



# Presión intracraneal por catéter intraparenquimatoso versus diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonido

Intracranial pressure by intraparenchymal catheter against diameter of the optic nerve sheath by ultrasound

Pressão intracraniana por cateter intraparenquimatoso versus diâmetro da bainha do nervo óptico por ultrassom (DBNO)

Alan Abdala Ruiz Ortega,\* Felipe De Jesús Montelongo,\*<sup>‡</sup> Jonathan Galindo Ayala,\* Nancy Verónica Alva Arroyo,<sup>§</sup> Rafael Tapia Velasco,\* Erick Josué Lázaro Montes de Oca\*

## RESUMEN

**Introducción:** la hipertensión intracraneal es un síndrome caracterizado por aumento sostenido durante más de 5-10 minutos de la presión intracraneal por arriba de 20 mmHg. Son necesarias las herramientas que miden la presión intracraneal para dar un tratamiento oportuno y mejorar los días de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos, además de la mortalidad.

**Objetivo:** correlacionar el diámetro de la vaina del nervio óptico medido ecográficamente, contra el método estándar; el catéter intraparenquimatoso cerebral, como predictores de hipertensión intracraneal.

**Material y métodos:** estudio prospectivo, longitudinal, experimental y analítico, en pacientes mayores de 16 años de ambos sexos, que ingresaron a la neurointensiva. Se efectuaron mediciones de la vaina del nervio óptico y se les colocó catéter intraparenquimatoso cerebral a ocho pacientes; se realizaron mediciones cada cuatro horas; se obtuvieron un total de 181 mediciones.

**Resultados:** se realizó una correlación por el método estándar, entre el diámetro de la vaina del nervio óptico versus presión intracraneal, con gráfico de dispersión, donde se obtuvo  $R^2 = 0.89$ ,  $p = 0.0001$ , siendo una correlación fuerte. Para finalizar, se graficó un Bland-Altman plot para comparar el método a prueba con el estándar de referencia; se obtuvo un Bias (diferencia de medias)  $-0.188 \pm -0.53$ , límite inferior  $-1.231$ , límite superior  $0.8537$ , mostrando una correlación fuerte.

**Conclusiones:** la medición de la vaina del nervio óptico es equitativa con la medición de la presión intracraneal mediante el uso de catéter intraparenquimatoso cerebral; por lo tanto, podemos disponer de ambos métodos para medir la presión intracraneal y guiar nuestro manejo médico.

**Palabras clave:** presión intracraneal, edema cerebral, diámetro de vaina del nervio óptico, hipertensión intracraneal, catéter intraparenquimatoso, ultrasonido.

## ABSTRACT

**Introduction:** intracranial hypertension is a syndrome characterized by a sustained increase in intracranial pressure (ICP) above 20 millimeters of mercury for > 5-10 minutes. Tools that measure intracranial pressure are necessary to provide timely treatment and improve the length of stay in the intensive care unit as well as mortality.

**Objective:** correlate the diameter of the optic nerve sheath measured ultrasonographically against the standard method; cerebral intraparenchymal catheter, as predictors of intracranial hypertension.

**Material and methods:** prospective, longitudinal, experimental and analytical study, in patients over 16 years of age of both sexes, who entered the neurointensive care unit. Measurements of the optic nerve sheath were performed and an intraparenchymal cerebral catheter was placed by intensivists in eight patients, measurements being taken every 4 hours, having a total of 181 measurements.

**Results:** a correlation was carried out by the standard method, between DVNO vs PIC, scatter graph, where it was obtained  $R^2 = 0.89$ ,  $p = 0.0001$ , being a strong correlation. Finally, a Bland-Altman plot was plotted to compare the method under test (DVNO) with the reference standard (PIC), obtaining a Bias (mean difference)  $-0.188 \pm -0.53$ , lower limit  $-1.231$  upper limit  $0.8537$ . Showing a strong correlation.

**Conclusions:** the measurement of the optic nerve sheath is equivalent to the measurement of intracerebral pressure through the use of intraparenchymal cerebral catheter, therefore we can have both methods to measure intracranial pressure and guide our medical management.

**Keywords:** intracranial pressure, cerebral edema, optic nerve sheath diameter, intracranial hypertension, intraparenchymal catheter, ultrasound.

## RESUMO

**Introdução:** a hipertensão intracraniana é uma síndrome caracterizada por um aumento sustentado durante > 5-10 minutos da pressão intracraniana acima de 20 milímetros de mercúrio. São necessárias ferramentas que medem a pressão intracraniana para fornecer tratamento oportuno e melhorar o tempo de permanência na unidade de terapia intensiva, bem como a mortalidade.

**Objetivo:** correlacionar o diâmetro da bainha do nervo óptico medido ultrasonograficamente com o método padrão; o cateter intraparenquimatoso cerebral, como preditores de hipertensão intracraniana.

**Material e métodos:** estudo prospectivo, longitudinal, experimental e analítico, em pacientes maiores de 16 anos, de ambos os sexos, internados em unidade de terapia neurointensiva. Realizaram-se medidas da bainha do nervo óptico e colocou-se cateter intraparenquimatoso cerebral por intensivistas em 8 pacientes, realizando-se medições a cada 4 horas, totalizando 181 medições.

**Resultados:** realizou-se uma correlação pelo método padrão, entre diâmetro da bainha do nervo óptico versus pressão intracraniana, com gráfico de dispersão, onde foi obtido  $R^2 = 0.89$ ,  $p = 0.0001$ , sendo uma correlação forte. Por fim, foi traçado um gráfico de Bland-Altman plot para comparar o método testado com o padrão de referência, obtendo-se um Bias (diferença média)  $-0.188 \pm -0.53$ , limite inferior  $-1.231$ , limite superior  $0.8537$ , mostrando uma forte correlação.

**Conclusões:** a medida da bainha do nervo óptico equivale à medida da pressão intracraneal através do uso de cateter intraparenquimatoso cerebral, portanto podemos ter ambos os métodos para medir a pressão intracraniana e orientar nosso manejo médico.

**Palavras-chave:** pressão intracraniana, edema cerebral, diâmetro da bainha do nervo óptico, hipertensão intracraniana, cateter intraparenquimatoso, ultrassom.

## Abreviaturas:

DVNO = diámetro de la vaina del nervio óptico.

DVNOD = diámetro de la vaina del nervio óptico derecho.

DVNOG = diámetro de la vaina del nervio óptico global.

DVNOI = diámetro de la vaina del nervio óptico izquierdo.

LCR = líquido cefalorraquídeo.

PIC = presión intracraneal.

## INTRODUCCIÓN

El espacio intracraneal contiene tres componentes principales: líquido cefalorraquídeo (LCR), flujo sanguíneo y el parénquima cerebral, que se encuentran en equilibrio en el espacio intracraneal; cuando hay pérdida de este equilibrio, se produce hipertensión intracraneal.<sup>1</sup> La hipertensión intracraneal es un síndrome caracterizado por aumento sostenido durante más de 5-10 minutos de la presión intracraneal (PIC) por arriba de 20 mmHg.<sup>2</sup> Se encuentra en múltiples lesiones neuro-

\* Hospital General «Las Américas», Instituto de Salud del Estado de México. México.

<sup>‡</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. México.

<sup>§</sup> Hospital Ángeles Mocol. México.

Recibido: 14/09/2023. Aceptado: 29/09/2023.

**Citar como:** Ruiz OAA, De Jesús MF, Galindo AJ, Alva ANV, Tapia VR, Lázaro MOEJ. Presión intracraneal por catéter intraparenquimatoso versus diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonido. Med Crit. 2023;37(7):520-524. <https://dx.doi.org/10.35366/114851>

lógicas como el traumatismo craneoencefálico, eventos cerebrales, entre otras entidades. Se debe evaluar y manejar la lesión secundaria como es el edema cerebral que producen hipertensión intracraneal.<sup>3</sup> Hasta el día de hoy existen dos herramientas que son los estándares de referencia para la monitorización de la PIC, los cuales se consideran precisos y fiables; son el sensor de presión intraventricular que se coloca en los ventrículos laterales, y que miden de forma directa la presión del LCR, y el sensor intraparenquimatoso, el cual es introducido en el parénquima cerebral para la medición directa de la PIC.<sup>4</sup> El uso de catéter intraparenquimatoso para el monitoreo de la PIC se utiliza en la práctica clínica desde 1980 y si bien no estima directamente la presión del LCR, sí lo hace a través de la teoría de Monroe Kelly.<sup>5</sup>

En 1964, Hayreh y colaboradores<sup>6</sup> demostraron que los cambios en la presión de LCR podían ser transmitidos a través de las vainas de los nervios ópticos. A finales de los años 70, Karl Ossoining, un oftalmólogo, mostró cómo medir el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) en pacientes con retinoblastoma, utilizando el ultrasonido. Se encontró que la dilatación de la vaina con diámetros definitivamente agrandados mayores a 5.00 mm, estaba presente cuando la presión del LCR excedía los niveles de 30 mmHg. Concluyó que la vaina del nervio óptico tiene suficiente elasticidad para permitir una dilatación detectable en respuesta a la hipertensión intracraneal.

Nuestro estudio es el primero en evaluar y correlacionar estos cambios de PIC al instalar un catéter intraparenquimatoso por intensivistas en pacientes con lesión neurológica aguda y al mismo tiempo medir la vaina del nervio óptico para estimar la presión intracraneal; esta última es una técnica alternativa segura, que se puede realizar a un lado de la cama del paciente, en tiempo real, de manera repetible, con bajo costo y no teniendo riesgos quirúrgicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, longitudinal, experimental y analítico, en pacientes mayores de 16 años de ambos sexos, que ingresaron a la neurointensiva, quienes además contaban con las características siguientes: escala de Glasgow de 3 a 8 puntos, tomografía de cráneo con cerebro anormal con: hematoma, contusiones, edema cerebral, datos de herniación, compresión de cisternas basales, y si tenían más de dos factores de riesgo como edad  $\geq$  a 40 años, posturas de decorticación o descerebración uni o bilateral, presión arterial sistólica menor de 90 mmHg, que ingresaron al servicio en el periodo del 21 de junio del 2022 al 21 de junio del 2023. Se excluyeron pacientes con cráneo abierto o lesiones penetrantes con exposición de masa

encefálica. El tipo de muestreo fue probabilístico con población finita.

**Análisis estadístico.** Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 26 IBM para el análisis de los datos. Se consideró como valor estadísticamente significativo una  $p < 0.05$ .

Las variables numéricas o cuantitativas se expresaron o tuvieron como medida de asociación media y desviación estándar (DE) para los datos con distribución normal; mediana y rango intercuartilar (RIC) para aquellas de libre distribución. Las variables categóricas se expresaron en número de observaciones (n) y porcentajes (%).

**Aspectos éticos.** Se siguieron las recomendaciones y declaraciones de Helsinki y la aprobación del Comité de Ética Institucional. Asimismo, se integraron los pacientes y/o responsables previo consentimiento informado firmado.

**Procedimiento.** Se utilizó un ultrasonido portátil Siemens Freestyle con transductor lineal de alta frecuencia de 13 MHz para las mediciones de la vaina del nervio óptico; así como un sensor de silicio o catéter intraparenquimatoso CODMAN Microsensor Skull Bolt Kit con tornillo craneal, un monitor ICP Express de CODMAN y el craneal Access Kit de CODMAN de Johnson y Johnson, con craneótomo manual y broca de 2.7 milímetros (mm) con paro manual, para realizar las craniectomías y colocar el sensor a la cabecera de la cama del paciente en la neurointensiva.

Para la técnica de colocación del catéter intraparenquimatoso, se decidió realizar el acceso anterior con punto de Kocher por uno de los investigadores. Se localizó el punto de inserción midiendo desde el nasión

**Tabla 1: Características generales de la población y de las mediciones de la vaina de nervio óptico con PIC.**

| Características           | N = 8              |
|---------------------------|--------------------|
| Edad [años]*              | 36.4 $\pm$ 10      |
| Sexo masculino, n (%)     | 7 (87.5)           |
| IMC [kg/m <sup>2</sup> ]* | 25.7 $\pm$ 5.0     |
| Diámetro pupilar [mm]**   |                    |
| Derecho                   | 3 (2-6)            |
| Izquierdo                 | 4 (3-6)            |
| Promedio                  | 3 (2.5-6)          |
| Mortalidad, n (%)         | 2 (25.0)           |
|                           | N = 181 mediciones |
| PIC [mmHg]**              | 22 (15-41)         |
| DVNOD [mm]*               | 5.9 $\pm$ 0.80     |
| DVNOI [mm]*               | 6.1 $\pm$ 0.69     |
| DVNOG [mm]*               | 6 $\pm$ 0.69       |
| Presión estimada [mmHg]*  | 25.9 $\pm$ 3.9     |

IMC = índice de masa corporal. PIC = presión intracraneal. DVNOD = diámetro de la vaina del nervio óptico derecho. DVNOI = diámetro de la vaina del nervio óptico izquierdo. DVNOG = diámetro de la vaina del nervio óptico global. Valores expresados como: \* media  $\pm$  desviación estándar; \*\* mediana (rango intercuartil).

**Tabla 2:** Diferencia de medias entre el diámetro de la vaina del nervio óptico con la presión intracraneal.

| Comparación | Media     | DM     | Límites de concordancia | p     |
|-------------|-----------|--------|-------------------------|-------|
| DVNOG       | 6.00 mm   | -0.188 | -1.231-0.853            | 0.001 |
| PIC         | 25.9 mmHg | 1.9    | 24.2-32.06              | 0.000 |

DVNOG = diámetro vaina del nervio óptico global. PIC = presión intracraneal. DM = diferencia de medias.

de 11-13 cm, posterior 3 cm lateral a la línea media, 1-2 cm anterior a la sutura coronal, siendo lateral al seno sagital superior y anterior a la corteza motora primaria. Se preparó el material para realizar técnica de asepsia y antisepsia en la zona elegida y se procedió a infiltrar la región con lidocaína al 2% con 10 mL. Con el bisturí se realizó incisión de 2-3 cm de longitud y se procedió a disecar por planos hasta encontrar la tabla externa del cráneo. Posteriormente, con el craneótomo se realizó el trepano aproximadamente 1 cm de profundidad y se insertó el tornillo en orificio del trepano hasta su tope. Se introdujo el catéter de presión intracraneal aproximadamente de 5-6 cm y se dirigió en un ángulo perpendicular entre las líneas del canto interno ipsilateral y meato auditivo externo ipsilateral. Se conectó al monitor CODMAN previa calibración dando un valor digital de la presión intracraneal y se realizó registro de la misma.

La técnica para las mediciones de la vaina del nervio óptico retrobulbar se realizó de la siguiente manera: se mantuvo al paciente con el ojo cerrado a su cabecera, en decúbito supino, de preferencia con la cabecera a 30 grados y con la cabeza centrada. Se aplicó el gel estéril ecográfico al transductor lineal y el mismo se posicionó suavemente en el parpado superior de cada ojo. Se procedió a reconocer las estructuras orbitarias y del ojo para visualizar la vaina del nervio óptico proyectada hacia el campo profundo con relación al disco óptico. Al enfocarse en el área retrobulbar, se ajustaron las ganancias para obtener el contraste óptimo entre el nervio óptico y cubierta de la duramadre.

La vaina del nervio óptico se mide por detrás del disco óptico, a una distancia de 3 mm, trazándose una línea transversal desde ambos bordes de la duramadre, siendo éste el punto en el que se produce el máximo ensanchamiento de la vaina del nervio óptico por aumento de la PIC.

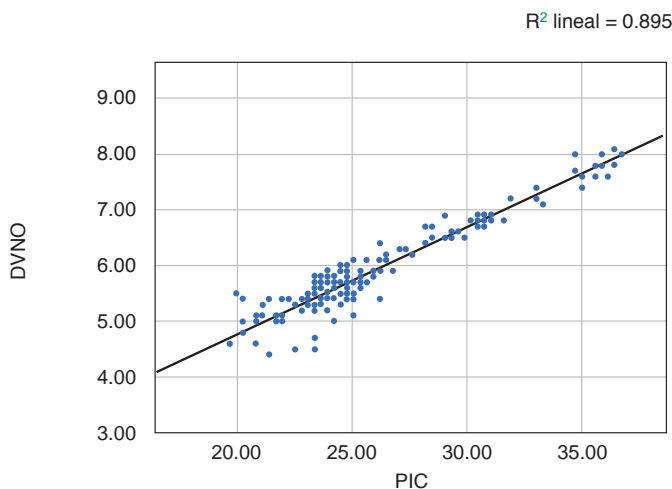
En ojo derecho, se posicionó el transductor lineal en posición longitudinal y posteriormente vertical girando el transductor en sentido de las agujas del reloj; se realizó la suma y se dividió entre dos para sacar un promedio, repitiéndose el mismo procedimiento tres veces y haciendo un promedio de las tres para obtener el diámetro de la vaina del nervio óptico derecho (DVNOD). Después, de la misma manera, se midió el ojo izquierdo (DVNOI) para disminuir la variabilidad intraobservador con esta técnica

estandarizada.<sup>7,8</sup> Con las mediciones obtenidas de ojo derecho e izquierdo se realizó una sumatoria y se dividió entre dos para obtener un promedio global (DVNOG); ese valor se tomó como valor final y es el que se comparó con la presión intracraneal. Todas las mediciones se realizaron con un intervalo de tiempo de cada cuatro horas por paciente, y en cada paciente las mediciones fueron efectuadas por un solo investigador. Los operadores que realizaron mediciones de la vaina del nervio óptico por ultrasonido estaban cegados a las mediciones invasivas del catéter intraparenquimatoso cerebral y viceversa. La lectura de la presión intracraneal se obtuvo al final de la medición ecográfica ocular para evitar sesgos en las mediciones y en todo momento se ocluyó con una hoja la pantalla del monitor CODMAN. Las mediciones ecográficas fueron validadas por un experto en ultrasonografía de la *World Interactive Network Focused On Critical Ultrasound (WINFOCUS)*.

Se evitó la presión excesiva sobre el globo ocular, así con el transductor y el contacto de gel ecográfico con la conjuntiva, para no generar irritación química local.

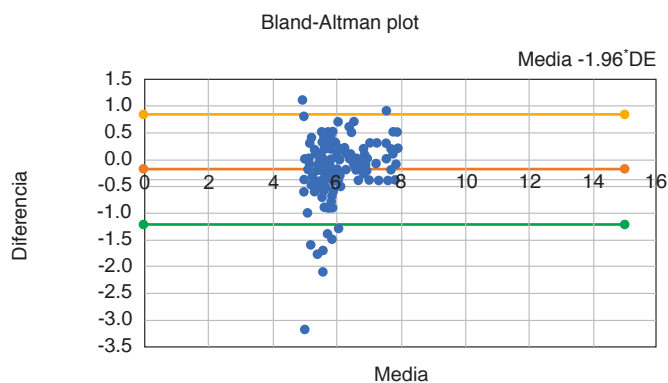
## RESULTADOS

Se incluyeron un total de ocho pacientes, a los cuales se les realizó craneotomía e inserción del sensor de PIC por médicos intensivistas en la cama del paciente, previo entrenamiento por médicos especialistas. La mortalidad fue de dos (25%) casos en nuestra muestra. Una constante clínica de nuestra muestra de pacientes fue un diámetro pupilar promedio normal, lo cual los excluye de una lesión neurológica catastrófica, considerándolo de importancia ya que todos los pacientes se encontraban con sedación, analgesia y ventilación mecánica (*Tabla 1*).



**Figura 1:** Gráfico de dispersión por método estándar entre DVNO vs PIC,  $R^2 = 0.89$  (89%) de correlación.

DVNO = diámetro vaina del nervio óptico. PIC = presión intracraneal.



**Figura 2:** Gráfico de Bland-Altman para dos métodos a comparar cuantitativos.

Las variables que resultaron con significancia estadística se sometieron a un análisis multivariado para determinar la asociación entre la medición cuantitativa de la vaina del nervio óptico por ultrasonido versus medición de PIC por catéter intraparenquimatoso, calculando riesgo relativo, con intervalo de confianza.

Posteriormente, se compararon las 181 mediciones de DVNOG contra presión intracraneal en tiempo real (Tabla 2).

Se realizó una correlación por el método estándar, entre DVNOG versus PIC (Figura 1), con un gráfico de dispersión, donde se obtuvo  $R^2 = 0.89$ ,  $p = 0.0001$ , siendo una correlación fuerte.

Para finalizar, se graficó un Bland-Altman plot para comparar el método a prueba (DVNOG) con el estándar de referencia con el sensor intraparenquimatoso (PIC), obteniendo un Bías (diferencia de medias)  $-0.188 \pm -0.53$ , límite inferior  $-1.231$ , límite superior  $0.8537$ , continuando con una correlación fuerte (Figura 2).

## DISCUSIÓN

De acuerdo con la literatura a nivel mundial, se ha tratado de correlacionar diferentes métodos para obtener la presión intracraneal de manera invasiva, comparándolos con medidas no invasivas. En 2019, Gupta Salil y colaboradores<sup>9</sup> realizaron una correlación del DVNO de 6.30 mm versus presión de LCR para predecir una presión  $> 15$  mmHg por punción lumbar medida a través de un manómetro; a diferencia de nuestro estudio donde se utilizó un sensor dentro del parénquima cerebral, el cual es considerado el estándar de referencia. Amini y asociados<sup>10</sup> demostraron un nivel de precisión adecuado para la detección de hipertensión intracraneal en pacientes adultos con traumatismo craneoencefálico por medio de la medición del DVNO, estableciendo un punto de corte de 5.50 mm, que al compararlo con el catéter intraparenquimatoso e intraventricular obtuvieron una presión de 25.2 mmHg; a diferencia de nuestro

estudio, en el que utilizamos el catéter intraparenquimatoso, se obtuvo una media del DVNO de 6.00 mm, con una correlación fuerte con presión intracraneal de  $25.9 \pm 3.9$  mmHg, resaltando el número de mediciones que realizamos para disminuir el margen de error y siendo otro punto de inflexión el hecho de que Amini no contó con mediciones de la vaina con una técnica estandarizada. Con relación a esto, existe un estudio recientemente publicado (2023) que usó similares variables de estudio al nuestro, pero diferente metodología, donde Yic y asociados<sup>11</sup> realizaron la medición ultrasonográfica del DVNO y la medición invasiva de la presión intracraneal con catéter subdural e intraventricular, para correlacionarlas entre sí. El total de mediciones por ultrasonido solamente fueron una por cada ojo, realizando un promedio; en comparación, en nuestro estudio se realizaron tres mediciones de manera transversal y tres longitudinal por cada vaina y finalmente un promedio global, dándole mayor precisión a la medición. De hecho, reconocen en su estudio que este sesgo pudo haber influido en sus resultados.

Además, el estudio de Yic y colaboradores<sup>11</sup> usó una curva ROC para valorar la sensibilidad de este parámetro, la cual arrojó un valor de 88.1%, siendo bastante aceptable. En nuestro modelo de dispersión simple, comparando el DVNOG contra la PIC por catéter intraparenquimatoso, se obtuvo una  $R^2$  de 0.89 (89%) de correlación, siendo mayor en nuestro estudio. Finalmente, se realizó un gráfico de Bland-Altman para comparar el método cuantitativo a prueba contra el estándar de referencia; mostró que la medición del DVNO es válido y concordante con la presión intracraneal medido por el catéter intraparenquimatoso; también se espera que 98.12% de la diferencia de la presión intracraneal obtenidas por ambos instrumentos estén en un rango entre  $-1.231$  y  $0.8537$  mmHg, lo que comprueba que ambos instrumentos son equitativos, lo cual podría dar apertura al uso de monitoreo no invasivo, como lo es la medición de DVNO, como una herramienta de gran utilidad para la comunidad médica que da tratamiento a pacientes neurocríticos, y que no dispone de métodos invasivos.

## CONCLUSIONES

Los pacientes neurocríticos con daño cerebral agudo se benefician del adecuado monitoreo de la presión intracraneal. La medición de la vaina del nervio óptico por ultrasonido es una alternativa confiable y segura, en comparación con el método de referencia estándar para medir la presión intracraneal; disminuye el riesgo de complicaciones al no ser un procedimiento invasivo y tiene una curva de aprendizaje menor para su dominio, por lo que, en centros donde no se tienen las herramientas ni las competencias prácticas para realizar una



craniectomía, la colocación del catéter por intensivistas sería una excelente opción.

### RECOMENDACIONES

Es de gran importancia la capacitación constante y acreditación en las competencias de ultrasonografía y en especial la de la vaina del nervio óptico, que parece ser muy simple, lo cual permite que esta herramienta sea lo menos posible operador-dependiente.

### REFERENCIAS

1. Smith M. Monitoring intracranial pressure in traumatic brain injury. *Anesth Analg*. 2008;106(1):240-248. doi: 10.1213/01.ane.0000297296.52006.8e.
2. Canac N, Jalaleddini K, Thorpe SG, Thibeault CM, Hamilton RB. Review: pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring. *Fluids Barriers CNS*. 2020;17(1):40. doi: 10.1186/s12987-020-00201-8.
3. Levin HS, Shum D, Chan RC. *Understanding traumatic brain injury: current research and future directions*. New York: Oxford University Press; 2014.
4. Jamjoom AAB, Joannides AJ, Poon MT, Chari A, Zaben M, Abdulla MAH, et al. Prospective, multicentre study of external ventricular drainage-related infections in the UK and Ireland. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2018;89(2):120-126.
5. Evensen KB, Eide PK. Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement. *Fluids Barriers CNS*. 2020;17(1):34. doi: 10.1186/s12987-020-00195-3.
6. Poujol J, Varene B. Contribution of echography to the diagnosis of retinoblastoma: a homogeneous B-scan study. *Ultrasound Med Biol*. 1985;11(1):171-175. doi: 10.1016/0301-5629(85)90020-1.
7. Ballantyne SA, O'Neill G, Hamilton R, Hollman AS. Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. *Eur J Ultrasound*. 2002;15(3):145-149. doi: 10.1016/s0929-8266(02)00036-8.
8. Bocanegra L, Montelongo FJ, Reyes M, Herrera BE. Variability index of optic nerve sheath diameter with hyperosmolar therapy in patients with acute neurological injury. *Archives in Neurology & Neuroscience*. 2021;11(4):1-7.
9. Gupta S, Pachisia A. Ultrasound-measured optic nerve sheath diameter correlates well with cerebrospinal fluid pressure. *Neurol India*. 2019;67(3):772-776. doi: 10.4103/0028-3886.263231.
10. Zepeda-Mendoza AD, Carrillo-Esper R. Medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico como marcador de hipertensión intracraneana. *Rev Mex Anest*. 2017;40(1):255-257.
11. Yic CD, Pontet J, Mercado M, Muñoz M, Biestro A. Ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter to detect intracranial hypertension: an observational study. *Ultrasound J*. 2023;15(1):4. doi: 10.1186/s13089-022-00304-3.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

*Correspondencia:*

**Alan Abdala Ruiz Ortega**

**E-mail:** alanabdala@hotmail.com