



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN- Managua)

Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez

Tesis para optar al título de Especialista en Radiología

Valores de referencia del grosor de la vaina del nervio óptico determinado por ecografía transorbital en adultos sin hipertensión intracraneal, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, de marzo a noviembre del 2019.

Autora:

Dra. Francis Ileana Navarro Aráuz

Residente de Radiología

Tutor

Dr. Jorge Chamorro Flores

Médico Especialista de Radiología

Marzo 2020

Dedicatoria

A Dios por permitirme la vida y darme fuerza para subir un peldaño más en mi vida académica.

A mis padres Francisco B. Navarro Zúniga e Ileana Aráuz Canales por ser las bases de mi vida y por ser el apoyo incondicional, en cada etapa de mi vida, por darme aliento y fuerza de seguir adelante.

A mi esposo Miguel Angel Talavera por ser mi compañero y amigo incondicional, por animarme a ser mejor cada día.

A mis docentes por ser parte y formadores de profesionales con calidad y humanismo

Agradecimiento

A Dios, por sobre todas las cosas, por darme sabiduría en todo este proceso.

A mis padres y esposo por todos y cada uno de los consejos dados, y por el ánimo en todo momento para seguir luchando por los sueños y metas, que si queremos podemos lograr.

A mi tutor Dr. Jorge Chamorro Flores, por su interés infinito hacia la docencia, por demostrarme que, ante las mayores de las adversidades, si Dios está con nosotros todo es posible.

A los pacientes que formaron parte de este estudio y que son la fuente de inspiración para mejorar las técnicas de imagen diagnósticas.

Índice

1. Introducción	6
2. Antecedentes	8
2.1.1. Estudios internacionales.....	8
2.1.2. Estudios nacionales.....	9
3. Justificación	10
3.1. Relevancia clínica.....	10
3.2. Relevancia teórica.....	10
3.3. Relevancia metodológica	10
4. Planteamiento del problema.....	11
5. Objetivos.....	12
5.1. Objetivo general	12
5.2. Objetivos específicos	12
6. Marco teórico	13
6.1. Generalidades	13
6.2. Anatomía.....	13
6.3. Relevancia clínica de la medición ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO).....	20
6.4. Ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico para la detección de ICP.....	21
6.5. Técnica ecográfica.....	24
6.6. Determinación de los valores de referencia	26
7. Diseño metodológico.....	29
7.1. Tipo de estudio	29
7.2. Área y periodo de estudio	29
7.3. Población de estudio	29

7.4. Muestra	29
7.4.1. Determinación del tamaño de la muestra	29
7.5. Criterios de selección.....	30
Criterios de inclusión.....	30
Criterios de exclusión	30
7.6. Técnicas y procedimientos para recolectar la información.....	31
Ficha de recolección de la información.....	31
Fuente de información.....	31
Evaluación ecográfica del nervio óptico	31
7.7. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	34
Creación de base de datos.....	34
Estadística descriptiva	34
7.8. Consideraciones éticas	34
7.9. Variables y cruce de variables.....	34
8. Resultados.....	36
9. Discusión y análisis de resultados.....	38
11. Conclusiones	41
12. Recomendaciones.....	42
13. Bibliografía.....	43
14. Anexo.....	47

1. Introducción

Unas de las principales áreas de preocupación de los profesionales de la salud, especialmente médicos asistenciales o de las especialidades diagnósticas, es la interpretación de las mediciones biológicas realizadas en los pacientes. En este sentido, contar con intervalos de referencia apropiados, también conocidos como valores normales, es uno de los principales criterios utilizados en proceso de decisión clínica usando mediciones de parámetros biológicos.(Ceriotti, 2007; NCI, 2020)

Los valores de referencia para una prueba cualquiera están basados en los observado en el 95% de la población sana (o sin el problema bajo estudio). Sin embargo, algunos pacientes cuyos resultados están fuera de los valores de referencia podrían estar saludables y algunos pacientes cuyos resultados están dentro de los límites del intervalo de referencia podrían padecer el problema bajo estudio. Incluso podría haber valores de referencia distintos para grupos distintos de población (por ejemplo, para varones y mujeres). Al intervalo de valores de referencia en medicina también se les llama valores normales (Ceriotti, 2007; NCI, 2020)

La hipertensión intracraneal es un síndrome potencialmente mortal, que es causado por una variedad de enfermedades neurológicas y no neurológicas (Arrojo, Muñoz, & Anciones, 2010). Aunque la ICP elevada puede a través de mediciones invasivas, es común auxiliarse de las pruebas de imagen, ya que se pueden detectar signos de elevación de la presión intracraneal mediante tomografía computarizada o imágenes de resonancia magnética, estas técnicas son costosas, requieren mucho tiempo y requieren el transporte del paciente. En los últimos años, medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) mediante ecografía ha sido desarrollado y sugerido como un posible indicador de hipertensión intracraneal (Xu, Gerety, Aleman, Swanson, & Taylor, 2016). Sin embargo, no ha habido consenso sobre el óptimo valor de corte de ONSD anormal para indicar ICP elevada; y los umbrales existentes son solo de pacientes con lesión cerebral. (Ohle, McIsaac, Woo, & Perry, 2015; Roque et al., 2012).

Son pocos los estudios que han definido valores de referencia o normales para DVNO. El rango normal de DVNO en población sin hipertensión intracraneal es información indispensable para interpretar la medición de DVNO como un marcador de hipertensión intracraneal. Por otro lado aún se desconoce si existe una diferencia de los valores de ONSD entre poblaciones de

distintas regiones y razas, debido a la falta de estudios de muestras amplias y mediciones fiables (Luberda, Stachura, & Moskala, 2013; Roque et al., 2012; Soldatos, Chatzimichail, Papathanasiou, & Gouliamos, 2009).

En este sentido, el propósito del presente estudio es establecer valores de referencia del grosor de la vaina del nervio óptico determinado por ecografía transorbital a partir del estudio de una muestra de adultos sin comorbilidades crónicas ni datos de hipertensión intracraneal, que fueron atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, de marzo a noviembre del 2019.

2. Antecedentes

2.1.1. Estudios internacionales

Che et al (2015) llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue determinar el rango normal de DVNO en adultos chinos sanos. El diámetro transversal del globo ocular (ETD), el diámetro del nervio óptico (DON) y el DVNO se midieron mediante ecografía en voluntarios adultos sanos. El OND y el DVNO se evaluaron 3 mm detrás del globo. La sección que muestra el diámetro transversal máximo del globo ocular se congeló y se midió el diámetro. Un total de 519 voluntarios sanos fueron incluidos en el estudio. La mediana (rango intercuartil) de ETD, DON y DVNO fue 22.3 (21.6 a 23.1) mm, 3.2 (2.9 a 3.4) mm y 5.1 (4.7 a 5.4) mm, respectivamente. El percentil 95% de ONSD fue de 5,9 mm. No hubo diferencias significativas en ETD, DON o DVNO entre hombres y mujeres, o entre ojo izquierdo y derecho. El DVNO se correlacionó significativamente con DNO ($r = 0.62$, $P < 0.001$), y la relación mediana de DNO / DVNO (rango intercuartil) fue 0.63 (0.59 a 0.67). Los autores concluyeron que la mediana y el percentil del 95% de la medición ecográfica de DVNO son 5,1 mm y 5,9 mm en adultos chinos sanos. El DVNO está correlacionado con el DON, mientras que es independiente del género, edad, altura, peso y ETD. La mediana de la relación DNO / DVNO es 0.63 y este parámetro garantiza una mayor investigación en pacientes con lesión cerebral (H. Chen, Ding, Zhao, Yu, & Zhou, 2015)

Goeres et al (2016) publicó un estudio que tuvo como propósito definir un rango de valores normales para DVNO en una población de voluntarios adultos sanos norteamericanos. Los autores reclutaron ciento veinte adultos (edad 18-65 [promedio 29.3]) con 55 sujetos masculinos y 65 femeninos. La media de DVNO fue de 3,68 mm (intervalo de confianza [IC] del 95%, 2,85-4,40). Tras el análisis de regresión, el DVNO medio no varió con la edad, el peso o la altura, pero sí con el sexo. Las mediciones medias de DVNO para los hombres fueron de 3.78 mm (IC 95%, 3.23-4.48) en comparación con 3.60 mm (IC 95%, 2.83-4.11) para las mujeres. Los autores concluyeron que la falta de relación con la edad, el peso y la altura es similar a otros estudios, pero este es el primer estudio que encuentra una diferencia dependiendo del sexo, lo que sugiere la posible necesidad de rangos de referencia separados para hombres y mujeres (Zeiler et al., 2016).

2.1.2. Estudios nacionales

Luego de revisar las principales bases de datos de las universidades nacionales y las bases en línea, se encontró un único estudio realizado en Nicaragua por Gutiérrez et al (2018). Sin embargo, este estudio no estaba dirigido a estimar valores de referencia, ya que pretendía establecer la capacidad diagnóstica de la determinación ecográfica versus los hallazgos tomográficos, para identificar hipertensión intracraneal en pacientes atendidos en el Centro de Alta Tecnología (CAT) del Hospital Escuela Antonio Lenin Fonseca, durante el mes de octubre a Diciembre del 2017. Los resultados de este estudio indican que si hay relación estadística entre el engrosamiento de la vaina del nervio óptico y la presencia de hallazgos tomográficos indicativos de hipertensión intracraneal. Sin embargo, con los datos actuales, al evaluar el punto de corte de 0.5 (propuesto internacionalmente), se observó menor sensibilidad (43.8%) pero mayor especificidad (100%), con respecto al punto de corte de 0.4 mm, con cual se obtiene una sensibilidad del 84.4 % y una especificidad del 58.3 %.

3. Justificación

3.1. Relevancia clínica

La identificación de la presión intracraneal elevada (PIC) es importante en la evaluación de una variedad de enfermedades neurológicas. Es un predictor de mal pronóstico, incluido el riesgo de muerte.

La medición de ultrasonido del diámetro de la vaina del nervio óptico (ONSD) es un método rápido y no invasivo para detectar ICP elevada. Se está utilizando cada vez más en a nivel hospitalario. Por lo que si se establecer valores normales fiables, este estudio contribuirá a la prevención del deterioro catastrófico de la función cerebral y de la muerte, al detectar tempranamente la presencia de hipertensión intracraneal y tratarla como corresponde.

3.2. Relevancia teórica

La evaluación ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) se ha sugerido como una medida no invasiva de la presión intracraneal. Numerosos estudios pequeños sugieren su validez; sin embargo, existe discrepancia en torno a los valores normales para DVNO.

Este estudio contribuirá a identificar valores de referencia de población adulta nicaragüense, lo que permitirá su aplicabilidad en la práctica clínica en hospitales de nuestro medio, ya que se consideran todas aquellas características que nos diferencian de otras poblaciones, que podrían explicar las razones por las que se han propuesto una gran variedad de rangos normales.

3.3. Relevancia metodológica

Este estudio se caracteriza por un tamaño muestral que garantizó suficiente precisión y confianza como para poder estimar intervalos de referencia cuya amplitud no es explicada por el error estadístico, y además incluye la variabilidad esperada, lo cual fortalece la capacidad de generalización de los resultados. Por lo que los intervalos estimados serían representativos de la población nicaragüense. Por ende, estos resultados serían replicables en las unidades sanitarias de nuestro medio.

4. Planteamiento del problema

¿Cuáles son los valores de referencia del grosor de la vaina del nervio óptico a través ecografía transorbital en adultos voluntarios sin hipertensión intracraneal, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, de marzo a noviembre del 2019?

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Establecer valores de referencia del grosor de la vaina del nervio óptico a través ecografía transorbital en adultos voluntarios sin hipertensión intracraneal, atendidos en el Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, de marzo a noviembre del 2019.

5.2. Objetivos específicos

1. Identificar las características sociodemográficas de los pacientes en estudio
2. Describir el comportamiento de los valores de del grosor de la vaina del nervio óptico a través ecografía transorbital, en los casos en estudio.
3. Estimar un intervalo de distribución normal (rango de referencia) y su correspondiente ecuación de predicción.
4. Examinar si la edad, el sexo o las características antropométricas se asocian a la distribución de los valores de del grosor de la vaina del nervio óptico a través ecografía transorbital, en los casos en estudio

6. Marco teórico

6.1. Generalidades

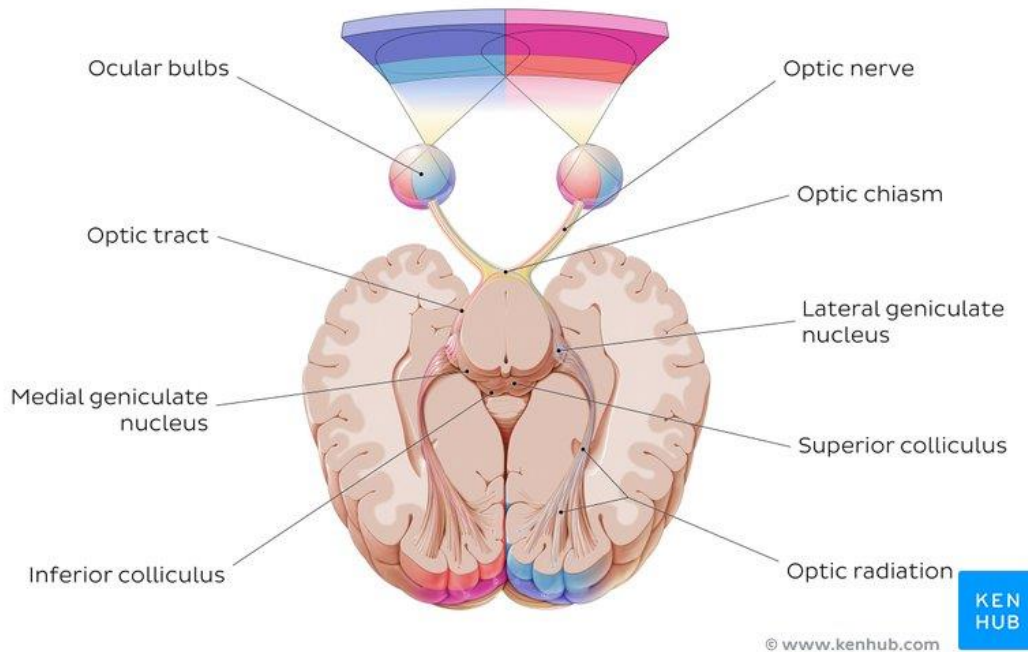
El nervio óptico es una prolongación del sistema nervioso central y, por lo tanto, está recubierto de meninges y líquido cefalorraquídeo, concepto anatómico que explica el papiledema que se presenta con el incremento de la PIC y fundamento de los cambios en el diámetro de su vaina como reflejo de las fluctuaciones de la PIC (L. M. Chen et al., 2019; Hylkema, 2016; Messerer, Berhouma, Messerer, & Dubourg, 2013; Siaudvytyte et al., 2015). Se ha demostrado que el incremento de la PIC tiene una correlación estrecha con el ensanchamiento de la vaina del nervio óptico (A. R. Changa, B. M. Czeisler, & A. S. Lord, 2019; Hylkema, 2016; Price et al., 2019; Robba et al., 2018).

La medición ultrasonográfica de la DVNO evalúa de manera indirecta la presión intracraneana. Diferentes estudios han demostrado que existe una correlación adecuada entre el DVNO y la presión intracraneal, en especial en situaciones agudas como el traumatismo craneoencefálico (L. M. Chen et al., 2019; Messerer et al., 2013; Nag, Sahu, Swain, & Kant, 2019; Ohle et al., 2015; Price et al., 2019; Robba et al., 2018).

6.2. Anatomía

Los nervios ópticos son estructuras cilíndricas emparejadas que se extienden desde la parte posterior del globo ocular (aproximadamente 2 mm medial al polo posterior) hasta el espacio supraselar en la fosa craneal media. Está formado por aproximadamente 1 millón de axones mielinizados de las células ganglionares de la retina (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

El par craneal II está mielinizado por oligodendrocitos y no por células de Schwann como los axones de los nervios periféricos. Si bien existe una variabilidad significativa en las dimensiones del nervio óptico (incluso entre los nervios ópticos dentro del mismo individuo), la longitud promedio de la estructura varía entre 35 mm y 55 mm (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).



Descripción general del nervio óptico (vista craneal)

Se puede subdividir en cuatro partes principales:

- a. La cabeza del nervio óptico (es decir, la parte intraocular) mide aproximadamente 1 mm de longitud.
- b. La parte intraorbital tiene aproximadamente 25 mm de longitud.
- c. La parte intracanalicular es más variable, oscilando entre 4 y 10 mm de longitud.
- d. La parte intracraneal representa aproximadamente 10 mm de la longitud total del nervio.

Parte intraocular del CN II

La cabeza del nervio óptico es el componente más anterior del nervio óptico y corresponde al segmento de 1 mm que se encuentra dentro del globo ocular (es decir, la parte intraocular). Históricamente, se pensaba que era una entidad elevada que sobresalía de la superficie retiniana y, por extensión, se denominaba papila (de ahí el término, edema de papilo). Sin embargo, desde entonces se descubrió que el nervio óptico está de hecho nivelado con la retina, por lo tanto, el término papila es una antigua palabra errónea que todavía se usa ocasionalmente con referencia a

la cabeza del nervio óptico (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

La cabeza del nervio óptico (también conocida como disco óptico) tiene aproximadamente 1,5 mm de ancho y también está asociada con una copa fisiológica que corresponde a una depresión central en la cabeza del nervio óptico. Las dimensiones de la copa y el disco dependen de la orientación, la forma y el tamaño del canal corioescleral que existe en la membrana de Bruch. El canal corioscleral cónico tiende a ensancharse en la dirección anteroposterior (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

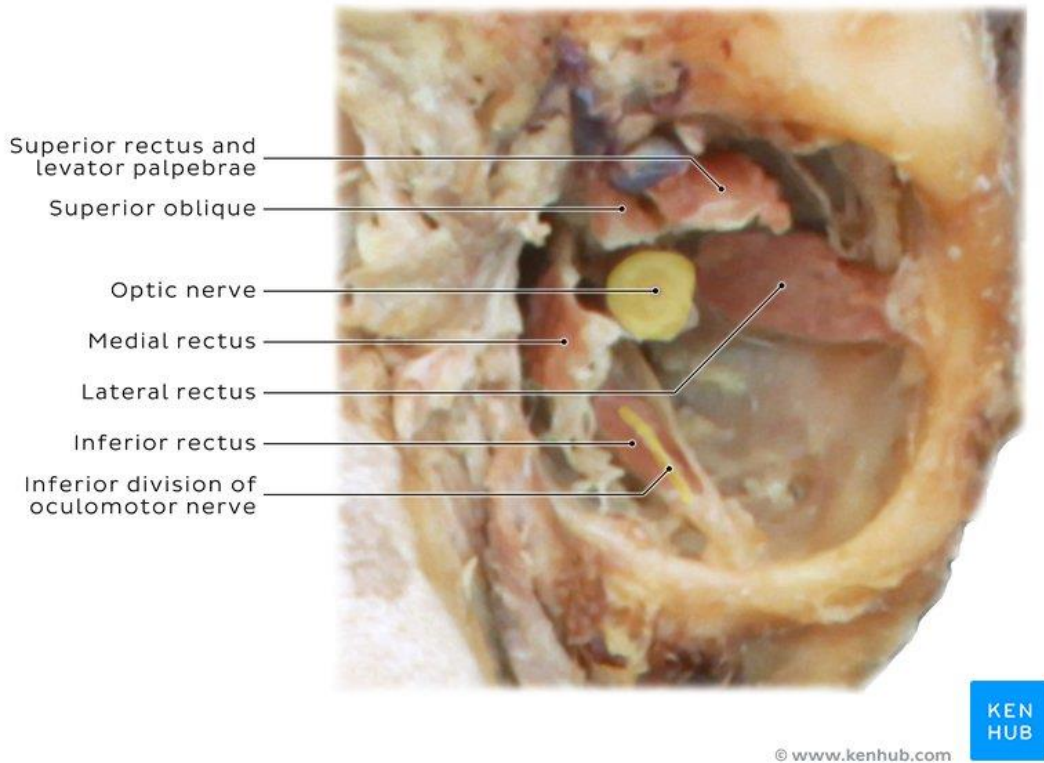
La cabeza del nervio óptico es una parte única del CN II, ya que marca un punto importante de transición vascular, geométrica y tonométrica. En la cabeza del nervio óptico, los nervios ópticos se mueven hacia el espacio de presión relativamente baja de la región retroorbital desde la zona de presión intraocular mucho más alta. Además, hay un cambio en el suministro de sangre desde la arteria central de la retina hacia las arterias oftálmica y ciliar posterior. Las fibras nerviosas hacen un giro agudo de 90 grados para perforar la lámina cribrosa. Finalmente, no solo se vuelven mielinizados, sino que también están encerrados en las capas meníngeas en las áreas extraoculares (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

Parte intraorbital de par craneal II

Los 25 mm de nervio óptico que viajan desde la parte posterior del globo ocular (unos pocos milímetros medial a su polo posterior) hasta la abertura intraorbital del canal óptico se conocen como la parte intraorbitaria. Las fibras del nervio óptico distales a la lámina cribrosa están mielinizadas, mientras que las que preceden a la lámina cribrosa no están mielinizadas. Por lo tanto, el diámetro del disco óptico intraorbitario es dos veces el ancho de la parte intraocular (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

El nervio óptico intraorbitario también está rodeado por las tres capas meníngeas (es decir, duramadre, aracnoides y piamadre). La aracnoides y la duramadre generalmente están unidas de manera laxa y están asociadas con un espacio subaracnoideo más grande (que le da una apariencia bulbosa) en el polo posterior del globo ocular. El espacio subaracnoideo se estrecha

significativamente en el orificio orbital del canal óptico (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).



Nervio óptico en un cadáver. Es la estructura neural más prominente de la órbita.

Justo antes de que ingrese al canal óptico, se puede encontrar CN II adyacente a CN III, CN VI y el nervio nasociliar, y supero medial a la arteria oftálmica. Dentro del canal, hay numerosos accesorios duros fibrosos que se extienden a la piamadre. Anteriormente en su curso, la grasa orbital separa el nervio óptico de los músculos extraoculares circundantes. Sin embargo, el nervio se relaciona más estrechamente con el anillo de Zinn, donde se originan los cuatro rectos (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

Parte intracanalicular del par craneal II

Dentro del canal óptico se encuentra la parte intracanalicular del nervio óptico. El canal óptico se forma dentro del ala menor del hueso esfenoides. Existe una variabilidad significativa en el grosor de las paredes del canal óptico, de modo que el grosor aumenta de medial a lateral y de superior a inferior (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

Canal óptico (Canalis opticus)

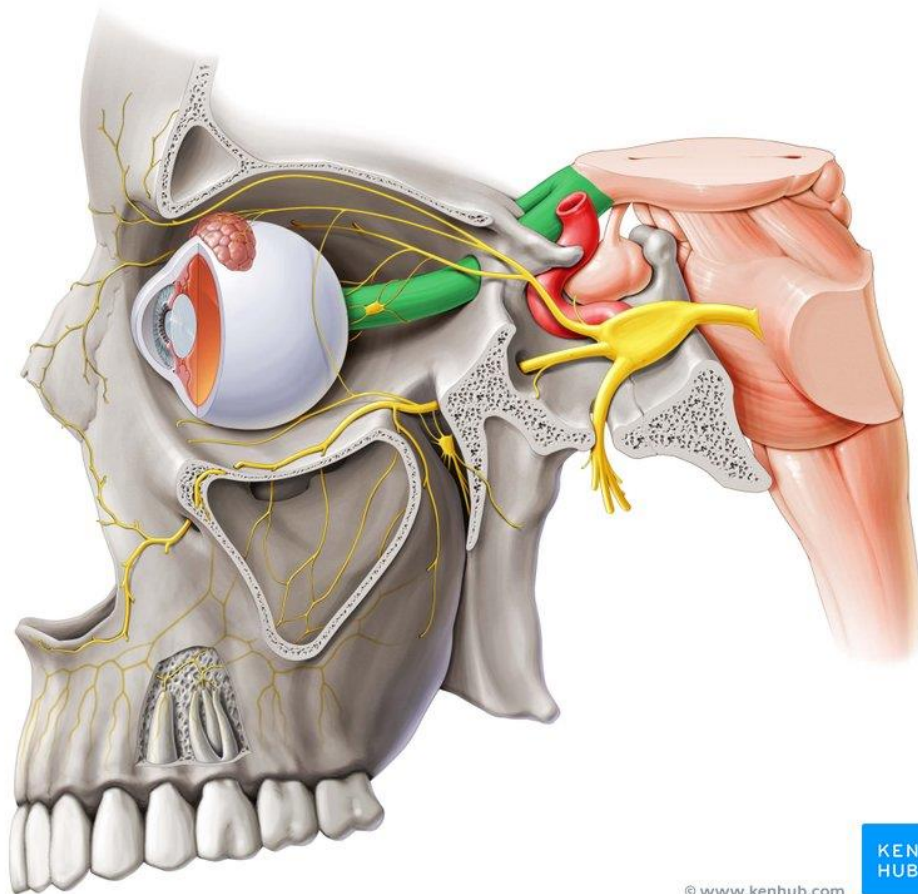
El canal óptico viaja posteromedialmente en un ángulo de 35 grados con respecto al plano medio sagital. Al igual que la parte intraorbital anterior, la parte intracanalicular también está encerrada por las meninges descritas anteriormente. Tiene una longitud variable que oscila entre 4 y 10 mm. La longitud adicional (además de la longitud del componente intraorbital) permite movimientos adicionales del globo ocular dentro de la órbita. Por lo demás, es estructuralmente idéntico al segmento intraorbitario anterior (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

Parte intracraneal

Los últimos 10 mm de nervio óptico son la parte intracraneal. Se extiende desde el orificio interno del canal óptico y viaja por encima del diafragma sellae antes de pasar por encima de la parte supraselar del seno cavernoso. Aquí, el nervio óptico se une con su CN II contralateral para formar el quiasma óptico. También hay estructuras vasculares muy importantes que están estrechamente relacionadas con el nervio óptico intracraneal (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019):

- se encuentra medial a la arteria carótida interna
- es superomedial a la arteria oftálmica
- e inferior a la arteria cerebral anterior.

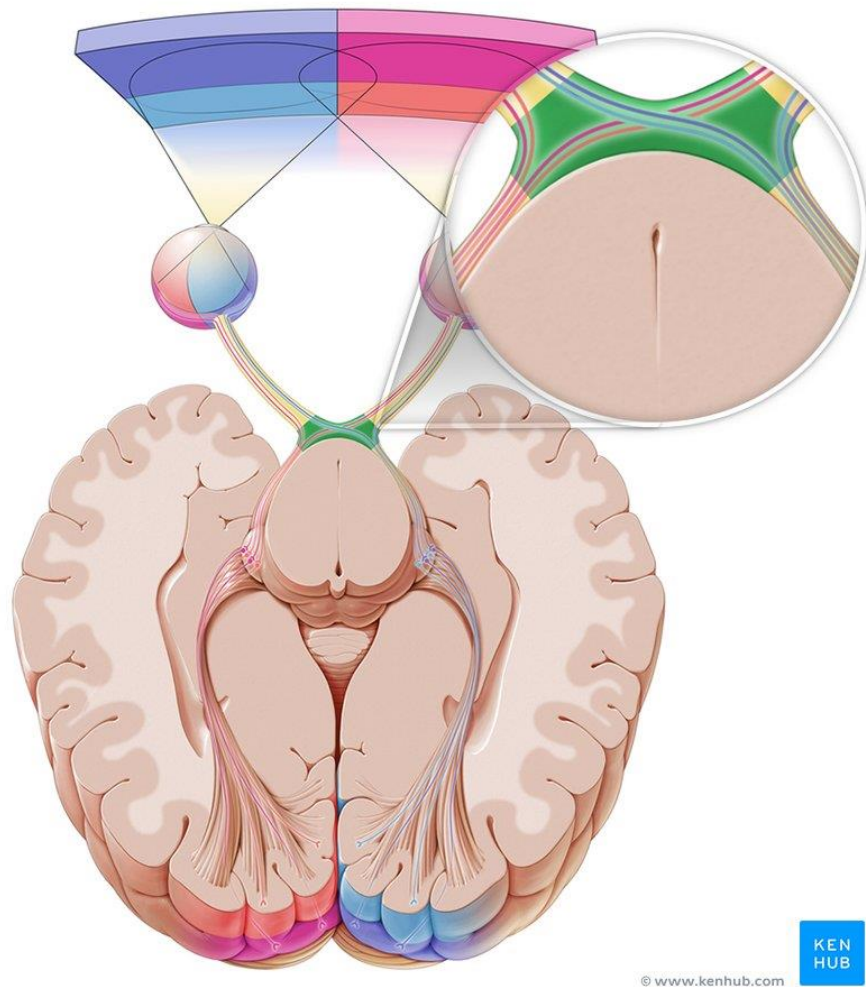
La piamadre es la única capa meníngea que cubre el nervio óptico intracraneal.



Nervio óptico (vista lateral izquierda)

Quiasma óptico

El quiasma óptico marca una parte importante de CN II. Recuerde que la retina se puede subdividir en mitades nasales y temporales, que se pueden subdividir en polos superior e inferior. El lado nasal del ojo izquierdo y el lado temporal del ojo derecho reciben información de los campos visuales temporal y nasal, respectivamente (es decir, el campo visual izquierdo). De manera similar, la luz del campo visual derecho es detectada por el lado temporal del ojo izquierdo y el lado nasal del ojo derecho (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).



Quiasma óptico (vista craneal)

En el quiasma óptico, las fibras del nervio óptico que se originan en el lado temporal de la retina del ojo derecho continúan en el tracto óptico derecho (parte post quiasmática del nervio óptico). En el punto de la decusación, las fibras que se originaron en el campo nasal del ojo izquierdo, se cruzan y entran al tracto óptico derecho. Por lo tanto, la entrada visual del campo visual izquierdo viaja en el tracto óptico derecho. Una decusación similar ocurre con las fibras que surgen en el lado nasal del ojo contralateral (Batterbury & Murphy, 2018; El-Dairi & House, 2020; Lochner et al., 2019).

6.3. Relevancia clínica de la medición ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO)

La medición ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) es una herramienta simple no invasiva con un nivel razonable de precisión diagnóstica para estimar la hipertensión intracraneal (PIC) (Canakci, Koksai, & Durak, 2018; Dubourg, Javouhey, Geeraerts, Messerer, & Kassai, 2011; Harrer et al., 2012; Hightower, Chin, & Heiner, 2012; Moretti & Pizzi, 2011; Munawar et al., 2019; Soldatos et al., 2009).

Dado que el espacio subaracnoideo del nervio óptico es un continuo con los espacios del líquido cefalorraquídeo (LCR) intracraneal, puede expandirse mediante un aumento de la PIC y modificar el DVNO. Las enfermedades agudas y crónicas con un aumento en la PIC (por ejemplo, hipertensión intracraneal idiopática, traumatismo craneocerebral, accidente cerebrovascular maligno de la arteria cerebral media, hemorragia intracraneal, hidrocefalia descompensada) conducen a un aumento de DVNO. En los casos en que persiste el aumento de la PIC, se desarrolla una papila congestionada con elevación del disco óptico (EDO), que se puede detectar con la ecografía. Además, algunos documentos recientes indican que una disminución de la PIC puede provocar una disminución de la DVNO. La medición dinámica que incluye una comparación de las posiciones acostada y de pie puede ayudar aún más a identificar la hipotensión intracraneal sintomática (Canakci et al., 2018; Dubourg et al., 2011; Harrer et al., 2012; Hightower et al., 2012; Moretti & Pizzi, 2011; Munawar et al., 2019; Soldatos et al., 2009).

En comparación con los métodos convencionales de neuroimagen, como la tomografía computarizada (CT) y la resonancia magnética (MRI), la ecografía transorbital (TOS) tiene las ventajas de ser de bajo costo, con tiempos de investigación cortos, buena reproducibilidad y disponibilidad al lado de la cama, y lo más importante de ser no invasivo y simple [4, 5]. En la toma de decisiones clínicas, esta técnica, combinada con el estado clínico y neurológico y la neuroimagen, puede ayudar a los médicos (especialmente a los neurólogos) a decidir si transfieren a los pacientes con patologías neurológicas graves a centros especializados o si colocan un dispositivo invasivo (Canakci et al., 2018; Dubourg et al., 2011; Harrer et al., 2012; Hightower et al., 2012; Moretti & Pizzi, 2011; Munawar et al., 2019; Soldatos et al., 2009).

Sin embargo, la modificación de DVNO puede tener lugar no solo junto con la variación en la PIC, sino que también puede ocurrir debido a lesiones inflamatorias del propio nervio óptico. En estas lesiones, se desarrolla un cambio en el diámetro de forma inflamatoria debido al edema perilesional que puede ocurrir en la neuritis óptica aguda (Canakci et al., 2018; Dubourg et al., 2011; Harrer et al., 2012; Hightower et al., 2012; Moretti & Pizzi, 2011; Munawar et al., 2019; Soldatos et al., 2009).

6.4. Ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico para la detección de ICP

La hipertensión intracraneal es una emergencia que puede detectarse mediante síntomas clínicos, datos de imágenes y signos oftalmológicos. La hipertensión intracraneal se confirma mediante monitorización intracraneal invasiva, que es la técnica estándar de oro para medir la PIC. Debido al riesgo de complicaciones, en particular hemorragia o infección, recientemente se han desarrollado métodos no invasivos como la ecografía Doppler transcraneal (TCD), la resonancia magnética, la tomografía computarizada craneal y la ecografía DVNO para estimar el aumento de la PIC. El nervio óptico está rodeado por el LCR, que está conectado al sistema ventricular del cerebro. La vaina del nervio óptico está compuesta por la duramadre, la aracnoides y la piamadre, que bordean una pequeña cantidad de LCR en el espacio subaracnoideo. Por lo tanto, se cree que el aumento de la PIC causa la transmisión de fuerza a través de estos espacios, lo que resulta en la distensión del DVNO. En particular, se sugiere un mayor apoyo para esta teoría en los estudios que muestran una correlación similar en la dirección opuesta (es decir, un pequeño valor de DVNO en el contexto de disminución de la PIC). En estudios experimentales y humanos, se demostró un cambio inmediato (en minutos) de DVNO correspondiente a un cambio de ICP (L. M. Chen et al., 2019; Messerer et al., 2013; Nag et al., 2019; Ohle et al., 2015; Price et al., 2019; Robba et al., 2018).

La ecografía de DVNO y el nervio óptico se puede realizar fácilmente utilizando la mayoría de los sistemas de ultrasonido en color equipados con sondas lineales de alta frecuencia (7.5 MHz o más) con un resolución espacial lateral de menos de 0,4 mm. Como primer paso, la configuración del sistema debe ajustarse (índice mecánico = 0.23 e índice térmico (TI) = 0.0) para evitar el daño de estructuras sensibles como la lente, la retina y el cuerpo vítreo (cavitación e índice térmico) En segundo lugar, todos los parámetros, como la compensación de ganancia de tiempo o la escala de

grises, la profundidad y la ganancia, se adaptan individualmente para lograr la mejor calidad de imagen. Se aconseja la formación vigilante en la técnica de examen. La estandarización de la técnica es de gran importancia para reducir la variación inter e intraobservador y establecer el verdadero plano axial y los límites exactos de la vaina (L. M. Chen et al., 2019; Hylkema, 2016; Ohle et al., 2015; Robba et al., 2018).

De lo contrario, los artefactos sombreados causados por la lente y el disco óptico o por operadores inexpertos pueden alterar significativamente la medición de DVNO. Para la medición de DVNO, el examinador normalmente se sienta en la cabecera de la mesa de examen con el paciente colocado en decúbito supino con la cabeza y la parte superior del cuerpo levantados 20-30 ° para evitar cualquier presión en el ojo. El paciente permanece en esta posición durante al menos 1 minuto antes de registrar los datos. Se aplica una capa gruesa de gel sobre el párpado superior cerrado. El transductor debe colocarse en el lado temporal del ojo. Para ayudar a suprimir el movimiento ocular y lograr una mejor delineación de los principales puntos de referencia anatómicos (nervio óptico y lente), se le pide al paciente que mire hacia adelante con los ojos cerrados (L. M. Chen et al., 2019; Hylkema, 2016; Ohle et al., 2015; Robba et al., 2018).

Con esta técnica, se puede visualizar el nervio óptico junto con el globo y la lente. El globo aparece homogéneamente anecoico. Se divide en cámaras anterior y posterior por la línea hiperecoica formada por la lente. En el plano axial, el nervio óptico se puede visualizar posterior al globo. El brillo y el contraste deben ajustarse para definir mejor el nervio óptico y la vaina circundante. Los nervios ópticos son claramente visibles debido a su estructura compacta longitudinal bien definida. Como se describió anteriormente, el DVNO debe medirse 3 mm detrás del globo, en cada ojo perpendicular al eje del nervio óptico, utilizando un calibrador electrónico y un eje perpendicular al nervio óptico (L. M. Chen et al., 2019; Hylkema, 2016; Ohle et al., 2015; Robba et al., 2018).

Además, se calcula la media de tres valores medidos para reducir la variabilidad intraobservador. La forma correcta de medir el DVNO es entre los bordes hiperecogénicos externos del espacio subaracnoideo. El aspecto ecográfico del nervio óptico es del centro a la periferia: las fibras nerviosas hipoeecogénicas están estrechamente rodeadas por la piamadre hiperecogénica; el espacio subaracnoideo parece hiperecogénico debido a la estructura trabecular y está rodeado de duramadre y grasa periorbitaria. Aunque la forma correcta de medir DVNO se describe claramente,

quedan numerosos estudios que miden DVNO con una técnica inadecuada y no estándar (Aduayi, Asaleye, Adetiloye, Komolafe, & Aduayi, 2015; Frumin et al., 2014; Kazdal et al., 2016; Zeiler et al., 2016).

En estos estudios, el DVNO se mide incorrectamente midiendo la distancia entre los bordes hipoecogénicos externos. Este enfoque incorrecto da como resultado valores de DVNO falsos y ampliados. La curva de aprendizaje para los sonólogos experimentados puede incluir tan solo 10 exámenes, mientras que para los sonólogos novatos el número de escaneos necesarios puede ser más cercano a 25. Medición dinámica Una medición dinámica en dos puntos de tiempo y en dos posiciones diferentes ha demostrado ser útil en pacientes afectados por hipertensión intracraneal espontánea (SIH).

La medición de DVNO debe realizarse comenzando con el paciente en posición supina y luego en posición vertical con el paciente de pie durante 2 minutos. Otra posibilidad es la medición de DVNO aproximadamente 5 minutos antes y después de una punción lumbar para estimar, en tiempo real, una reducción en la presión del LCR o la eficacia del tratamiento pospuntural en pacientes con hipertensión intracraneal idiopática. Ertl y col. obtuvo una medición de los cambios de DVNO, en posición supina y ortostática, en 31 pacientes con hidrocefalia de presión normal idiopática (iNPH) antes y después de la punción lumbar. La variabilidad media de DVNO antes de la punción fue significativamente menor en voluntarios sanos y pacientes sin respuesta a la extracción del LCR que en pacientes sensibles. En este contexto, DVNO también puede apoyar la selección de pacientes para la intervención de derivación (Aduayi et al., 2015; Frumin et al., 2014; Kazdal et al., 2016; Zeiler et al., 2016).

6.5. Técnica ecográfica

Al realizar la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico, se debe de contar con un transductor lineal (onda de 5-10 MHz), con una insonación programada entre 4 a 5 cm de profundidad (Aduayi et al., 2015; Kazdal et al., 2016; Komut et al., 2016; Lochner et al., 2019):

1. Paciente en decúbito supino, de preferencia cabecera en 30°.
2. Ojo cerrado, de preferencia con mirada central como guía de orientación. - En pacientes con compromiso de conciencia, se utiliza tela de papel en el reborde del parpado superior, a fin de mantener el ojo cerrado y evitar artefactos. Siguiendo el eje ocular en relación a la posición pupilar.
3. Aplicar gel ecográfico no alcohólico a transductor
4. Posicionar transductor suavemente en la porción temporal del parpado superior, con orientación perpendicular al eje vertical y una angulación en torno a 30°, en el plano horizontal (Figura 1).
5. Se procede a reconocer las estructuras orbitarias y oculares (Figura 2). Identificar el disco óptico como una banda hiperecogénica.
6. Visualizar la VNO proyectada hacia posterior, en relación a disco óptico, como una estructura hiperecogénica rodeada de una delgada banda hiperecogénica conformada por su cobertura meníngea, y resto de tejido hiperecogénico periférico, que corresponde a tejido graso periocular.
7. Realizar una primera medición de 3 mm, perpendicular al eje mayor de la VNO, desde la porción posterior de la retina.
8. Una segunda medición perpendicular a la primera, entre los límites hiperecogénicos de la VNO, configurando su diámetro (Figura 3).
9. Repetir la medición en 3 oportunidades, considerando como valor final el promedio de ellas.
10. Se debe realizar el mismo procedimiento en cada ojo.

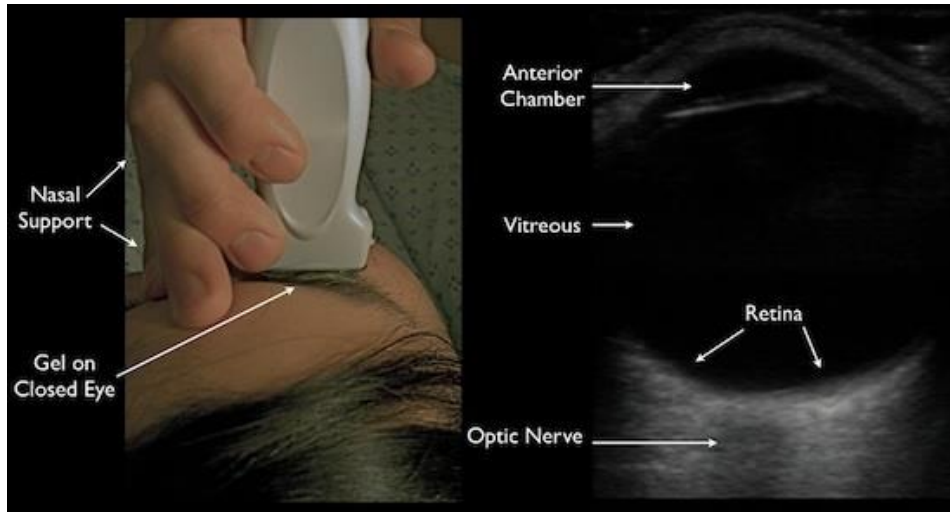


Figura 1. Ecografía ocular. Imagen obtenida de aliem.com.

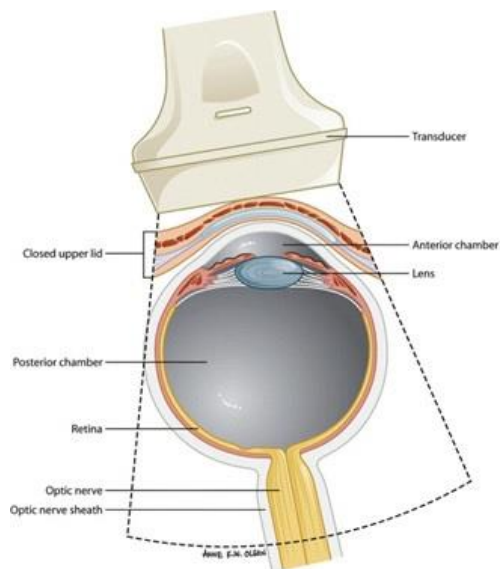


Figura 2. Esquema de US ocular. Imagen de crashingpatient.com

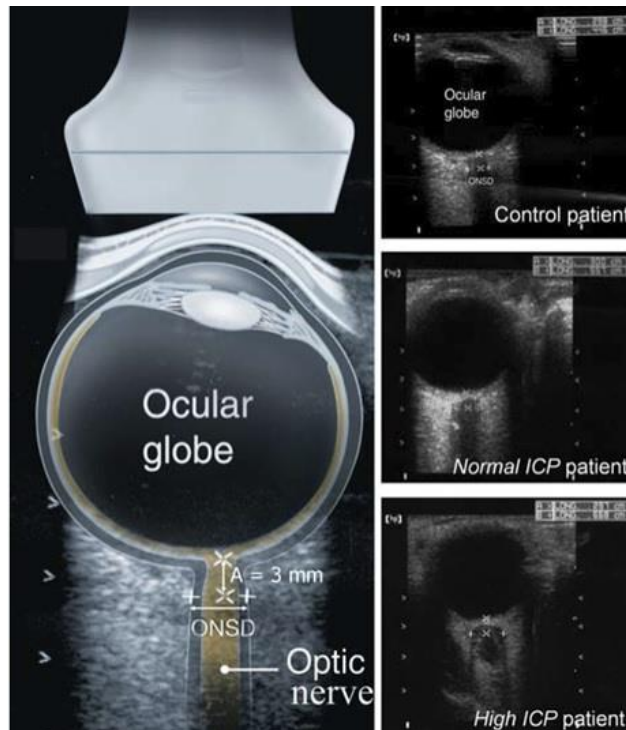


Figura 4. Esquema y ejemplos de ecografía ocular en hipertensión intracraneana. ONSD = Diámetro de la vaina del nervio óptico. Imagen de 60secondem.com

6.6. Determinación de los valores de referencia

En primer lugar se habla de Valores de Referencia en lugar de valores normales para evitar el equívoco que supone la utilización de la palabra normal, bien en tendido que el término "referencia" es tan convencional como cualquier otro (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

El concepto de Valores de Referencia parte de la definición de Individuo de Referencia. Este individuo es una persona que pertenece a la comunidad a la que sirve el laboratorio en cuestión, y que se caracteriza fundamentalmente por disfrutar de un estado de salud definido por el propio investigador, no un estado de salud "absoluto". Esta flexibilidad en la definición de Individuo de Referencia permite establecer valores de referencia utilizando grupos peculiares tanto por su estado fisiológico (mujeres embarazadas, por ejemplo), patológico (insuficiencias renales en tratamiento con diálisis), o medicamentosos (mujeres tomando anticonceptivos orales), sin menoscabo de los fundamentos teóricos (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

Todos los individuos que cumplan las condiciones de inclusión definidas por el investigador, constituyen la Población de Referencia. La aplicación de la estadística a los datos obtenidos tras realizar observaciones -efectuar determinaciones ecográficas en nuestro caso- en todos estos individuos, permite la reducción de la información (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

No se manejarán listas de resultados, sino tan sólo dos ó tres parámetros que condensen la información contenida en las listas, haciéndola manejable e inteligible.

El cálculo de estas medidas (de centralización y de dispersión) es objeto de un desarrollo posterior. El número de las personas que integran la Población de Referencia suele ser inmenso y, por tanto, imposible de obtener. Por esta razón se recurre a la teoría estadística del muestreo y se define la Muestra de Referencia: un grupo representativo de la población de referencia sobre el que se realizarán las determinaciones analíticas y sobre los datos obtenidos se inferirá el valor de los parámetros de la población (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

Es evidente que al actuar así se introducirán errores debidos a la imperfección de la selección de los individuos. Esta imperfección, no obstante, será reducida según vaya aumentándose el tamaño de la muestra.

Por esta razón se definen unos intervalos de tolerancia, en función del número de individuos que constituyen la muestra de referencia, de cada estimación de los parámetros de la población.

Dentro de estos intervalos de tolerancia se contiene con una seguridad (probabilidad) determinada (generalmente del 90, 95 o 99%) el auténtico valor del parámetro poblacional: media aritmética, desviación estándar, etc. Es importante insistir en la necesidad de una esmerada selección de individuos para integrar la muestra de referencia y hacer que los intervalos de tolerancia sean lo más pequeños posibles (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

La distribución de las probabilidades de los datos recogidos en la población muestra de referencia constituye la Distribución de Referencia, esta distribución no sigue necesariamente un modelo gaussiano, sino más bien la obtención de tal modelo suele ser excepcional.

El tipo de distribución, condiciona el tratamiento estadístico de los datos. La probabilidad de que un resultado forme parte de la población de referencia a lo largo de toda la distribución es, obviamente, máxima (igual a la unidad). En otras palabras el intervalo de resultados analíticos que

contiene la máxima probabilidad, la probabilidad igual a uno, es aquel que está delimitado por los valores máximos y mínimo (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

Generalmente se suele definir el intervalo de referencia como el intervalo de resultados que comprenden un 95% de la probabilidad total (es decir 0,95).

Los límites de este intervalo son pues los límites de referencia y, por proceder de una muestra de la población, están sujetos al intervalo de tolerancia al que se hizo alusión anteriormente (Boyd, 2010; Horowitz, 2010).

7. Diseño metodológico

7.1. Tipo de estudio

Este estudio se caracteriza por ser observacional, descriptivo, prospectivo, de corte transversal.

7.2. Área y periodo de estudio

El estudio se llevó a cabo en el servicio de radiología del Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez, entre el 1 de marzo al 30 de noviembre del 2019.

7.3. Población de estudio

La población de estudio corresponde a todos pacientes voluntario sin signos ni datos clínicos, de laboratorio o imagen asociados a hipertensión intracraneal, que asistieron al Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón. Este grupo fue considerado sano respecto a la presencia de hipertensión intracraneal. Se estima que durante el período, asistieron 1200 pacientes con las características necesarias para el estudio.

7.4. Muestra

Para determinación de la muestra se estableció un proceso probabilístico para obtener una muestra representativa y suficiente.

7.4.1. Determinación del tamaño de la muestra

Se estimó el tamaño de la muestra para dar respuesta a los objetivos del estudio a través del programa **Power and Sample Size Calculator 2.0**, aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

En el siguiente cuadro se detallan los parámetros introducidos en la fórmula y el resultado de cálculo muestral:

Total de la población (N)	1200
Nivel de confianza o seguridad (1- α)	95%
Precisión (d)	5%
Proporción (valor aproximado del parámetro que queremos medir)	50%
TAMAÑO MUESTRAL (n)	400

La aplicación de la fórmula arrojó que se necesitaba estudiar a 384 pacientes. A este número se le aplicó un 5% de ajuste por probables pérdidas, por lo que se planificó estudiar un total de 404 pacientes. El tipo de muestreo que se utilizó fue aleatorio simple.

7.5. Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Pacientes que acudieron al hospital alguna vez durante el periodo de estudio.
- Edad igual o mayor de 18 años
- Paciente sin datos de hipertensión intracraneal (sanos para hipertensión intracraneal)
- Que acepte participar en el estudio de forma voluntaria

Criterios de exclusión

- Que abandone el estudio
- Que no se hayan completado los procedimientos de forma satisfactoria

7.6. Técnicas y procedimientos para recolectar la información

Ficha de recolección de la información

Para la elaboración de la ficha se hizo una revisión de la literatura y se consultaron médicos con experiencia en el tema, se procedió a elaborar una ficha preliminar (piloto) y se validó con 5 casos. Una vez revisada y finalizada la ficha se procedió a la recolección de la información.

La ficha de recolección de la información estuvo conformada por 4 grandes secciones, los cuales están diseñados en forma de ítems cerrados:

- I. Datos Sociodemográficos
- II. Comorbilidades
- III. Medidas antropométricas
- IV. Evaluación ecográfica del nervio óptico

Fuente de información

Primaria: Obtenida a partir de la examinación directa del paciente

Evaluación ecográfica del nervio óptico

Una vez seleccionados los casos a estudiar, se procederá a la realización de la ecografía del globo ocular para la medición de la vaina del nervio óptico.

La técnica utilizada se basa en el empleo de un equipo de ultrasonido Phillips Affiniti 70, con un transductor de 5-10 MHz. El paciente debe estar en decúbito supino, con elevación de la cabecera a 20°; se coloca el transductor sobre el párpado superior con los ojos cerrados, hasta observar una línea hipoeoica con márgenes claramente definidos posteriores al globo ocular.

La sonda debe colocarse siempre suavemente con el párpado cerrado, nunca sobre la córnea o esclera, para evitar abrasiones a este nivel. Las imágenes deben obtenerse en un plano transversal/axial (Esper et al., 2014).

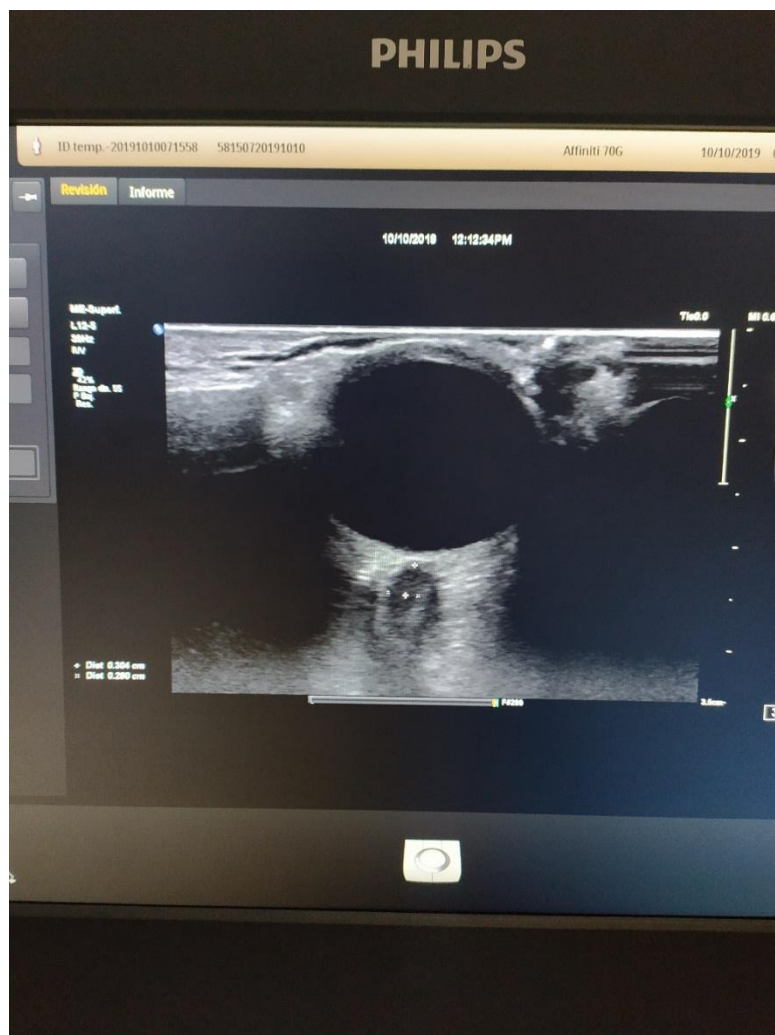


Figura 1: Evaluación ecográfica de la vaina del nervio óptico de paciente masculino de 32 años de edad, con equipo Phillips Affiniti 70, con un transductor de 5-10 MHz.

La vaina del NO se mide 3 mm detrás de la retina, punto a partir del cual se traza una línea transversal de borde a borde de la vaina del NO, que se ha considerado el punto en que ocurre el máximo DVNO por efecto del incremento en la PIC. Cabe destacar que para evitar errores en la medición del DVNO se debe respetar el trazo de 3 mm por debajo del borde posterior de la retina, ya que de lo contrario se corre el riesgo de sesgo en las determinaciones posteriores

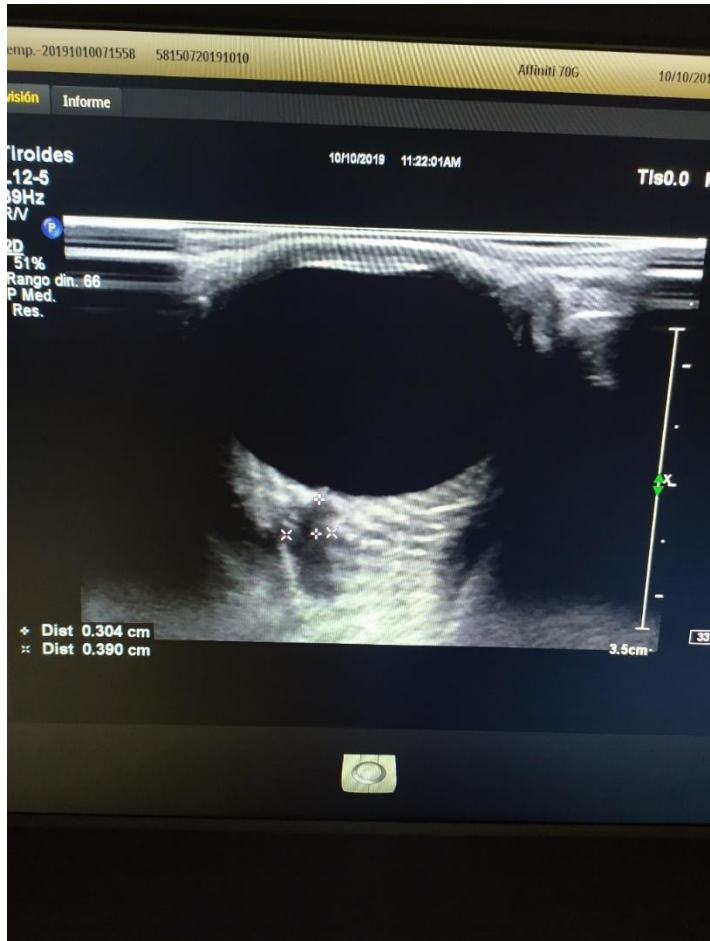


Figura 2: Medición del diámetro vaina del nervio óptico de paciente femenino de 41 años de edad: 3.9 mm a 3 mm de la esclera

7.7. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Creación de base de datos

La información obtenida a través de la aplicación del instrumento fue introducida en la base de datos utilizando el programa SPSS 20.0 versión para Windows (SPSS Inc 2011).

Estadística descriptiva

Las variables categóricas (conocidas como cualitativas): Se describen en términos de frecuencias absolutas (número de casos observados) y frecuencias relativas (porcentajes).

Los datos son mostrados en tablas de contingencia. Los datos son ilustrados usando gráficos de barra.

7.8. Consideraciones éticas

El estudio recibió el permiso para su realización de parte de las autoridades hospitalarias y de la UNAN Managua. Se garantizó la privacidad y confidencialidad suprimiendo el nombre del paciente utilizando un código para la identificación de los casos. La información obtenida es única y exclusivamente para fines de investigación

7.9. Variables y cruce de variables

Procedencia del paciente

Edad

Sexo

Comorbilidad

Ecografía transorbital

- Grosor de vaina de nervio óptico ojo derecho (cm)
- Grosor de vaina de nervio óptico ojo izquierdo (cm)

Peso

Talla

Cruce

- Grosor de vaina de nervio óptico ojo derecho (cm) / Edad / Peso / Talla / Sexo
- Grosor de vaina de nervio óptico ojo izquierdo (cm) / Edad / Peso / Talla / Sexo

8. Resultados

Entre los 400 adultos participantes, había 192 (48%) hombres y 208 (52%) mujeres, produciendo una proporción de hombres y mujeres de 9.2: 10.0 (Tabla 1). Sus edades oscilaban entre 18 y 80 años con una edad media de 36,94 años (SD 16,63); La mediana de edad fue de 49 años (rango de 18 a 80 años).

El rango de valores se obtuvo para DVNO (3.36–5.1 mm). La mediana de DVNO derecha fue 4.110 con un rango de 3.36–4.86 mm, media: 4.18 mm (SD 0.49 mm), mientras que la mediana de DVNO izquierda fue 4.35 mm con un rango de 3.77 mm a 5.10 mm, media: 4.17 (SD 0.44 mm)

Entre los participantes masculinos, el DVNO derecho medio fue de 4,18 mm, mientras que el de la izquierda fue de 4,16 mm. Para las participantes femeninas, las medias DVNO derecha e izquierda se midieron 4,17 mm cada una. No hubo variación estadísticamente significativa en DVNO entre hombres y mujeres ($P = 0.296$ y 0.745 para los respectivos DVNO derecho e izquierdo, respectivamente).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores DVNO derecho e izquierdo ($P = 0,12$). La Tabla 2 presenta una comparación entre la altura de los participantes y la DVNO; Obtuvimos una correlación débil entre estas variables.

Por otro lado, obtuvimos un coeficiente de correlación de Pearson positivo (r) entre el DVNO correcto y el peso de los participantes ($r = 0.136$; $P = 0.006$); sin embargo, cuando se comparó el DVNO correcto con respecto a la altura de los participantes, encontramos una correlación negativa ($r = -0.55$; $P = 0.273$).

El mismo patrón también se observó para el DVNO izquierdo; un coeficiente de correlación positivo de Pearson entre el DVNO izquierdo y el peso del participante ($r = 0.219$; $P = 0.009$), mientras que se midió la correlación negativa en comparación con la altura ($r = -0.47$; $P = 0.351$).

La Tabla 3 resume la edad media y el valor DVNO medido de los participantes en función de su sexo y edad. Los valores medios más altos de DVNO medidos se observaron en el grupo de edad masculino de > 75 años, midiendo 4.18 mm y 4.22 mm en los lados derecho e izquierdo, respectivamente.

Los valores medios más bajos se registraron en mujeres, de 35 a 44 años, que miden 4,15 mm y 4,13 mm DVNO en los lados derecho e izquierdo, respectivamente. No se encontró correlación estadísticamente significativa entre DVNO y la edad.

Obtuvimos el coeficiente de correlación de Pearson entre la edad y el DVNO derecho e izquierdo como 0.13 y -0.21 , respectivamente. Además, también encontramos su respectivo coeficiente de determinación (r^2) como 0.0961 y 0.0441 para el DVNO derecho e izquierdo, respectivamente, con respecto a la edad; por lo tanto, sugiriendo que solo el 9.61% y el 4.41% de la variación DVNO derecha e izquierda respectiva podrían atribuirse a la edad de los participantes.

9. Discusión y análisis de resultados

Según se describe en la literatura internacional, las personas de diferentes grupos étnicos en diferentes países y continentes varían en características, como el color de la piel, la estructura facial, la altura, etc; y estas características podrían influir en las características morfológica o estructural del SNC y periférico. Por lo tanto, pensamos que es importante medir el grosor o diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) en personas sanas para comparar los resultados obtenidos de otras partes del mundo para resolver, diferencias raciales e individuales, si existen. En este contexto, el valor de referencia ecográfica es, por lo tanto, beneficioso, ya que proporciona la base para controlar a los pacientes con PIC elevada (Aduayi et al., 2015; H. Chen et al., 2015; Komut et al., 2016).

La hipertensión intracraneal implica fisiología intracraneal profundamente perturbada. Un aumento en el volumen de uno de los componentes contenidos dentro del espacio intracraneal solo puede ocurrir a expensas de los otros componentes. A medida que aumenta el volumen de edema en el cerebro (o una lesión en masa en expansión), inicialmente, el volumen del LCR disminuye y luego, el volumen de sangre disminuye (Czosnyka, Pickard, & Steiner, 2017; Abhinav R Changa, Barry M Czeisler, & Aaron S Lord, 2019; Chawla, Senthilkumar, & Ramakrishnan, 2020).

La mayoría de los participantes presente estudio son adultos jóvenes con aproximadamente el 68% de ellos menores de 45 años; reflejando así el patrón habitual de distribución por edad de Nicaragua y otras naciones en vías de desarrollo. Nicaragua tiene una población predominantemente más joven (INIDE, 2020). Además, las mujeres participantes en el grupo de edad de 15 a 24 años constituyen aproximadamente el 25% de la población total del estudio.

En su estudio de medición de DVNO entre 32 sujetos sanos, García et al encontraron el rango normal de DVNO entre 3.9–5.9 mm con una media de 4.8 mm; valores superiores a 4,18 mm corresponden a los nervios ópticos derechos, mientras que 4,17 mm a los nervios ópticos izquierdos. El rango de DVNO encontrado en nuestro estudio (4.01 mm a 4.38 mm) no fue tan amplio como el rango obtenido por García et al. Esto podría deberse en parte a las diferencias en el diseño del estudio y las instalaciones de imágenes; porque García et al usaron un tamaño de muestra más pequeño y un sistema de ultrasonido tridimensional (3D) (Garcia Jr, Garcia, Rosen, & Finger, 2004), mientras que realizamos este estudio con un tamaño de muestra más grande que

consta de 400 participantes y usamos un sistema de ultrasonido bidimensional (2D) en escala de grises, que podría ser la razón de los diferentes resultados. Sin embargo, el DVNO medido en el presente estudio aún es inferior a 5 mm, un valor crítico que generalmente se considera anormal, especialmente si es bilateral, puede sugerir un aumento de la PIC.

En un escenario diferente, Lagrèze et al. utilizaron secuencias de resonancia magnética ultrarrápidas para medir el DVNO y encontraron una disminución en los diámetros del nervio óptico de 5,72 mm a 3,98 mm, respectivamente, a 5 mm y 10 mm detrás del ojo. Sin embargo, es difícil comparar sus hallazgos con los de nuestro estudio debido a las diferencias en los puntos de referencia al medir el DVNO (nuestro estudio midió el nervio óptico a 3 mm detrás de la esclerótica) y en las modalidades de imagen utilizadas (Weigel, Lagrèze, Lazzaro, Hennig, & Bley, 2006).

Chan et al, midieron DVNO en 100 individuos chinos de Hong Kong para establecer valores de referencia normales de DVNO. Los autores encontraron que el DVNO medio del ojo derecho era de 4.04 mm, mientras que el DVNO del ojo izquierdo era de 4.05 mm (H. Chen et al., 2015). Los valores encontrados por Chan y Mok son poco más bajos que los números que obtuvimos; Los números correspondientes en el presente estudio son 4,18 mm y 4,17 mm, respectivamente. Sin embargo, de acuerdo con sus hallazgos, tampoco encontramos diferencias estadísticamente significativas en el DVNO entre hombres y mujeres, así como entre los ojos derecho e izquierdo.

Un estudio con 102 niños, Ballantyne et al., encontraron el rango de DVNO entre 2.1–4.3 mm; un rango más amplio que el encontrado en el estudio actual. Esta variación puede surgir de las diferencias en las características de los sujetos de estudio. Sin embargo, de acuerdo con nuestro estudio, Ballantyne et al. (Ballantyne, O'Neill, Hamilton, & Hollman, 2002) tampoco encontraron diferencias de género estadísticamente significativas en DVNO entre los lados derecho e izquierdo. En un estudio iraní de control de casos realizado por Malayeri et al. en niños normales y aquellos con ICP elevada, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el DVNO derecho e izquierdo tanto en el caso como en los grupos de control (Malayeri, Bavarian, & Mehdizadeh, 2005).

De forma adicional examinamos la correlación entre la edad y el DVNO; sin embargo, no pudo mostrar ninguna correlación estadísticamente significativa entre las dos variables. Los coeficientes de determinación (r^2) son 0.0961 y 0.0441, respectivamente, para el DVNO derecho

e izquierdo con respecto a la edad. Esto sugiere que solo el 9.61% y el 4.41% de la variación de DVNO derecha e izquierda respectiva podrían atribuirse a la edad de los participantes. Esto corrobora los hallazgos de Chen discutidos anteriormente (H. Chen et al., 2015). Resultados similares también fueron obtenidos por García et al en 32 adultos sanos. (Garcia Jr et al., 2004).

Sin embargo, la población pediátrica en el estudio realizado por Ballantyne et al. encontraron una correlación significativa entre el aumento de la edad y el aumento de DVNO, con el mayor aumento en los primeros dos meses de vida. Otro estudio de casos y controles en niños normales y aquellos con características de ICP elevada también encontró una correlación significativa entre la edad y el DVNO en niños sanos; Se observó un aumento significativo de DVNO con el aumento de la edad en los niños, especialmente en los primeros cuatro años de vida. Sin embargo, el presente estudio con población adulta no encontró ninguna variación estadísticamente significativa entre la edad y el DVNO.

11. Conclusiones

1. La distribución por edad y sexo, sigue un patrón de normalidad o curva Gaussiana, lo que permite la realización de un análisis de normalidad.
2. Los pacientes incluidos en estudio eran sanos, sin signos de hipertensión intracraneal y sin patologías que produjesen o incrementasen el sesgo de clasificación de diferencias.
3. En el presente estudio, los valores de referencia normales obtenidos para las mediciones del diámetro de la vaina del nervio óptico, pueden servir como ayuda de diagnóstico en entornos clínicos apropiados.
4. Nuestros resultados no mostraron una correlación significativa de ONSD con lado (derecho e izquierdo), edad y sexo, lo que permite el uso local de los valores de referencia uniformes para ambos sexos, así como los nervios ópticos derecho e izquierdo en adultos.
5. Los valores medios más altos de DVNO medidos se observaron en el grupo de edad masculino de > 75 años, midiendo 4.18 mm y 4.22 mm en los lados derecho e izquierdo, respectivamente.
6. Los valores medios más bajos se registraron en mujeres, de 35 a 44 años, que miden 4,15 mm y 4,13 mm DVNO en los lados derecho e izquierdo, respectivamente. No se encontró correlación estadísticamente significativa entre DVNO y la edad.

12.Recomendaciones

1. Recomendamos que el diámetro de la vaina del nervio óptico retrobulbar (ONSD) se puede medir en una posición 3 mm posterior al globo, donde el contraste de ultrasonido es mayor con resultados más reproducibles, y anatómicamente, la cara anterior del nervio es más distensible.
2. Es necesario considerar que la medición de ONSD es una técnica reproducible y fácil de aprender con baja variación intraobservador e interobservador, si se realiza la medición a 3 mm por detrás de la superficie escleral posterior del globo.
3. Explorar la validez y seguridad de distintos puntos de corte de engrosamiento de la vaina del nervio óptico para el diagnóstico de hipertensión intracraneal.
4. Explorar la validez y seguridad del engrosamiento de la vaina del nervio óptico en el contexto del monitoreo del comportamiento de la presión intracraneal, en pacientes en seguimiento.
5. Comparar tanto la medición del engrosamiento de la vaina del nervio óptico como los hallazgos de tomografía con mediciones invasivas en el contexto del monitoreo con el propósito de profundizar en qué condiciones tiene mayor utilidad la ecografía del nervio óptico.
6. Promover un entrenamiento extensivo e integral, siguiendo protocolos estandarizados a nivel de los residentes para la evaluación del nervio óptico por ecografía, ya que este método ha mostrado ser un procedimiento no invasivo, seguro y fácil de realizar para evaluar las características anatómicas del nervio Óptico

13. Bibliografía

- Aduayi, O. S., Asaleye, C. M., Adetiloye, V. A., Komolafe, E. O., & Aduayi, V. A. (2015). Optic nerve sonography: A noninvasive means of detecting raised intracranial pressure in a resource-limited setting. *Journal of neurosciences in rural practice*, 6(04), 563-567.
- Arrojo, F. G., Muñoz, A. H., & Anciones, B. (2010). Hipertensión intracraneal aguda. *Neurología*, 25, 3-10.
- Ballantyne, S., O'Neill, G., Hamilton, R., & Hollman, A. (2002). Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. *European journal of ultrasound*, 15(3), 145-149.
- Batterbury, M., & Murphy, C. (2018). *Ophthalmology E-Book: An Illustrated Colour Text*: Elsevier Health Sciences.
- Boyd, J. C. (2010). Defining laboratory reference values and decision limits: populations, intervals, and interpretations. *Asian journal of andrology*, 12(1), 83.
- Canakci, Y., Koksal, O., & Durak, V. A. (2018). The value of bedside ocular ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in the detection of increased intracranial pressure in patients presenting to the emergency room with headache. *Niger J Clin Pract*, 21(6), 778-782. doi:10.4103/njcp.njcp_119_17
- Cerioti, F. (2007). Prerequisites for use of common reference intervals. *The Clinical Biochemist Reviews*, 28(3), 115.
- Czosnyka, M., Pickard, J., & Steiner, L. (2017). Principles of intracranial pressure monitoring and treatment *Handbook of clinical neurology* (Vol. 140, pp. 67-89): Elsevier.
- Changa, A. R., Czeisler, B. M., & Lord, A. S. (2019). Management of Elevated Intracranial Pressure: a Review. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 19(12), 99. doi:10.1007/s11910-019-1010-3
- Changa, A. R., Czeisler, B. M., & Lord, A. S. (2019). Management of Elevated Intracranial Pressure: a Review. *Current neurology and neuroscience reports*, 19(12), 99.
- Chawla, R., Senthilkumar, R., & Ramakrishnan, N. (2020). Intracranial Pressure Monitoring and Management *ICU Protocols* (pp. 327-338): Springer.

- Chen, H., Ding, G.-S., Zhao, Y.-C., Yu, R.-G., & Zhou, J.-X. (2015). Ultrasound measurement of optic nerve diameter and optic nerve sheath diameter in healthy Chinese adults. *BMC neurology*, *15*(1), 106.
- Chen, L. M., Wang, L. J., Hu, Y., Jiang, X. H., Wang, Y. Z., & Xing, Y. Q. (2019). Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure. *Br J Ophthalmol*, *103*(4), 437-441. doi:10.1136/bjophthalmol-2018-312934
- Dubourg, J., Javouhey, E., Geeraerts, T., Messerer, M., & Kassai, B. (2011). Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*, *37*(7), 1059-1068. doi:10.1007/s00134-011-2224-2
- El-Dairi, M., & House, R. J. (2020). Normal Optic Nerve Head: Anatomy and Development *Handbook of Pediatric Retinal OCT and the Eye-Brain Connection* (pp. 73-76): Elsevier.
- Esper, R. C., Rivera, Ó. I. F., Pérez, C. A. P., Córdova, L. D. C., Córdova, J. R. C., Córdova, C. A. C., & Córdova, D. M. C. (2014). Evaluación ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) para la medición de la presión intracraneana (PIC): a propósito de un caso. *Gaceta Médica de México*, *150*, 165-170.
- Frumin, E., Schlang, J., Wiechmann, W., Hata, S., Rosen, S., Anderson, C., . . . Fox, J. C. (2014). Prospective analysis of single operator sonographic optic nerve sheath diameter measurement for diagnosis of elevated intracranial pressure. *Western Journal of Emergency Medicine*, *15*(2), 217.
- Garcia Jr, J. P., Garcia, P. T., Rosen, R. B., & Finger, P. T. (2004). A 3-dimensional ultrasound C-scan imaging technique for optic nerve measurements. *Ophthalmology*, *111*(6), 1238-1243.
- Harrer, J. U., Eyding, J., Ritter, M., Schminke, U., Schulte-Altendorneburg, G., Kohrmann, M., . . . Schlachetzki, F. (2012). The potential of neurosonography in neurological emergency and intensive care medicine: monitoring of increased intracranial pressure, brain death diagnostics, and cerebral autoregulation- part 2. *Ultraschall Med*, *33*(4), 320-331; quiz 332-326. doi:10.1055/s-0031-1299498
- Hightower, S., Chin, E. J., & Heiner, J. D. (2012). Detection of increased intracranial pressure by ultrasound. *J Spec Oper Med*, *12*(3), 19-22.
- Horowitz, G. L. (2010). Estimating reference intervals: Oxford University Press Oxford, UK.

- Hylkema, C. (2016). Optic Nerve Sheath Diameter Ultrasound and the Diagnosis of Increased Intracranial Pressure. *Crit Care Nurs Clin North Am*, 28(1), 95-99. doi:10.1016/j.cnc.2015.10.005
- INIDE. (2020). Estadísticas Nacionales - Nicaragua. Retrieved from <https://www.inide.gob.ni/>
- Kazdal, H., Kanat, A., Findik, H., Sen, A., Ozdemir, B., Batcik, O. E., . . . Inecikli, M. F. (2016). Transorbital ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter for intracranial midline shift in patients with head trauma. *World neurosurgery*, 85, 292-297.
- Komut, E., Kozacı, N., Sönmez, B. M., Yılmaz, F., Komut, S., Yıldırım, Z. N., . . . Yel, C. (2016). Bedside sonographic measurement of optic nerve sheath diameter as a predictor of intracranial pressure in ED. *The American journal of emergency medicine*, 34(6), 963-967.
- Lochner, P., Czosnyka, M., Naldi, A., Lyros, E., Pelosi, P., Mathur, S., . . . Robba, C. (2019). Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians. *Neurological Sciences*, 1-11.
- Luberda, M., Stachura, K., & Moskala, M. (2013). [Optic nerve sonography - the non-invasive evaluation of intracranial pressure]. *Przegl Lek*, 70(11), 983-985.
- Malayeri, A. A., Bavarian, S., & Mehdizadeh, M. (2005). Sonographic evaluation of optic nerve diameter in children with raised intracranial pressure. *Journal of ultrasound in medicine*, 24(2), 143-147.
- Messerer, M., Berhouma, M., Messerer, R., & Dubourg, J. (2013). [Interest of optic nerve sheath diameter ultrasonography in detecting non-invasively raised intracranial pressure]. *Neurochirurgie*, 59(2), 55-59. doi:10.1016/j.neuchi.2013.02.001
- Moretti, R., & Pizzi, B. (2011). Ultrasonography of the optic nerve in neurocritically ill patients. *Acta Anaesthesiol Scand*, 55(6), 644-652. doi:10.1111/j.1399-6576.2011.02432.x
- Munawar, K., Khan, M. T., Hussain, S. W., Qadeer, A., Shad, Z. S., Bano, S., & Abdullah, A. (2019). Optic nerve sheath diameter correlation with elevated intracranial pressure determined via ultrasound. *Cureus*, 11(2).
- Nag, D. S., Sahu, S., Swain, A., & Kant, S. (2019). Intracranial pressure monitoring: Gold standard and recent innovations. *World J Clin Cases*, 7(13), 1535-1553. doi:10.12998/wjcc.v7.i13.1535
- NCI. (2020). NCI Dictionary of Cancer Terms. Retrieved from <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/reference-values>

- Ohle, R., McIsaac, S. M., Woo, M. Y., & Perry, J. J. (2015). Sonography of the Optic Nerve Sheath Diameter for Detection of Raised Intracranial Pressure Compared to Computed Tomography: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Ultrasound Med*, *34*(7), 1285-1294. doi:10.7863/ultra.34.7.1285
- Price, D. A., Grzybowski, A., Eikenberry, J., Januleviciene, I., Verticchio Vercellin, A. C., Mathew, S., . . . Harris, A. (2019). Review of non-invasive intracranial pressure measurement techniques for ophthalmology applications. *Br J Ophthalmol*. doi:10.1136/bjophthalmol-2019-314704
- Robba, C., Santori, G., Czosnyka, M., Corradi, F., Bragazzi, N., Padayachy, L., . . . Citerio, G. (2018). Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*, *44*(8), 1284-1294. doi:10.1007/s00134-018-5305-7
- Roque, P. J., Wu, T. S., Barth, L., Drachman, D., Khor, K. N., Lovecchio, F., & Stapczynski, S. (2012). Optic nerve ultrasound for the detection of elevated intracranial pressure in the hypertensive patient. *Am J Emerg Med*, *30*(8), 1357-1363. doi:10.1016/j.ajem.2011.09.025
- Siaudvytyte, L., Januleviciene, I., Ragauskas, A., Bartusis, L., Siesky, B., & Harris, A. (2015). Update in intracranial pressure evaluation methods and translaminar pressure gradient role in glaucoma. *Acta Ophthalmol*, *93*(1), 9-15. doi:10.1111/aos.12502
- Soldatos, T., Chatzimichail, K., Papathanasiou, M., & Gouliamos, A. (2009). Optic nerve sonography: a new window for the non-invasive evaluation of intracranial pressure in brain injury. *Emerg Med J*, *26*(9), 630-634. doi:10.1136/emj.2008.058453
- Weigel, M., Lagrèze, W. A., Lazzaro, A., Hennig, J., & Bley, T. A. (2006). Fast and quantitative high-resolution magnetic resonance imaging of the optic nerve at 3.0 tesla. *Investigative radiology*, *41*(2), 83-86.
- Xu, W., Gerety, P., Aleman, T., Swanson, J., & Taylor, J. (2016). Noninvasive methods of detecting increased intracranial pressure. *Childs Nerv Syst*, *32*(8), 1371-1386. doi:10.1007/s00381-016-3143-x
- Zeiler, F. A., Ziesmann, M. T., Goeres, P., Unger, B., Park, J., Karakitsos, D., . . . Gillman, L. M. (2016). A unique method for estimating the reliability learning curve of optic nerve sheath diameter ultrasound measurement. *Critical ultrasound journal*, *8*(1), 1-5.

14. Anexo

10.1. Ficha de recolección

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

No de Ficha: _____

No. de Expediente: _____

Sala (servicio) de procedencia del paciente: _____

DATOS GENERALES DEL PACIENTE Y COMORBILIDAD

1.	Edad		
2.	Sexo		
3.	Comorbilidad		
	3.1.	Trauma craneoencefálico	
	3.2.	Politraumatismo	
	3.3.	Diabetes mellitus	
	3.4.	Hipertensión arterial	
	3.5.	ACV	
	3.6.	Hepatopatía crónica (especifique)	
	3.7.	Neuro infección (especifique)	
	3.8.	Inmunodepresión (especifique)	
	3.9.	Enfermedad autoinmune (especifique)	
	3.10.	Cáncer del SNC (especifique)	

3.11.	Otra (especifique)	
-------	--------------------	--

**EVALUACIÓN DEL GROSOR DE LA VAINA DEL NERVIO ÓPTICO POR
ECOGRAFÍA TRANSORBITAL**

1.	Ojo derecho	
1.1.	Grosor (cm)	
1.2.	Grosor > 0.5 (cm)	Si ____ No ____
2.	Ojo izquierdo	
2.1.	Grosor (cm)	

MEDIDAS ANTROPOMETRICAS

1.	PESO	
2	TALLA	

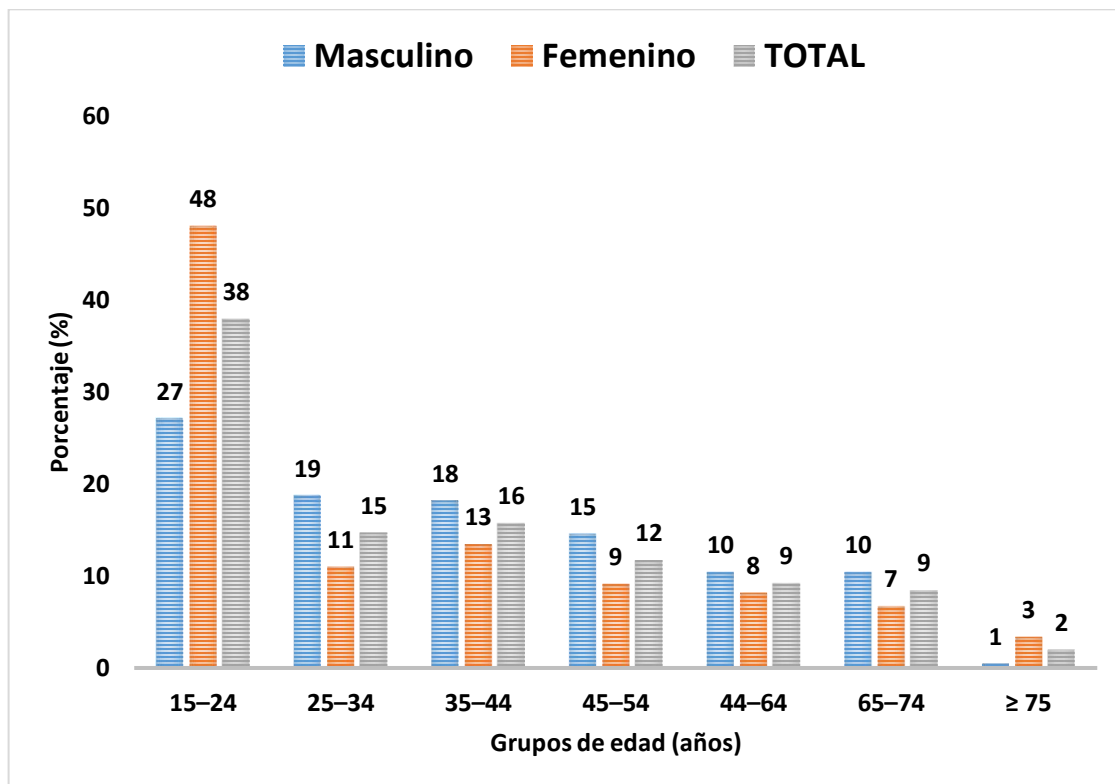
CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 1: Grupos de edad de los pacientes incluidos en el estudio de determinación de los valores de referencia del nervio óptico.

Grupos de edad	Masculino		Femenino		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%
<24	52	27	100	48	152	38
25-34	36	19	23	11	59	15
35-44	35	18	28	13	63	16
45-54	28	15	19	9	47	12
44-64	20	10	17	8	37	9
65-74	20	10	14	7	34	9
≥ 75	1	1	7	3	8	2
Total	192	100	208	100	400	100

Fuente: Directa

Gráfico 1: Grupos de edad de los pacientes incluidos en el estudio de determinación de los valores de referencia del nervio óptico.



Fuente: cuadro 1

Cuadro 2: Correlación entre el diámetro medio del grosor de la vaina del nervio óptico y parámetros antropométricos.

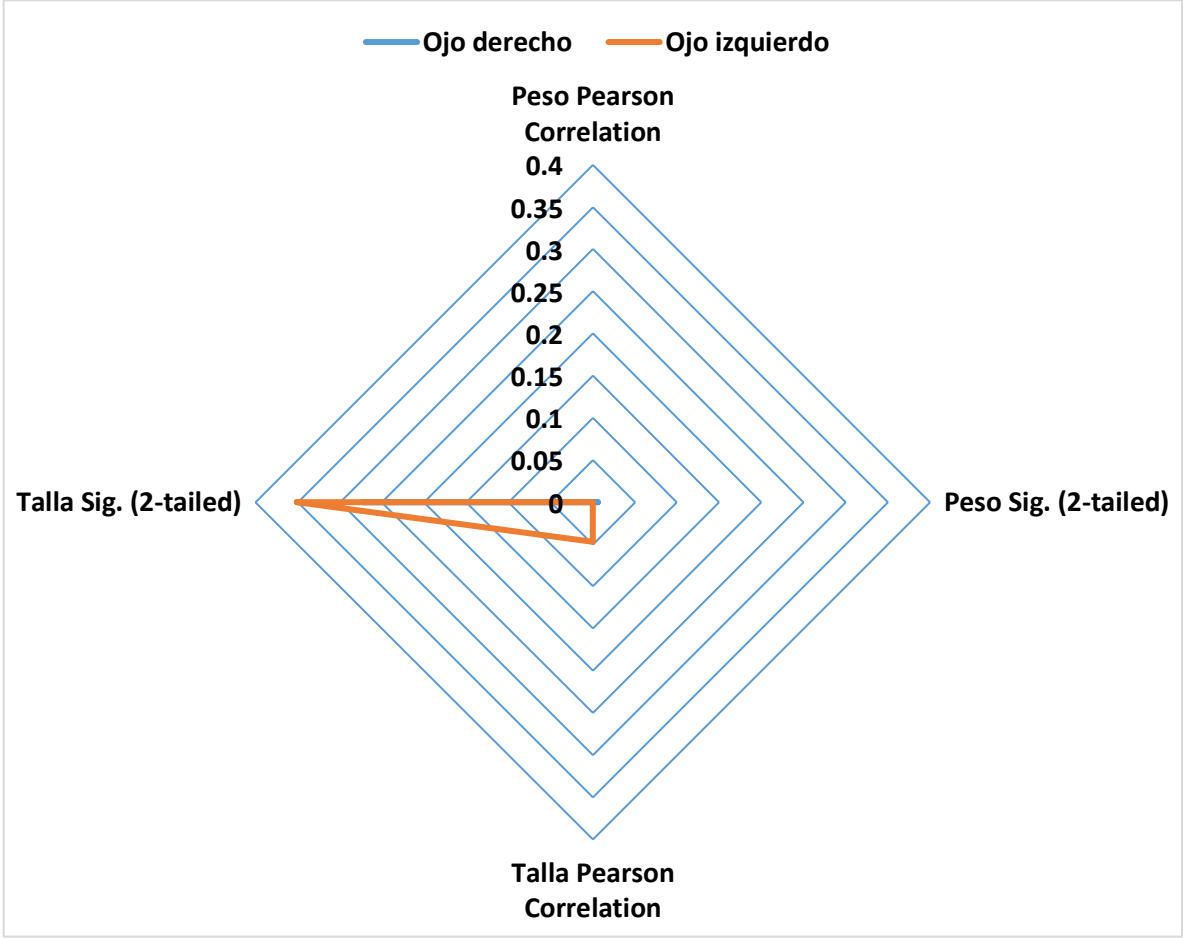
		Ojo derecho	Ojo izquierdo
Peso	Pearson Correlation	0.136**	0.219**
	Sig. (2-tailed)	0.006	0.000
Talla	Pearson Correlation	-0.055	0.047
	Sig. (2-tailed)	0.273	0.351

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

ONSD = diámetro de la vaina del nervio óptico.

Fuente: DIRECTA

Gráfico 2: Correlación entre el diámetro medio del grosor de la vaina del nervio óptico y parámetros antropométricos.



** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

ONSD = diámetro de la vaina del nervio óptico.

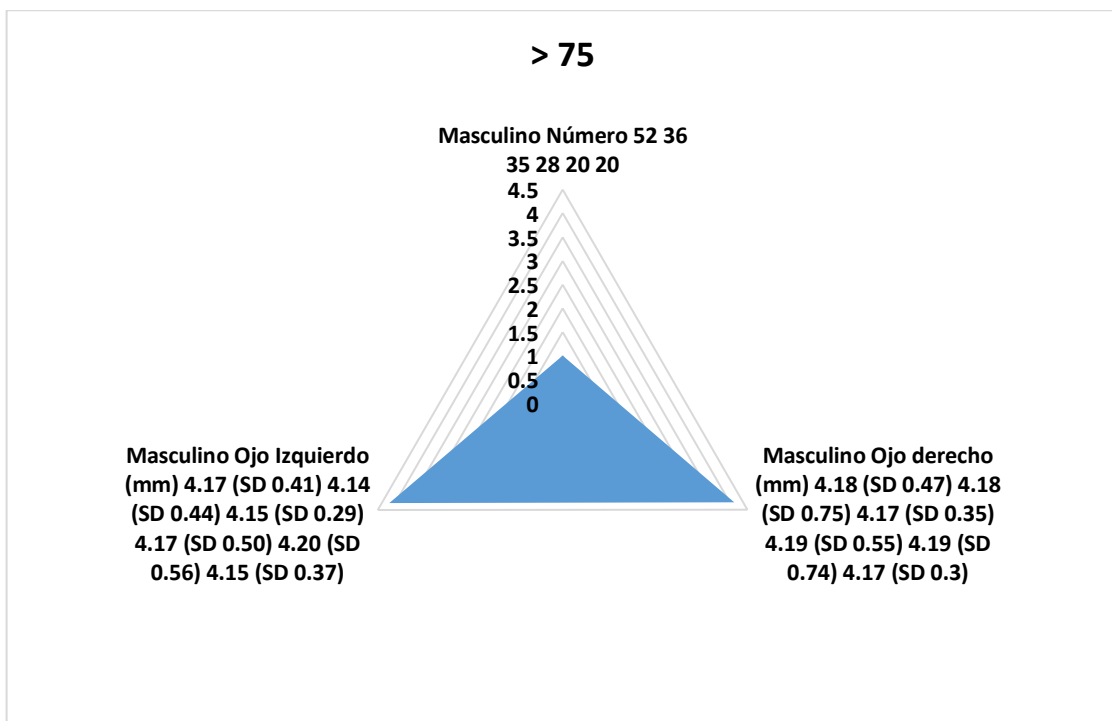
Fuente: DIRECTA

Cuadro 3: Diámetro medio de la vaina del nervio óptico (ONSD) en cada grupo de edad de los participantes masculinos

Grupos de edad	Masculino		
	Número	Ojo derecho (mm)	Ojo Izquierdo (mm)
15–24	52	4.18 (SD 0.47)	4.17 (SD 0.41)
25–34	36	4.18 (SD 0.75)	4.14 (SD 0.44)
35–44	35	4.17 (SD 0.35)	4.15 (SD 0.29)
45–54	28	4.19 (SD 0.55)	4.17 (SD 0.50)
55–64	20	4.19 (SD 0.74)	4.20 (SD 0.56)
65–74	20	4.17 (SD 0.3)	4.15 (SD 0.37)
> 75	1	4.18	4.22

Fuente: DIRECTA

Gráfico 3: Diámetro medio de la vaina del nervio óptico (ONSD) en cada grupo de edad de los participantes masculinos



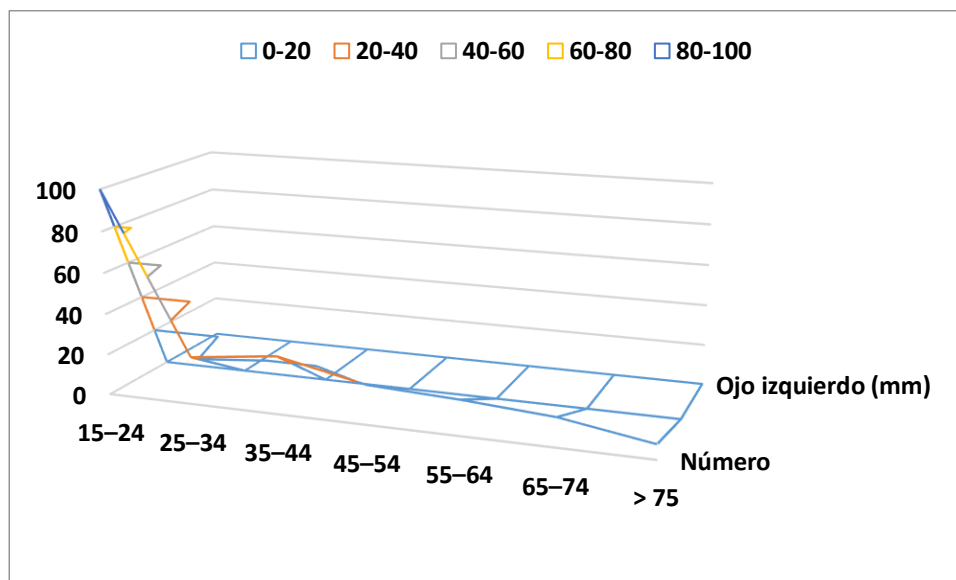
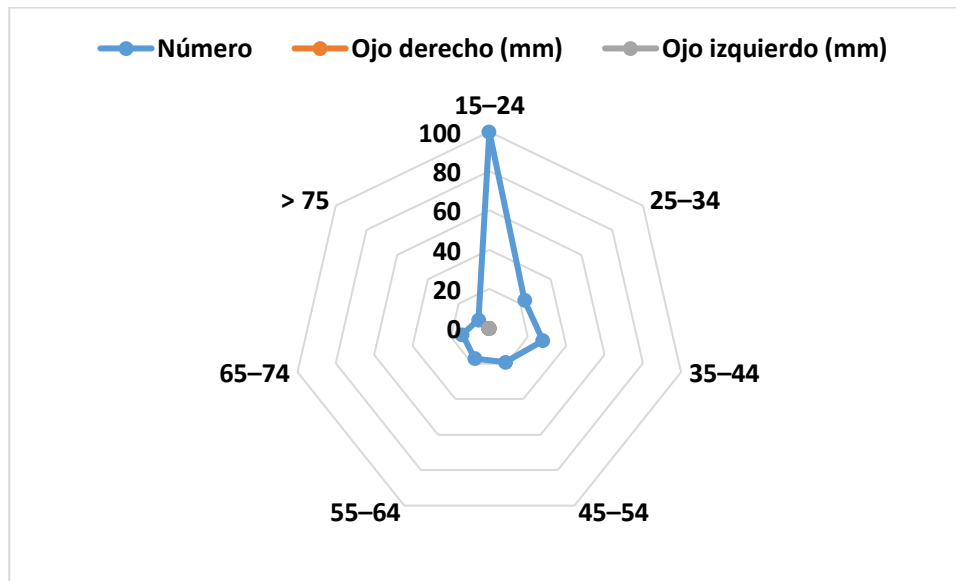
Fuente: Cuadro 3

Cuadro 4: Diámetro medio de la vaina del nervio óptico (ONSD) en cada grupo de edad de los participantes masculinos y femeninos

Grupos de edad	Femenino		
	Número	Ojo derecho (mm)	Ojo izquierdo (mm)
15–24	100	4.18 (SD 0.51)	4.18 (SD 0.46)
25–34	23	4.18 (SD 0.54)	4.17 (SD 0.48)
35–44	28	4.15 (SD 0.19)	4.13 (SD 0.26)
45–54	19	4.17 (SD 0.19)	4.14 (SD 0.90)
55–64	17	4.19 (SD 0.41)	4.17 (SD 0.36)
65–74	14	4.19 (SD 0.34)	4.18 (SD 0.18)
> 75	7	4.18 (SD 0.2)	4.19 (SD 0.21)

Fuente: DIRECTA

Gráfico 4: Diámetro medio de la vaina del nervio óptico (ONSD) en cada grupo de edad de los participantes masculinos y femeninos



Fuente: Cuadro 4