

# Variaciones normales en los parámetros del ángulo de la cámara anterior en Mexicanos. Un estudio con tomografía de coherencia óptica en una población del occidente de México

Dra. Fabiola de Orta-Arellano\*, Dr. Pablo Muñoz-Rodríguez\*\*

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar las variaciones en las medidas del ángulo de cámara anterior en ojos sanos de una muestra de población del Occidente México con tomografía de coherencia óptica.

**Métodos:** En un estudio retrospectivo observacional se midió el ángulo de 108 ojos de 97 pacientes mediante tomografías tomadas del 19 de mayo de 2008 al 20 de septiembre de 2008. Se realizaron medidas angulares en ojos en donde se había tomado la imagen en condiciones de oscuridad. Se determinaron medidas de Distancia de apertura angular (AOD 500 y 750) y área iridotrabecular (TISA 500 y 750) tomando como referencia el espolón escleral; las medidas se tomaron en ángulo nasal y temporal.

**Resultados:** Se analizó el ángulo de 97 pacientes: 49 hombres, 48 mujeres. La media de edad fue de 30.89 años  $\pm$  12.43 (SD) (rango de 9 a 80 años). Las medidas angulares fueron Media de AOD 500: 0.569 mm (SD 0.284), AOD 750: 0.804 (SD 0.367). Los valores de TISA 500 media de 0.193 mm<sup>2</sup> (SD 0.096), TISA 750: media de 0.364 mm<sup>2</sup> (SD 0.179).

**Conclusiones:** Las medidas angulares tomadas con tomografía de coherencia óptica, Visante, en condiciones de poca luz, en la población del Occidente de México son en AOD 500 y TISA 500 semejantes a las reportadas. Es importante realizar mediciones angulares en mayores grupos de población mexicana para determinar la variación normal de los valores angulares para posteriormente compararla con el ángulo de ojos con glaucoma y determinar los valores de riesgo para cierre angular.

**Palabras clave:** Ángulo de cámara anterior, tomografía de coherencia óptica de segmento anterior, Visante.

## SUMMARY

**Purpose:** To analyze the measures of anterior chamber angle in healthy eyes with optical coherence tomography.

**Methods:** In a retrospective observational study we analyze the angle of 108 eyes of 97 patients of 19 images taken with optical coherence tomography from September 2008 to 20 of May of 2008. We analyze angular measures in images taken in dark conditions. Measures of angle opening distance (AOD 500 y 750) and trabecular-iris space area (TISA 500 y 750) were determined taking like reference the scleral spur, angle measures were taken in nasal and temporal quadrants.

**Results:** Angles of 108 eyes of 97 patients were analyzed: 49 men, 48 women. Age 31 years (SD  $\pm$  12.43 from 9 to 80 years). The AOD 500 measured were 0.569 mm (SD 0.284), AOD 750: 0.804 mm (SD 0.367), TISA 500: 0.193 mm<sup>2</sup> (SD 0.096), TISA 750: 0.364 mm<sup>2</sup> (SD 0.179).

**Conclusions:** The angular measures taken with optical coherence tomography, Visante, in dark conditions reported that the population of the West of Mexico presented AOD 500 and TISA 500 resembling the reported data. It is important to make angular measurements in greater groups of Mexican population to determine the normal variation of the angular values to compare it with glaucoma angles and to determine the angular values of risk for angular closing.

**Key words:** Anterior chamber angle, anterior segment optical coherence tomography, Visante.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo en el proceso digital, computacional y dispositivos ópticos ha creado un aumento importante en el interés de las técnicas de imagen de segmento anterior; como resultado,

múltiples dispositivos con diferentes bases físicas se han ido desarrollando. Éstos se pueden clasificar en tres diferentes categorías: Sistemas basados en método de Scheimplug, dispositivos de escaneo ultrasónico de muy alta frecuencia y sistemas de tomografía de coherencia óptica (1) (TCO).

\*Diagnóstico Visual de Guadalajara.

\*\*Clínica de Retina "Dr. Pablo Muñoz Rodríguez".

Correspondencia: Dra. Fabiola de Orta Arellano. Diagnóstico Visual de Guadalajara. Calle Puebla 151, Col. de Jesús, Guadalajara, Jalisco. Tels: (0133) 38 27 08 00, 04533 3314105897. e-mail: deortafabiola@yahoo.com.mx

La tomografía de coherencia óptica es un método de imagen de alta resolución no invasivo (2-4) que proporciona una tomografía seccional de las estructuras oculares in vivo (2), lo que permite una medición directa de las estructuras del ángulo de la cámara anterior (5, 6).

La tomografía de segmento anterior utiliza una longitud de onda de 1310 nm a diferencia del de segmento posterior que es de 820 nm (que también se ha utilizado para tomar imágenes de segmento anterior). La tomografía de segmento anterior tiene muchas aplicaciones clínicas en cirugía de catarata y refractiva, diagnóstico de glaucoma e imagen de tumores de segmento anterior (2, 7) y examen de cambios anatómicos del ángulo del segmento anterior.

Es posible obtener imágenes en tiempo real del segmento anterior y ángulo (Figura 1) representando un método rápido y no invasivo para la detección de ojos con riesgo de un cierre angular (7).

El conocimiento de la configuración del ángulo de la cámara anterior es una parte esencial del diagnóstico y manejo en los pacientes con glaucoma. Actualmente la gonioscopia es el método estándar para ello (3, 5, 8-10).

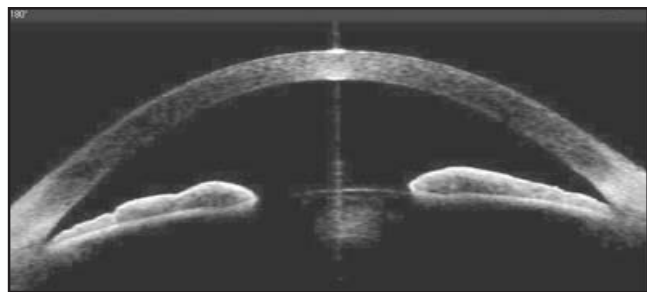
Sin embargo, históricamente la gonioscopia ha demostrado una dificultad ya que requiere destreza de maestro y experiencia clínica para la precisión (3, 8). La interpretación es subjetiva y semicuantitativa, involucra contacto directo con el paciente y es dependiente de la claridad corneal (3). Además, las estructuras angulares visibles durante la gonioscopia dependen de las condiciones de luz y la cantidad de indentación en la córnea (11). Actualmente la medición precisa del ángulo es posible con ultrabiomicroscopía (UBM) o tomografía óptica coherente de segmento anterior (TOC) (4, 12).

La tomografía de segmento anterior utiliza luz infrarroja que, aunada a la técnica de no contacto, permite la toma de imágenes del ángulo en condiciones de oscuridad (11).

La tomografía de coherencia óptica es similar a UBM en la cuantificación de las medidas del ángulo del segmento anterior (3).

En contraste con la UBM, la tomografía permite una imagen de no contacto del ángulo del segmento anterior en meridianos específicos con el paciente sentado (8, 12).

Como con el ultrasonido, la evaluación de la cámara anterior con la tomografía de segmento anterior depende de la localización del espolón escleral que anatómicamente representa la unión entre la pared interna de la malla trabecular y



**Fig. 1.** Imagen general del segmento anterior tomada con tomografía de coherencia óptica.

la esclera. El espolón escleral en la imagen de tomografía de segmento anterior está marcada por una extensión interna prominente de la esclera (su parte más gruesa), y representa un punto de referencia para la malla trabecular la cual está localizada aproximadamente de 250 a 500 micras anterior al espolón escleral en la pared angular (13) (Figura 2).

Se han reportado ya estudios de medición angular y han encontrado reproducibilidad en las mediciones de ángulo nasal y temporal excelentes en todas las categorías de análisis tanto en condiciones de luz como de oscuridad aunque no es así en los ángulos superior e inferior.

Se cree que tratar con iridectomía periférica con láser, ángulos anatómicamente cerrados, puede prevenir el desarrollo de un cierre angular. Por lo tanto es importante la búsqueda de ángulos anatómicamente con riesgo (9) (Figura 3), ya que el glaucoma de ángulo cerrado es un glaucoma visualmente destructivo, en el cual el cierre del ángulo de la cámara anterior lleva a un aumento de la presión intraocular y a la consecuente neuropatía óptica glaucomatosa (10). La evaluación de la amplitud del ángulo de la cámara anterior durante la exploración oftalmológica es esencial para determinar la susceptibilidad de cierre angular (14).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo observacional en el que se analizaron las tomografías de coherencia óptica tomadas con Visante (de la casa Carl Zeiss), de septiembre de 2008 a mayo de 2009, en el servicio de córnea y cirugía refractiva de Diagnóstico Visual de Guadalajara, descartando 88 pacientes por tener antecedentes de queratocono, glaucoma, cirugía de catarata, retina o refractiva, midiendo el ángulo de la tomografía de coherencia óptica de 184 ojos de 97 pacientes. En 4 ojos (2.17%) no fue posible localizar el espolón escleral en el ángulo temporal y en 4 ojos (2.17%) en el ángulo nasal. Fueron 49 (51%) hombres y 48 (49%) mujeres con un rango de edad de 9 a 80 años, media de 30.89 años  $\pm$  12.43 (SD). El equivalente esférico de la refracción fue de +7.37 a -10.87 dioptrías (D). Fueron 3 ojos emétopes, 59 miopes (-0.50 a -10.87) y 20 hipermétropes (+0.50 a +7.37).



**Fig. 2.** Visante realiza automáticamente mediciones de ángulo de segmento anterior al localizar el espolón escleral (demarcado en la imagen).

Las medidas del ángulo fueron distancia de apertura angular (AOD) a 500 y 750  $\mu\text{m}$  anteriores al espolón escleral, así como área iridotrabecular (TISA) localizado a 500 y 750  $\mu\text{m}$  anterior al espolón escleral.

Los criterios de exclusión fueron antecedentes de glaucoma, trauma, enfermedad ocular activa y cirugía ocular previa (LASIK, facoemulsificación, iridotomía, trabeculoplastia, vitrectomía, colocación de banda).

Se tomaron las imágenes de todas las tomografías con Visante OCT (Carl Zeiss Meditec International) con el paciente sentado en una sala con luces apagadas. Se pidió a los pacientes fijar en la imagen interna después de realizar la corrección refractiva en el mismo Visante. Todas las imágenes fueron tomadas por el mismo médico oftalmólogo. Las imágenes fueron centradas en la pupila y tomadas en el meridiano horizontal (ángulo  $0^\circ$  y  $180^\circ$ ) ajustando el ángulo hasta obtener una imagen completamente horizontal.

Las mediciones del ángulo se realizan automáticamente por el Visante al seleccionar la herramienta de mediciones de segmento anterior y al localizar el espolón escleral se da clic sobre éste (Figura 2).

### Tomografía de coherencia óptica

Detalles de la tecnología en tomografía de coherencia óptica. La luz infrarroja de 1310 nm por interferometría (1, 14) permite la adquisición de imágenes a un ritmo de 8 tomas por segundo (2000 scan tipo A) con una resolución transversal de 60  $\mu\text{m}$  y una resolución axial de 10-20  $\mu\text{m}$ . Más aún, el uso de escaneo óptico de campo amplio (16 mm) y un rango de escaneo axial profundo (8 mm) permite tomar una imagen de todo el segmento anterior en una sola toma. Después de la adquisición de imágenes, éstas son procesadas en un software personalizado que compensa la transición del índice de refracción en la interface aire-lágrima y los diferentes grupos de índices en aire, córnea y acuoso para corregir las dimensiones físicas de la imagen (7).

Las imágenes de TOC fueron desarrolladas con la toma de segmento anterior  $0^\circ$ - $180^\circ$  "enhanced anterior segment single" (6 mm profundidad-16 mm ancho con 256 escaneos-A por línea). El alineado del escaneo se ajusta manualmente a la pupila.

La posición en la que tomó el estudio fue con los pacientes sentados, en condiciones de oscuridad, tomado por un

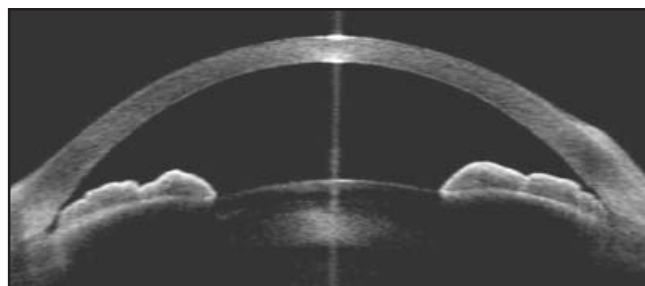


Fig. 3. Tomografía de coherencia óptica de paciente con ángulo estrecho.

solo examinador antes de cualquier procedimiento que involucrara contacto con el ojo. Además, al paciente se le pidió ver una luz en forma de flor como punto de fijación para asegurar que la toma estuviera centrada y se le pidió parpadear durante el estudio y justo antes de la toma para permitir una buena lubricación de la córnea. Se obtuvo un escaneo horizontal de cada ojo (ángulo  $0$ - $180^\circ$ ). Se analizó el ángulo con mediciones de la TOC de segmento anterior.

### Mediciones de AOD y TISA

Las medidas de AOD se definen como la distancia del endotelio corneal a la superficie anterior del iris perpendicular (Figura 4b) a la línea dibujada a 500  $\mu\text{m}$  (Figura 4a) o 700  $\mu\text{m}$  del espolón escleral o como la distancia perpendicular de la malla trabecular a 500  $\mu\text{m}$  o 700  $\mu\text{m}$  del espolón escleral a la superficie del iris.

TISA es un área limitada anteriormente por la AOD, posteriormente por una línea dibujada desde el espolón escleral perpendicular al plano de la pared escleral interna al iris, superiormente por la pared interna corneoescleral e inferiormente por la superficie del iris (Figuras 5a y 5b).

Las medidas de AOD y TISA son tomadas automáticamente por el Visante cuando se localiza el espolón escleral manualmente (12).

### Variables principales

La visibilidad del espolón escleral en los dos cuadrantes fueron evaluados en la TOC de segmento anterior (Visante), el espolón escleral fue definido como el punto donde se presentaba un cambio en la curvatura de la superficie interna de la pared angular, frecuentemente visto como una protusión interna de la esclera.

### Análisis estadístico

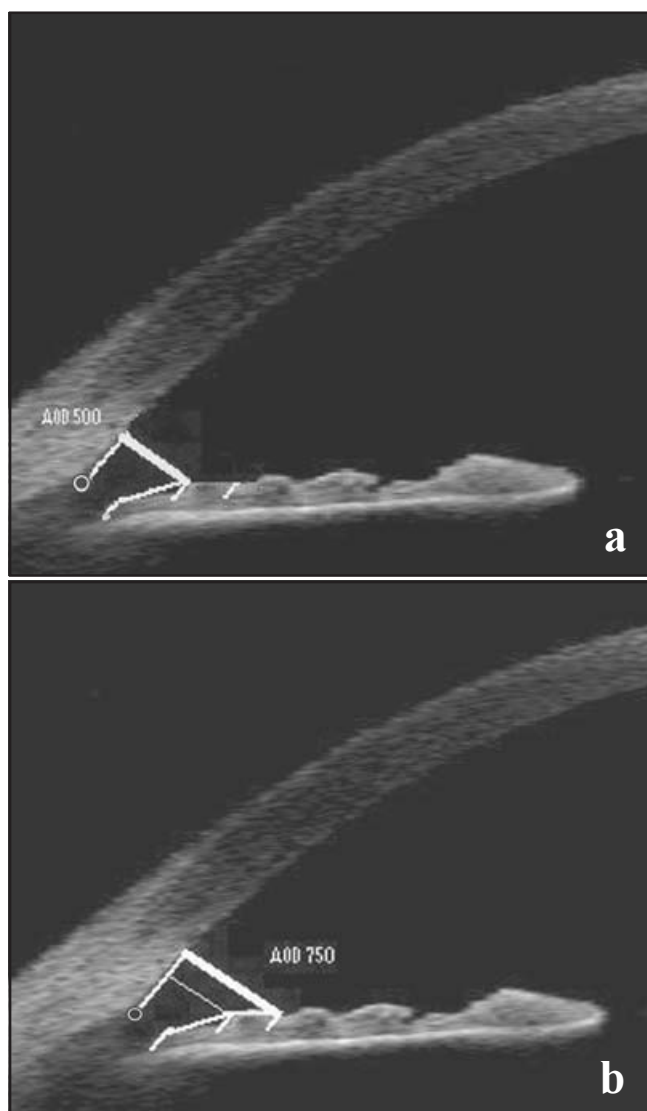
El análisis estadístico se realizó con SPSS para Windows 16.0.

## RESULTADOS

Se analizó y midió el ángulo de 97 pacientes (Figura 6), 49 hombres y 48 mujeres. La media de edad fue de 30.89 años  $\pm 12.43$  (SD) (rango de 9 a 80 años).

En ojo derecho las medidas de AOD 500 (en mm) a  $0^\circ$  fueron: media de  $0.603 \pm 0.314$  (SD) (rango de 0.057 a 0.209); a  $180^\circ$ : media de  $0.578 \pm 0.281$  (SD) (rango de 0.081 a 1.455); AOD 750 (en mm) a  $0^\circ$ : media  $0.866 \pm 0.417$  (SD) (rango de 0.13 a 2.34) a  $180^\circ$  media de  $0.787 \pm 0.334$  (SD) (rango de 0.152 a 1.843). En los valores de TISA 500 (en  $\text{mm}^2$ ) a  $0^\circ$  se encontró una media de  $0.203 \pm 0.103$  (SD) (rango de 0.025 a 0.531) y a  $180^\circ$   $0.194 \pm 0.094$  (rango de 0.041 a 0.482). TISA 750 (en  $\text{mm}^2$ ) a  $0^\circ$  media de  $0.392 \pm 0.204$  (SD) (rango de 0.05 a 1.091) y a  $180^\circ$  media de  $0.357 \pm 0.165$  (SD) (rango de 0.085 a 0.879).

En ojo izquierdo AOD 500 (en mm) a  $0^\circ$ : media de  $0.542 \pm 0.245$  (SD) (rango de 0.09 a 1.57; AOD 750 (en mm) a  $0^\circ$ : media  $0.771 \pm 0.308$  (SD) (rango de 0.108 a 1.78) a  $180^\circ$

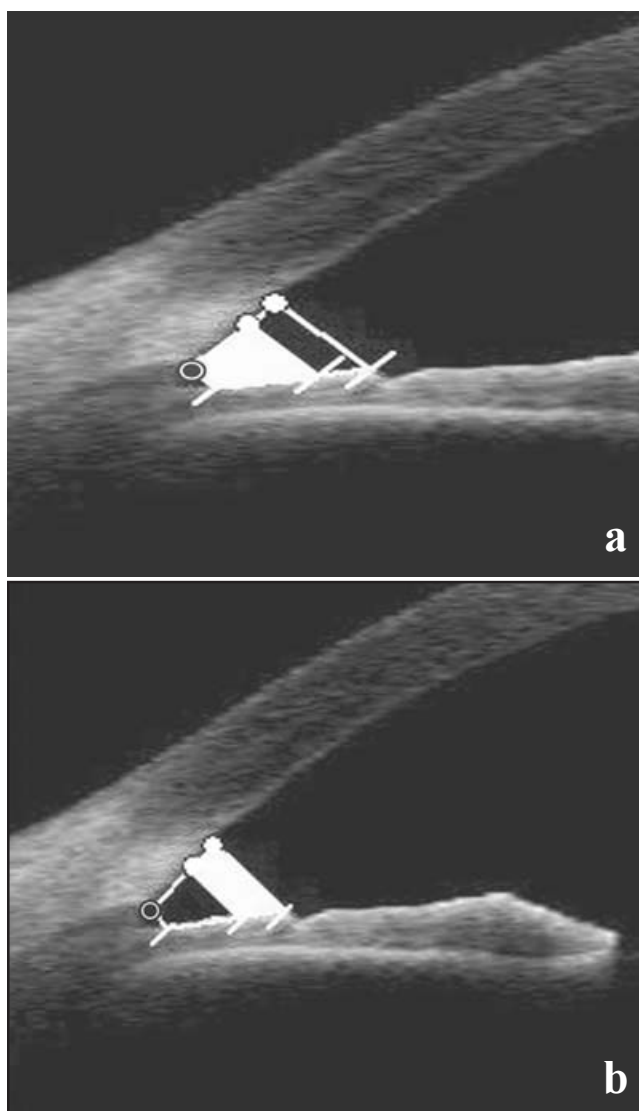


**Fig. 4.** AOD se define como la distancia del endotelio corneal a la superficie anterior del iris perpendicular a la línea dibujada a 500 (a) o 700 (b)  $\mu\text{m}$  del espolón escleral.

media de  $0.792 \pm 0.400$  (SD) (rango de 0.122 a 2.108). En los valores de TISA 500 (en  $\text{mm}^2$ ) a  $0^\circ$  se encontró una media de  $0.187 \pm 0.09$  (SD) (rango de 0.046 a 0.556) y a  $180^\circ$   $0.185 \pm 0.099$  (rango de 0.021 a 0.481). TISA 750 (en  $\text{mm}^2$ ) a  $0^\circ$  media de  $0.350 \pm 0.157$  (SD) (rango de 0.075 a 0.979) y a  $180^\circ$  media de  $0.354 \pm 0.187$  (SD) (rango de 0.044 a 0.949). En el Cuadro 1 se sintetizan los resultados obtenidos y se comparan con los resultados obtenidos en la Universidad China de Hong Kong, reportados en Invest Ophthalmol Vis Sci 2008; 49:3469–3474.

## DISCUSIÓN

En estudios anteriores se ha encontrado imposibilidad para detectar el espolón escleral en 30% de las imágenes obtenidas con Visante OCT. Nosotros sólo en 4% de los ángulos



**Fig. 5.** TISA es el área limitada por la AOD 500 (a) y 700 (b), la superficie del iris y la pared interna corneoescleral.

tuvimos esa dificultad, posiblemente porque los estudios son realizados por oftalmólogos con la asesoría previa de un especialista en glaucoma para la localización del espolón.

Esto es de suma importancia ya que el espolón escleral es el punto clave para tener mediciones angulares con la tomografía de segmento anterior (al igual que con el UBM).

Aunque actualmente la gonioscopia sigue siendo el estándar de oro para el análisis del ángulo, sabemos de los inconvenientes de la misma ya que depende de contacto directo sobre la córnea con un gonio lente el cual, según la experiencia del observador, puede generar mayor o menor presión sobre el ángulo, además de su interpretación subjetiva. Más aún, necesita de una alta cooperación y paciencia del paciente. Mediciones confiables del ángulo de cámara anterior no fueron posibles sino hasta el advenimiento de la ultrabiomicroscopia (UBM), sin embargo, se necesita de una técnica de inmersión y contacto con el ojo del paciente, por lo tanto una



**Cuadro 1. Media de AOD 500,750 y TISA 500,750. Comparación con reportes de AOD 500 y TISA 500 de la Universidad China de Hong Kong por Leung CK-S (12)**

	AOD 500 (mm)		AOD 750 (mm)		TISA 500 (mm <sup>2</sup> )		TISA 750 (mm <sup>2</sup> )	
	0°	180°	0°	180°	0°	180°	0°	180°
OD (DE)	0.603 (0.314)	0.578 (0.281)	0.866 (0.417)	0.787 (0.334)	0.203 (0.103)	0.194 (0.094)	0.392 (0.204)	0.357 (0.165)
OI (DE)	0.542 (0.245)	0.548 (0.293)	0.771 (0.308)	0.792 (0.400)	0.187 (0.090)	0.185 (0.099)	0.350 (0.157)	0.354 (0.187)
Leung (DE)	0.527 (249)	0.572 (275)			0.180 (0.091)	0.193 (0.102)		

DE: desviación estándar. AOD, del inglés "angle opening distance"; TISA, del inglés "trabecular-iris space area".

identación corneal inadvertida puede causar un falso ángulo estrecho y, una vez tomada la imagen, es difícil saber la posición del globo ocular y la localización precisa del escaneo.

En un estudio realizado por Urbak, se utilizaron las mismas imágenes de UBM para medición del ángulo entre diferentes observadores y encontró un coeficiente de variación para AOD mayor a 16.97% con diferencias significativas entre los observadores. La reproducibilidad de las mediciones es afectada por la interpretación subjetiva de la visualización de límites anatómicos, lo que está relacionado con la resolución de la imagen. Con imágenes de mayor resolución los coeficientes de variación interobservador disminuyen (4.9 a 7.8%) para medición de ángulos con tomografía de segmento anterior (12).

Con la tomografía de segmento anterior no se dificulta la toma ya que no requiere de alta experiencia de quien toma la imagen. Es un estudio cómodo para el paciente ya que sentado coloca su barbilla en el aparato y, sin contacto con su ojo, se toman imágenes en segundos, pudiendo descansar entre una imagen y otra, mejorando así la cooperación durante la captura de imágenes.

Se ha demostrado ya la reproducibilidad de mediciones de ángulo de cámara anterior con tomografía de segmento anterior. Li y cols., demostraron con Visante OCT una correlación intrasesión e intraclase intercesión para AOD en condiciones de oscuridad de 0.98/0.95 y 0.97/0.92 respectivamente (12).

Como ya se ha reportado menor reproducibilidad en la medición de ángulo superior e inferior debido al cierre palpebral y a la posibilidad de alteración en las mediciones con la manipulación del párpado, nosotros sólo medimos el ángulo a 0° y 180°.

Leung y cols. reportaron que la AOD 500 y TISA 500 disminuye linealmente con el aumento en el tamaño de la pupila; por cada milímetro de cambio en el tamaño pupilar hay un cambio de 94 µm en AOD 500 y 0.035 mm<sup>2</sup> en TISA 500 (12).

## CONCLUSIONES

Las medidas angulares tomadas con tomografía de coherencia óptica Visante en condiciones de poca luz, en la po-

blación del Occidente de México, son en AOD 500 y TISA 500 semejantes a las reportadas en la literatura. Aunque ya se han reportado factores de riesgo como edad, errores refractivos hipermetrópicos, talla baja, presencia de catarata (5), es determinante tener mediciones objetivas del mismo ángulo para detectar el riesgo de cierre angular.

Es importante realizar mediciones angulares en mayores grupos de población mexicana para determinar la variación normal de los valores de AOD y TISA así como TIA para posteriormente compararlo con el ángulo de ojos con glaucoma y determinar los valores de riesgo para cierre angular.

## REFERENCIAS

1. Piñero DP, Plaza AB, Alió JL. Anterior segment biometry with 2 imaging technologies: Very-high-frequency ultrasound scanning versus optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:95-102.
2. Detry-Morel ML, Van AE, Pourjavan S y cols. Anterior segment imaging using optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy in secondary pigmentary glaucoma associated with in-the-bag intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:1866-1869.
3. Radhakrishnan S y cols. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angle. *Arch Ophthalmol* 2005; 123:1053-1059.
4. Dada T, Sihota R, Gadia R y cols. Comparison of anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for assessment of the anterior segment. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:837-840.
5. Xu L, Cao WF, Wang YX y cols. Anterior chamber depth and chamber angle and their associations with ocular and general parameters: The Beijing Eye Study. *Am J Ophthalmol* 2008; 145(5):929-936.
6. Baikoff G, Lutun E, Ferraz C. Static and dynamic analysis of the anterior segment with optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:1843-1850.
7. Sakata LM y cols. Assessment of the scleral spur in anterior segment optical coherence tomography images. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(2):181-185.
8. Kalev-Landoy M, Day AC, Cordeiro MF y cols. Optical coherence tomography in anterior segment imaging. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85(4):427-430.

9. Yi JH, Lee H, Hong S y cols. Anterior chamber measurements by pentacam in eyes with normal open angles. *Korean J Ophthalmol* 2008; 22:242-245.
10. Sakata LM, Friedman LR y cols. Comparison of gonioscopy and anterior segment ocular coherence tomography in detecting angle closure in different quadrants of the anterior chamber angle. *Ophthalmology* 2008; 115:769-774.
11. Radhakrishnan S, Smith SD, Nolan WP y cols. Reproducibility of anterior chamber angle measurements obtained with anterior segment optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48:3683-3688.
12. Leung CKS, Li H, Weinreb RN y cols. Anterior chamber angle measurement with anterior segment optical coherence tomography: A Comparison between Slit Lamp OCT and Visante OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(8):3469-3474.
13. Lance Liu F. Anatomical changes of the anterior chamber angle with anterior segment optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(12):1682-1686.
14. Dacosta S, Fernández G, Rajendran B y cols. Assessment of anterior segment parameters under photopic and scotopic conditions in Indian eyes using anterior segment optical coherence tomography. *Indian J Ophthalmol* 2008; 56:17-22.
15. Leung CK, Cheung CYL, Li H y cols. Dynamic Analysis of Dark-Light Changes of the Anterior Chamber Angle with Anterior Segment OCT. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48(9):4116-4122.