

## Evaluación ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) para la medición de la presión intracraneana (PIC): a propósito de un caso

Raúl Carrillo Esper<sup>1\*</sup>, Óscar Iván Flores Rivera<sup>2</sup>, Carlos Alberto Peña Pérez<sup>1</sup>,  
Luis Daniel Carrillo Córdova<sup>3</sup>, Jorge Raúl Carrillo Córdova<sup>4</sup>, Carlos Alberto Carrillo Córdova<sup>5</sup>  
y Dulce María Carrillo Córdova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Terapia Intensiva, Hospital Médica Sur, México, D.F.; <sup>2</sup>Servicio de Medicina Interna, Hospital General Naval de Alta Especialidad, México, D.F.; <sup>3</sup>Servicio de Investigación, Hospital Médica Sur, México, D.F.; <sup>4</sup>Servicio de Cirugía, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, D.F.; <sup>5</sup>Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F.

### Resumen

La principal complicación asociada a la lesión cerebral aguda es la elevación de la PIC, pues se asocia a una elevada morbimortalidad. En estos enfermos el monitoreo neurológico multimodal se ha posicionado como una herramienta fundamental en las Unidades de Cuidados Intensivos, con la tendencia, en los últimos años, a ser mínimamente invasiva. Presentamos el caso de un enfermo en el que se implementó el monitoreo de la PIC con base en la medición del DVNO, técnica que tiene una adecuada correlación con la PIC, así como una elevada especificidad y sensibilidad y un bajo costo.

**PALABRAS CLAVE:** Vaina del nervio óptico. Ultrasonografía. Presión intracraneana.

### Abstract

The main complication associated with acute brain injury is the elevation of intracranial pressure (ICP) and it is associated with high morbidity and mortality. In these patients, multimodal neurological monitoring has emerged as a fundamental tool in the intensive care unit, with the minimally invasive trend seen in recent years. We report the case of a patient in which ICP monitoring was based on the measurement of the diameter of the optic nerve sheath (DONS), a procedure that has shown a good correlation with the ICP, as well as a high specificity, sensitivity, and low cost. (Gac Med Mex. 2014;150:165-70)

**Corresponding autor:** Raúl Carrillo Esper, [revistacma95@yahoo.com.mx](mailto:revistacma95@yahoo.com.mx)

**KEY WORDS:** Optic nerve sheath. Intracranial pressure.

## Introducción

La hipertensión intracraneana (HI) es una complicación frecuente en los enfermos con lesión cerebral aguda que se asocia con una elevada morbimortalidad, por lo que su diagnóstico temprano y oportuno y la implementación de las medidas terapéuticas

adecuadas son fundamentales para asegurar una mejor evolución<sup>1</sup>.

Parte integral del manejo de estos enfermos es la implementación del monitoreo neurológico multimodal, el cual se basa en una serie de procedimientos invasivos y no invasivos que evalúan los diferentes componentes que aseguran la integridad y función neurológica, destacando la medición de la PIC, la presión de perfusión cerebral (PPC) y el flujo sanguíneo cerebral (FSC), el metabolismo, el consumo de oxígeno, la temperatura y la actividad eléctrica, entre otros<sup>2</sup>. De los anteriores, la medición de la PIC es fundamental,

### Correspondencia:

\*Raúl Carrillo Esper  
Hospital Médica Sur  
Servicio de Terapia Intensiva  
Puente de Piedra, 150  
Col. Toriello Guerra, Tlalpan, México, D.F.  
E-mail: [revistacma95@yahoo.com.mx](mailto:revistacma95@yahoo.com.mx)

Fecha de recepción en versión modificada: 11-10-2013

Fecha de aceptación: 07-02-2014



Figura 1. TC de cráneo. A: axial. B: coronal. Se observa hemorragia intraparenquimatosa bifrontal, con irrupción a sistema ventricular.

ya que su control y el mantener sus niveles por debajo de 15 mmHg aseguran una mejor evolución de los enfermos con lesión cerebral aguda<sup>3</sup>.

Se han desarrollado diferentes modalidades de medición de la PIC, que pueden ser invasivas o no invasivas, cada una de la cuales presenta diferentes peculiaridades e indicaciones. La técnica ideal para la medición de la PIC sería aquella que cumpliera con las siguientes características: no invasiva, a la cabecera del paciente, con una elevada sensibilidad y especificidad, con una adecuada correlación con el estándar de oro que es la medición de la PIC a través de un catéter intraventricular, sin riesgo de complicaciones o bajo, que pudiese ser realizada por cualquiera de los integrantes del personal de salud a cargo del enfermo, con una baja curva de aprendizaje, de fácil acceso en todas las instituciones de salud y bajo costo. No obstante, esta técnica ideal hasta el momento no existe, por lo que se continúa investigando e innovando con nuevas alternativas tecnológicas.

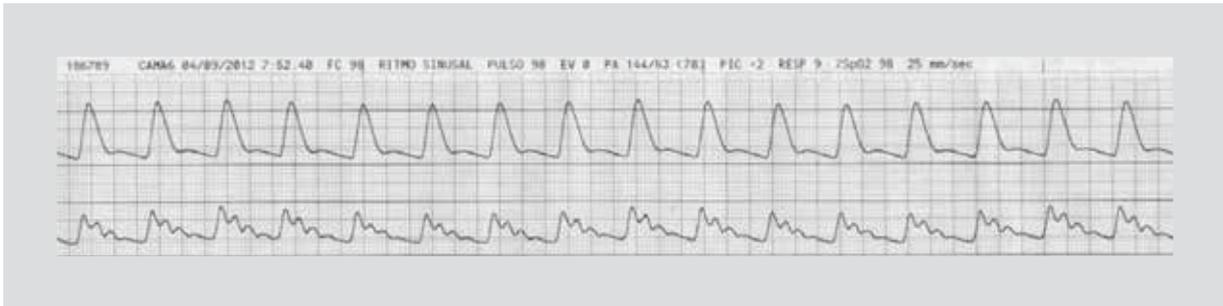
El nervio óptico (NO) es una prolongación del sistema nervioso central (SNC) y, por lo tanto, está recubierto por meninges y líquido cefalorraquídeo (LCR), concepto anatómico que explica el papiledema que se presenta con el incremento en la PIC y fundamento de los cambios en el DVNO como reflejo de las fluctuaciones de la PIC<sup>4</sup>. Con base en lo anterior, Hansen y Helmke<sup>5</sup> postularon en 1997 por qué el incremento

del DVNO tiene una estrecha correlación con el incremento de la PIC.

El objetivo de esta comunicación es dar a conocer los conceptos actuales relacionados con la medición del DVNO como herramienta para el diagnóstico de HI.

### Presentación del caso

La enferma ingresó a la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) por hemorragia cerebral parenquimatosa bifrontal con apertura a sistema ventricular (Fig. 1). Por deterioro rostrocaudal rápidamente progresivo se intubó y se inició un monitoreo neurológico multimodal. Como parte de éste, se evaluó por ultrasonografía el NO, en donde se obtuvo una medición del DVNO de 0.60 mm. Se practicó una tomografía computarizada (TC) de cráneo, en donde se observó hidrocefalia aguda, por lo que se practicó una ventriculostomía de urgencia, obteniendo LCR hemorrágico con presión de apertura de 40 mmHg. Se drenó LCR, con lo que la PIC disminuyó a 15 mmHg, con un trazo normal de la curva de PIC, y se observó una adecuada distensibilidad con sus tres deflexiones (Fig. 2). Una nueva medición del DVNO mostró disminución en el diámetro a 0.29 mm, el derecho, y 0.33, el izquierdo, lo que mantuvo una estrecha correlación con la PIC por debajo de 15 mmHg (Fig. 3).



**Figura 2.** Trazo de PA y de LCR en donde se observa una curva de PA normal. La curva de presión con sus tres deflexiones normales y con patrón de adecuada distensibilidad posterior a la evacuación de LCR.



**Figura 3.** Ultrasonido del NO en donde se observa un DVNO izquierdo de 0.33 mm y un DVNO derecho de 0.29 mm, que correlaciona con una PIC de 15 mmHg.

## Discusión

La lesión cerebral aguda se asocia a una elevada morbimortalidad, en especial cuando se asocia a HI<sup>6-8</sup>. En un estudio realizado por Langlois, et al.<sup>9</sup> se demostró que la mortalidad asociada a la lesión cerebral aguda se encuentra en el 2.3-11%. La HI se define como una condición clínica caracterizada por una elevación persistente de la PIC por encima de 20 mmHg durante más de 5 min<sup>10</sup>. Se ha demostrado en varios estudios que la elevación persistente de la PIC se asocia a mal pronóstico. La mortalidad asociada a una PIC menor de 20 mmHg es del 18.4%, y se incrementa al 55.6% con cifras superiores a 40 mmHg, isquemia cerebral y diversos síndromes de herniación<sup>11</sup>.

Por lo anterior, la monitorización de la PIC está indicada en los pacientes que cursan con lesión cerebral grave, ya que su evaluación, en conjunto con la clínica y el resto de los componentes del monitoreo neurológico multimodal, determinará la estrategia terapéutica y el seguimiento del enfermo<sup>12</sup>. Para el monitoreo

de la PIC se cuenta con técnicas invasivas y no invasivas (Tabla 1).

Los dispositivos intracraneales invasivos para el monitoreo de la PIC, en especial el catéter intraventricular, se consideran el estándar de oro; sin embargo, se asocian a complicaciones graves, entre las cuales destacan la hemorragia (1.1-5.8%), la disfunción (6.3-40%)<sup>13</sup> y la infección (0-15%, con un aumento gradual del porcentaje tras cinco días de colocado)<sup>14</sup>, además de estar contraindicados en enfermos con trombocitopenia o coagulopatías. Los procedimientos no invasivos, como el ultrasonido Doppler transcraneal, el desplazamiento de la membrana timpánica y la exploración del fondo de ojo, aunque son efectivos, evalúan de manera indirecta la PIC; además, requieren una curva de aprendizaje prolongada, por lo que su utilidad es limitada<sup>15</sup>.

Se han investigado algunas alternativas en busca de la relación entre la PIC y los estudios de imagen de cráneo. Eide<sup>16</sup> reportó que no hubo correlación significativa entre el tamaño real de los ventrículos en la TC y

Tabla 1. Métodos para la medición de la PIC

Técnica	Precisión	Infección	Hemorragia	Costo	Observación
Drenaje ventricular	Alta	Baja-moderada	Baja	Bajo	Útil para drenaje e infusión de antibióticos
Microtransductor de monitorización de la PIC	Alta	Baja	Baja	Alto	Problemas de medición cuando la PIC se acerca a 0
Ultrasonografía Doppler transcraneal	Baja	No	No	Bajo	Alto porcentaje de medidas insatisfactorias, mayor capacidad de medir el FSC
DVNO	Baja	No	No	Bajo	Método de tamizaje, sensibilidad del 90%. Poco sensible a transiciones agudas
RM/TC	Baja	No	No	Bajo	Complicado ya que requiere el traslado de pacientes graves
Exploración del fondo de ojo	Baja	No	No	Bajo	No es útil en casos agudos (trauma)
Desplazamiento de la membrana timpánica	Baja	No	No	Bajo	Alto porcentaje de medidas insatisfactorias

RM: resonancia magnética.

el seguimiento invasivo de la PIC. Por la baja correlación entre la medición no invasiva de la PIC y su valor real con base en los procedimientos desarrollados, Geeraerts, et al.<sup>17</sup> describieron e introdujeron la medida del DVNO con imagen de resonancia magnética (IRM) como método para evaluarla, siendo posible lograr mediciones satisfactorias en el 95% de los casos, y demostraron que el DVNO fue significativamente mayor en los enfermos con HI, con base en un punto de corte de 6.31 mm que correlaciona con una PIC de 20 mmHg o más.

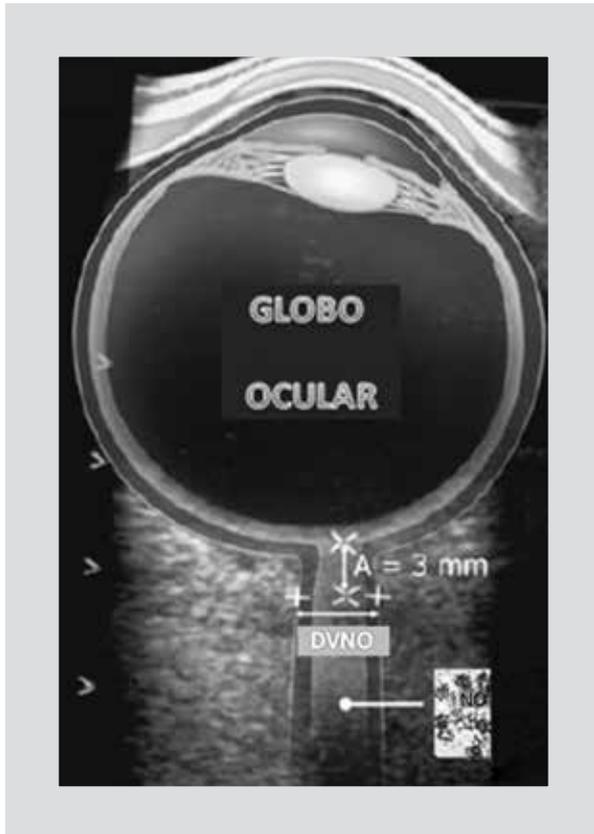
Recientemente han aparecido en la literatura un buen número de artículos en donde se demuestra que el DVNO, en su segmento intraorbitario, está directamente relacionado con las modificaciones en la PIC. El NO es ontogénicamente parte del SNC. La primera neurona corresponde a las células ganglionares de la retina, las cuales procesan la información proveniente de los conos y bastones de la retina, encargados de la agudeza visual y de reaccionar a la luz y a los colores. El NO tiene una porción intraorbitaria, una intracanalicular y una subaracnoidea; después se encuentra el quiasma óptico, donde se decusan las fibras provenientes de la porción nasal, que perciben la parte temporal del campo visual, en tanto que las fibras de las porciones temporales que reciben el campo visual nasal no lo hacen<sup>18</sup>.

El segmento intraorbitario del NO, que es donde se realiza la medición del DVNO, tiene una longitud de

25 mm, con un diámetro de hasta 0.3 mm, es alargado y tiene forma de S<sup>19</sup>. Este segmento, que se extiende desde el canal óptico al bulbo ocular, está rodeado de LCR y duramadre, siendo ambas extensión de la porción cerebral. El NO y su vaina están unidos por una compleja estructura que consiste en trabéculas de aracnoides<sup>20</sup>. Como la vaina del NO es distensible, las variaciones de presión del LCR intracraneal afectan al flujo del LCR de la vaina del NO, en especial en su compartimento anterior, lo que condiciona ingurgitación e incremento en su diámetro, que representa el fundamento de la medición del DVNO como una estrategia no invasiva para la evaluación indirecta de la PIC<sup>21</sup>.

La evaluación ultrasonográfica del globo ocular y de la vaina del NO se inició en la década de 1970<sup>22</sup>. La implementación de esta tecnología como parte del monitoreo neurológico se realizó a partir de 1997, cuando Hansen y Helmke<sup>5</sup> demostraron que, de forma posterior a la infusión intratecal de solución Ringer lactato, se incrementaba de manera significativa el DVNO, lo cual dio lugar al desarrollo de estudios clínicos en los que se evaluaba el incremento del DVNO en diferentes escenarios clínicos asociados a HI.

La técnica utilizada se basa en el empleo de un equipo de ultrasonido portátil, 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,



**Figura 4.** Imagen en la que se observan los diferentes elementos a evaluar para la medición de la vaina del NO.

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. 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. Se considera un DVNO normal una longitud de 3-4.9 mm<sup>23</sup> (Fig. 4).

Diversos estudios han demostrado la buena correlación del DVNO con la PIC, en especial en enfermos con traumatismo craneoencefálico (TCE)<sup>24</sup>. Soldatos, et al.<sup>25</sup>, en un estudio en donde se incluyeron enfermos con TCE, encontraron una adecuada correlación entre el DVNO y la PIC, demostrando que un DVNO por encima de 5.4 mm correlaciona con una elevación de la

PIC de más de 20 mmHg, con una sensibilidad del 74.1% y una especificidad del 100%. Dobourg, et al.<sup>26</sup> realizaron un metaanálisis en donde se incluyeron seis estudios con características estadísticamente similares; en esta ocasión dos de los estudios contemplaban pacientes con hemorragia parenquimatosa de causas no traumáticas, y se incluyó un total de 231 pacientes. En este estudio se demostró que existe correlación entre el DVNO y la HI, utilizando como comparador y estándar de oro la medición de la PIC con un catéter intraventricular. En este estudio se demostró que con un punto de corte del DVNO por encima de 5.4 mm se presentaba una buena correlación con una PIC por encima de 20 mmHg, con una sensibilidad del 90% y una especificidad del 85%.

En un inicio los estudios encaminados a evaluar la medición del DVNO como marcador de HI se realizaron en enfermos con TCE, pero recientemente esta nueva modalidad de monitoreo se ha implementado en otros escenarios. Amini, et al.<sup>27</sup> demostraron que en enfermos que iban a ser sometidos a punción lumbar y en los que sospechaba HI la medición del DVNO era útil para predecir HI. Un DVNO mayor de 5.5 mm correlacionó con una PIC de más de 20 mmHg, con una sensibilidad y especificidad del 100%. Con base en sus resultados se propone que la medición del DVNO es un marcador útil para evaluar el estado de la PIC de forma previa a la realización de la PL, lo que puede tener el impacto clínico de realizarse previamente a este procedimiento en enfermos en los que se sospecha HI, y de esta manera puede sustituir a la TC. Roque, et al.<sup>28</sup> evaluaron la efectividad de la medición del DVNO en pacientes con emergencia hipertensiva y demostraron que existe una estrecha correlación con las cifras de presión arterial (PA) y un aumento significativo del DVNO por encima de 5 mm, que disminuye a valores normales una vez controlado el cuadro hipertensivo.

Es bien conocida la relación entre preeclampsia/eclampsia y edema cerebral. Por este motivo, Dubost, et al.<sup>29</sup> desarrollaron un estudio comparativo entre enfermas con preeclampsia/eclampsia y voluntarias sanas. Demostraron que el DVNO era mayor en las pacientes con preeclampsia/eclampsia (4.5 vs 5.8 mm) y que regresaba a un diámetro normal al tercer día del nacimiento del bebé.

La craneosinostosis es una enfermedad caracterizada por el cierre prenatal de una o varias suturas craneales, que conlleva dismorfia craneal o craneofacial, y se asocia frecuentemente a IH<sup>30</sup>. Driessen, et al.<sup>31</sup> implementaron la evaluación y seguimiento de estos

pacientes con la medición del DVNO, junto con la monitorización invasiva de la PIC durante 24 h. Encontraron correlación entre el DVNO y los niveles de PIC.

Una de las limitaciones del DVNO para la evaluación de la PIC son las fluctuaciones agudas de ésta, ya que en cortos periodos de tiempo las modificaciones de la PIC no dan tiempo al equilibrio con la presión del LCR dentro de la vaina del NO, por lo que el DVNO no correlaciona con el rápido descenso de los niveles de la PIC, lo que debe tenerse en cuenta para el seguimiento, evento que fue demostrado por Rajajee, et al.<sup>32</sup>.

## Conclusiones

Con base en la evidencia científica, podemos concluir que la medición del DVNO se está posicionando como un procedimiento no invasivo de carácter cualitativo para evaluar la PIC en diferentes situaciones que condicionan HI, ya sea en el escenario de TCE o de otras entidades no traumáticas que cursen con elevación de la PIC. Con base en los estudios realizados, el punto de corte del DVNO que correlaciona con una PIC por encima de 20 mmHg es de 5 mm. Hasta el momento está bien establecida su utilidad como método de escrutinio ante la sospecha de HI, pero en el seguimiento, en especial ante modificaciones rápidas de la PIC, resulta una herramienta con limitaciones dado el retardo entre el equilibrio de la PIC y el flujo de LCR en la vaina del NO.

## Bibliografía

1. Ropper A. Hiperosmolar therapy for raised intracranial pressure. *N Engl J Med.* 2012;367:746-52.
2. Raboel P, Bartek Jr. J, Andresen M, Bellander B, Rommer B. Intracranial Pressure Monitoring: Invasive versus Non Invasive Methods - A Review. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:950-6.
3. Treggiari MM, Schutz N, Yanez ND, Romand JA. Role of intracranial pressure values and patterns in predicting outcome of traumatic brain injury: a systematic review. *Neurocrit Care.* 2007;6:104-12.
4. Rothman MI, Zoarski GH. The orbit. En: Sutton D. *Textbook of radiology and imaging.* 7.a ed. Londres: Churchill Livingstone; 2003. p. 1573-95.
5. Hansen HC, Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: Ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J Neurosurg.* 1997;87:34-40.
6. Guerrero J, Sniezek JE. Traumatic brain injury in the United States: a public health perspective. *J Head Trauma Rehabil.* 1999;14:602-15.
7. Palo J, Viitala S. Diagnosis and frequency of brain death. *Lancet.* 1999;354:1909-10.
8. Baker A, Beed S, Fenwick J, et al. Number of deaths by neurological criteria, and organ and tissue donation rates at three critical care centres in Canada. *Can J Anaesth.* 2006;53:722-6.
9. Langlois J, Rutland-Brown W, Thomas KE. Traumatic brain injury in the United States: emergency department visits, hospitalizations and deaths 2002- 2006. Atlanta: National Center for Injury Prevention and Control; 2006. [Internet] Disponible en: [http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/pdf/blue\\_book.pdf](http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/pdf/blue_book.pdf).
10. Carrillo ER, Castelazo J. Neuromonitoreo en medicina intensiva y anestesiología. *Alfil;* 2011. p. 137-49.
11. Treggiari MM, Schutz N, Yanez ND, Romand JA. Role of intracranial pressure values and patterns in predicting outcome of traumatic brain injury: a systematic review. *Neurocrit Care.* 2007;6:104-12.
12. Rickert K, Sinson G. Recommendations for intracranial pressure monitoring technology. *J Neurotrauma.* 2003;17:497-506.
13. Wilberger JE. Outcomes analysis: intracranial pressure monitoring. *Clin Neurosurg.* 1997;44:439-48.
14. Paramore CG, Turner DA. Relative risks of ventriculostomy infection and morbidity. *Acta Neurochir.* 1994;127:79-84.
15. Prunet B, Asencio Y. Noninvasive detection of elevated intracranial pressure using a portable ultrasound system. *Am J Emerg Med.* 2012;30:936-41.
16. Eide PK. The relationship between intracranial pressure and size of cerebral ventricles assessed by computed tomography. *Acta Neurochir.* 2003;145:171-9.
17. Geeraerts T, Newcombe V, Coles J, et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure. *Crit Care.* 2008;12(5):R114.
18. Pauwels LW, Akesson E, Stewart P, Spacey S. *Cranial Nerves in Health and disease.* 2.a ed. B. C. Decker; 2002.
19. O'Rahilly R. The early development of the eye in staged embryos. *Contrib Embryol.* 1966;38:1-42.
20. Killer H, Jaggi G, Flammer J. The optic nerve: a new window into cerebrospinal fluid composition. *Brain.* 2006;129:1027-30.
21. Liu D, Kahn M. Measurement and relationship of subarachnoid pressure of the optic nerve to intracranial pressure in fresh cadavers. *Am J Ophthalmol.* 1993;116:548-56.
22. Ossoinig KC. Standardized echography: basic principles, clinical applications, and results. *Int Ophthalmol Clin.* 1979;19:127-210.
23. Prunet B, Asencio Y. Noninvasive detection of elevated intracranial pressure using a portable ultrasound system. *Am J Emerg Med.* 2012;30:936-41.
24. Moretti R, Pizzi B. Ultrasonography of the optic nerve in neurocritically ill patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2011;55:644-52.
25. Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, Papanthanasios M, Gouliamos A, Karabinis A. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain. *Critical Care.* 2008;12:67-71.
26. Dobourg J, Javouhey E, Geeraerts T. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2011;37:1059-68.
27. Amini A, Kariman H, Dolatabadi A, et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *Am J Emerg Med.* 2013 Jan;31(1):236-9.
28. Roque P, Wu T, Barth L, et al. Optic Nerve Ultrasound for the detection of elevated intracranial pressure in the hypertensive patient. *Am J Emerg Med.* 2012;30:1357-63.
29. Dubost C, Le Gouez A, Jouffroy V, et al. Optic Nerve Sheath Diameter Used as Ultrasonographic Assessment of the Incidence of Raised Intracranial Pressure in Preeclampsia. *Anesthesiology.* 2012;116:1066-71.
30. Liasis A, Nischal KK, Walters B, et al. Monitoring visual function in children with syndromic craniosynostosis: A comparison of three methods. *Arch Ophthalmol.* 2006;124:1119-26.
31. Driessen C, Van Veelen M, Lequin M, Mathijssen I. Nocturnal Ultrasound Measurements of Optic Nerve Sheath Diameter Correlate with Intracranial Pressure in Children with Craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg.* 2012;130:448e-51e.
32. Rajajee V, Fletcher JJ, Rochlen RL, Jacobs TL. Comparison of accuracy of optic nerve ultrasound for the detection of intracranial hypertension in the setting of acutely fluctuating vs stable intracranial pressure: post hoc analysis of data from prospective, blinded single center study. *Critical Care.* 2012;16:79-83.