

ESTUDIO DE VALIDACIÓN

Validación de la evaluación por ultrasonido de la vaina del nervio óptico para la cuantificación de la presión intracraneana en grandes altitudes

Validation of the ultrasound evaluation of the optic nerve sheath for the quantification of intracranial pressure at high altitudes



Gabriel Ricardo García Montalvo¹, Braulio Alexander Martínez Burbano², Edison Tarquiño Ramos Tituaña³.

¹ Médico Intensivista, Unidad Técnica de Adultos, Área de Cuidados Intensivos Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador.

² Médico Neurólogo, Unidad Técnica de Neurología, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador.

³ Médico Intensivista, Coordinador de Áreas Críticas Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico a través de la ventana ocular puede ser un método no invasivo para la detección de hipertensión endocraneana. **OBJETIVO.** De este trabajo fue validar una fórmula de cuantificación de la presión intracraneana a partir de la evaluación por ultrasonido de la vaina del nervio óptico en una ciudad de gran altitud. **MATERIALES Y MÉTODOS.** Estudio prospectivo de 27 pacientes con trauma craneoencefalico grave en quienes se les colocó un sensor de presión intracraneana intraventricular y se realizó el cálculo de la PIC no invasiva mediante correlación utilizando la evaluación de la vaina del nervio óptico a través de ultrasonido y aplicando una fórmula de cálculo. **RESULTADOS.** Correlación positiva débil con significancia estadística. **CONCLUSIÓN.** La cuantificación de la presión intracraneana no invasiva a través de la evaluación de la vaina del nervio óptico por ultrasonido podría ser una herramienta útil en ciudades de gran altitud sobre el nivel del mar.

Palabras claves: Nervio Óptico; Hipertensión; Terapia por Ultrasonido; Estudio Observacional; Traumatismos Craneocerebrales; Ecuador.

ABSTRACT

INTRODUCTION. Measuring the diameter of the optic nerve sheath through the eye window can be a non-invasive method for the detection of endocranial hypertension. **OBJECTIVE.** This work was to validate a formula for quantifying intracranial pressure from the ultrasound evaluation of the optic nerve sheath in a high-altitude city. **MATERIALS AND METHODS.** Prospective study of 27 patients with severe cranioencephalic trauma in whom an intraventricular intracranial pressure sensor was placed and the calculation of non-invasive ICP was performed by correlation using the evaluation of the optic nerve sheath through ultrasound and applying a formula of calculation. **RESULTS.** Weak positive correlation with statistical significance. **CONCLUSION.** Quantification of non-invasive intracranial pressure through the evaluation of the optic nerve sheath by ultrasound could be a useful tool in high-altitude cities above sea level.

Keywords: Optic Nerve; Hypertension; Ultrasound Therapy; Observational; Study ; Craniocerebral trauma; Ecuador.

Cómo citar este artículo:

García G, Martínez B, Ramos E. Validación de la evaluación por ultrasonido de la vaina del nervio óptico para la cuantificación de la presión intracraneana en grandes altitudes. Cambios rev. méd. 2019;18(1):58-62.

DOI: <https://doi.org/10.36015/cambios.v18.n1.2019.387>

Correspondencia:

Dr. Gabriel Ricardo García Montalvo.
Isaac Barrera E7-123 y Manuel Cabeza de Vaca.
Código postal: 170138

Correo: gabrielgarciam002@gmail.com

Teléfono: (593)984570019

Recibido: 2019-03-21

Aprobado: 2019-05-16

Publicado: 2019-06-28

Copyright: ©HECAM



INTRODUCCIÓN

El rol del monitoreo y control de la presión intracraneana (PIC) es vital en las Unidades de Cuidados Intensivos^{1,2}. Se ha invertido considerablemente en investigación e ingeniería en la tecnología de medición precisa y en el tratamiento de un aumento de la PIC, con el fin de detener y revertir el daño secundario^{3,4}.

A medida que aumenta la PIC, disminuye la presión de perfusión cerebral (CPP) y puede disminuir el flujo sanguíneo cerebral (CBF) si no está compensado por la capacidad de autorregulación intrínseca del cerebro. Además, las elevaciones persistentes de PIC o los gradientes de presión corren el riesgo de hernia tisular y posterior deterioro neurológico. La PIC refractaria elevada se ha asociado con un aumento de la mortalidad y un mal pronóstico^{1,5,6}.

La decisión de colocar un monitor de PIC invasivo requiere una cuidadosa consideración, ya que lleva su propio conjunto de riesgos inherentes. Además, ha habido un debate reciente sobre las indicaciones apropiadas para el monitoreo de la PIC, así como el papel del monitoreo de la PIC en mejores resultados clínicos. También se han estudiado numerosas modalidades no invasivas, incluyendo tomografías computarizadas, imágenes por resonancia magnética, fondo de ojo, desplazamiento de la membrana timpánica, diámetro de la vaina del nervio óptico y doppler transcraneal, sin embargo, ninguno ha demostrado ser superior o tan confiable como el monitoreo invasivo. A pesar de que por su naturaleza invasiva, la monitorización de la PIC mediante ventriculostomía se ha mantenido como el estándar de oro^{1,3,7,8}. De éstos en particular se ha investigado la utilidad de 2 métodos: la ultrasonografía por Doppler transcraneal (DTC) y la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) juntos o por separado⁹⁻¹¹.

La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico a través de la ventana ocular puede ser un método no invasivo para la detección de hipertensión endocraneana. La explicación de esta medición se encuentra en que la porción más distal del nervio óptico está recubierta por la duramadre, formando una membrana conocida como vaina del nervio óptico. A medida que la presión intracraneana se eleva, el líquido

cefalorraquídeo se distribuye por la duramadre hacia la vaina del nervio óptico, la cual se dilata. Estos cambios son mayores en la parte anterior de la vaina del nervio, justo detrás del globo ocular, la cual es fácilmente accesible con el ultrasonógrafo. El nervio óptico se identifica como la estructura hipocóide de trayecto regular posterior al globo ocular. El estándar de medición requiere trazar una línea vertical que se inicia en la unión del nervio óptico con el globo ocular; esta línea es simplemente una referencia y debe medir 3 mm. Una vez localizados estos 3 mm se traza una línea horizontal de borde a borde del nervio óptico; esta segunda línea es la que mide el valor en milímetros del nervio óptico^{12,13}.

Pocos estudios han usado la medición de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía para evaluar de forma no invasiva y cuantitativa los valores de presión intracraneana. Un estudio estimó la presión intracraneana mediante el cálculo de una función matemática, y posteriormente evaluó la precisión de estas mediciones en una población de prueba. La fórmula para la PIC estimada a través de la medición de la vaina del nervio óptico fue: $111.92 + 77.36 \times DVNO$ ^{14,15}.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, en pacientes con diagnóstico de traumatismo craneo encefálico (TCE) severo, no se calculó un tamaño de muestra. Con una población de 29 pacientes, y una muestra de 27 pacientes a quienes luego del egreso hospitalario se realizó seguimiento por 1 año. Criterios de inclusión: edad mayor de 18 años, Glasgow menor a 8 en la valoración inicial, sensor de PIC intraventricular, colocado exitosamente y funcional al momento de la medición a través del ultrasonido, ausencia de trauma ocular.

Criterios de exclusión: se excluyeron dos pacientes durante el periodo de recolección de datos por disfunción del sensor de PIC. El estudio se llevó a cabo en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín, centro de referencia de la Seguridad Social de trauma en Quito, Ecuador, ubicado a 2850 metros sobre el nivel del mar con 540 mmHg de presión barométrica, con pacientes admitidos en el periodo de febrero 2016 a diciembre 2017. Se obtuvieron los datos del sistema AS400, e Historia Clí-

nica Única de los pacientes y base de datos propia. En su internación en fase aguda todos los pacientes fueron sometidos a medición del diámetro de la vaina del nervio óptico mientras se encontraban dentro del protocolo institucional de manejo del trauma craneoencefálico grave e hipertensión intracraneana.

El monitoreo continuo de presión intracraneana se hizo con equipos Spiegelberg ICP HDM 29.2. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico se obtuvo con un equipo de ultrasonido Medison Sonoace 8000 Ex con un transductor lineal de alta frecuencia (7-9 MHz) con el paciente en decúbito dorsal con los ojos cerrados. El abordaje fue transpalpebral con visualización de imágenes longitudinales y transversales, en cada ojo; la primera medición se realizó en el plano sagital y la segunda medición se realizó en el plano transversal trazando una línea vertical de 3 mm que inició en la unión del nervio óptico con el globo ocular. Una vez localizados estos 3 mm se trazó una línea horizontal de borde a borde del nervio óptico, el resultado final fue el promedio de las mediciones en cada ojo.

La PIC no invasiva fue calculada de acuerdo a la fórmula: $nPIC = 111.92 + (77.36 \times DVNO)$ este resultado en mmH₂O se transformó a mmHg.

Para el análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences) v. 20.0. Se usaron los valores medidos de PIC y la calculada ipsilateral al sitio donde se encontraba el sensor intraventricular. Se realizó la prueba de Shapiro – Wilk por tratarse de menos de 50 registros, para establecer si la muestra tenía una distribución normal. La diferencia entre la PIC calculada frente a la medida y finalmente las medias de las PICs, con estos datos se realizó un análisis inicial de comparación de medias con T test para una muestra y posteriormente se realizó el análisis de correlación de Pearson junto con un gráfico de Bland – Altman.

RESULTADOS

Se analizaron los datos de 27 pacientes, la media de edad fue de 36 años, el 89,0% correspondieron al género masculino, la media de la PIC medida fue de 12,81 mmHg, la media de la n-PIC calculada con la fórmula fue: 15,28 mmHg.

Se realizó un análisis con prueba de Shapiro – Wilk al tratarse de menos de 50 registros, y se estableció una distribución normal, posterior se aplicó la correlación de Pearson al tratarse de variables cuantitativas continuas de distribución normal en la que se estableció una correlación positiva débil (0,443) con significancia estadística $p = 0,021$. Para construir el gráfico de Bland – Altman se realizó una prueba de T test donde con $p < 0,028$ se estableció que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las presiones intracraneanas medidas y calculadas.

estudios han sugerido un punto de corte de 5mm^{14} . Sin embargo, hay varios trabajos de investigación que en comparaciones con diferentes métodos y en diferentes lugares sugieren diversos puntos de corte. Tayal et al., informó que el DVNO media asociada con el aumento de la PIC observada en la TC cerebral fue de $6,27\text{ mm}$, lo que es significativamente superior a la observada en pacientes sin hallazgos anormales de TC (media, $4,94\text{ mm}$). Blaivas et al., mostró que el la PIC elevada, como lo demuestra la TC, se asoció con una elevación DVNO media de $6,27\text{ mm}$ ($5,6 \pm 6,89\text{ mm}$), en

probabilidad de resultados clínicos pobres y altas tasas de mortalidad^{10,14,15}.

En el estudio, las mediciones de la presión intracraneana a través de DVNO se aplicó una fórmula de cálculo y se obtuvo significancia estadística al correlacionarlas con la presión intracraneana medida, sin embargo, esta correlación fue débil (0,443).

Hay que tomar en cuenta que con este modelo de predicción según sus autores originales puede subestimar el verdadero valor de la PIC en pacientes con valores altos, pues se debe investigar el módulo elástico de la vaina del nervio óptico en PIC muy altos y al parecer sobreestima valores muy bajos.

Otra de las limitaciones es el hecho de que en los cambios agudos las modificaciones de la PIC no dan tiempo al equilibrio con la presión del líquido cefalorraquídeo dentro de la vaina del nervio óptico¹⁷⁻²⁰.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los pacientes

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad	15	80	36	18,88
Marshall	2	6	4	1,22
PIC medida	2	28	13	6
PIC calculada	8	24	15	3,8
Gos 1 año	1	5	3	1,64

Fuente. Base de datos de la investigación. Elaborado por. Autores

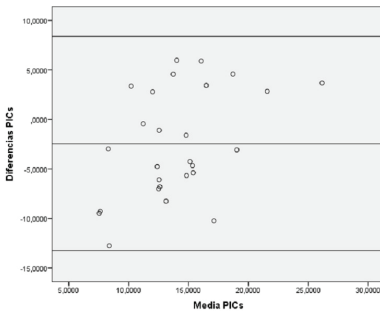


Figura 1. Correlación de métodos de la presión intracraneal observada y estimada

Fuente. Base de datos de la investigación. Elaborado por. Autores

DISCUSIÓN

En ciudades con gran altitud donde los cambios adaptativos pueden influir en el flujo sanguíneo cerebral y en consecuencia en la PIC. La PIC es mayor en la altura, explicado por qué quizá los sujetos de la altura tienen mayor cantidad de LCR o una mayor capacidad en la producción que los individuos del llano. En la altura serían dos las causas fundamentales que actuarían en la modificación de la presión del LCR; la hipoxemia y la menor presión atmosférica¹⁶.

Aunque la medición de ultrasonido de DVNO se usa cada vez más como un marcador para detectar una PIC elevada, no hay consenso con respecto a un umbral definitivo para PIC elevada. La mayoría de los

contraste con la del grupo control (media, $4,42\text{ mm}$). Además, de los estudios comparativos de hallazgos de DVNO y TC, correlaciones directas entre DVNO y PIC se han estudiado: Geeraerts et al., informó que una correlación significativa se observó entre DVNO y PIC ($r = 0,71$, $p < 0,01$). En ese estudio, el valor de corte para identificar el aumento de la PIC fue de $5,86\text{ mm}$ con una sensibilidad del $95,0\%$ y una especificidad del $79,0\%$.

Soldatos et al., encontró un coeficiente de correlación de $0,68$ y un corte óptimo de DVNO de $5,7\text{ mm}$ en 32 pacientes con lesión cerebral traumática grave. Según Aminiet al., el coeficiente de correlación fue de $0,88$ y el punto de corte fue de $5,5\text{ mm}$ con sensibilidad y especificidad del $100,0\%$.

En una revisión sistemática al parecer los valores de umbral de DVNO que optimizan la sensibilidad y especificidad evaluados por las Características Operativas del Receptor (curvas ROC) variaron de $4,80$ a $6,30\text{ mm}$. Sin embargo, dicho umbral solo puede diagnosticar cualitativamente el aumento de la PIC, pero no proporciona valores cuantitativos. La PIC elevada puede aumentar la

CONCLUSIONES

Si bien es cierto el tamaño de la muestra es pequeño, la cuantificación de la presión intracraneana no invasiva a través de la evaluación de la vaina del nervio óptico por ultrasonido podría ser una herramienta útil en ciudades de gran altitud sobre el nivel del mar.

Sin embargo, una función matemática más precisa sería útil para permitir una aplicación más amplia de las mediciones ultrasonográficas de DVNO para evaluar de forma cuantitativa a pacientes con riesgo de PIC elevada, así como, al incrementar la fiabilidad de la técnica.

ABREVIATURAS

HCAM: Hospital Carlos Andrade Marín; DVNO: Diámetro de la vaina del nervio óptico; PIC: Presión intracraneal; PPC: Presión de perfusión cerebral; nPIC: Presión intracraneal no invasiva; CBF: Flujo sanguíneo cerebral; CPP: Presión de perfusión cerebral; DTC: Ultrasonografía por Doppler transcraneal; TCE: Traumatismo craneo encefálico; Cuervas ROC: Características Operativas del Receptor.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

GG, MB: Concepción y diseño del trabajo. Recolección/ obtención de resultados. Análisis e interpretación de los datos. Redac-

ción del manuscrito. Revisión crítica del manuscrito. ER: Revisión crítica del manuscrito, Asesoría técnica o administrativa, Todos los autores aprobaron la versión final del artículo científico.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Gabriel Ricardo García Montalvo. Doctor en Medicina y Cirugía, Universidad de Guayaquil. Médico especialista en Medicina Crítica, Universidad San Francisco de Quito. Médico Intensivista, Unidad Técnica de Adultos Área de Cuidados Intensivos, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6577-6393>

Braulio Alexander Martínez Burbano. Doctor en Medicina y Cirugía, Universidad Central del Ecuador. Médico especialista en Neurología, Universidad San Francisco de Quito. Médico Neurólogo, Unidad Técnica de Neurología, Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2007-6753>

Edison Taquiño Ramos Tituaña. Doctor en Medicina y Cirugía, Universidad Central del Ecuador. Médico especialista en Medicina Crítica, Universidad Técnica Particular de Loja. Diplomado en Desarrollo Local y Salud, Universidad Técnica Particular de Loja. Coordinador de Áreas Críticas Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín. Quito-Ecuador. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7892-4911>

DISPONIBILIDAD DE DATOS Y MATERIALES

Se utilizaron recursos bibliográficos de uso libre y limitado. La información recolectada está disponible bajo requisición al autor principal.

APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA Y CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPACIÓN

El artículo científico fue aprobado por pares y por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos – CEISH/HECAM.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

La publicación fue aprobada por el Consejo Editorial del HECAM.

FINANCIAMIENTO

Se trabajó con recursos propios del autor.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores reportaron no tener ningún conflicto de interés, personal, financiero, intelectual, económico y de interés corporativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chad M. Miller, Michel T. Torbey. Neurocritical care monitoring. Columbus, Ohio: Demos Medical Publishing, LLC; 2015.
2. Yuan Q, Wu X, Sun Y, Yu J, Li Z, Du Z, et al. Impact of intracranial pressure monitoring on mortality in patients with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg*[Internet]. 2015 Mar 1[cited 2018 May 10];122(3):574-87. DOI: 10.3171/2014.10.JNS1460. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25479125>
3. Suarez J. Critical Care Neurology and Neurosurgery. Humana Press Inc[Internet]. 2004[cited 2018 May 10];15(1):631. DOI:10.1007/978-1-59259-660-7. ISBN 978-1-59259-660-7. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9781588290892>
4. Rønning P, Helseth E, Skaga N, Stavem K, Langmoen IA. The effect of ICP monitoring in severe traumatic brain injury: a propensity score-weighted and adjusted regression approach. *J Neurosurg*[Internet]. 2018 Dec 21[cited 2018 May 20];1(aop):1-9. DOI: <https://doi.org/10.3171/2018.7.JNS18270>. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30579278>
5. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery* [Internet]. 2017 Jan [cited 2018 May 16];80(1):6-15. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001432. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27654000>
6. Kochanek PM, Tasker RC, Bell MJ, Adelson PD, Carney N, Vavilala MS, et al. Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury: 2019 Consensus and Guidelines-Based Algorithm for First and Second Tier Therapies. *Pediatr Crit Care Med*[Internet]. 2019 Mar[cited 2018 May 16];20(3):269-279. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001737. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30830015>
7. Cardenas A, Roca J. Tratado de Medicina Intensiva Cárdenas. Elsevier[Internet]. [cited Oct 2018];1:1064. ISBN: 978-84-9022-896-8. Disponible en: <http://booksmedicos.org/tratado-de-medicina-intensiva-cardenas/>
8. Pinto VL, Tadi P, Adeyinka A. Increased Intracranial Pressure. En: *StatPearls* [Internet]. 2019 Mar 26 [cited 2018 Aug 30]. PMID: 29489250. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482119/>
9. Czosnyka M, Robba C. Invasive vs non-invasive icpmonitoring based on a combination of onsd and tcd methods in brain injured patients. *Rev* [Internet]. 2015 Oct[cited Nov 10];1:1-29. Available from: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article/file?type=supplementary&id=info:doi/10.1371/journal.pmed.1002356.s004>
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*[Internet]. 2018 Agu[cited 2018 Dic 11];44(8):1284-1294. DOI: 10.1007/s00134-018-5305-7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30019201>
11. Ocular Ultrasound in Emergency Medicine [Internet]. LITFL • Life in the Fast Lane Medical Blog. 2010 [citado 2 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://lifeinthefastlane.com/ophthalmology-befuddler-015/>
12. Ochoa L, Cardozo A. Aplicaciones de la ultrasonografía en el sistema nervioso central para neuroanestesia y cuidado neurocrítico. *Rev Colomb Anestesiol*[Internet]. 2015 Oct[cited 2019 Jan 10];43(4):314-320. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2015.03.009>. Available from: <https://www.redalyc.org/>

- pdf/1951/195143440009.pdf
13. Jahns F-P, Miroz JP, Messerer M, Daniel RT, Taccone FS, Eckert P, et al. Quantitative pupillometry for the monitoring of intracranial hypertension in patients with severe traumatic brain injury. *Critical Care*[Internet]. 2019 May 02[cited 2019 Jan 16];23(1):155. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2436-3>. Available from: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-019-2436-3>
 14. Wang L, Yao Y, Feng L, Wang Y, Zheng N, Feng J, et al. Noninvasive and quantitative intracranial pressure estimation using ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter. *Sci Rep* [Internet]. 2017 Feb 07 [cited 2019 Mar 12];7(7):42063. PMID: 28169341. PMCID: PMC5294647 DOI: 10.1038/srep42063. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28169341>
 15. Jeon JP, Lee SU, Kim S-E, Kang SH, Yang JS, Choi HJ, et al. Correlation of optic nerve sheath diameter with directly measured intracranial pressure in Korean adults using bedside ultrasonography. *PLoS One*[Internet]. 2017 Sep 13[cited 2018 Mar 14];12(9):e0183170. DOI: 10.1371/journal.pone.0183170. e0183170. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28902893>
 16. Confederación Latino, Americana de Sociedades, de Anestesia. Manual de Anestesia en la Altura La Paz Bolivia [Internet]. Bolivia; 2013[cited Mar 20]. Disponible en: <https://docplayer.es/39390644-Manual-de-anestesia-en-la-altura.html>
 17. Carrillo RC, Florez ÓI, Peña CA, Carrillo LD, Carrillo JR, Carrillo CA, et al. Evaluación ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) para la medición de la presión intracraneana (PIC): a propósito de un caso. *Gac Médica México*[Internet]. 2014[cited Mar 20];150:165-70. Available from: https://www.anmm.org.mx/GMM/2014/n2/GMM_150_2014_2_165-170.pdf
 18. Toit GJ du, Hurter D, Nel M. How accurate is ultrasound of the optic nerve sheath diameter performed by inexperienced operators to exclude raised intracranial pressure? *S Afr J Radiol*[Internet]. 2015 Aug 7[cited 2019 May 10];19(1):5. DOI: <http://dx.doi.org/10.4102/sajr.v19i1.745>. Available from: <https://sajr.org.za/index.php/sajr/article/view/745/997>
 19. Chen L, Wang L, Hu Y, Jiang X, Wang Y, Xing Y. Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure. *Br J Ophthalmol* [Internet]. 2019[cited 2019 Jun 10];103(4):437-441. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-312934>. Available from: <https://bjo.bmj.com/content/103/4/437>
 20. Toscano M, Spadetta G, Pulitano P, Rocco M, Di Piero V, Mecarelli O, et al. Optic Nerve Sheath Diameter Ultrasound Evaluation in Intensive Care Unit: Possible Role and Clinical Aspects in Neurological Critical Patients' Daily Monitoring. *Biomed Res Int*[Internet]. 2017[cited 2019 Jun 10];2017:1621428. DOI: 10.1155/2017/1621428. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28421189>