor p [†]
Área de copa (mm ²)	0,18±0,15 (0 - 0,49)	0,32±0,21 (0 - 1,01)	0,41±0,26 (0,15 - 0,91)	0,023	0,032	0,618	0,004
Área de anillo (mm ²)	1,28±0,14 (1,06 - 1,47)	1,39±0,36 (0,07 - 1,84)	1,59±0,38 (0,75 - 1,95)	0,009	0,023	0,066	0,011
Relación de área copa/disco	0,16±0,11 (0 - 0,32)	0,18±0,08 (0 - 0,35)	0,18±0,11 (0,07 - 0,35)	0,620			
Relación de copa/disco lineal	0,35±0,11 (0,23 - 0,56)	0,47±0,10 (0,31 - 0,64)	0,41±0,12 (0,24 - 0,55)	0,609			
Volumen de copa (mm ³)	0,03±0,04 (0 - 0,11)	0,08±0,13 (0 - 0,59)	0,13±0,19 (0,01 - 0,59)	0,022	0,012	0,969	0,017
Volumen de anillo (mm ³)	0,35±0,12 (0,22 - 0,53)	0,40±0,26 (-0,38 - 0,92)	0,56±0,20 (0,29 - 0,87)	0,051			
Profundidad media de copa (mm)	0,13±0,07 (0,06 - 0,28)	0,18±0,10 (0,03 - 0,52)	0,22±0,11 (0,12 - 0,5)	0,058			
Profundidad máxima de copa (mm)	0,43±0,24 (0,18 - 1)	0,55±0,25 (0,19 - 1,14)	0,61±0,30 (0,34 - 1,34)	0,278			
Índice de la morfología de copa	-0,22±0,05 (-0,28 - -0,12)	-0,24±0,08 (-0,53 - -0,09)	-0,18±0,06 (-0,26 - -0,09)	0,248			
Esesor medio de CFNR (mm)	0,25±0,09 (0,14 - 0,41)	0,27±0,07 (0,15 - 0,42)	0,30±0,06 (0,25 - 0,43)	0,256			
Área de sección transversal de CFNR (mm ²)	1,08±0,39 (0,6 - 1,77)	1,27±0,4 (0,2 - 2,08)	1,58±0,31 (1,34 - 2,24)	0,026	0,150	0,050	0,014
Máxima elevación del contorno (mm)	-0,12±0,09 (-0,29 - 0,03)	-0,08±0,13 (-0,35 - 0,38)	-0,12±0,08 (-0,25 - -0,03)	0,689			
Máxima depresión del contorno (mm)	0,26±0,16 (0,05 - 0,59)	0,41±0,36 (0,11 - 2,05)	0,36±0,12 (0,16 - 0,51)	0,119			
Variación de altura del contorno	0,35±0,11 (0,23 - 0,56)	0,42±0,11 (0,31 - 0,64)	0,41±0,11 (0,24 - 0,55)	0,008	0,002	0,163	0,186
Parámetros GPS							
Inclinación de la pared de copa	0,13±0,51 (-0,83 - 0,82)	-0,14±0,47 (-1 - 0,86)	-0,18±0,45 (-0,92 - 0,5)	0,184			
Tamaño de copa (mm ²)	0,24±0,1 (0,1 - 0,35)	0,27±0,07 (0,16 - 0,43)	0,39±0,12 (0,23 - 0,57)	0,020	0,504	0,009	0,017
Profundidad de copa (mm)	0,42±0,15 (0,24 - 0,66)	0,54±0,19 (0,18 - 1,02)	0,55±0,09 (0,42 - 0,71)	0,091			
Curvatura horizontal de CFNR	0,026±0,04 (-0,04 - 0,08)	-0,012±0,03 (-0,06 - 0,06)	-0,017±0,08 (-0,1 - 0,16)	0,019	0,012	0,355	0,025
Curvatura vertical de CFNR	-0,06±0,07 (-0,15 - 0,07)	-0,11±0,07 (-0,27 - 0,08)	-0,08±0,08 (-0,25 - 0,04)	0,093			

CFNR: capa de fibras neurorretinianas

§: correspondiente al análisis entre (< 1,6 mm²), (1,6 - 2,0 mm²) y (> 2,0 mm²), test de Kruskal- Wallis; *: correspondiente entre (< 1,6 mm²) y (1,6 - 2,0 mm²), test U de Mann-Whitney; ‡: correspondiente entre (1,6 - 2,0 mm²) y (> 2,0 mm²), test U de Mann-Whitney; † correspondiente entre (< 1,6 mm²) y (> 2,0 mm²), test U de Mann-Whitney

No existió diferencias significativas entre las áreas temporal-superior y temporal-inferior de cada variable estudiada, excepto en el tamaño de copa (0,002). Su valor medio fue mayor hacia la zona temporal-inferior (0,051 mm²) que hacia temporal-superior (0,036 mm²).

La correcta clasificación de disco óptico normal en las cuatro funciones ocurrió en 68 % de los ojos; 84,6 % en discos menores de 1,6 mm², 68 % en discos entre 1,6 y 2,0 mm² y 44,4 % en discos mayores de 2,0 mm². Para las funciones MRA, GPS y FSM el mejor desempeño fue en la clasificación del disco pequeño (aproximadamente 92 % de concordancia con el disco sano en cada una). La función RB mostró la mayor coincidencia (100, 96 y 100 % para los respectivos grupos), mientras el GPS la menor (92, 72 y 55,6 % respectivamente) ([tabla 3](#)).

Tabla 3. Distribución de los discos clasificados según función discriminante y valor de área de disco

		Área de disco (mm ²)					
		< 1,6 n= 13		1,6 - 2,0 n= 25		> 2,0 n= 9	
		No.	%	No.	%	No.	%
Función FSM	Normal	12	92,3	22	88,0	8	88,9
	Anormal	1	7,7	3	12	1	11,1
Función RB	Normal	13	100,0	24	96	9	100,0
	Anormal	0	0	1	4	0	0
Clasificación Moorfields	Normal	12	92,3	23	92	7	77,8
	Limítrofe	1	7,7	2	8	2	22,2
Clasificación GPS	Normal	12	92	18	72	5	55,6
	Limítrofe	1	8	4	16	1	11,1
	Fuera de límites normales	0	0	3	12	3	33,3

Normal: discos bien clasificados. Limítrofe y fuera de límites normales: discos mal clasificados

El análisis comparativo entre las medias de los discos correctamente clasificados como normales mediante la función FSM y los que no, mostró diferencias significativas en el área de copa ($p=0,004$), área de anillo ($p=0,009$), volumen de copa ($p=0,011$), volumen de anillo ($p=0,006$), profundidad media de copa ($p=0,002$) y profundidad máxima de copa ($p=0,001$) ([tabla 4](#)).

En la función MRA el análisis comparativo encontró diferencias significativas en el área de copa ($p=0,000$), relación de área copa/disco ($p=0,049$), volumen de copa ($p=0,003$), volumen de anillo ($p=0,017$), profundidad media de copa ($p=0,001$), profundidad máxima de copa ($p=0,003$), índice de morfología de copa ($p=0,032$), inclinación de la pared de copa ($p=0,020$) y tamaño de copa ($p=0,002$).

En la clasificación GPS las diferencias significativas ocurrieron en las variables inclinación de la pared de copa ($p=0,036$) y curvatura horizontal de CFNR ($p=0,000$) ([tabla 4](#)).

Entre el grupo de discos correctamente clasificados por todas las funciones y aquellos mal clasificados por alguna de ellas las diferencias fueron significativas en la profundidad media de copa ($p=0,018$), profundidad máxima de copa ($p=0,016$), inclinación de la pared de copa ($p=0,017$), tamaño de copa ($p=0,049$) y curvatura horizontal de CFNR ($p=0,000$) ([tabla 4](#)).

Tabla 4. Valores medios de los parámetros mensurados mediante HRT para los discos bien clasificados y mal, en las diferentes funciones discriminantes

Parámetros estereométricos	FSM, Media Normal/Anormal (p*)	RB, Media Normal/Anormal (p*)	MRA, Media Normal/Anormal (p*)	GPS, Media Normal/Anormal (p*)	Todas, Media Normal/Anormal (p*)
Área de disco (mm ²)	1,77/1,76 (0,809)	1,77/1,86 (0,768)	1,75/1,93 (0,240)	1,74/1,87 (0,081)	1,76/1,79 (0,560)
Área de copa (mm ²)	0,26/0,65 (0,004)	0,29/1,01 (0,090)	0,25/0,74 (0,000)	0,27/0,39 (0,458)	0,25/0,41 (0,054)
Área de anillo (mm ²)	1,43/1,12 (0,009)	1,41/0,85 (0,121)	1,42/1,19 (0,065)	1,40/1,40 (0,734)	1,43/1,33 (0,085)
Relación de área copa/disco	0,17/0,25 (0,078)	0,18/0,14 (0,740)	0,17/0,26 (0,049)	0,18/0,15 (0,352)	0,17/0,19 (0,631)
Relación de copa/disco lineal	0,39/0,39 (0,796)	0,39/0,38 (0,883)	0,39/0,39 (0,986)	0,36/0,46 (0,051)	0,36/0,45 (0,064)
Volumen de copa (mm ³)	0,08/0,28 (0,011)	0,09/0,52 (0,120)	0,08/0,31 (0,003)	0,09/0,15 (0,596)	0,09/0,14 (0,155)
Volumen de anillo (mm ³)	0,46/0,25 (0,006)	0,44/0,17 (0,105)	0,46/0,27 (0,017)	0,41/0,54 (0,131)	0,43/0,46 (0,918)
Profundidad media de copa (mm)	0,15/0,35 (0,002)	0,17/0,52 (0,090)	0,15/0,37 (0,001)	0,16/0,23 (0,263)	0,15/0,23 (0,018)
Profundidad máxima de copa (mm)	0,47/1,01 (0,001)	0,51/1,14 (0,105)	0,48/0,92 (0,003)	0,49/0,63 (0,303)	0,45/0,68 (0,016)
Índice de la morfología de copa	-0,22/-0,21 (0,849)	-0,22/-0,09 (0,104)	-0,23/-0,16 (0,032)	-0,23/-0,20 (0,488)	-0,23/-0,21 (0,801)
Espesor medio de CFNR (mm)	0,27/0,26 (0,809)	0,27/0,18 (0,184)	0,28/0,24 (0,240)	0,26/0,30 (0,094)	0,26/0,29 (0,163)
Área de sección transversal de CFNR (mm ²)	1,28/1,23 (0,877)	1,29/0,89 (0,224)	1,29/1,18 (0,469)	1,22/1,47 (0,048)	1,22/1,39 (0,135)
Máxima elevación del contorno (mm)	-0,10/-0,04 (0,112)	-0,10/0,08 (0,104)	-0,11/-0,03 (0,090)	-0,10/-0,09 (0,392)	-0,10/-0,09 (0,397)
Máxima depresión del contorno (mm)	0,35/0,40 (0,178)	0,35/0,41 (0,439)	0,36/0,31 (0,849)	0,35/0,38 (0,097)	0,35/0,37 (0,098)
Variación de altura del contorno	0,42/0,53 (0,101)	0,43/0,64 (0,113)	0,43/0,44 (0,782)	0,43/0,42 (0,850)	0,44/0,42 (0,664)
Parámetros GPS					
Inclinación de la pared de copa	-0,04/-0,34 (0,234)	-0,05/-1,00 (0,090)	-0,01/-0,58 (0,020)	0,00/-0,32 (0,036)	0,04/-0,31 (0,017)
Tamaño de copa (mm ²)	0,27/0,34 (0,183)	0,28/0,34 (0,319)	0,26/0,44 (0,002)	0,27/0,34 (0,066)	0,26/0,33 (0,049)
Profundidad de copa (mm)	0,50/0,54 (0,959)	0,52/0,18 (0,090)	0,50/0,54 (0,512)	0,51/0,50 (0,960)	0,49/0,54 (0,522)
Curvatura horizontal de CFNR	0,00/-0,03 (0,165)	0,00/0,00 (0,900)	0,00/-0,03 (0,319)	0,01/-0,05 (0,000)	0,01/-0,04 (0,000)
Curvatura vertical de CFNR	-0,09/-0,10 (0,876)	-0,09/-0,15 (0,268)	-0,09/-0,08 (0,691)	-0,10/-0,08 (0,632)	-0,10/-0,09 (0,591)

CFNR: capa de fibras neuroretinianas, FSM: función discriminante FSM, RB: función discriminante RB, MRA: análisis de regresión de Moorfields, GPS: cálculo de probabilidad de glaucoma, Todas: discos clasificados como Normal por las cuatro funciones anteriores
p* correspondiente a U de Mann-Whitney

DISCUSIÓN

Las variables área de disco, área de copa, relación de área copa/disco, profundidad media de copa, profundidad máxima de copa, índice de morfología de copa y área de sección transversal de CFNR promediaron los valores más bajos al comparar con los reportados por investigaciones realizadas en sujetos normales de ángulo abierto y de diferentes etnias ([tabla 5](#)).^{13,27-31}

Tabla 5. Valores medios de los parámetros mensurados mediante HRT en diferentes estudios en ojos normales

Parámetros estereométricos (media± DS)	Estudio actual	López ²⁷ n=423 HRT 2	Martínez ²⁸ n=20 HRT1	Hermann ²⁹ n=1764 HRT1	Rekic ³⁰ n=50 HRT1	Shin ³⁴ n=30 HRT	Kee ¹³ n= 104 TopSS	HRT2 ³¹ (según base de datos normativa)
Área de disco (mm ²)	1,77±0,25	1,96±0,33	2,17±0,25	1,82±0,39	2,00±0,41	2,48±0,58	2,50±0,52	2,257±0,563
Área de copa (mm ²)	0,30±0,22	0,49±0,33	0,85±0,42	0,44±0,32	0,38±0,27	0,73±0,39		0,768±0,505
Área de anillo (mm ²)	1,40±0,33	1,48±0,27	1,32±0,49	1,39±0,27	1,62±0,35	1,74±0,47	1,40±0,35	1,489±0,291
Relación de área copa/disco	0,18±0,10	0,24±0,13	0,39±0,20	0,22±0,13	0,19±0,12	0,29±0,14		0,314±0,152
Relación copa/disco lineal	0,39±0,15							
Volumen de copa (mm ³)	0,10±0,17	0,12±0,13	0,22±0,18		0,07±0,07	0,17±0,17		0,240±0,245
Volumen de anillo (mm ³)	0,44±0,20	0,41±0,13	0,30±0,23	0,38±0,13	0,47±0,18	0,43±0,09		0,362±0,124
Profundidad media de copa (mm)	0,17±0,10	0,22±0,09	0,26±0,13		0,18±0,08	0,23±0,11		0,262±0,118
Profundidad máxima de copa (mm)	0,53±0,26	0,62±0,24	0,62±0,20		0,49±0,19	0,58±0,21		0,679±0,223
Índice de la morfología de copa	-0,22±0,08	-0,19±0,07	-0,16±0,08			-0,16±0,07		-0,181±0,092
Espesor medio de CFNR (mm)	0,27±0,08	0,26±0,07		0,26±0,07	0,27±0,06	0,25±0,08		0,244±0,063
Área de sección transversal de CFNR (mm ²)	1,28±0,41	1,29±0,32			1,33±0,35	1,36±0,35		1,282±0,328
Máxima elevación del contorno (mm)	-0,10±0,11	-0,12±0,09						
Máxima depresión del contorno (mm)	0,36±0,29	0,29±0,13						
Variación de altura del contorno	0,43±0,12	0,41±0,09	0,35±0,17		0,41±0,09	0,37±0,09	0,37±0,09	0,384±0,087
Parámetros GPS (media± DS)								
Inclinación de la pared de copa	-0,07±0,48							
Tamaño de copa (mm ²)	0,28±0,10							
Profundidad de copa (mm)	0,51±0,17							
Curvatura horizontal de CFNR	0,00±0,05							
Curvatura vertical de CFNR	-0,09±0,07							

CFNR: capa de fibras neuroretinianas

La presencia de área de disco pequeña asociada al cierre angular no ha sido reportada por otros autores. *Congdon* y otros³² demostraron que la profundidad de la cámara anterior y la longitud axial no difiere entre chinos, caucásicos y africanos, y que los caucásicos tienen una prevalencia de hipermetropía significativamente mayor que los chinos. En cambio, el radio de curvatura corneal es significativamente menor en chinos que en caucásicos o descendientes de africanos, esto justifica una menor cámara anterior y abertura del ángulo camerular. En esta investigación, al parecer, el área de disco pequeña se relaciona con la menor longitud axial y la hipermetropía que han sido descritas en pacientes con cierre angular primario en Cuba.^{2,3,9-10} En la miopía axial, por el contrario, se ha reportado mayor área de disco.³³

Varias publicaciones coinciden en la dependencia de los parámetros estereométricos al área de disco. Se reporta correlación positiva con el tamaño de copa, el índice de morfología de copa, relación de área copa/disco, área de anillo y conteo de fibras neuroretinianas.^{4,8,13,34,35} Según *Girkin* y otros⁷ la mayoría de las diferencias topográficas del disco óptico entre individuos normales descendientes de africanos y europeos, se justifica por las diferencias en el área de disco y la altura del plano de

referencia, excepto para la profundidad de copa. En ojos miopes (miopía axial) donde el disco es de mayor tamaño, los valores de parámetros como volumen de anillo, variación de altura del contorno, espesor medio y área de sección transversal de CFNR son significativamente mayores que en ojos no miopes.³³ En cuanto a la variación de altura del contorno, máxima elevación y máxima depresión del contorno, *Kee* y otros¹³ no encontraron relación con el tamaño del disco.

En esta investigación se obtuvo un aumento significativo de copa hacia el sector ínfero-temporal al comparar con el supero-temporal. Al seguir la distribución normal del grosor del anillo neuroretiniano mediante la regla ISNT (mayor grosor hacia el sector inferior, seguido del superior, nasal y temporal),^{4,7,35} un aumento del área de copa ínfero-temporal y la resultante disminución del área de anillo neuroretiniano sería sugestivo de daño glaucomatoso. El estudio multicéntrico realizado por *Oddone* y otros³⁶ observó una mayor sensibilidad y especificidad diagnóstica en los discos pequeños mediante el análisis del sector ínfero-nasal, mientras en los discos grandes los hallazgos en el clásico sector ínfero-temporal fueron fundamentales. Al parecer, la regla ISNT tiene mayor aplicación en los discos de tamaño normal-grande.

En cuanto a la discriminación del daño glaucomatoso, *Zangwill* y otros¹⁴ reportaron que el GPS puede ser más útil para confirmar discos normales que el MRA, y que discos de mayor tamaño se asocian con mayor certeza diagnóstica que los pequeños, esto no fue aplicable a la presente serie de casos. También coincide con los resultados de este artículo, *Coops* y otros³⁷ que encontraron mayor número de falsos positivos en discos grandes mediante el GPS y el MRA, mientras *Iester* y otros¹⁸ reconocieron la fórmula de Bathija (RB) como la de mayor precisión diagnóstica al tiempo que el GPS, mostraba los peores resultados. No obstante, los autores de esta investigación reconocen la ventaja del GPS de utilizar directamente el mapa topográfico, lo cual limita el error inducido por el operador durante la demarcación de la línea de contorno.

Estudios previos han investigado, en el HRT, el valor de determinadas mensuraciones en la precisión diagnóstica. Hasta el momento, ningún sistema de imágenes es capaz por sí solo, de discriminar el daño glaucomatoso con un 100 % de sensibilidad y especificidad. La combinación de los parámetros del disco óptico mediante HRT, de la CFNR mediante tomografía de coherencia óptica y de la función mediante el campo visual, debe complementar el examen clínico para definir el diagnóstico de glaucoma. Las mensuraciones brindadas por el HRT que han mostrado mayor correlación con el daño glaucomatoso han sido la relación de área copa/disco según *Badalá* y otros;³⁸ área de anillo e índice de morfología de copa según *Iester* y otros;¹⁸ en discos pequeños y medianos el espesor medio de CFNR y relación de área copa/ disco en el sector ínfero-temporal; mientras en los discos grandes, el índice de la morfología de copa y la relación de área copa/ disco en el sector supero-temporal, según *Oddone* y otros.³⁶

Algunos autores analizan variables específicas que consideran que son las más sensibles al daño glaucomatoso. Por ejemplo, *Arena* y otros³⁹ estudiaron la relación de área copa/disco, volumen de copa, volumen de anillo y área de sección transversal de CFNR; mientras *Breusegem* y otros⁴⁰ el área de anillo, volumen de anillo, espesor medio de CFNR, índice de la morfología de copa y variación de altura del contorno.

Los resultados obtenidos se compararon con aquellos reportados en ojos de ángulo abierto y los que incluyen discos de pequeño tamaño. Esto ocurrió debido al limitado número de estudios similares en el ángulo estrecho.

En conclusión, en Cuba, el disco óptico de los ojos con ángulo estrecho es pequeño. El área de disco se relaciona significativamente con las variables área de copa, área de anillo, volumen de copa, área de sección transversal y curvatura horizontal de CFNR, variación de altura del contorno y tamaño de copa. Las funciones MRA, GPS y FSM identifican el disco sano con mayor certeza cuando es pequeño; la función RB se desempeña mejor mientras el GPS obtiene los peores resultados, independientemente del valor de área de disco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Quigley HA. Glaucoma de ángulo cerrado, respuestas simples a mecanismos complejos. Explicación de los mecanismos del glaucoma de ángulo cerrado sobre la base de conceptos fundamentados en evidencias. *Am J Ophthalmol*. 2009;148(5):657-69.
2. Fernández L, Padilla CM, Sánchez E, Piloto I, Cobas MJ, et al. Evaluación del cierre angular primario mediante biomicroscopia ultrasónica. *Rev Cubana Oftalmol*. 2009;22(Sup 1):41-6.
3. Sedeño I, García F, Stusser R, Padrón V. Valor de la ecobiometría en el glaucoma primario de ángulo estrecho. *Rev Cubana Oftalmol*. 1999;12(1):5-14.
4. Jonas JB. What are the ophthalmoscopic signs of glaucomatous optic neuropathy? En: Susanna R Jr, Weinreb RN. *Answers in glaucoma*. Brasil: Cultura Médica; 2005. p. 39-49.
5. Chi T, Ritch R, Stickler D. Racial differences in optic nerve head parameters. *Arch Ophthalmol*. 1989;107(6):836-9.
6. Mansour AM. Racial variation of optic disc size. *Ophthalmic Res*. 1991;23(2):67-72.
7. Girkin CA, Sample PA, Liebmann JM, Jain S, Bowd C, ADAGES Group. African Descent and Glaucoma Evaluation Study (ADAGES): II. Ancestry differences in optic disc, retinal nerve fiber layer, and macular structure in healthy subjects. *Arch Ophthalmol*. 2010;128(5):541-50.
8. Zangwill LM, Weinreb RN, Berry CC, Smith AR, Dirkes KA, Coleman AL, et al. For the Confocal Scanning Laser Ophthalmoscopy Ancillary Study to the Ocular Hypertension Treatment Study. Racial differences in optic disc topography. *Arch Ophthalmol*. 2004;122(1):22-28.
9. Jonas JB. Optic disk size correlated with refractive error. *Am J Ophthalmol*. 2005;139(2):346-8.
10. Miglior S, Brigatti L, Velati P, Balestreri C, Rossetti L, Bujtar E, et al. Relationship between morphometric optic disc parameters, sex and axial length. *Curr Eye Res*. 1994;13(2):119-24.

11. Hertz BT, Parrish RK. ¿Qué tecnología dominará el análisis estructural del glaucoma? *Ophthalmology Times América Latina*. 2007;13-4.
12. Shimazawa M, Tomita G, Taniguchi T, Sasaoka M, Hara H, Kitazawa Y, et al. Morphometric evaluation of changes with time in optic disc structure and thickness of retinal nerve fibre layer in chronic ocular hypertensive monkeys. *Experimental Eye Research*. 2006;82(3):427-40.
13. Kee Ch, Kooa H, Jia Y, Kimb S. Effect of optic disc size or age on evaluation of optic disc variables. *Br J Ophthalmol*. 1997;81(12):1046-9.
14. Zangwill LM, Jain S, Racette L. The effect of disc size and severity of disease on the diagnostic accuracy of the Heidelberg retina tomograph Glaucoma Probability Score. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(6):2653-60.
15. Iester M, Mikelberg FS, Drance SM. The effect of optic disc size on diagnostic precision with the Heidelberg retina tomograph. *Ophthalmology*. 1997;104(3):545-8.
16. Quigley MG, Patel V, Wittich W, Harasymowycz P. Comparing optic nerve-head-size measurements by the Heidelberg Retina Tomograph with fundus photography performed with a novel focusing technique. *J Glaucoma*. 2008;17(6):480-3.
17. Ferreras A, Pajarín AB, Polo V, Larrosa JM, Pablo LE, Honrubia FM. Diagnostic ability of Heidelberg Retina Tomograph 3 classifications: Glaucoma Probability Score versus Moorfields Regression Analysis. *Ophthalmology*. 2007;114(11):1981-7.
18. Iester M, Perdicchi A, Capris E, Siniscalco A, Calabria G, Santi M. Comparison between Discriminant Analysis Models and Glaucoma Probability Score for the detection of glaucomatous optic nerve head changes. *J Glaucoma*. 2008;17(7):535-40.
19. Oddone F, Centofanti M, Rossetti L, Iester M, Fogagnolo P, Capris E, et al. Exploring the Heidelberg Retinal Tomograph 3 Diagnostic Accuracy across disc sizes and glaucoma stages: a multicenter study. *Ophthalmology*. 2008;115(8):1358-65.
20. Swindale NV, Stjepanovic G, Chin A. Automated analysis of normal and glaucomatous optic nerve head topography images. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000;41(7):1730-42.
21. Sung KR, Townsend KA, Wollstein G, Ishikawa H, Schuman JS, Fechtner RD. Interpreting Progression Analysis Software. *Glaucoma Today*. 2007 [citado 20 enero de 2012]. Disponible en: http://bmctoday.net/glaucomatoday/2007/11/article.asp?f=GT1107_07.php
22. Wollstein G, Garway-Heath DF, Hitchings RA. Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology*. 1998;105(8):1557-63.
23. Antón A. Interpretation of the Heidelberg Retina Tomograph II (HRT II). En: Fingeret M, Flanagan JG, Liebman J. *The Essential HRT Primer*. USA: Heidelberg Engineering; 2005. p. 45-6.

24. Strouthidis NG, Garway-Heath DF. New developments in Heidelberg retina tomograph for glaucoma. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2008;19(2):141-8.
25. Mikelberg FS, Parfitt CM, Swindale NV. Ability of the Heidelberg Retina Tomograph to detect early glaucomatous visual field loss. *J Glaucoma*. 1995;4(4):242-7.
26. Bathija R, Zangwill L, Berry CC, Sample P, Weinreb R. Detection of early glaucomatous structural damage with confocal scanning laser tomography. *J Glaucoma*. 1998;7(2):121-7.
27. López-Peña MJ, Ferreras A, Larrosa JM, Polo V, Fogagnolo P, Honrubia FM. Relación entre la perimetría automatizada convencional y la topografía papilar realizada con el Tomógrafo Heidelberg. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2009;84(12):611-24.
28. Martínez De La Casa JM, García J, Castillo A, García J. Correlaciones entre el analizador de grosor retiniano y el láser confocal de barrido en el estudio de la papila. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2004;79(1):21-6.
29. Hermann MM, Theofylaktopoulos I, Bangard N, Jonescu-Cuypers C, Coburger S, Diestelhorst M. Optic nerve head morphometry in healthy adults using confocal laser scanning tomography. *Br J Ophthalmol*. 2004;88(6):761-5.
30. Rekić A, Breznik M, Cvenkel B. Comparison of optic nerve head topography in healthy adults using a Heidelberg retina tomograph and retinal thickness analyzer. *Int Ophthalmol*. 2007;27(1):1-9.
31. Heidelberg Engineering [Internet]. Reinhard B. HRT: How to read printout [actualizado 2000; citado 20 febrero de 2012]. Disponible en: http://www.heidelbergengineering.com/wpcontent/uploads/hrtiitutgg_doc_howtoreadprintout_031705.pdf
32. Congdon NG, Youlin Q, Quigley H, Hung. Biometry and primary angle closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology*. 1997;104(9):1489-95.
33. Yamazaki Y, Yoshikawa K, Kanimatsu S, Koseki N, Suzuki Y, Matsumoto S, et al. Influence of myopic disc shape on the diagnostic precision of the Heidelberg Retina Tomograph. *Jpn J Ophthalmol*. 1999;43(5):392-7.
34. Shin IH, Kang SY, Hong S, Kim SK, Seong GJ, Ma KT, et al. Comparison of OCT and HRT findings among normal, normal tension glaucoma, and high tension glaucoma. *Korean J Ophthalmol*. 2008;22(4):236-41.
35. Remo S Jr, Vessani RM. New findings in the evaluation of the optic disc in glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol*. 2007;18(2):122-8.
36. Oddone F, Centofanti M, Iester M, Rossetti L, Fogagnolo P, Michelessi M, et al. Sector-Based Analysis with the Heidelberg Retinal Tomograph 3 across disc sizes and glaucoma stages: a multicenter study. *Ophthalmology*. 2009;116(6):1106-11.

37. Coops A, Henson DB, Kwartz AJ, Artes PH. Automated analysis of Heidelberg retina tomograph optic disc images by glaucoma probability score. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2006;47(12):5348-55.

38. Badalà F, Nouri-Mahdavi K, Raoof DA, Leeprechanon N, Law SK, Caprioli J. Optic disk and nerve fiber layer imaging to detect glaucoma. Am J Ophthalmol. 2007;144(5):724-32.

39. Arena E, Rodríguez M. Diseño de una nueva unidad cuantitativa en la interpretación de los estudios computarizados de nervio óptico. Revista Peruana de Oftalmología. 1998;22(1):25-31.

40. Breusegem C, Fieuws S, Stalmans I, Zeyen T. Variability of the Standard Reference Height and Its Influence on the Stereometric Parameters of the Heidelberg Retina Tomograph 3. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008;49(11):4881-5.

Recibido: 8 de marzo de 2012.

Aprobado: 8 de abril de 2012.

Dra. *Liamet Fernández Argones*. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". Ave. 76 No. 3104 entre 31 y 41 Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: lianetfa@infomed.sld.cu