

# Estudio comparativo del nervio óptico mediante ecografía transorbital en mujeres sanas, embarazadas y con preeclampsia-eclampsia

Claudia Berenice Arteaga Favela,\* Joel Ortega Salas,\*\* Emma Gabriela Urías Romo del Vivar,\*  
Elia Juliana Chacón Uraga\*\*\*

## RESUMEN

**Antecedentes:** La preeclampsia-eclampsia es una enfermedad grave asociada a complicaciones maternas; entre ellas, neurológicas. En casos con aumento de la presión intracraneal, el diámetro de la vaina del nervio óptico se incrementa debido a su estrecha asociación con el líquido cefalorraquídeo. La ecografía transorbital ha demostrado correlación con un alza en la presión intracraneal. En 20% de los pacientes con preeclampsia, el diámetro de la vaina del nervio óptico alcanza valores compatibles con la presión intracraneal por encima de 20 mmHg. **Material y métodos:** Estudio transversal, multicéntrico. Participaron tres grupos de pacientes: 1) sanas, 2) con embarazo normoevolutivo y 3) con embarazo con preeclampsia-eclampsia. El diámetro se midió tres milímetros por detrás del globo ocular y usando un eje perpendicular al nervio óptico. Se realizaron tres mediciones de cada ojo, que se promediaron para minimizar la variabilidad de la medición. **Resultados:** Participaron 60 pacientes, 20 por cada grupo. El diámetro de la vaina del nervio óptico fue mayor en el grupo 3 para ambos ojos, con significancia estadística ( $p < 0.05$ ); 20% de ojos derechos y 25% de ojos izquierdos tuvieron un diámetro  $> 5.0$  mm. La media para el ojo derecho del grupo 1 fue de  $3.5 \pm 0.5$  mm versus  $3.7 \pm 0.7$  mm del grupo 2 y versus  $4.3 \pm 0.9$  mm del 3; la del ojo izquierdo fue  $3.5 \pm 0.6$  mm versus  $3.7 \pm 0.7$  mm versus  $4.5 \pm 0.8$  mm para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente. **Conclusión:** Pacientes del grupo 3 presentaron diámetros mayores de la vaina del nervio óptico en comparación con los grupos 1 y 2. La medición del diámetro del nervio óptico mediante ecografía transorbital aparece como una

*Comparative study of the optic nerve sheath by transorbital ultrasound in healthy women, healthy pregnant ones, and those with preeclampsia-eclampsia*

## ABSTRACT

**Background:** Preeclampsia-eclampsia is a serious illness associated with maternal complications, including neurological ones. In cases with increased intracranial pressure, the diameter of the optic nerve sheath increases due to its close association with cerebrospinal fluid. Transorbital ultrasound has shown to correlate with increased intracranial pressure. In 20 % of the patients with preeclampsia, the diameter of the optic nerve sheath reaches values above 20 mmHg, consistent with the intracranial pressure. **Material and methods:** Transversal, multicenter study. Three groups of patients: 1) healthy women, 2) healthy pregnant women, and 3) pregnant women with preeclampsia-eclampsia. The diameter was measured 3 mm behind the eyeball and with an axis perpendicular to the optic nerve. Three measurements were made for each eye, averaging them to minimize variability of the measurement. **Results:** 60 patients, 20 in each group. The diameter of the optic nerve sheath was higher in group 3 for both eyes, with statistical significance ( $p < 0.05$ ); 20% of right eyes and 25% of left eyes had a diameter  $> 5.0$  mm. The mean for the right eye in group 1 was  $3.5 \pm 0.5$  mm, versus  $3.7 \pm 0.7$  mm in group 2, versus  $4.3 \pm 0.9$  mm in group 3; for the left eye,  $3.5 \pm 0.6$  mm versus  $3.7 \pm 0.7$  mm versus  $4.5 \pm 0.8$  mm for groups 1, 2 and 3, respectively. **Conclusion:** Patients in group 3 had larger optic nerve sheath

www.medigraphic.org.mx

\* Médica Anestesióloga en el Hospital Civil de Culiacán.

\*\* Médico Internista-Terapia Intensiva en el Hospital General de Culiacán.

\*\*\* Médica pasante en servicio social en Anestesiología.

Hospital Civil de Culiacán. Centro de Investigación y Docencia en Ciencias de la Salud. Departamento de Anestesiología.

Recibido para publicación: 15/02/2016. Aceptado: 30/04/2016.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en:  
<http://www.medigraphic.com/analesmedicos>

Correspondencia: Dra. Emma Gabriela Urías Romo del Vivar  
Centro de Investigación y Docencia en Ciencias de la Salud.  
Hospital Civil de Culiacán.  
Eustaquio Buelna Núm. 91, Col. Gabriel Leyva, 80030,  
Culiacán, Sinaloa, México. Tel. (667) 389 4331  
E-mail: emma\_u@hotmail.com/chuej@hotmail.com

## Abreviaturas:

DVNO = Diámetro de la vaina del nervio óptico.

HGR1 = Hospital General Regional Núm. 1.

SDG = Semanas de gestación.

SSA = Secretaría de Salud en Sinaloa.

nueva herramienta promisor, económica, accesible y no invasiva para descartar elevación de la presión intracraneal en pacientes con preeclampsia-eclampsia.

**Palabras clave:** Ecografía transorbital, diámetro de la vaina del nervio óptico, hipertensión intracraneal, preeclampsia, eclampsia.

**Nivel de evidencia:** II

*diameters compared with groups 1 and 2. Measurement of the diameter of the optic nerve by transorbital ultrasound appears as a promising new, economical, accessible and non-invasive tool to discard intracranial pressure elevation in patients with preeclampsia-eclampsia.*

**Key words:** Transorbital ultrasound, optic nerve sheath diameter, intracranial hypertension, preeclampsia, eclampsia.

**Level of evidence:** II

## INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial es la complicación médica más frecuente en el embarazo, siendo una causa significativa de prematuridad y morbilidad materno-fetal. La incidencia a nivel mundial varía de 6 a 30% de todos los embarazos. La preeclampsia tiene una incidencia de 7-8% de los embarazos y la eclampsia, un máximo de 0.9%. La preeclampsia-eclampsia es una enfermedad potencialmente grave asociada con complicaciones maternas tales como edema pulmonar, desprendimiento prematuro de placenta, complicaciones cardíacas o renales, hemólisis, aumento de enzimas hepáticas, síndrome de bajo recuento plaquetario y complicaciones neurológicas. Los signos clínicos de la elevación de la presión intracraneal no son específicos y son difíciles de interpretar, especialmente durante el embarazo y la preeclampsia. Sin embargo, la incidencia real de aumento de la presión intracraneal en la preeclampsia es desconocida.<sup>1</sup>

El diagnóstico de la elevación de la presión intracraneal es, a la vez, desafiante y crítico, porque el reconocimiento y tratamiento precoz son esenciales para prevenir el daño cerebral o la muerte.<sup>2</sup> El estándar de oro o método más fiable para la medición de la presión intracraneal se basa en el uso de dispositivos invasivos tales como la colocación de un catéter o transductor intraventricular, intracerebral, subdural o epidural que se coloca a través de una craneotomía.<sup>1,3</sup> Estas técnicas tienen riesgo de hemorragia intracerebral o infección intracraneal.<sup>4</sup> La monitorización no invasiva puede ayudar en el tratamiento de los pacientes cuando la medición invasiva de la presión intracraneal no está disponible inmediatamente.

Existen métodos no invasivos para poder medirla, como la tomografía axial computarizada, resonancia magnética, ecografía Doppler transcraneal, espectroscopia de infrarrojo cercano y potenciales

evocados visuales.<sup>5</sup> Sin embargo, la mayoría de estos estudios son difíciles de realizar en pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos. Otros métodos no invasivos, como la espectroscopia, ecografía Doppler y estudios de potenciales evocados tienen la necesidad de equipo especializado y de examinadores experimentados. La ecografía transorbital es un procedimiento no invasivo, seguro y fácil de realizar para evaluar las características anatómicas del nervio óptico.<sup>3,4</sup>

Recientemente, los estudios clínicos han sugerido que las mediciones ecográficas del diámetro de la vaina del nervio óptico se correlacionan con signos de aumento de la presión intracraneal. El nervio óptico, como parte del sistema nervioso central, está rodeado por líquido cefalorraquídeo y duramadre, que forma la vaina del nervio óptico. Debido a la conexión con el espacio subaracnoideo intracraneal, el diámetro de la vaina del nervio óptico está influenciada por las variaciones en la presión del líquido cefalorraquídeo.<sup>5</sup> El aumento de la presión intracraneal es transmitido al espacio subaracnoideo que rodea al nervio óptico, lo que causa su expansión.<sup>2</sup> En 1997, Hansen y Helmke utilizaron pruebas de perfusión intratecal con solución de Ringer lactato para demostrar que el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) varía con la alteración en la presión del líquido cefalorraquídeo y, así, conduce a un aumento en el diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ecografía.<sup>6</sup> En otro estudio, en cadáveres, los mismos autores demostraron, utilizando el ultrasonido, que en el área justo detrás del globo ocular, la presión elevada puede aumentar el DVNO por más del 50%. Desde entonces, numerosos estudios clínicos han confirmado la exactitud de la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico en la detección de aumento de la presión intracraneal en varias situaciones clínicas: lesión cerebral traumática, hidrocefalia y hemorragia intracraneal. Dos recientes meta-análisis sugieren

que el diámetro de la vaina del nervio óptico puede ser un marcador sustituto no invasivo y confiable de la presión intracraneal elevada.<sup>4,7</sup>

Se define como «hipertensión intracraneal» un diámetro de la vaina del nervio óptico superior a 5.0 mm en los adultos, > 4.5 mm en niños de 1 a 15 años, y > 4.0 mm en pediátricos de hasta un año de edad.<sup>8</sup>

Varios estudios han examinado las variables que afectan la precisión de la ecografía para medir el DVNO. Romagnuolo mostró que el DVNO no cambia con la posición del paciente.<sup>5</sup> La variación entre observadores es bastante baja.

### Justificación

La incidencia real de la elevación de la presión intracraneal en pacientes con preeclampsia es desconocida.<sup>1</sup> Su diagnóstico es, a la vez, desafiante y crítico; el reconocimiento y tratamiento precoz son esenciales para prevenir el daño cerebral o la muerte.<sup>2</sup> La medición de la presión intracraneal a través de un método invasivo es poco práctica en este tipo de pacientes, por lo que la medición del nervio óptico a través de la ecografía transorbital, siendo un método no invasivo, facilita su realización y el diagnóstico a un bajo costo.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio transversal, comparativo, multicéntrico, de correlación, en el Hospital Civil de Culiacán, Instituto Mexicano del Seguro Social, HGR1, y Hospital de la Mujer, SSA de Culiacán. Se formaron tres grupos de estudio donde se incluyeron mujeres que acudieron a la consulta preanestésica del Hospital Civil de Culiacán (con 20 pacientes cada uno): el grupo 1 (control): mujeres sanas en edad reproductiva, de 15 a 44 años; el grupo 2 (control): mujeres con embarazo normoevolutivo, y el grupo 3 (experimental): se incluyeron mujeres con embarazo de 38-40 SDG más preeclampsia-eclampsia. Se tomaron en cuenta las pacientes que ingresaron al Hospital Civil de Culiacán y Hospital de la Mujer de Culiacán en sus respectivas unidades de tococirugía y de cuidados intensivos en el periodo de julio de 2014 a octubre de 2015.

Se excluyeron las pacientes con alteraciones o enfermedades oculares (glaucoma, neuritis óptica, papiledema, retinopatía), con alteraciones o enfermedades neurológicas, enfermedades psiquiátricas, alteraciones del habla o auditivas, con diabetes mellitus o diabetes gestacional. Se eliminaron las pacientes no cooperadoras con el estudio y que no aceptaron la técnica.

Se registraron los resultados de exámenes de laboratorio de rutina; en este caso, tomando en cuenta los resultados de proteínas en orina, creatinina sérica y plaquetas; además, se consignaron sus cifras tensionales, así como alguna otra sintomatología como dolor epigástrico, cefalea persistente y otras alteraciones cerebrales o visuales. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ecografía fue realizada por tres investigadores entrenados en ecografía ocular (anestesiólogo, residente de anestesiología y médico intensivista), con experiencia en el manejo de la ecografía.

Las pacientes se colocaron en posición supina, con la parte superior del cuerpo y la cabeza a 30° por encima de la posición horizontal (posición de olfateo). Una capa de gel se aplicó en el párpado superior cerrado, en la zona temporal. Un transductor lineal de 7.5 MHz (Sonosite® Nanomax Bothell, WA, EUA) se colocó en la zona temporal de los párpados; la mano que sostenía el transductor se puso en la frente de la paciente para evitar una presión excesiva sobre el ojo. La colocación del transductor se ajustó para dar un ángulo adecuado para la visualización de la entrada del nervio óptico. El diámetro de la vaina del nervio óptico se midió tres milímetros por detrás del globo ocular, usando un calibrador electrónico y un eje perpendicular al nervio óptico. Se realizaron tres mediciones en cada ojo. Las seis mediciones resultantes se promediaron para dar una media del DVNO, para minimizar la variabilidad en la medición.

Se utilizó estadística descriptiva con medidas de tendencia central y de dispersión de datos a base de medias y desviaciones estándar para las variables continuas y mediante frecuencias y proporciones en el caso de variables categóricas. Las comparaciones entre grupos se realizaron por medio de la prueba de T de Student para grupos independientes en el caso de las variables numéricas y a través de  $\chi^2$  para las variables categóricas. Las comparaciones entre más de dos grupos se realizaron con la prueba de ANOVA (análisis de varianza) de un factor.

Se consideró una  $p < 0.05$  estadísticamente significativa. Las variables se definieron utilizando los criterios de la *American College of Obstetricians and Gynecologists*, dentro de los que se incluyen: para preeclampsia: elevación de la presión arterial (presión sistólica > 140 mmHg o presión diastólica > 90 mmHg), proteinuria superior a 0.3 g. por día en mujeres embarazadas después de la semana 20 de gestación; para preeclampsia severa: presencia de uno o más de los siguientes signos y síntomas: presión arterial > 160/110 mmHg, proteinuria > 2 g por día,

creatinina sérica  $> 1.2$  mg/dL, recuento plaquetario  $< 100,000$  células/mm<sup>3</sup>, aumento de las enzimas hepáticas, dolor epigástrico, cefalea persistente y alteraciones cerebrales o visuales;<sup>9</sup> para eclampsia: aparición de convulsiones, coma o ambos cuadros, sin relaciones con otros trastornos cerebrales, durante el embarazo o el puerperio en mujeres con signos y síntomas de preeclampsia. Presión intracraneal: es el resultado de la relación dinámica entre el cráneo y su contenido; su valor normal es inferior a 15 mmHg. Diámetro del nervio óptico: su límite superior es de 5.0 mm en los adultos.

## RESULTADOS

Se incluyeron 60 pacientes, 20 por cada grupo. Ninguna fue excluida o eliminada de nuestro estudio.

La edad promedio de las pacientes en los grupos fueron similares: en el 1 y 2, la edad media fue de 26 años; en el 3, fue de 24 años.

En relación con el DVNO medido por ecografía transorbital, se observó que éste fue mayor, con significancia estadística ( $p < 0.05$ ), para ambos ojos en las pacientes con el diagnóstico de preeclampsia/eclampsia (Figura 1). La media para el ojo derecho de los grupos 1, 2 y 3 fue de  $3.5 \pm 0.5$  mm versus  $3.7 \pm 0.7$  mm versus  $4.3 \pm 0.9$  mm, respectivamente. Para el ojo izquierdo, la media en los grupos 1, 2 y 3 fue  $3.5 \pm 0.6$  mm versus  $3.7 \pm 0.7$  mm versus  $4.5 \pm 0.8$  mm.

Las cifras de presión arterial sistólica fueron significativamente mayores en el grupo 3 en comparación

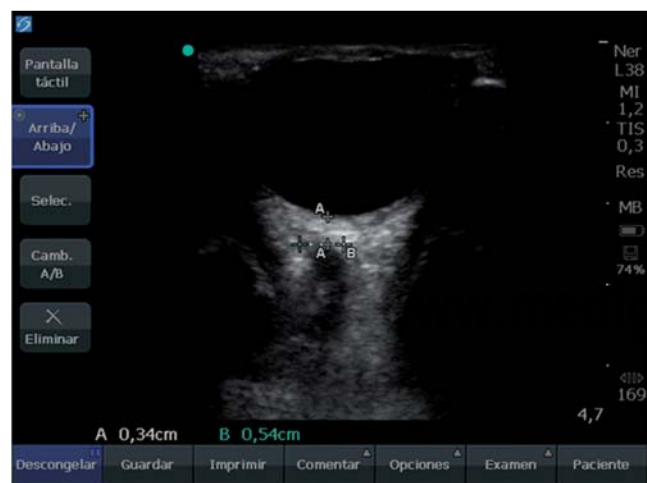
con las cifras de presión sistólica en los grupos 1 y 2 (151 mmHg versus 107 mmHg versus 114 mmHg;  $p < 0.05$ , respectivamente). El mismo comportamiento fue observado para las cifras de presión arterial diastólica (94 mmHg versus 67 mmHg versus 71 mmHg;  $p < 0.05$ ) (Figura 2).

Por otro lado, se observó una correlación positiva entre la presión arterial sistólica y el DVNO en ambos ojos (ojo derecho  $r = 0.4$ ,  $p < 0.05$ ; ojo izquierdo  $r = 0.5$ ,  $p < 0.05$ ). El DVNO también presentó una correlación positiva con la presión arterial diastólica en ambos ojos (ojo derecho  $r = 0.3$ ,  $p < 0.05$ ; ojo izquierdo  $r = 0.4$ ,  $p < 0.05$ ).

En el grupo 3, el 20% ( $n = 4$ ) en el ojo derecho y el 25% ( $n = 5$ ) en el ojo izquierdo tuvieron un DVNO por arriba de 5.0 mm (valor asociado en la literatura con un 95% de probabilidad de hipertensión intracraneal), a diferencia de las pacientes del grupo 1 y 2, en quienes no se observaron valores del DVNO mayores a 5.00 mm (Figura 3).

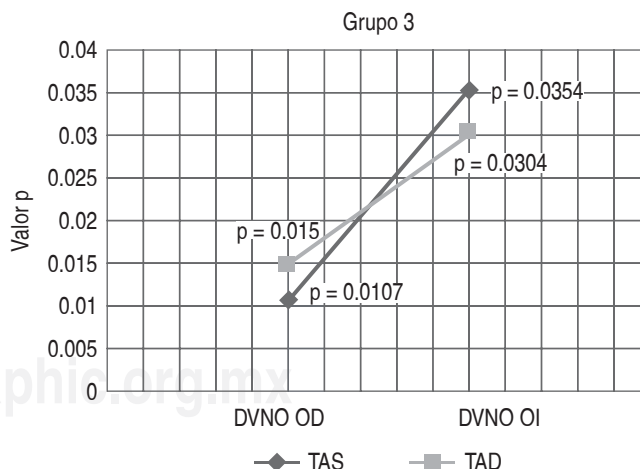
## DISCUSIÓN

La incidencia a nivel mundial de hipertensión arterial en el embarazo varía de 6 a 30%. La preeclampsia tiene una incidencia de 7 a 8% de los embarazos y la eclampsia, un máximo de 0.9%. En pacientes con preeclampsia o eclampsia, la presencia de hipertensión intracraneal es de suma importancia debido al



\* Medidas tomadas del diámetro de la vaina del nervio óptico. (Transversal y longitudinal).

**Figura 1.** Imagen de ecografía transorbital que muestra un diámetro de la vaina del nervio óptico de 5.6 mm.

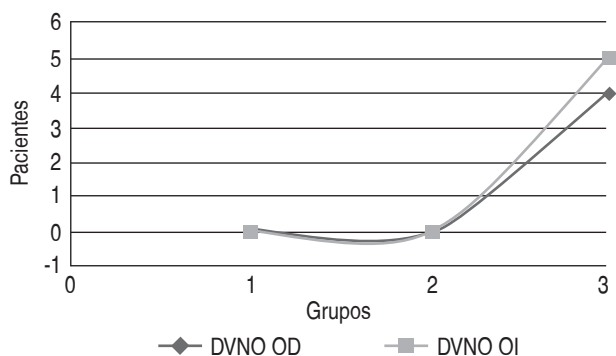


La correlación es significativa al nivel  $p < 0.05$  (bilateral).

TAS = Tensión arterial sistólica. TAD = Tensión arterial diastólica.

**Figura 2.** Correlación del diámetro de la vaina del nervio óptico con tensión arterial sistólica y tensión arterial diastólica en pacientes embarazadas con preeclampsia-eclampsia (grupo 3).





\* DVNO OD = Diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo derecho.

\* DVNO OI = Diámetro de la vaina del nervio óptico del ojo izquierdo.

\* Solo es significativa en el grupo 3 ( $p < 0.05$ ).

**Figura 3.** Pacientes que presentaron un diámetro de la vaina del nervio óptico  $> 5.00$  mm en cada grupo.

compromiso neurológico que pueden presentar. Según nuestros resultados podemos clasificar a las pacientes del grupo 3 de la siguiente manera: dentro del rango de preeclampsia leve-moderada, 75% ( $n = 15$ ); preeclampsia severa, 15% ( $n = 3$ ), y eclampsia, 10% ( $n = 2$ ). Entre las complicaciones de la preeclampsia-eclampsia se encuentran las neurológicas; actualmente se cree que se asocian con el síndrome de vasoconstricción cerebral reversible o el síndrome de leucoencefalopatía posterior. Los signos clínicos de la elevación de la presión intracraneal no son específicos y son difíciles de interpretar, especialmente durante el embarazo y la preeclampsia. Sin embargo, la incidencia real de aumento de presión intracraneal en preeclampsia es desconocida.<sup>1</sup>

La medición de la vaina del nervio óptico guiada por ecografía transorbital es un método relativamente fácil y rápido para estimar cualitativamente si la presión intracraneal está o no aumentada, lo que facilita el diagnóstico y manejo con un bajo costo.

Numerosos trabajos han correlacionado un diámetro aumentado de la vaina del nervio óptico con elevación de la presión intracraneal. De acuerdo a la literatura, el «estándar de oro» para la medición de la presión intracraneal es un método invasivo y poco práctico en la paciente con preeclampsia-eclampsia, con complicaciones que hacen que no se considere ética su colocación en el contexto de la paciente embarazada. Sin embargo, es de suma importancia poder guiar el manejo de esta situación. Ello nos lleva a «suplantar» un catéter intracraneal colocado de manera invasiva por un método no invasivo, por ejemplo, la medición de la vaina del nervio óptico guiada por ecografía transorbital. Ésta es una forma atrac-

tiva, simple, fisiopatológicamente entendible, relativamente fácil y rápida de estimar cualitativamente si la presión intracraneal está o no aumentada, lo que facilita el diagnóstico y manejo con un bajo costo.

Dubost y sus colaboradores, en un estudio piloto realizado en pacientes preeclámpticas, llegaron a la conclusión de que en el 20% de las pacientes con preeclampsia, el diámetro de la vaina del nervio óptico alcanza valores compatibles con una presión intracraneal por encima de 20 mmHg.<sup>1</sup> A nivel internacional, el estudio realizado por Dobourg y su grupo sugiere una sensibilidad del 90% para el diagnóstico de hipertensión intracraneal ( $> 20$  mmHg) mediante la medición de la vaina de nervio óptico ( $> 5.0$  mm) por ecografía transorbital.<sup>7</sup> Asimismo, se ha estimado que la variabilidad intra- e interobservador es mínima. Basándonos en esta correlación, se midió la vaina del nervio óptico por ecografía transorbital en mujeres sanas, mujeres con embarazo normoevolutivo y otras con preeclampsia-eclampsia para determinar la frecuencia de hipertensión intracraneal en cada grupo de pacientes, con el fin de facilitar el diagnóstico y manejo mediante un método no invasivo, portátil, y económico.

Según la literatura, nuestros resultados coinciden con un aumento en la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico superior a 5.0 mm en las pacientes embarazadas con preeclampsia-eclampsia (grupo 3). Observamos valores de un 20 y 25% de incremento en los ojos derecho e izquierdo, respectivamente; esto llama la atención, ya que no se correlacionó este valor con alguna medición por tomografía que pudiera corroborar al aumento del diámetro de la vaina del nervio óptico.

Dobourg y colaboradores describieron una sensibilidad del 90% y especificidad del 85% del diámetro de la vaina del nervio óptico mayor a 5.0 mm para predecir un aumento de presión intracraneal mayor a 20 mmHg en pacientes con daño neurológico.<sup>7</sup>

En este sentido, la medición del DVNO mediante ecografía transorbital puede llegar a ser una herramienta barata, accesible y no invasiva para la evaluación y atención oportuna de las pacientes con diagnóstico de preeclampsia-eclampsia.

Como limitantes en este trabajo tenemos el hecho de no poder corroborar si las pacientes con valores aumentados del DVNO se correlacionaban con un aumento de la PIC o con una tomografía. Éste es un estudio piloto en el cual se obtuvieron valores superiores del DVNO en pacientes con preeclampsia-eclampsia; se sugiere realizar otras investigaciones comparando la medición por ecografía transorbital versus tomografía axial computarizada.

## CONCLUSIÓN

Las pacientes embarazadas con el diagnóstico de preeclampsia-eclampsia presentaron diámetros mayores de la vaina del nervio óptico en comparación con las mujeres con embarazos normoevolutivos y mujeres sanas. Por otro lado, entre el 20-25% de las pacientes con preeclampsia-eclampsia presentaron datos de hipertensión intracraneana, estimada por un DVNO mayor a 5 mm. En este sentido, la medición del DVNO mediante ecografía transorbital aparece como una nueva herramienta promissora, económica, accesible y no invasiva para la evaluación y atención oportuna de las pacientes con preeclampsia-eclampsia, para descartar elevación de la presión intracraneal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Dubost C, Le Gouez A, Jouffroy V, Roger CS, Benhamou D, Mercier FJ et al. Optic nerve sheath diameter used as ultrasonographic assessment of the incidence of raised intracranial pressure in preeclampsia: a pilot study. *Anesthesiology*. 2012; 116 (5): 1066-1071.
2. Heidi H, Sachita S, Keith M, Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad Emerg Med*. 2008; 15 (2): 201-204.
3. Malayeri AA, Bavarian S, Mehdizadeh M. Sonographic evaluation of optic nerve diameter in children with raised intracranial pressure. *J Ultrasound Med*. 2005; 24 (2): 143-147.
4. Moretti R, Pizzi B. Ultrasonography of the optic nerve in neurocritically ill patients. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011; 55 (6): 644-652.
5. Rosenberg JB, Shiloh AL, Savel RH, Eisen LA. Non-invasive methods of estimating intracranial pressure. *Neurocrit Care*. 2011; 15 (3): 599-608.
6. Geeraerts T, Launey Y, Martin L, Pottecher J, Vigué B, Duranteau J et al. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med*. 2007; 33: 1704-1711.
7. Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, Messerer M, Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*; 2011; 37 (7): 1059-1068.
8. Tsung JW, Blaivas M, Cooper A, Levick NR. A rapid noninvasive method of detecting elevated intracranial pressure using bedside ocular ultrasound: application to 3 cases of head trauma in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care*. 2005; 21 (2): 94-98.
9. ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG practice bulletin. Diagnosis and management of preeclampsia and eclampsia. Number 33, January 2002. American College of Obstetricians and Gynecologists. *Int J Gynaecol Obstet*. 2002; 77 (1): 67-75.