

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**PLAN ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES MÉDICAS EN OFTALMOLOGÍA**  
**HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO**

TESIS

**“Frecuencia y características tomográficas del daño al nervio óptico en  
sujetos con glaucoma”**

Que para obtener el grado de  
**Especialista en Medicina**  
**(Oftalmología)**

Presenta:

**Oscar Olmedo Alonso**

Director de tesis:

Dr. en C. Virgilio Lima Gómez

Ciudad de México, Agosto, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Dr. Jaime Mellado Ábrego  
Titular de la Unidad de Enseñanza  
Hospital Juárez de México

---

Dr. en C. Virgilio Lima Gómez  
Director de tesis y  
Profesor titular del Plan Único de Especializaciones Médicas en Oftalmología  
Hospital Juárez de México

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	12
HIPÓTESIS .....	12
OBJETIVOS .....	12
JUSTIFICACIÓN .....	12
DISEÑO .....	13
Criterios de selección	
Variables	
Análisis estadístico	
RESULTADOS .....	20
DISCUSIÓN .....	26
CONCLUSIONES .....	27
REFERENCIAS .....	28

## INTRODUCCIÓN

El glaucoma es una de las principales causas de ceguera irreversible a nivel mundial. Se estima que en 2010 había 60.5 millones de personas con glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA) y glaucoma primario de ángulo cerrado (GPAC). Las estimaciones globales de glaucoma para la población de 40 a 80 años en 2013 fueron:

- Prevalencia global de glaucoma, 3.54% (95% IC, 2.09 - 5.82).
- Prevalencia global de GPAA, 3.05% (95% IC, 1.69 - 5.27).
- Prevalencia global de GPAC, 0.50% (95% IC, 0.11 - 1.36).

El número de personas con la enfermedad de 40-80 años se incrementará de 64.3 millones en 2013 a 111.8 millones de personas en 2040.

El glaucoma es una neuropatía óptica progresiva caracterizada por cambios estructurales en la cabeza del nervio óptico, pérdida de las células ganglionares retinianas y con esto pérdida de sus axones, y posterior adelgazamiento de la capa de fibras nerviosas de la retina (RNFL - retinal nerve fiber layer), el resultado final será una pérdida del campo visual (CV).

Para muchos pacientes los cambios estructurales de la cabeza del nervio óptico y de la capa de fibras nerviosas, precede a la detección de un déficit en los campos visuales en los glaucomas tempranos; debe enfatizarse que la evaluación estructural del nervio óptico es un componente esencial del diagnóstico y manejo oportuno del glaucoma.

Para hacer el diagnóstico de glaucoma la mayoría de las ocasiones se inicia con una sospecha, posterior a una exploración oftalmológica. Representan una

aparición anormal del nervio óptico cambios como agrandamiento difuso o local de la copa óptica (esto corresponde con la pérdida de axones que forman el anillo neuroretiniano), desplazamiento, restricción y variación en el calibre de los vasos papilares, hemorragias en el disco óptico, defectos en la capa de fibras nerviosas, atrofia peripapilar, elevación de la presión intraocular. Ante esta sospecha se deben hacer pruebas objetivas y reproducibles, por ejemplo una tomografía de coherencia óptica (TCO), para complementar la evaluación clínica y determinar si el paciente sospechoso de glaucoma presenta o no daño de la cabeza del nervio óptico y de la capa de fibras nerviosas.

Actualmente están disponibles varias tecnologías para evaluar objetivamente la cabeza del nervio óptico y la capa de fibras nerviosas; TCO, polarimetría láser de barrido, oftalmoscopia láser de barrido confocal; ellas proporcionan una imagen bidimensional de los tejidos y con esto estimaciones cuantitativas y cualitativas de la cabeza del nervio óptico y del grosor de la capa de fibras nerviosas para así poder hacer un adecuado diagnóstico, tratamiento y seguimiento.

El glaucoma es la causa líder de ceguera irreversible a nivel mundial. Se estima que en 2010 había 60.5 millones de personas con Glaucoma primario de ángulo abierto y cerrado. Debido al rápido aumento del envejecimiento de las poblaciones en todo el mundo, la estimación precisa de la prevalencia del glaucoma y las proyecciones del número de personas con glaucoma son fundamentales para poder formular de políticas de salud adecuadas adaptadas a las diversas poblaciones del mundo, dado que el riesgo y subtipos de glaucoma varían de una raza a otra.<sup>1</sup>

El riesgo y subtipo de glaucoma varía dependiendo de la raza. La mayor prevalencia de GPAA es en África (4.20%; 95% IC, 2.08-7.35), la mayor prevalencia de GPAC es en Asia (1.09%; 95% IC, 0.43 – 2.32).<sup>1</sup>

En América Latina en 2013 había 5.01 millones de personas con GPAA y 1.59 millones con GPAC con un total de 6.6 millones de personas con glaucoma entre 40 y 80 años. La estimación para 2040 son 12.86 millones de personas con glaucoma.<sup>1</sup>

El glaucoma es una neuropatía óptica progresiva caracterizada por cambios estructurales en la cabeza del nervio óptico, pérdida de las células ganglionares retinianas y sus axones con el posterior adelgazamiento de la capa de fibras nerviosas retinianas,<sup>2</sup> como resultado habrá una pérdida del campo visual (CV) asociado, en la localización correspondiente al daño.<sup>2,3</sup>

Ya que el glaucoma produce una pérdida de visión irreversible, la principal meta es, diagnosticarlo y tratarlo tan pronto sea posible.<sup>4</sup> La detección temprana de cambios estructurales en la papila óptica y capa de fibras nerviosas retinianas es imperativo para monitorizar su progresión.<sup>5</sup>

Algunas razones del retraso del diagnóstico se deben a que los pacientes son asintomáticos hasta etapas tardías de la enfermedad,<sup>4</sup> esto debido a que en la mayoría de las ocasiones los cambios estructurales de la cabeza del nervio óptico y de la capa de fibras nerviosas, precede al déficit medido con campimetría estándar en los pacientes con glaucomas. La evaluación estructural del nervio óptico es un componente esencial en el diagnóstico y manejo oportuno del glaucoma.<sup>2</sup>

Desafortunadamente no hay biomarcadores sensitivos ni específicos para glaucoma, lo que hace difícil, si no imposible hacer un diagnóstico certero en una

sola evaluación. Por lo que se debe hacer un seguimiento para observar la existencia de progresión del daño, lo que confirmaría el diagnóstico.<sup>6</sup>

La lamina cribosa es una estructura tipo malla en la esclera a la altura del nervio óptico donde cruzan los axones de las células ganglionares de la retina; es considerada como el sitio primario de daño axonal. Una disminución de perfusión ocular se ha relacionado como un factor de riesgo para el inicio y progresión del glaucoma. Además una reducción de flujo que involucra a las arterial ciliares posteriores cortas, arteria y vena central de la retina y sus ramas, el espacio sub aracnoideo, las meninges del nervio óptico y la esclera y coroides peripapilar todas estas estructuras han estado implicadas en la patogénesis del glaucoma por lo que hacer una TCO con imágenes profundas y aumentadas puede ser funcional para detectar, conceptualizar y entender las características anatómicas y patológicas de la cabeza del nervio óptico y sus estructuras adyacentes en el glaucoma.<sup>7</sup>

El daño glaucomatoso afecta especialmente las células ganglionares de la retina y sus axones llevando a un adelgazamiento progresivo de la capa de fibras nerviosas acompañado por cambios estructurales en la cabeza del nervio óptico.<sup>5</sup>

Para hacer un diagnóstico de glaucoma la mayoría de las ocasiones inicia como una sospecha posterior a una exploración oftalmológica.<sup>6</sup> En una exploración oftalmológica completa se debe incluir al ángulo irido-corneal, presión intraocular, el tamaño de la excavación del nervio óptico, la distribución del anillo neuroretiniano, la integridad de la capa de fibras nerviosas, pérdida de tejido neural preliminar, presencia de hemorragias en el nervio óptico, características de los vasos del nervio óptico y atrofia peripapilar tipo B.<sup>7</sup>



La medición de nervio óptico es básica para hacer un estimado de la relación excavación-disco y del anillo neuroretiniano.<sup>8</sup> La cuantificación tanto de la excavación del nervio óptico como el adelgazamiento de las RNFL es un indicador indirecto de la pérdida de células ganglionares retinianas.<sup>9,10</sup>

Los nervios ópticos grandes tienen una excavación fisiológica aumentada que podría confundirse con sospecha de glaucoma; en los nervios ópticos pequeños glaucomatosos podrían no apreciarse una excavación amplia ni atrofia del anillo neuroretiniano. La evaluación del tamaño del nervio óptico debe hacerse siempre con la misma técnica (magnificación, equipo, lentes) para que sea lo más reproducible posible.<sup>8</sup>

La detección de un daño temprano a la cabeza del nervio óptico durante un examen clínico es un reto debido a la gran variedad de formas normales de este. Al igual que las fotografías de fondo de ojo que tradicionalmente se usan para documentar la apariencia del nervio óptico, estas no son altamente confiables y son subjetivas ya que pueden resultar en una falsa impresión de progresión con una variación en el enfoque, una imagen de baja calidad, cambio de exposición, magnificación, y ángulo de cámara a todo esto hay que agregar la variabilidad inter-observador.<sup>5,11</sup>

El acopamiento del nervio óptico se puede detectar antes que el adelgazamiento de RNFL durante la progresión de glaucoma hasta 3 años previos, por lo que se deben plantear estrategias para hacer una detección temprana. La deformación del nervio óptico puede ser informativo para predecir y prevenir la pérdida irreversible de RNFL y consecuentemente alteración de CV.<sup>9</sup>

Ante una situación de sospecha, se deberá complementar la evaluación clínica para determinar si el paciente sospechoso presenta daño o no al nervio óptico, para esto se realiza una TCO del nervio óptico y RNFL además de un examen de CV.<sup>6</sup>

Actualmente hay equipos disponibles para evaluar objetivamente el nervio óptico y la RNFL. Como la TCO y la polarimetría láser de barrido, que proporcionan estimaciones cuantitativas del grosor de la capa de fibras nerviosas. Otra, la oftalmoscopia láser de barrido confocal, evalúa la topografía del nervio óptico, aunque también puede proporcionar estimaciones indirectas de la integridad de la capa de fibras nerviosas.<sup>6</sup>

La TCO es un estudio de imagen no invasivo usado para evaluar cambios estructurales en la cabeza del nervio óptico y capa de fibras nerviosas entre otras estructuras.<sup>12</sup> esta tecnología es similar a la del ultrasonido solo que, en lugar de sonido, se basa en luz.<sup>8</sup>

Dentro de estos hay 2 tecnologías; de dominio de tiempo (1991) y de dominio espectral (2003). esta última obtiene imágenes con mejor resolución y más rápido.<sup>12</sup> Estos equipos proveen una imagen bidimensional de los tejidos utilizando interferometría de baja coherencia. Las imágenes generadas son útiles para la evaluación y monitoreo cualitativo y cuantitativo del glaucoma.<sup>7</sup>

La TCO está basado en el principio de interferometría de baja coherencia, que provee una visualización transversal de las estructuras oculares. La luz de baja coherencia está dirigida a un divisor del haz de luz, y la dirige a la retina y a un espejo de referencia. La luz reflejada por el espejo se recombina con la luz reflejada desde la retina, creando un patrón de interferencia causado por la magnitud alterada y el retraso de la luz. cuando encuentra una reflectancia óptica diferente a través de

la profundidad de los tejidos. Los algoritmos de segmentación se pueden aplicar a las imágenes transversales para obtener el grosor de la retina y de la capa de fibras nerviosas y la información estructural de la cabeza del nervio óptico.<sup>5</sup>

- de dominio de tiempo: Produce imágenes transversales con una resolución axial de 8-10  $\mu\text{m}$  y una resolución transversal de 20  $\mu\text{m}$ . Este equipo produce mediciones que distingue bien un ojo sano de uno glaucomatoso, el diagnóstico más certero lo produce a través del grosor de RNFL del cuadrante superior e inferior.<sup>5</sup>
- de dominio espectral: tiene una resolución mayor a la del dominio del tiempo, la resolución axial es de 3-6  $\mu\text{m}$ , hace más de 40,000 escaneos tipo A por segundo, con una longitud de onda de 870 nm. Ofrece un registro de imágenes y hace una representación tridimensional de estas. Dichas ventajas dan como resultado una mejor medición y reproducibilidad de los datos. Algunos estudios demostraron la capacidad diagnóstica entre ambos modelos y resultó que el de dominio espectral tiene una mayor capacidad para detectar daño estructural en etapas más tempranas.<sup>5</sup>
- HRT (Heidelberg Retina Tomograph). Oftalmoscopia de laser confocal: utiliza un haz de laser de diodo de 670 nm con un dispositivo de detección confocal que escanea el nervio óptico y produce mediciones tridimensionales de este. Obtiene imágenes hasta 15° de amplitud, con una resolución de 11  $\mu\text{m}$ , sin necesidad de dilatación pupilar. Tiene una buena reproducibilidad y capacidad para detectar daño glaucomatoso.<sup>2</sup>

Para medir el grosor de RNFL se usa un círculo de 3.45 mm de diámetro con centro en el nervio óptico el cual genera información de 2325 puntos entre el borde anterior y posterior de la RNFL. Proporciona el grosor de los cuadrantes temporal, superior, nasal e inferior. Además, cada uno de divide estos cuadrantes en 3 sectores, por lo que mide el grosor de cada uno de los 12 meridianos.<sup>5,12,13</sup>

El grosor de RNFL es comparado según edad, raza, tamaño del disco y los resultados se pueden representar en varias formas incluyendo un mapa de colores, donde el verde representa dentro de parámetros normales (probabilidad de que sea normal de 5 a 95 %), amarillo representa borderline (< 5% de probabilidad de que sea normal), y rojo representa fuera de límites normales (<1% de probabilidad de que sea normal). También se hace la comparación entre ambos ojos y cualquier diferencia entre estos es señalada.<sup>13</sup>

Otra forma de representación del grosor de RNFL útil en la clínica es la onda sinusoidal que representa el grosor peripapilar 360°. Normalmente hace el patrón de una doble joroba que corresponde con los cuadrantes superior e inferior donde el grosor es mayor.<sup>13</sup>

Los estudios de imagen tienen un rol esencial en el diagnóstico de glaucoma ya que proveen una medición objetiva cuantitativa y reproducible, con las que se pueden hacer comparaciones de los datos, sin embargo, no pueden detectar ciertas anomalías como hemorragias en el nervio óptico, palidez y no pueden sustituir una exploración oftalmológica completa, pero proveen información complementaria para ayudar al diagnóstico.<sup>5</sup>

Varios estudios compararon las tecnologías disponibles para medir el nervio óptico y la RNFL y no hay algún equipo mejor que el otro en la distinción de pacientes con daño glaucomatoso y los que no lo presentan.<sup>14</sup>

Limitaciones de la TCO: requiere medios claros (cornea, cristalino y vítreo), cooperación del paciente y buena fijación.<sup>15</sup>

Grosor de RNFL en pacientes sin glaucoma:<sup>16</sup>

- Escaneo promedio RNFL ( $\mu$ ): Promedio  $101.5 \pm 9.8$ , Temporal  $72.7 \pm 13.1$ , Superior  $125.5 \pm 15.8$ , Nasal  $76.3 \pm 14.7$ , Inferior  $131.5 \pm 18.1$ .
- Escaneo rápido RNFL ( $\mu$ ): Promedio  $104.8 \pm 10.4$ , Temporal  $74.8 \pm 14$ , Superior  $131.4 \pm 17.1$ , Nasal  $79.0 \pm 16.1$ , Inferior  $134.6 \pm 19.0$ .

Grosor de RNFL en pacientes con glaucoma:<sup>16</sup>

- Escaneo promedio RNFL ( $\mu$ ): Promedio  $69.2 \pm 17.1$ , Temporal  $52.6 \pm 15.1$ , Superior  $84.5 \pm 23.5$ , Nasal  $57.4 \pm 13.8$ , Inferior  $81.0 \pm 28.2$ .
- Escaneo rápido RNFL ( $\mu$ ): Promedio  $70.8 \pm 18.8$ , Temporal  $54.3 \pm 16.1$ , Superior  $88.5 \pm 25.6$ , Nasal  $58.5 \pm 15.2$ , Inferior  $81.3 \pm 30.6$ .

La especificidad con la TCO Cirrus y Spectralis para detectar ojos sanos es excelente (>99%) y modesta para detectar cambios moderados en el nervio óptico de los pacientes sospechosos de glaucoma (96.4%).<sup>2</sup>

Se ha demostrado que en los pacientes con daño inicial el parámetro que mejor predice este daño es el grosor de RNFL especialmente el sector inferior-temporal, con una sensibilidad de 71.4 % y especificidad de 95 %, superando así los parámetros de del nervio óptico.<sup>5,15</sup>

La importancia del grosor de RNFL no se puede subestimar, porque en teoría el adelgazamiento de esta es el cambio estructural que aparece más tempranamente y está directamente relacionado con la pérdida de células ganglionares retinianas,<sup>17</sup> Se presume que la pérdida de estas células es el evento primario del daño glaucomatoso.<sup>4</sup> algunos estudios muestran que este cambio precede la pérdida funcional hasta 5 años.<sup>18,19</sup>

Se ha demostrado que se pierden entre 30-35 % de las células ganglionares de la retina antes de que aparezca una anomalía en la perimetría estándar.<sup>3,17</sup>

Como se mencionó, en etapas tempranas de glaucoma la pérdida de RNFL puede ocurrir sin cambios en el campo visual y puede ser fácilmente detectado por la TCO, sin embargo, en etapas más avanzadas el progreso del daño glaucomatoso se detecta mejor por cambios en el campo visual ya que la variación del grosor de RNFL es muy pequeña para ser detectada y la variación del campo visual es mayor y fácilmente detectada.<sup>17</sup>

La reproducibilidad de la medición de RNFL con la TCO es excelente en ojos normales y glaucomatosos,<sup>15</sup> es adecuada para evaluar a largo plazo cualquier neuropatía óptica o daño a la RNFL.<sup>18</sup> El cuadrante que presenta más variabilidad es el nasal (10.2-13.0  $\mu$ m). siendo un poco más en ojos glaucomatosos.<sup>15</sup>

Foster et al. propuso un esquema para identificar glaucoma, definido sobre bases en defectos estructurales y funcionales del nervio óptico, el nivel más alto de evidencia para glaucoma se cumple cuando hay una asimetría vertical de la copa-disco fuera del percentil 97.5, o una asimetría copa-disco, o un ancho de anillo entre las 11-1 y entre 5-7 reducido en  $<0.1$ , combinado con un defecto en campo visual compatible con glaucoma. Un nivel de evidencia 2 es en el caso de que los sujetos

no pudieran completar unos campos visuales confiables, pero tengan una relación copa/disco fuera del percentil 99.5 o una asimetría de esta relación.<sup>10</sup>

En algunos estudios hacen el diagnóstico de glaucoma con unos campos visuales anormales además de adelgazamiento del anillo neuroretiniano y una relación copa/ disco aumentada ( $>0.7$ ) o una asimetría de copa entre los 2 ojos de  $>0.3$ .<sup>10</sup>

Ocho estudios han evaluado el grosor de RNFL y su relación con el diagnóstico de glaucoma o con la pérdida de campo visual. Las medidas de los cuadrantes superior e inferior tienen la mayor área bajo la curva (0.79-0.952, superior; 0.863-0.971, inferior) para distinguir ojos con pérdida de campo visual glaucomatoso en comparación con los controles.<sup>14</sup>

Los meridianos de las 6, 7, 11 y 12 (en ojos derechos), que en el nervio óptico representan el área inferior / inferior-temporal y superior / superior-temporal, tienen las áreas bajo la curva más grandes en comparación con los otros meridianos.<sup>14</sup>

Se encontró que los parámetros de RNFL son significativamente más bajos en glaucoma perimétrico que en los controles. Adicionalmente que la prueba de simetría de RNFL, un algoritmo de detección que compara los segmentos correspondientes de la mitad superior con la inferior tiene una sensibilidad de 95% y especificidad de 100% para distinguir sujetos con glaucoma.<sup>10</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El glaucoma se caracteriza por presentar cambios estructurales del nervio óptico y del grosor de la capa de fibras nerviosas retinianas con progresión de estos. Sin embargo, actualmente no se sabe la frecuencia ni

características tomográficas del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma de nuestra población.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la frecuencia y características tomográficas del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma de nuestra población?

## HIPÓTESIS

No aplica por ser estudio descriptivo.

## OBJETIVOS

### a. General

- Determinar la frecuencia y características tomográficas del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma.

### b. Particulares

- Determinar la frecuencia del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma.
- Determinar las características tomográficas del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma.

## JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente se ha descrito que en el glaucoma los sectores más afectados son el inferior, inferior-temporal, superior y superior-temporal, sin embargo, se



desconoce la prevalencia de alteraciones en los otros sectores. Dado que la TCO de dominio espectral estuvo disponible y accesible en nuestro hospital, para medir estas características, se decidió utilizarlo para determinar la frecuencia y características tomográficas del daño al nervio óptico en sujetos con glaucoma, lo que permitirá definir al sector al que debe dirigirse la atención al momento del estudio.

## DISEÑO DEL ESTUDIO

Observacional

Descriptivo

Transversal

Retrospectivo

## Muestra

La población general que acudió al servicio de Oftalmología del hospital Juárez de México, donde se les realizó una tomografía de coherencia óptica de nervio óptico y capa de fibras nerviosas retinianas. Se evaluaron 107 ojos de 116 sujetos.

## Criterios de selección

a) Criterios de entrada

i) Inclusión:

- Cualquier género y edad

- Consentimiento informado
- Medios transparentes que permitieran obtener una TCO de adecuada calidad

ii) No inclusión

- Enfermedades del nervio óptico diferentes a glaucoma

b) Criterios de salida

i) Eliminación:

- Pacientes que retiraron su consentimiento informado.

I. Variables de estudio

- Dependiente: daño tomográfico por glaucoma
  - i. Definición conceptual: Grosor de la capa de fibras nerviosas cuya probabilidad de ser normal se encuentre por debajo del 5%, de acuerdo con la base normativa de la TCO.
  - ii. Definición operativa: la conceptual
  - iii. Tipo de variable: cuantitativa
  - iv. Escala de medición: continua.
  - v. Unidad de medición: micras

- Independientes:
  - c. Variable 1: Edad
    - i. Definición conceptual: Edad cronológica en años cumplidos al momento del estudio.
    - ii. Definición operativa: años cumplidos al momento del estudio.
    - iii. Tipo de variable: cuantitativa
    - iv. Escala de medición: continua.
    - v. Unidad de medición: años.
  - d. Variable 2: Género
    - i. Definición conceptual: condición de un organismo que distingue entre masculino y femenino.
    - ii. Definición operativa:
      - 1. Femenino: género gramatical; propio de la mujer.
      - 2. Masculino: género gramatical, propio del hombre.
    - iii. Tipo de variable: cualitativa
    - iv. Escala de medición: nominal
    - v. Unidad de medición: dicotómica
  - e. Variable 3: Grosor de capa de fibras nerviosas retinianas promedio.
    - i. Definición conceptual: conjunto de axones de las células ganglionares retinianas.
    - ii. Definición operativa: grosor en micras de los axones de células ganglionares retinianas no mielinizadas, medida por la TCO.

- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición: micras

f. Variable 4: Área del borde.

- i. Definición conceptual: rodete de tejido comprendido entre el anillo escleral de Elschnig y el comienzo de la excavación del nervio óptico.
- ii. Definición operativa: área en milímetros cuadrados del borde neurorretiniano. Medida por la TCO.
- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición:  $\text{mm}^2$

g. Variable 5: Área del disco.

- i. Definición conceptual: superficie medida dentro de los límites externos del anillo neurorretiniano
- ii. Definición operativa: superficie medida en milímetros cuadrados dentro de los límites externos del anillo neurorretiniano, medida por la TCO.
- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición:  $\text{mm}^2$

h. Variable 6: Proporción copa-disco promedio.

- i. Definición conceptual: índice obtenido al dividir la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano y el área total del disco óptico
- ii. Definición operativa: índice de la relación entre la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano y el área total del disco óptico, medido por la TCO.
- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición: 0 – 100%

i. Variable 7: Proporción copa-disco vertical.

- i. Definición conceptual: índice obtenido al dividir la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano de forma vertical y el área vertical del disco óptico.
- ii. Definición operativa: índice de la relación entre la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano de forma vertical y el área vertical del disco óptico. Medido por la TCO.
- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición: 0 -100%

- j. Variable 8: volumen de la copa.
  - i. Definición conceptual: medida del espacio en tres dimensiones de la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano
  - ii. Definición operativa: medida en milímetros cúbicos de la porción papilar libre de fibras nerviosas que se sitúa por dentro del anillo neuroretiniano, medido por la TCO.
  - iii. Tipo de variable: cuantitativa
  - iv. Escala de medición: continua
  - v. Unidad de medición: mm<sup>3</sup>
  
- k. Variable 9: simetría de capa de fibras nerviosas retinianas.
  - i. Definición conceptual: correspondencia de tamaño entre ambos ojos del grosor de capa de fibras nerviosas retinianas.
  - ii. Definición operativa: porcentaje de correspondencia entre ambos ojos del grosor de capa de fibras nerviosas retinianas, medido por la TCO.
  - iii. Tipo de variable: cuantitativa
  - iv. Escala de medición: continua
  - v. Unidad de medición: 1-100%
  
- l. Variable 10: grosor por cuadrantes y meridianos de capa de fibras nerviosas retinianas.

- i. Definición conceptual: grupo de axones de las células ganglionares retinianas.
- ii. Definición operativa: medición del grosor en micras por cuadrantes y meridianos de los axones de las células ganglionares retinianas no mielinizadas, determinado automáticamente por la TCO.
- iii. Tipo de variable: cuantitativa
- iv. Escala de medición: continua
- v. Unidad de medición: micras

#### Descripción operativa del estudio

De la base de datos de los pacientes evaluados mediante la TCO en el 2018, se evaluaron los que cumplieron con los criterios de selección. Los sujetos sin daño tomográfico por glaucoma se asignaron al grupo 1, y los que no lo presentaban, se asignaron al 2.

Se determinó la proporción e intervalos de confianza de los sujetos de la muestra que presentaban daño tomográfico por glaucoma, así como la proporción e intervalos de confianza de sujetos con daño tomográfico en cada cuadrante y en cada meridiano del nervio óptico.

Los datos obtenidos fueron almacenados y analizados con el programa SPSS versión 21 para Windows y se realizó un reporte final de estos

#### Consideración ética

Se consideró una investigación sin riesgo mínimo por la obtención de datos a través de estudios ya realizados. Se mantuvo la confidencialidad de los sujetos del estudio.

## RESULTADOS

Se evaluaron 116 sujetos, con edad de 16 a 86 años (promedio de 54.05, desviación estándar de 14.93), 71 eran del género femenino y 45 masculino. 90 sujetos se asignaron al grupo 1 y 26 al 2. 26 sujetos presentaron daño tomográfico al nervio óptico, cuya frecuencia en la muestra fue 21.41 % (I.C. 95% 14.82 a 30.00)

En el grupo 1 el promedio de edad fue de: 53.56 años con una moda de 59.00, una edad mínima de 19 años y máxima de 81. En genero predominó el sexo femenino con 60% sobre el 40% masculino.

En el grupo 2 el promedio de edad fue de: 55.73 años con una moda de 57.00, y una edad mínima de 16 años y máxima de 86 años. En genero predomino el sexo femenino con 61.5% sobre el 38.5 % masculino.

**Cuadro 1. Promedio del grosor de RNFL en micras por cuadrantes**

Cuadrante	Ojo Derecho				Ojo Izquierdo			
	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.
Temporal	66.53	13.04	61.96	11.22	64.54	11.00	58.88	13.00
Superior	119.49	20.10	107.19	26.76	127.16	15.70	103.04	39.79
Nasal	87.02	71.28	66.65	19.36	74.67	11.89	67.32	30.13
Inferior	130.11	19.30	109.42	27.37	129.84	19.81	105.84	28.62

D.E.: desviación estándar



Cuadro 1. Se muestra el grosor promedio de la capa de fibras nerviosas por cuadrantes, donde se evidencia mayor daño en los cuadrantes superiores e inferiores ambos ojos.

**Cuadro 2. Promedio del grosor de RNFL en micras, por meridianos**

Meridiano	Ojo Derecho				Ojo Izquierdo			
	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.
1	108.47	22.96	90.61	34.22	130.38	24.75	101.56	43.92
2	102.96	22.34	80.15	25.40	78.19	14.53	67.08	17.85
3	63.23	15.72	55.38	24.67	53.03	9.93	51.44	11.50
4	72.93	16.6	64.57	20.75	62.01	14.31	58.24	19.24
5	113.13	24.47	96.26	28.33	128.20	20.03	106.20	32.82
6	147.71	27.22	121.00	39.74	151.84	23.30	120.16	37.26
7	130.11	23.47	110.88	32.01	112.31	21.13	91.48	36.29
8	65.95	17.39	61.19	14.83	70.66	15.18	65.48	40.89
9	54.73	13.43	52.11	9.51	57.40	9.89	60.72	41.53
10	78.59	15.00	72.30	16.38	95.63	21.64	75.64	20.70
11	127.34	25.39	114.57	26.64	120.08	22.53	101.56	44.54
12	124.83	29.40	116.50	34.83	130.56	23.42	105.92	49.28

D.E.: desviación estándar

Cuadro 2. Se muestra el grosor promedio de capa de fibras nerviosas por meridianos, que demuestra un mayor daño en M1, M6, M7 y M12, en ambos ojos.

**Cuadro 3. Características tomográficas del nervio óptico**

Variable	Ojo Derecho				Ojo Izquierdo			
	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.	Grupo 1	D.E.	Grupo 2	D.E.
Grosor RNFL promedio (µm)	99.35	10.37	86.27	16.25	99.11	9.84	83.62	0.18
Área de borde mm <sup>2</sup>	1.34	0.25	1.22	0.54	1.39	0.24	1.30	0.34
Área de disco mm <sup>2</sup>	2.07	0.40	2.04	0.57	2.10	0.39	2.02	0.41
Proporción C/D promedio	0.54	0.15	0.62	0.14	0.54	0.13	0.62	0.18
Proporción C/D vertical	0.53	0.14	0.59	0.15	0.51	0.12	0.58	0.19
Volumen copa mm <sup>3</sup>	0.22	0.21	0.27	0.16	0.19	0.17	0.31	0.28

D.E.: desviación estándar

Cuadro 3. Muestra las características generales del nervio óptico en pacientes con y sin glaucoma.

**Cuadro 4. Frecuencia de daño tomográfico al nervio óptico  
por cuadrantes**

Ojo	Cuadrante	Porcentaje	L.C. inferior	L.C. superior
Derecho	Temporal	0.00%	0.00%	0.00%
	Superior	6.96%	2.31%	11.61%
	Nasal	4.35%	0.62%	8.08%
	Inferior	5.22%	1.15%	9.28%
Izquierdo	Temporal	0.00%	0.00%	0.00%
	Superior	6.48%	1.84%	11.12%
	Nasal	3.70%	0.14%	7.27%
	Inferior	4.63%	0.67%	8.59%

Cuadro 4. Muestra el daño tomográfico al nervio óptico por cuadrantes donde se evidencia que en general no se afecta el cuadrante temporal.

**Cuadro 5. Frecuencia de daño tomográfico al nervio  
óptico, por meridianos**

Ojo	meridiano	proporción	L.C. inferior	L.C. superior
Derecho	1	6.96%	2.31%	11.61%
	2	5.22%	1.15%	9.28%
	3	3.48%	0.13%	6.83%
	4	3.48%	0.13%	6.83%
	5	2.61%	0.00%	5.52%
	6	6.09%	1.72%	10.46%
	7	3.48%	0.13%	6.83%
	8	2.61%	0.00%	5.52%
	9	0.00%	0.00%	0.00%
	10	2.61%	0.00%	5.52%
	11	2.61%	0.00%	5.52%
	12	2.61%	0.00%	5.52%
Izquierdo	1	5.56%	1.24%	9.88%
	2	3.70%	0.14%	7.27%
	3	1.85%	0.00%	4.39%
	4	0.93%	0.00%	2.73%
	5	1.85%	0.00%	4.39%
	6	3.70%	0.14%	7.27%
	7	3.70%	0.14%	7.27%
	8	3.70%	0.14%	7.27%
	9	2.78%	0.00%	5.88%
	10	2.78%	0.00%	5.88%
	11	2.78%	0.00%	5.88%
	12	0.93%	0.00%	2.73%

Cuadro 5. Muestra la frecuencia de daño por meridianos al nervio óptico por TCO en pacientes con glaucoma.

No se encontraron diferencias significativas en la frecuencia del daño a nervio óptico en sujetos con glaucoma, salvo que en el meridiano de las 9 en el ojo derecho no se afectó (cuadro 4).

En general los cuadrantes temporales de ambos ojos no se ven afectados por glaucoma, siendo el más afectado el cuadrante superior en ambos ojos (cuadro 1).

En el grosor de RNFL por cuadrantes se encontró que sigue la regla ISNT como lo marca la literatura siendo el cuadrante inferior el más grueso y el temporal el más delgado. Así también estos son los que más disminuyen su grosor en sujetos con glaucoma.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidencia que los cuadrantes mas afectados del nervio óptico en sujetos con glaucoma son los inferiores y superiores, sin embargo, a pesar de ser los más afectados al compararlos con los otros cuadrantes, no existe una diferencia significativa entre estos. El cuadrante que generalmente no se afecta es el temporal en ambos ojos.

La literatura indica que los sectores más afectados son el inferior, inferior-temporal, superior y superior temporal,<sup>14</sup> esto concuerda con el presente estudio, sin embargo, como se evidenció en los resultados los otros cuadrantes pueden ser igualmente afectados.

Una limitación del estudio fue el tamaño de la muestra de pacientes con glaucoma que fue de 26, es posible que por el pequeño tamaño de muestra la frecuencia de daño de daño a nervio óptico por TCO fue baja al igual que en el estudio de Zangwill LM et al.<sup>20</sup> en comparación con el estudio de Kanamori A.<sup>21</sup>

En resumen, se sugiere analizar con TCO el daño al nervio óptico en su totalidad<sup>21</sup> y no guiarse únicamente por los cuadrantes superiores e inferiores con el fin de planear una terapia adecuada para preservar tanto como sea posible la función visual.<sup>22</sup>

La frecuencia de daño tomográfico fue baja debido a la gran diferencia de edades de la muestra y por que el promedio de esta fue menor de 60 años, ya que la diferencia de edad puede afectar la capacidad discriminar el daño del instrumento con el que midió como lo refiere Zangwill LM.<sup>20</sup>

## CONCLUSIONES

Se encontró daño tomográfico al nervio óptico en 22.41% de la muestra (I.C. 95% 14.82 a 30.00). No existe una característica o sitio preferente para afección tomográfica del nervio óptico en sujetos con glaucoma, por lo que todos los nervios ópticos deben revisarse completamente de forma estandarizada.

## REFERENCIAS

1. Tham YC, Li X, Wong TY. Global Prevalence of Glaucoma and Projections of Glaucoma Burden through 2040. *Ophthalmology* 2014;121: 2081-90.
2. Silverman AL, Hammel N, Khachatryan N. Diagnostic Accuracy of the Spectralis and Cirrus Reference Databases in Differentiating between Healthy and Early Glaucoma Eyes. *Ophthalmology*. 2016; 123:408-14.
3. Kotowski J, Wollstein G, Ishikawa H. Imaging of the Optic Nerve and Retinal Nerve Fiber Layer: an Essential Part of Glaucoma Diagnosis and Monitoring. *Surv Ophthalmol*. 2014; 59: 458-467.
4. (4)Yalvac IS, Altunsoy M, Cansever S. The correlation between visual field defects and focal nerve fiber layer thickness measured with optical coherence tomography in the evaluation of glaucoma. *J Glaucoma*. 2009; 18:53-61.
5. Chen TC. Spectral domain optical coherence tomography in glaucoma: qualitative and quantitative analysis of the optic nerve head and retinal nerve fiber layer (an AOS thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2009; 107:254-81.
6. Medeiros FA, Vizzeri G, Zangwill LM. Comparison of Retinal Nerve Fiber Layer and Optic Disc Imaging for Diagnosing Glaucoma in Patients Suspected of Having the Disease. *Ophthalmology*. 2008; 115: 1340-1346.
7. Park SC, De Moraes CG, Teng CC. Enhanced depth imaging optical coherence tomography of deep optic nerve complex structures in glaucoma. *Ophthalmology*. 2012; 119:3-9.



8. Yohannan J, Boland MV. The Evolving Role of the Relationship between Optic Nerve Structure and Function in Glaucoma. *Ophthalmology* 2017;124(12S): S66-S70.
9. Xu G, Weinreb RN, Leung CK. Optic nerve head deformation in glaucoma: the temporal relationship between optic nerve head surface depression and retinal nerve fiber layer thinning. *Ophthalmology*. 2014; 121:2362-70.
10. Crowston JG, Hopley CR, Healey PR. The effect of optic disc diameter on vertical cup to disc ratio percentiles in a population-based cohort: The Blue Mountains Eye Study. *British Journal of Ophthalmology* 2004; 88:766-770.
11. Larrosa JM, Moreno-Montañés J, Martínez-de-la-Casa JM. A Diagnostic Calculator for Detecting Glaucoma on the Basis of Retinal Nerve Fiber Layer, Optic Disc, and Retinal Ganglion Cell Analysis by Optical Coherence Tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015; 56: 6788-95.
12. Rao HL, Zangwill LM, Weinreb RN. Comparison of different spectral domain optical coherence tomography scanning areas for glaucoma diagnosis. *Ophthalmology*. 2010; 117:1692-9, 1699.
13. Duker J, Waheed N, Goldman D. *Handbook of Retinal TCO: Optical Coherence Tomography*. 5.1. Basic Optic Nerve Scan Patterns and Output. Elsevier 2014; 24-29.
14. Lin SC, Singh K, Jampel HD. Optic nerve head and retinal nerve fiber layer analysis: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2007; 114:1937-49.

15. Budenz DL, Chang RT, Huang X. Reproducibility of retinal nerve fiber thickness measurements using the stratus TCO in normal and glaucomatous eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005; 46:2440-3.
16. Poon LY, Solá-Del Valle D, Turalba AV. The ISNT Rule: How Often Does It Apply to Disc Photographs and Retinal Nerve Fiber Layer Measurements in the Normal Population?. *Am J Ophthalmol.* 2017; 184:19-27.
17. Chang RT, Knight OJ, Feuer WJ. Sensitivity and specificity of time-domain versus spectral-domain optical coherence tomography in diagnosing early to moderate glaucoma. *Ophthalmology.* 2009; 116:2294-9.
18. Pinilla I, Garcia-Martin E, Idoipe M. Comparison of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measurements in Healthy Subjects Using Fourier and Time Domain Optical Coherence Tomography. *Journal of Ophthalmology.* 2012; 2012: 107053.
19. Rolle T, Briamonte C, Curto D. Ganglion cell complex and retinal nerve fiber layer measured by fourier-domain optical coherence tomography for early detection of structural damage in patients with preperimetric glaucoma. *Clinical Ophthalmology.* 2011; 5:961-9.
20. Zangwill LM, Bowd C, Berry CC. Discriminating between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg Retina Tomograph, GDx Nerve Fiber Analyzer, and Optical Coherence Tomograph. *Arch Ophthalmol.* 2001;119(7):985-93.
21. Kanamori A, Nakamura M, Escano MF. Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2003;135(4):513-20.

22. Miglior S. Guareschi M. The Impact of Definition of Primary Open-angle Glaucoma on the Cross-sectional Assessment of Diagnostic Validity of Heidelberg Retinal Tomography. *Am J Ophthalmol.* 2005;139(5):878 - 887