

## Ecografía de nervio óptico para estimar hipertensión intracraneal en pacientes adultos con neurotrauma

Optic Nerve Ultrasound to Estimate Intracranial Hypertension in Adult Patients with Neurotrauma

Annier Jesús Fajardo Quesada<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2071-3716>

María de los Ángeles Licea González<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8283-4230>

Yudier Brizuela Fernández<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2514-8891>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Médicas de Manzanillo “Celia Sánchez Manduley”. Granma, Cuba.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Médicas de Bayamo. Granma, Cuba.

<sup>3</sup>Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente “Carlos Manuel de Céspedes”. Granma, Cuba.

\* Autor para la correspondencia: [annierfq01@gmail.com](mailto:annierfq01@gmail.com)

### RESUMEN

**Introducción:** El neurotrauma es una condición que puede dar paso a una hipertensión intracraneana, situación que es muy grave. Los métodos diagnósticos de elección son los invasivos, aun así, los no invasivos y entre ellos la ecografía del nervio óptico, ofrecen muchísimas ventajas.

**Objetivo:** Describir elementos esenciales de la ecografía de nervio óptico como método para diagnosticar hipertensión intracraneal en pacientes adultos con neurotrauma.

**Métodos:** Se hizo una revisión de la literatura más reciente sin restricción lingüística o geográfica en las bases de datos PubMed y SciELO, se usaron términos afines al tema del artículo y se realizó una valoración crítica sobre la bibliografía consultada.

**Resultados:** La literatura disponible sobre la ecografía del nervio óptico en la determinación de la hipertensión intracraneal es abundante y la mayoría apunta a sus beneficios como método no invasivo. La principal debilidad del mismo es que no es capaz de dar un valor exacto y esto se debe a que el valor normal del diámetro de la vaina del nervio óptico por cada persona puede variar significativamente. La proporción directa entre el diámetro de la vaina del nervio óptico y la presión intracraneal es un hecho que ningún autor intenta invalidar.

**Conclusiones:** La ecografía del nervio óptico es un método seguro, accesible económicamente, no invasivo, fácil de usar y con un valor predictivo confiable para determinar la hipertensión intracraneal.

**Palabras clave:** ecografía del nervio óptico; neurotrauma; presión intracraneal; traumatismo craneoencefálico; vaina del nervio óptico.

## ABSTRACT

**Introduction:** Neurotrauma is a condition that can lead to intracranial hypertension, which is a very serious situation. The diagnostic methods of choice are the invasive ones, even so, the non-invasive ones offer many advantages, the ultrasound of the optic nerve is among them.

**Objective:** To describe essential elements of optic nerve ultrasound as a method to diagnose intracranial hypertension in adult patients with neurotrauma.

**Methods:** A review of the most recent literature was made without linguistic or geographical restrictions in databases such as PubMed and SciELO, terms related to the theme of the manuscript were used. A critical assessment of the consulted bibliography was made.

**Results:** The available literature on optic nerve ultrasound in the determination of intracranial hypertension is abundant and most points to the benefits as a non-invasive method. However, its main weakness lies in the fact that it is not capable of giving an exact value, due to the fact that the normal value of the diameter of the optic nerve sheath for each person can vary significantly. The direct relationship between optic nerve sheath diameter and intracranial pressure is a fact that no author attempts to invalidate.

**Conclusions:** Optic nerve ultrasound is a safe, affordable, non-invasive, easy-to-use method with a reliable predictive value to determine intracranial hypertension.

**Keywords:** ultrasound of the optic nerve; neurotrauma; intracranial pressure; head trauma; optic nerve sheath.

## Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TCE) se define como una alteración del encéfalo, tanto en su anatomía como en su funcionalidad debido a intercambios violentos de energía mecánica.<sup>(1)</sup> Este es un problema crítico de salud pública en todo el mundo que representa la principal causa de morbilidad y mortalidad en menores de 45 años. Cada año, se estima que 69 millones de personas sufren un TCE. La mayor parte de esta carga afecta a las poblaciones de los países de ingresos bajos y medianos, en las que los recursos de atención médica son inadecuados.<sup>(2,3)</sup>

Después de una lesión cerebral traumática, el edema cerebral o las lesiones que ocupan espacio dentro del cráneo pueden disminuir la distensibilidad intracraneal, lo que da como resultado una presión intracraneal (PIC) alta que conduce a una disminución de la presión de perfusión cerebral que resulta un suministro de oxígeno inadecuado e isquemia secundaria que puede causar una discapacidad grave o la muerte.<sup>(2)</sup> La medición directa de la PIC elevada requiere un procedimiento invasivo: la inserción de un catéter de monitorización de la PIC.<sup>(4)</sup>

De acuerdo con la guía clínica norteamericana (*Brain Trauma Foundation*), la monitorización de la PIC se recomienda en todo paciente que tenga un *Glasgow* de 9 puntos o menos.<sup>(5)</sup> La monitorización invasiva consiste en conectar el catéter en cualquiera de los ventrículos con un dispositivo acoplado a líquido con indicador de deformación externo lo que implica crear un orificio para el paso del catéter.<sup>(6)</sup>

La no invasiva se refiere al control de parámetros obtenidos por procedimientos que no impliquen la disrupción de tejidos.<sup>(7)</sup> Como métodos tradicionales los más usados en la

actualidad para el diagnóstico del neurotrauma son la tomografía computarizada, la resonancia magnética, el doppler transcraneano y en menor medida el electroencefalograma aunque ninguno de ellos ha llegado a reemplazar a los métodos invasivos.<sup>(8,9,10)</sup>

El nervio óptico (NO) es una estructura tubular recubierta de meninges y líquido cefalorraquídeo, dichas meninges forman una vaina a su alrededor denominada vaina del nervio óptico (VNO).<sup>(11)</sup> Diferentes estudios demostraron que la PIC elevada conducía a un agrandamiento del diámetro de la VNO (DVNO). Dichos cambios se pueden medir de manera confiable mediante resonancia magnética o ecografía transorbital.<sup>(12)</sup>

La ecografía se ha utilizado de forma rutinaria para medir el DVNO y para diferenciar las lesiones del nervio óptico durante mucho tiempo, desde finales de los 70.<sup>(13)</sup> Se ha demostrado que la ecografía transorbitaria es una técnica de cabecera fiable para la detección no invasiva de la PIC elevada en un TCE.<sup>(12)</sup>

La estimación de la PIC por medición del DVNO con ecografía es cada vez más usada en gran parte del mundo. En algunos países como Cuba este método no es muy aplicado, y las publicaciones respecto al tema son casi nulas, a pesar de las innegables ventajas que representa su implementación en los pacientes con neurotrauma. Este presenta algunas variaciones y discordantes si se comparan los estudios de diferentes países, así como similitudes importantes que muchas veces son pasadas por alto.

Se realiza la presente investigación con el objetivo de describir elementos esenciales de la ecografía de nervio óptico como método para diagnosticar hipertensión intracraneal en pacientes adultos con neurotrauma.

## Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, se usó de manera automatizada el motor de búsqueda Google Académico donde las principales bases de datos utilizadas fueron PubMed y SciELO. La búsqueda no hizo limitación lingüística o geográfica, aunque se seleccionaron las publicaciones más recientes y actualizadas con preferencia en artículos originales y metaanálisis. Los artículos seleccionados se encuentran accesibles y en su mayoría son de acceso gratuito.

Las estrategias de búsqueda incluyeron los términos: ultrasonido de nervio óptico, traumatismo cráneo-encefálico, *optic nerve ultrasound*, *intracranial pressure in traumatic brain injury* y otros términos afines al tema de la revisión tanto en español como en inglés. Se utilizaron como operadores lógicos AND y OR para hacer combinación de dichos términos. Se hizo exclusión de artículos no actualizados o realizados sobre animales.

El período de búsqueda comprendió los meses entre agosto y septiembre de 2021. Se consultaron 223 artículos, de los cuáles solo fueron escogidos 50 con un 100 % de actualización en los últimos 5 años y que cumplieron con los criterios de selección.

## Resultados

### Hipertensión intracraneal por traumatismo cráneo-encefálico

El cráneo, posterior al cierre de las fontanelas y suturas se convierte en una estructura inflexible y esto ayuda a mantener un volumen constante. El TCE integra toda lesión a nivel estructural o funcional del cráneo, alterando su contenido, dicho contenido se puede dividir en tres compartimentos: parénquima cerebral (80 %), líquido cefalorraquídeo (LCR) (10 %) y sangre (10 %). Tal como fue descrito por la doctrina de Monro-Kellie: el cerebro, el LCR y la sangre son los elementos que determinan la PIC. Estos componentes normalmente compensan los cambios entre sí; sin embargo, cuando se agota esta reserva compensatoria, se producen secuelas neurológicas potencialmente catastróficas de la hipertensión intracraneal. Cuando la PIC es mayor de 20 mmHg en adultos se considera hipertensión intracraneal (HIC).<sup>(14,15)</sup>

La HIC traumática es una complicación frecuente y dañina del traumatismo cerebral que contribuye de forma importante al daño cerebral secundario, su severidad y duración se han correlacionado con un pronóstico fatal.<sup>(16)</sup> Incluyen la reducción de la perfusión cerebral, con desarrollo de procesos isquémicos y lesiones cerebrales complejas.

La sospecha del aumento de la PIC, generalmente se realiza con la ayuda de estudios imagenológicos. Los métodos diagnósticos directos por medio de monitoreo invasivo son de alta confiabilidad para el estudio de la hipertensión intracraneal, el uso de un catéter intracraneal es gran importancia.

### Monitorización de la PIC

La monitorización de la PIC en pacientes con TCE grave se recomienda en las pautas de la *Brain Trauma Foundation* para el manejo de TCE graves y está respaldada por la Asociación Americana de Cirujanos Neurológicos (AANS), el Congreso de Cirujanos Neurológicos (CNS) y la Sección de Neurotraumatismo Conjunto y Cuidados Intensivos de la AANS/CNS.<sup>(17)</sup>

La monitorización invasiva se considera como estándar de oro pero las diferencias en el tipo de dispositivos de monitorización de la PIC invasiva, el sitio de inserción (intraparenquimatoso, intraventricular, subdural, epidural), la ubicación de la punta en diferentes lugares dentro del cráneo con respecto a los diferentes sitios de inserción también hace que sea difícil monitorear con precisión la PIC exacta, especialmente en el caso de un proceso patológico localizado.<sup>(18)</sup>

La manometría de punción lumbar está contraindicada en pacientes con traumatismo craneoencefálico agudo.<sup>(19)</sup> El método invasivo de medición de la presión intracraneal solo se utiliza en lesiones cerebrales traumáticas graves cuando no existen complicaciones sistémicas.<sup>(20)</sup> Presenta una potencial morbilidad asociada que restringe su uso a las UCI.<sup>(21)</sup> Su uso en pacientes después de un paro cardíaco se evita debido a la necesidad frecuente de terapia anticoagulante o antiplaquetaria, particularmente en el caso del síndrome coronario agudo. Así mismo el uso de anticoagulantes en pacientes politraumatizados puede llegar a ser muy peligroso por lo que los métodos no invasivos se vuelven una alternativa atractiva.<sup>(22)</sup>

Se han utilizado pruebas no invasivas como el *Doppler* transcraneal (DTC), el desplazamiento de la membrana timpánica (DMT) y la ecografía del nervio óptico para detectar la PIC elevada. El porcentaje de mediciones fallidas es muy alto, alrededor del 60 % con DTC y DMT. Además, las pruebas de DMT requieren mucho tiempo.<sup>(23)</sup>

La tomografía computarizada es preferida como el estudio de primera elección para la detección de eventos intracraneales, sin embargo, en diversas situaciones no puede ser realizada, y la exploración física es insuficiente para evaluar la presión intracraneal, sobretodo en pacientes con pérdida del estado de alerta, intubados o con inestabilidad hemodinámica.<sup>(24)</sup> Si se tiene en cuenta que el traumatismo cráneo encefálico puede llegar a ser una condición muy grave y debe diagnosticarse rápidamente muchos de los métodos que son usados en la actualidad no son adecuados bajo ciertas circunstancias por tener muchos requerimientos o porque la condición de paciente no lo permite. Un método que es usado en la actualidad en muchos países para estimar HIC es la ecografía de la VNO.

### Vaina del nervio óptico

La porción más distal del NO está recubierta por la duramadre, que forma una membrana conocida como vaina del nervio óptico. A medida que la presión intracraneal se eleva, el LCR se distribuye por la duramadre hacia la VNO, la cual se dilata. En este sentido existe una relación directa entre el DVNO y la PIC.<sup>(25,26)</sup>

Para la medición del DVNO puede hacerse mediante una TC o por ecografía. Un estudio comparativo de ambas técnicas realizado por *Kim* y otros<sup>(27)</sup> demuestra que DVNO por TC fue ligeramente más alto que por ecografía en pacientes con PIC normal, pero este fue significativamente más alto que DVNO por TC en pacientes con PIC elevada.

Sin embargo, cuando todos los pacientes se consideraron juntos, ambos no difirieron significativamente. Esto demuestra que cualquiera de las dos puede usarse para medir indirectamente la PIC, el empleo de una u otra se determinaría por la disponibilidad y la no existencia de contraindicaciones en este sentido la ecografía puede llegar a ser más accesible y menos incómoda para el paciente.

### Descripción de la técnica

La ecografía del DVNO y del nervio óptico se puede realizar fácilmente, se utiliza la mayoría de los sistemas de ecografía en color equipados con sondas lineales de alta frecuencia (7,5 MHz o superior) con una resolución espacial lateral de menos de 0,4 mm. Como primer paso, se debe ajustar la configuración del sistema (índice mecánico = 0,23 e índice térmico (TI) = 0,0) para evitar el daño de estructuras sensibles como el cristalino, 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.<sup>(28)</sup>

Para la medición del DVNO, el examinador normalmente se sienta en el cabeza de la mesa de exploraciones con el paciente en decúbito supino con la cabeza y la parte superior del cuerpo levantadas 20 - 30 para evitar cualquier presión en el ojo. El paciente permanece en esta posición durante al menos 1 min antes de que se registren los datos. Se aplica una capa gruesa de gel en 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 delimitación de los principales puntos de referencia anatómicos (nervio óptico y cristalino), se le pide al paciente que mire hacia adelante con los ojos cerrados.<sup>(28)</sup>

El método más popular estudiado en la literatura para evaluar el DVNO es el método de la “franja negra” e implica identificar la vaina del nervio óptico como una línea negra detrás del

globo y medir su diámetro 3 mm detrás de la papila donde se realiza la medición del DVNO, se tiene como límite superior 5 mm que se corresponden con una PIC de 15 mmHg.<sup>(29,30)</sup>

*Bernardo* y otros<sup>(31)</sup> plantean que la ecografía del DVNO puede estar sujeto a errores de medición relacionados con los artefactos, sombras y ubicación errónea de los cursores. Este es particularmente cierto, porque para medir el DVNO utilizaron la técnica *B-scan*, un examen ampliamente utilizado para diagnosticar enfermedades oculares que, lamentablemente, no es lo suficiente sensible en la medición de todas las estructuras orbitales, ya que se ve afectado por el llamado efecto floreciente. Este está relacionado con la falta de un ajuste de sensibilidad estándar al realizar el *B-scan* y no debe confundirse con el efecto de floración asociado a *Doppler*. Los autores sugieren la técnica *A-scan* estandarizada. Con esta última es posible medir con más precisión el DVNO porque la interfaz entre el LCR aracnoideo y subaracnoideo da picos reflectantes altos, lo que permite medidas objetivas, también es libre del efecto de floración.

Puede haber presiones diferentes en ambos hemisferios cerebrales depende de la localización de la lesión, esto daría resultados diferentes en cada vaina de los nervios ópticos y es por ello que muchos autores incluyen la medida de cada DVNO; no obstante, independientemente de si es de un lado o del otro, ambas medidas crecerán de manera particular en cada persona si esta sufre de HIC, es por esto que el límite del diámetro, para diagnosticar HIC, será prácticamente igual en ambas vainas.

*Koziaz* y otros<sup>(32)</sup> a partir de un metaanálisis realizado llegaron a la conclusión de que una lectura normal en la ecografía de la vaina del nervio óptico (< 5,0 mm) con alta sensibilidad y una razón de probabilidad negativa baja puede descartar un aumento de la presión intracraneal, mientras que una lectura elevada ( $\geq 5,0$  mm) con una alta especificidad y una razón de probabilidad positiva puede indicar un aumento de la presión intracraneal y requieren pruebas diagnósticas confirmatorias.<sup>(33)</sup>

No solo está claro que el DVNO aumenta con el aumento de la PIC sino que también disminuye cuando este lo hace, un hecho que antes no estaba claro.<sup>(34)</sup>

### Capacidad predictiva

La mayoría de los estudios realizados por diversos autores arrojan los mismos resultados o resultados similares en cuanto a su sensibilidad y especificidad. Uno realizado por *Altayar* y otros<sup>(35)</sup> con un DVNO > 5,0 mm reveló una sensibilidad combinada del 99 % y una especificidad del 73 %. Otro similar de *Ayyan* y otros<sup>(36)</sup> sobre 255 pacientes con DVNO promedio de 5,0 mm mostró una alta sensibilidad del 100 %, el valor predictivo negativo fue del 100 %, la especificidad del 86,9 %, con un valor predictivo positivo del 88,0 % para detectar presión intracraneal elevada.

El metaanálisis publicado recientemente por *Aletreby* y otros<sup>(37)</sup> demuestra que mientras más elevada sea la PIC mayor será el valor predictivo de la ecografía del DVNO, lo que significaría que es un método más confiable para diagnosticar altas presiones y no bajas. Esto es clínicamente apropiado dado que una PIC alta no detectada podría tener consecuencias graves, mientras que una PIC baja es menos preocupante.

Algunos estudios como el realizado por *Butts* y otros<sup>(38)</sup> arrojan que el método de ecografía del DVNO para monitorizar cambios de la PIC no es generalizable. No es menos cierto que

hay varios estudios como este, aun así, la mayoría de los publicados acerca del tema sí recomiendan su uso, no para una medición exacta sino para una predicción de la HIC.

### **Ventajas de la ecografía para medir el DVNO**

Con respecto al uso de ecografía para evaluación del DVNO, ésta sería muy útil como predictor de la PIC. Es un método no invasivo, fácil de aprender, reproducible, dinámico, de bajo costo económico, se puede realizar “al lado de la cama del paciente” sin la necesidad de cirujano o pabellón, y presenta baja frecuencia de complicaciones, de fácil acceso para la institución de salud, con una adecuada correlación con el estándar de oro que es la medición de la PIC a través de catéter intraventricular. Se puede decir que el monitoreo con el ultrasonido ocular para medir el DVNO pudiera llegar a ser el método idóneo para tal fin sobre todo para los centros en donde no se cuenta con tomografía o neurocirujano.<sup>(39,5,40)</sup>

A nivel prehospitalario el uso del DVNO demostró ser muy útil según estudio realizado por *Houzé-Cerfon* y otros,<sup>(41)</sup> las principales limitaciones de su uso en este nivel de atención de salud, sería su empleo mientras se traslada el paciente como en el caso de las ambulancias y helicópteros donde su sensibilidad se ve disminuida, de cualquier manera el empleo de otros métodos para medir la PIC bajo estas circunstancias puede llegar a ser más difícil que las ecografías e incluso imposibles.

### **Variabilidad de los resultados**

Es importante destacar que existe variabilidad de valores del DVNO reportados en individuos sanos, depende del país de origen, un 5,1 mm para China, 3,7 mm para Canadá , 3,6 mm para Grecia y 4,4 mm para Bangladesh, Turquía 4,2, Sur Corea 4,1.<sup>(40,42,43)</sup>

Hay varias fórmulas que intentan calcular la PIC en base al DVNO, pero un hecho que no consideran estas es la altura a la que se realiza la medición.

Un estudio llevado a cabo por *García* y otros<sup>(25)</sup> demostró una significativa variación entre la medición por catéter y la medición calculada por las fórmulas a diferentes alturas. La PIC es mayor en la altura, explicado porque quizás los sujetos de la altura tienen mayor cantidad de LCR o una mayor capacidad en la producción que los individuos del llano según dichos autores.

Los pacientes con PIC fluctuantes debido a trastornos de la absorción de LCR o debido a la estimulación traqueal mientras están intubados muestran aumentos igualmente confiables en DVNO y regresan a la línea de base después de que cesa la estimulación o la instilación de solución salina.<sup>(45)</sup> La edad, el sexo, índice de masa corporal, perímetro cefálico, presión arterial o subtipo patológico también pueden ser factores de variación de la PIC.<sup>(46)</sup>

Un estudio realizado por *Cardin* y otros<sup>(47)</sup> muestran en voluntarios sanos, el DVNO normal fue mayor en los hombres en comparación con las mujeres y este aumentaba con la edad.

En los pacientes que es necesario realizar una hemisectomía descompresiva como sucede en algunas situaciones en los que sufren de traumatismos craneoencefálicos el valor predictivo del DVNO no es confiable, por las alteraciones que sufre la vaina del nervio óptico, según *Gao* y otros.<sup>(48)</sup>

Un estudio realizado sobre 1766 pacientes adultos con hiper o hipoxia intracraneal e hipertensión, permitió llegar a la conclusión que en una PIC por debajo de 13 mmHg y por encima de 30 mmHg, ya no existe una correlación lineal entre DVNO y la PIC. Esto se atribuyó, en la PIC < 13 mmHg, al contenido ya mínimo de LCR dentro del nervio óptico en

condiciones normales, y en estados de baja presión, no puede haber cambios discernibles debido a la falta de LCR dentro de la vaina. Con PIC > 30 mmHg, es probable que la vaina haya alcanzado la máxima distensibilidad y no haya capacidad para aumentar el diámetro de la vaina del nervio óptico.<sup>(49)</sup>

Debido a que el uso de la ecografía depende del operador, la exactitud y precisión de la técnica puede verse influida por el tipo de entorno clínico en el que se realiza la medición. Por ejemplo, en un servicio de urgencias ocupado puede ser más desafiante desde el punto de vista técnico en comparación con un entorno controlado como el quirófano o la UCI donde los pacientes están sedados.<sup>(50)</sup>

Conocer qué elementos pueden alterar la medición estándar del DVNO es fundamental si se planea implementar esta técnica. De cualquier forma, aunque las mediciones varíen, mucha de las personas tienen clara las ventajas que no tienen los otros métodos de estimación de la PIC y es por ello que se usa en tantos países.

Un hecho sobre este método es que no está estandarizado un valor normal del DVNO y es quizás por esto que las fórmulas globales no tienen el valor predictivo que se esperaría. La realización de estudios en diversas áreas y sobre diversos grupos poblacionales ayudaría a tratar de establecer los valores límites y normales del DVNO y así poder llegar a una fórmula definitiva en algún momento, hecho que generalizaría el uso de la ecografía del nervio óptico para medir la PIC sin necesidad de recurrir a catéteres. Los países con bajos recursos económicos deberían implementar estas técnicas sobre todo porque el equipo necesario es de bajo costo económico si se compara con los demás métodos.

Se concluye que la ecografía del nervio óptico para determinar HIC es segura y con muchas ventajas sobre los demás métodos de diagnóstico, como la facilidad de la realización, bajo costo, complicaciones casi nulas y por ser inofensiva para los tejidos del paciente. La determinación exacta de la PIC por este método es un reto y la principal causa es que se ve afectado por muchos factores que hacen que cada individuo tenga un diámetro normal relativamente diferente. Un hecho es la proporción directa entre el DVNO y la PIC y este elemento hace que la ecografía de la VNO se pueda utilizar como medio diagnóstico de la HTE.

## Referencias bibliográficas

1. Martínez MPH, Hernández AGA, Cantillo JJR, Hernández AP. Epidemiología del trauma craneoencefálico. Rev Cuba Med Intensiva y Emergencias. 2018 [acceso 05/09/2021];17(2):3-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=87399>
2. Bosily Mabrouk M, Mostafa Soliman S, Mohamed Farid A, Mahmoud Dawoud R. Ultrasound Measurement of Optic Nerve Sheath Diameter for Detection of Increased Intracranial Pressure in Adult Patients with Traumatic Brain Injury in Emergency Department. Nat Sci. 2019 [acceso 05/09/2021];17(8):97-103. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Bosily/publication/348945583\\_Ultrasound\\_Measurement\\_of\\_Optic\\_Nerve\\_Sheath\\_Diameter](https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Bosily/publication/348945583_Ultrasound_Measurement_of_Optic_Nerve_Sheath_Diameter)



[for Detection of Increased Intracranial Pressure in Adult Patients with Traumatic Brain Injury in Emergency Department/links/60](#)

3. Dewan MC, Rattani A, Gupta S, Baticulon RE, Hung Y-C, Punchak M, *et al.* Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *J Neurosurg.* 2018 [acceso 28/09/2021];130(4):1080-97. Disponible en: <https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/130/4/article-p1080.xml>
4. Lee SH, Kim HS, Yun SJ. Optic nerve sheath diameter measurement for predicting raised intracranial pressure in adult patients with severe traumatic brain injury: A meta-analysis. *J Crit Care.* 2020;56:182-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.01.006>
5. Ponce G, Mayagoitia J, Mayagoitia A. Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico con ultrasonido ocular y su correlación con hallazgos tomográficos de edema cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico. *Rev Iberoam las Ciencias la Salud.* 2019 [citado: 04/09/2021];8(15):1-18. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6779632&info=resumen&idioma=SPA>
6. Nag DS, Sahu S, Swain A, Kant S. Intracranial pressure monitoring: Gold standard and recent innovations. *World J Clin Cases.* 2019 [acceso 28/09/2021];7(13):1535. Disponible en: <http://pmc/articles/PMC6658373/>
7. Sasig NG, Muentes JR, Franco MA, Córdova JR, Pinargote RG. Monitorización invasiva y no invasiva en pacientes ingresados a UCI. *RECIMUNDO.* 2021 [acceso 01/09/2021];5(3):278-92. Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/1264>
8. Jain S, Vande-Vyvere T, Terzopoulos V, Sima DM, Rouran E, Maas A, *et al.* Automatic Quantification of Computed Tomography Features in Acute Traumatic Brain Injury. 2019;36(11):1794-803. DOI: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/neu.2018.6183>
9. Ortiz B, Lanau S. Neuromonitoreo no invasivo en unidad de cuidados intensivos en Colombia. *Biomédica.* 2021 [acceso 01/09/2021];41(4). Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/5990>
10. Robba C, Santori G, Czosnyka M, Corradi F, Bragazzi N, Padayachy L, *et al.* Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2018 [acceso 05/09/2021];44(8):1284-94. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-018-5305-7>
11. Sosa Remón A, Jerez Álvarez AE, Remón Chávez CE. Ultrasonografía del diámetro de la vaina del nervio óptico en el monitoreo de la presión intracraneal. *Rev Cuba Anestesiol y Reanim.* 2021;20(3):1-14. Disponible en: <https://renanestesia.sld.cu/index.php/anestRean/article/view/710/1035>
12. Lovrenčić-Huzjan A, Bosnar-Puretić M, Hustić I, Kobasić I, Budišić M, Čorić L, *et al.* Optic nerve sheath sonography is a promising tool for assessment of raised intracranial pressure in patients admitted to neurological intensive care unit. *Acta Clin Croat.* 2020 [acceso 11/09/2021];59(1):50. Disponible en: <http://pmc/articles/PMC7382884/>
13. Bernardo M De, Rosa N. Comment on ‘Invasive and noninvasive means of measuring intracranial pressure: a review’. *Physiol Meas.* 2018 [acceso: 06/09/2021];39(5):058001. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/aac540>

14. Sánchez-Torres C, Urías-Romo De Vivar EG, Israel FJ. Diámetro de la vaina del nervio óptico y tomografía axial computada en traumatismo craneoencefálico como predictor de hipertensión intracraneal. *Rev Med UAS*. 2017;7(4):198-212. DOI: <http://dx.doi.org/10.28960/revmeduas.2007-8013.v7.n4.005>
15. Evensen KB, Eide PK. Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement. *Fluids Barriers CNS* 2020 [acceso 28/09/2021];17(1):1-33. Disponible en: <https://fluidsbarrierscns.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12987-020-00195-3>
16. Islas RE, Coria VL, Montelongo FJ, Reyes MM, Carmona A, Suárez A. Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía simple de cráneo en pacientes con trauma craneoencefálico. *Med Crít*. 2020;34(4):221-30. DOI: <https://doi.org/10.35366/95877>
17. Sedek MA, Youssef Gaafar T, Saadeldeenelgammal S, Salem A-MA-A. European Journal of Molecular & Clinical Medicine Assessment of Intracranial Pressure in Severe Traumatic Brain Injury Using Optic Nerve Sheath Diameter and Transcranial Doppler. *Eur J Mol Clin Med*. 2021 [acceso 28/09/2021];8(3):2915-25. Disponible en: <https://ejmcm.com/article-11588-c0eff67d206f7b5b7a7d4e99e8ab80be.pdf>
18. Rehman NU, Haque A, Abbas Q, Jurair H, Salam B, Sayani R. Ultrasonographic optic nerve sheath diameter Measurement for raised intracranial pressure in a Tertiary care centre of a developing country. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2018 [acceso 28/09/2021];30(4):495-500. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30632323/>
29. Du J, Deng Y, Li H, Qiao S, Yu M, Xu Q, *et al*. Ratio of Optic Nerve Sheath Diameter to Eyeball Transverse Diameter by Ultrasound Can Predict Intracranial Hypertension in Traumatic Brain Injury Patients: A Prospective Study. *Neurocrit Care*. 2019 [acceso 08/09/2021];32(2):478-85. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12028-019-00762-z>
20. Zhou J, Li J, Ye T, Zeng Y. Ultrasound measurements versus invasive intracranial pressure measurement method in patients with brain injury: a retrospective study. *BMC Med Imaging*. 2019 [acceso 08/09/2021];19(1):1-7. Disponible en: <https://bmcmedimaging.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12880-019-0354-0>
21. Klinzing S, Hilty MP, Bechtel-Grosch U, Schuepbach RA, Bühler P, Brandi G. Dynamic optic nerve sheath diameter changes upon moderate hyperventilation in patients with traumatic brain injury. *J Crit Care*. 2020;56:229-35. DOI: <https://doi.org/10.16/j.jcrc.2020.01.008>
22. Cardim D, Griesdale DE, Ainslie PN, Robba C, Calviello L, Czosnyka M, *et al*. A comparison of non-invasive versus invasive measures of intracranial pressure in hypoxic ischaemic brain injury after cardiac arrest. *Resuscitation*. 2019;137:221-8. DOI: <https://doi.org/10.16/resuscitation.2019.01.002>
23. Ali MA, Hashmi M, Shamim S, Salam B, Siraj S, Salim B. Correlation of Optic Nerve Sheath Diameter with Direct Measurement of Intracranial Pressure through an External Ventricular Drain. *Cureus*. 2019 [acceso 10/09/2021];11(9). Disponible en: <http://pmc/articles/PMC6825501/>

24. Martínez KIG, Montelongo F de J, Ávila REI, Pérez MMR, Velázquez LDS. Monitoreo de la respuesta a terapia hiperosmolar mediante la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico. Reporte de un caso. *Intensivos*. 2020 [acceso 01/09/2021];13(3):158-61. Disponible en: <http://sopemi.org.pe/revistaintensivos/index.php/intensivos/article/view/101>
25. García GR, Martínez BA, Ramos E. Validación de la evaluación por ultrasonido de la vaina del nervio óptico para la cuantificación de la presión intracraneal en grandes altitudes. *Rev Médica-Científica CAMBIOS HECAM*. 2019 [acceso 31/08/2021];18(1):58-62. Disponible en: <https://revistahcam.iess.gob.ec/index.php/cambios/article/view/387/280>
26. Laos SGR. Utilidad de la ultrasonografía del diámetro del nervio óptico, en el Hospital Julio Cesar Demarini, La Merced 2019. *INTENSIVOS*. 2020 [acceso 03/09/2021];13(1):5-9. Disponible en: <http://sopemi.org.pe/revistaintensivos/index.php/intensivos/article/view/28>
27. Kim DY, Kim SY, Hong DY, Sung BY, Lee S, Paik JH, *et al*. Comparison of ultrasonography and computed tomography for measuring optic nerve sheath diameter for the detection of elevated intracranial pressure. *Clin Neurol Neurosurg*. 2021;204:106609. DOI: <https://doi.org/10.16/j.clineuro.2021.106609>
28. Lochner P, Czosnyka M, Naldi A, Lyros E, Pelosi P, Mathur S, *et al*. Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians. *Neurol Sci*. 2019;40(12):2447-57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04015-x>
29. Pérez-Calatayud AA, Esper RC, Gasca-Aldama JC, Linarte-Basilio ME, Anica-Malagon ED, Briones-Garduño JC. Neuromonitoreo ultrasonográfico en el perioperatorio: diámetro de la vaina del nervio óptico y Doppler transcraneal. *Cir Cir*. 2019;87(5):580-6. DOI: <https://doi.org/10.24875/ciru.18000501>
30. Soliman I, Johnson GGRJ, Gillman LM, Zeiler FA, Faqih F, Aletreby WT, *et al*. New Optic Nerve Sonography Quality Criteria in the Diagnostic Evaluation of Traumatic Brain Injury. *Crit Care Res Pract*. 2018;2018. DOI: <https://doi.org/10.1055/2018/3589762>
31. Bernardo M De, Vitiello L, Rosa N. Optic nerve ultrasonography to predict increased intracranial pressure in idiopathic intracranial hypertension. *Neuroradiol J*. 2019 [acceso 07/09/2021];32(3):227. Disponible en: <http://pmc/articles/PMC6512214/>
32. Koziarz A, Sne N, Kegel F, Nath S, Badhiwala JH, Nassiri F, *et al*. Bedside optic nerve ultrasonography for diagnosing increased intracranial pressure. *Ann Intern Med*. 2019;171(12):896-905. DOI: <https://doi.org/10.7326/m19-0812>
33. Kim SE, Hong EP, Kim HC, Lee SU, Jeon JP. Ultrasonographic optic nerve sheath diameter to detect increased intracranial pressure in adults: a meta-analysis: *SAGE* 2018;60(2):221-9. DOI: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0284185118776501>
34. Wang L, Chen L, Chen Y, Bao L, Zheng N, Wang Y, *et al*. Ultrasonography Assessments of Optic Nerve Sheath Diameter as a Noninvasive and Dynamic Method of Detecting Changes in Intracranial Pressure. *JAMA Ophthalmol*. 2018 [acceso 06/09/2021];136(3):250-6. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/2670735>
35. Altayar AS, Abouelela AZ, Abdelshafey EE, Mohammed KSS, Hassan AA, Khattab MA, *et al*. Optic nerve sheath diameter by ultrasound is a good screening tool for high intracranial pressure in traumatic brain injury. *Ir J Med Sci*. 2020;190(1):387-93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02242-2>

36. Ayyan SM, Rohan V, Suresh G. 397 Sonographic Measurement of Optic Nerve Sheath Diameter Compared With CT Scan for Detecting Elevated Intracranial Pressure of Head Injury Patients in Emergency Department. *Ann Emerg Med.* 2017 [acceso 12/09/2021];70(4):155-6. Disponible en: <http://www.annemergmed.com/article/S0196064417312672/fulltext>
37. Aletreby W, Alharthy A, Brindley PG, Kutsogiannis DJ, Faqihi F, Alzayer W, *et al.* Optic Nerve Sheath Diameter Ultrasound for Raised Intracranial Pressure: A Literature Review and Meta-analysis of its Diagnostic Accuracy. *J Ultrasound Med.* 2021 [acceso 09/09/2021] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jum.15732>
38. Butts C, Wilson J, Lasseigne L, Oral E, Kaban N. Ultrasound of the Optic Nerve Does Not Appear to Be a Consistently Reliable or Generalizable Method to Monitor Changes in Intracranial Pressure. *J Intensive Care Med.* 2021 [acceso 10/09/2021];20(10):1-8. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/08850666211021737>
39. Waissbluth J, Cabrera MC. Ocular ultrasound to estimate intracranial pressure: Feasibility of the technique. *Rev Chil Anest.* 2019;48(1):57-61. DOI: <https://doi.org/10.25237/revchilanestv48n01.10>
40. García Molina J. Utilidad diagnóstica de la ecografía de vaina de nervio óptico (evno), como método no invasivo para la detección de hipertensión intracraneal. Estudio prospectivo de 95 mediciones comparado con monitoreo invasivo en Chile. *Rev Chil Neurocir.* 2019;45(1):38-44. DOI: <https://doi.org/10.36593/rev.chil.neurocir.v45i1.9>
41. Houzé-Cerfon CH, Bounes V, Guemon J, Le Gourrierec T, Geeraerts T. Quality And Feasibility of Sonographic Measurement of the Optic Nerve Sheath Diameter to Estimate the Risk of Raised Intracranial Pressure After Traumatic Brain Injury in Prehospital Setting. *Prehospital Emerg Care.* 2019;23(2):277-83. DOI: <https://doi.org/10.1080/10903127.2018.1501444>
42. Kim DH, Jun J-S, Kim R. Ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter and its association with eyeball transverse diameter in 585 healthy volunteers. *Sci Rep.* 2017 [acceso 06/09/2021];7(1):1-6. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-16173-z>
43. Avci M, Kozaci N, Komut E, Komut S, Caliskan G, Tulubas G. The Measurement of Elderly Volunteers' Optic Nerve Sheath Diameters by Ocular Ultrasonography. *Medicina (B Aires).* 2019 [acceso 06/09/2021];55(8):413. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1648-9144/55/8/413/htm>
44. Agrawal A, Cheng R, Tang J, Madhok DY. Comparison of two techniques to measure optic nerve sheath diameter in patients at risk for increased intracranial pressure. *Crit Care Med.* 2019 [acceso 05/09/2021];47(6):495. Disponible en: <http://pmc/articles/PMC6522267/>
45. Donovan J, Oanh PKN, Dobbs N, Phu NH, Nghia HDT, Summers D, *et al.* Optic Nerve Sheath Ultrasound for the Detection and Monitoring of Raised Intracranial Pressure in Tuberculous Meningitis. *Clin Infect Dis.* 2020. DOI: <https://org.doi/10.1093/cid/ciaa1823/6025000>
46. Cardim D, Czosnyka M, Chandrapatham K, Badenes R, Bertuccio A, Noto A Di, *et al.* Effects of Age and Sex on Optic Nerve Sheath Diameter in Healthy Volunteers and Patients

With Traumatic Brain Injury. *Front Neurol.* 2020 [acceso 10/09/2021];11:764. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2020.00764>

47. Gao Y, Li Q, Wu C, Liu S, Zhang M. Diagnostic and prognostic value of the optic nerve sheath diameter with respect to the intracranial pressure and neurological outcome of patients following hemicraniectomy. *BMC Neurol.* 2018 [acceso 08/09/2021];18(1):1-7. Disponible en: <https://bmneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-018-1202-5>

48. Majeed G, Kashyap S, Menoni R, Miulli D, Sweiss R. A noninvasive method for the estimation of increased intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury using optic nerve sheath diameter measured on computed tomography head. *Surg Neurol Int.* 2019 [acceso 08/09/2021];10(97). Disponible en: <http://pmc/articles/PMC6744793/>

49. Montorfano L, Yu Q, Bordes SJ, Sivanushanthan S, Rosenthal RJ, Montorfano M. Mean value of B-mode optic nerve sheath diameter as an indicator of increased intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Ultrasound J.* 2021 [acceso 10/09/2021];13(1):1-12. Disponible en: <https://theultrasoundjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13089-021-00235-5>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.