REUE | Original

Ultrasonografía del diámetro de la vaina del nervio óptico a gran altitud (3.650-4.150 m) en nativos sanos

Adrián Ávila-Hilari[1,3], Manuel Luis Avellanas-Chavala[2,3]

INTRODUCCIÓN. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) por ultrasonografía repetitiva es una herramienta para la detección no invasiva de la hipertensión intracraneal (HIC), especialmente cuando se asocia al binomio altitud y ausencia de recursos de monitorización neurocrítica en los centros hospitalarios.

OBJETIVO. Determinar el DVNO en voluntarios nativos sanos.

MATERIAL Y MÉTODOS. Estudio descriptivo poblacional ecológico para conocer el DVNO en voluntarios sanos nativos a gran altitud. Los estudios se realizaron en la Clínica CIES situada a 3.650 metros sobre el nivel del mar (msnm) municipio La Paz y en el Hospital Municipal Boliviano Holandés (HMBH) situado a 4.150 msnm, municipio El Alto, ambos en Bolivia, en 2022-2023. Se midió el DVNO en ambos ojos y se realizaron 3 mediciones en cada ojo, con el objetivo de disminuir la variabilidad intraobservador.

RESULTADOS. Se estudiaron 373 voluntarios, 201 en la Clínica CIES y 172 en el HMBH. La media del DVNO encontrada en la clínica CIES fue de 4 mm y en el HMBH 4,29 mm.

CONCLUSIONES. La medición del DVNO por ultrasonografía repetitiva es prometedora y potencialmente útil para la detección no invasiva de la HIC en aquellos centros donde esté presente el binomio altitud y falta de recursos de monitorización neurocrítica.

Palabras clave: Ultrasonografía. Altitud. Diámetro de la vaina del nervio óptico. Presión intracraneal.

Ultrasound to measure optic nerve sheath diameter in lifelong inhabitants of high altitude areas from 3650 m to 4150 m above mean sea level

BACKGROUND. Repeat ultrasound evaluation is used to measure optic nerve sheath diameter (ONSD) to detect intracranial hypertension noninvasively, especially at high altitudes and in the absence of hospitals with neurocritical monitoring resources.

OBJECTIVE. To measure ONSD in healthy lifelong inhabitants of high-altitude areas without neurocritical monitoring resources.

MATERIAL AND METHODS. Descriptive population ecology study of ONSD at high altitudes in areas without neurocritical monitoring resources. Ultrasound studies were performed in 2022 and 2023 at Clínica CIES at 3650 m above mean sea level in La Paz and at Hospital Municipal Boliviano Holandés (HMBH) at 4150 m above mean sea level in the city of El Alto. All volunteers met the inclusion criteria. ONSD was measured in each eye 3 times in all volunteers in order to minimize intraobserver variability.

RESULTS. We studied 373 volunteers, 201 at the Clínica CIES and 172 at the HMBH. The mean ONSD observed was 4 mm at the Clínica CIES and 4.29 mm at the HMBH.

CONCLUSIONS. Repeat ultrasound measurement of ONSD is a promising, potentially useful noninvasive way to detect intracranial hypertension in hospitals at high altitudes that lack neurocritical monitoring resources.

Keywords: Ultrasonography. Altitude. Optic nerve sheath diameter. Intracranial pressure.

Introducción

La ecografía clínica ha revolucionado la práctica médica al incrementar la rapidez diagnóstica y su precisión con un método económico, reproducible y cada vez más accesible a los médicos relacionados con la medicina crítica y de urgencias. Esta técnica facilita al profesional sanitario una herramienta que permite visualizar directamente y en tiempo real lo que está sucediendo (por ejemplo en el espacio intracraneal), y valorar con rapidez trastornos agudos con riesgo vital a la cabecera del paciente. Nadie duda de la importancia del concepto POCUS *(Point of Care Ultrasound)* en el punto de atención y en cualquier escenario[1].

La hipertensión intracraneal (HIC) es un síndrome caracterizado por aumento mantenido de la presión intracraneal (PIC) durante más de 5-10 minutos y por encima de 20 mmHg. Este aumento se produce en múltiples lesiones

Filiación de los autores: [1]Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Municipal Boliviano Holandés, El Alto, Bolivia. [2]Presidente del Comité de Expertos del Máster en Medicina de Urgencia y Rescate en Montaña. Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza, Huesca, España. [3]Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI), Ciudad de Panamá, Panamá.
Correspondencia: Manuel Luis Avellanas Chavala. Calle Los Olivos 11, 5ºG, 22005 Huesca, España.
E-mail: mlavellanas@gmail.com
Información del artículo: Recibido: 24-9-2024. Aceptado: 4-12-2024. *Online:* 11-12-2024.
Editor responsable: Guillermo Burillo Putze.
DOI: 10.55633/s3me/REUE050.2024

© SEMES

neurológicas, siendo las más conocidas el traumatismo craneoencefálico, los accidentes cerebrales y cualquier otra lesión acompañada de edema cerebral[2].

Existen dos herramientas invasivas que son los estándares de referencia para la monitorización de la PIC, las cuales se consideran precisas y fiables, como son el catéter intraventricular y el sensor intraparenquimatoso. El catéter intraventricular se coloca en los ventrículos laterales y el sensor intraparenquimatoso es introducido en el parénquima cerebral para la medición directa de la PIC[3]. El uso de catéter intraparenquimatoso para la monitorización de la PIC se utiliza en la práctica clínica desde 1980, si bien no estima directamente la presión del líquido cefalorraquídeo (LCR), sí lo hace a través de la teoría de Monroe Kelly[2].

La estimación no invasiva de la PIC puede ser útil cuando no se cumplen las indicaciones para la medición invasiva o cuando su monitorización no está disponible de inmediato o incluso está contraindicada, como en los casos de coagulopatía[4]. Además, este tipo de monitorización está limitada en el contexto cerrado de las unidades de cuidados intensivos.

La indicación del ultrasonido, en los servicios de emergencias y cuidados intensivos, incluye entre otras técnicas ecográficas, el diagnóstico de la HIC mediante la medición por ecografía repetitiva del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO)[5], siendo una técnica de gran utilidad y en muchas ocasiones la única en países en desarrollo y con bajos recursos, como Bolivia[6].

El objetivo del estudio ha sido determinar, mediante ecografía, los valores normales del DVNO a 3.650 y 4.150 metros sobre el nivel del mar (msnm) en voluntarios sanos nativos de Bolivia, y que sus resultados sirvan de referencia de normalidad en esas altitudes.

Material y métodos

Se realizó un estudio descriptivo poblacional ecológico con la finalidad de conocer el DVNO en voluntarios sanos nativos a gran altitud. Los estudios se realizaron en la Clínica CIES de La Paz (3.650 msnm) y en el Hospital Municipal Boliviano Holandés (HMBH) del El Alto (4.150 msnm). A todos los voluntarios sanos se les midió el DVNO en ambos ojos y se realizaron 3 mediciones en cada ojo con objetivo de disminuir la variabilidad intraobservador. Todas las mediciones las realizaron médicos expertos en esta técnica.

Se utilizó un equipo de ultrasonido de la marca Sonosite Inc, Modelo M-TURBO con transductor L38xi Lineal 10-15 MHz en modo B. Se realizó la ecografía del DVNO en posición supina con la cabeza elevada entre 20-30° y evitando una presión excesiva sobre el globo ocular. El transductor se colocó en plano axial sobre la porción temporal del párpado superior siguiendo los principios de ALARA. Además, se pidió a los participantes que dirigieran la mirada hacia adelante cerrando los ojos, para una mejor visualización anatómica. El DVNO se midió por detrás del disco óptico, a una distancia de 3 mm, trazándose una línea transversal desde ambos bordes de la duramadre, siendo este punto donde mejor se visualiza el tamaño del DVNO y sus variaciones de tamaño en presencia de HIC[3,9,11].

Los criterios obligatorios de inclusión fueron tener una edad mínima de 18 años y ser voluntarios sanos nacidos y crecidos en cada una de las dos ciudades donde se realizaron los estudios. Antes de proceder a la medición ecográfica se valoraron signos vitales clásicos como presión arterial, frecuencia cardiaca y respiratoria, saturación de coma de oxígeno (la considerada normal a esa altitud) y escala de Glasgow. Fueron excluidos aquellos participantes con alguna anormalidad en los signos vitales, así como todos aquellos con patología neurológica, ocular, tiroidea, trauma facial reciente o limitación de acceso a los ojos. El estudio se desarrolló durante los años 2022-2023.

El tratamiento estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS versión 20.

El estudio fue aprobado por los Comités de Ética de los dos hospitales. La investigación se llevó a cabo de acuerdo con los principios de la declaración de Helsinki y todos los participantes firmaron el consentimiento informado.

Resultados

Se incluyeron 373 personas, 201 de la Clínica CIES (3.650 msnm) y 172 del HMBH (4.150 msnm). En la Tabla 1 se exponen los datos demográficos de los participantes. En la Tabla 2 se exponen los resultados obtenidos en la Clínica CIES en cada una de las tres mediciones realizadas a cada ojo y en la Tabla 3 los correspondientes al Hospital Municipal Boliviano Holandés (HMBH).

Discusión

En 1964, Hayreh y colaboradores 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, el oftalmólogo Karl Ossoining mostró cómo medir, utilizando el ultrasonido, el DVNO en pacientes con retinoblastoma. Se encontró que la dilatación de la vaina con diámetros superiores a 5,00 mm, estaba presente cuando la presión del LCR excedía los niveles de 30 mmHg y concluyó que la vaina del nervio óptico tiene suficiente elasticidad para permitir una dilatación detectable en respuesta a la HIC[7]. Estudios posteriores han confirmado que la ecografía del DVNO se correlaciona con las mediciones de la PIC en pacientes en cuidados críticos y la confiabilidad intra e interobservador son altas[2,8].

Tabla 1. Datos demográficos de los participantes

Clínica CIES (n)	N = 201
Edad (media ± DE)	22,14 ± 3,84
Edad mínima (años)	17
Edad máxima (años)	50
Sexo masculino	54%
HMBH (n)	N = 172
Edad (media ± DE)	25 ± 5
Edad mínima (años)	17
Edad máxima (años)	39
Sexo masculino	45%

DE: derivación estándar; HMBH: Hospital Municipal Boliviano Holandés.

© SEMES

Tabla 2. Diámetro de las vainas del nervio óptico en la Clínica CIES (3.650 msnm) (medición en mm)

	Medición 1	Medición 2	Medición 3
Ojo izquierdo (n)	201	201	201
Media	4,082	4,030	4,079
Desviación estándar (±)	0,6595	0,6037	0,6188
IC 95% para la media (bajo)	3,990	3,946	3,993
IC 95% para la media (alto)	4,174	4,114	4,165
Mediana	4,100	4,100	4,100
RIC (Q3-Q1)	0,8	0,8	0.9
Valores medios 3 mediciones			
Media	4,06	–	–
Desviación estándar (±)	0,6273	–	–
IC 95% para la media (bajo)	3,976	–	–
IC 95% para la media (alto)	4,151	–	–
Mediana	4,100	–	–
RIC (Q3-Q1)	0,83	–	–
Ojo derecho (n)	201	201	201
Media	4,008	4,028	3,988
Desviación estándar (±)	0,5806	0,6167	0,5940
IC 95% para la media (bajo)	3,927	3,943	3,905
IC 95% para le media (alto)	4,089	4,114	4,070
Mediana	4,100	4,200	4,100
RIC (Q3-Q1)	0,9	0,9	0,8
Valores medios 3 mediciones			
Media	4,008	–	–
Desviación estándar (±)	0,5971	–	–
IC 95% para la media (bajo)	3,925	–	–
IC 95% para la media (alto)	4,091	–	–
Mediana	4,100	–	–
RIC (Q3-Q1)	0,87	–	–

RIC: rango intercuartil; IC: índice de confianza; msnm: metros sobre el nivel del mar.

Tabla 3. Diámetro de las vainas del nervio óptico en el Hospital Municipal Boliviano Holandés (4.150 msnm) (medición en mm)

	Medición 1	Medición 2	Medición 3
Ojo izquierdo (n)	172	172	172
Media	4,274	4,253	4,269
Desviación estándar (±)	0,3850	0,3659	0,3561
IC 95% para la media (bajo)	4,216	4,198	4,216
IC 95% para la media (alto)	4,332	4,309	4,323
Mediana	4,200	4,200	4,200
RIC (Q3-Q1)	0,2	0,2	0,2
Valores medios 3 mediciones			
Media	4,26	–	–
Desviación estándar (±)	0,369	–	–
IC 95% para la media (bajo)	4,210		
IC 95% para la media (alto)	4,321		
Mediana	4,200	–	–
RIC (Q3-Q1)	0,2		
Ojo derecho (n)	172	172	172
Media	4,297	4,291	4,296
Desviación estándar (±)	0,3949	0,4037	0,4083
IC 95% para la media (bajo)	4,238	4,230	4,234
IC 95% para la media (alto)	4,357	4,351	4,357
Mediana	4,200	4,200	4,200
RIC (Q3-Q1)	0,2	0,2	0,2
Valores medios 3 mediciones			
Media	4,294	–	–
Desviación estándar (±)	0,423	–	–
IC 95% para la media (bajo)	4,234	–	–
IC 95% para la media (alto)	4,355	–	–
Mediana	4,200	–	–
RIC (Q3-Q1)	0,2		

RIC: rango intercuartil; IC: índice de confianza; msnm: metros sobre el nivel del mar.

La mayoría de los autores han indicado que el valor medio normal superior del DVNO en sujetos menores de 1 año es de 4,5 mm y de 5,0 mm en mayores de 1 año[9].

Estudios realizados a diferentes niveles de altitud han mostrado que el DVNO aumenta con la altitud, y que este aumento era mucho más significativo en presencia de mal agudo de montaña (MAM)[10-13]. Se ha demostrado que el valor del DVNO puede aumentar hasta 0,14 mm por cada 1.000 msnm de altitud[13].

Se ha observado una gran variabilidad en la medición del DVNO a nivel del mar, en voluntarios que desarrollaron MAM y en voluntarios sanos a diferentes altitudes[8,10-13]. Los hallazgos de nuestro estudio, con poca variabilidad especialmente a 4.150 msnm, están probablemente relacionados con mecanismos de adaptación y la amplia experiencia de los investigadores. Por ello, en los valores obtenidos en el HMBH (4.150 msnm) se encontraron una media de 4.29 mm, más altos en relación a los obtenidos en la Clínica CIES (3.650 msnm) donde fueron de 4 mm, resultados acordes con los que muestran otros estudios realizados con voluntarios adaptados a la altitud[10,12,13]. Estudios recientes han comparado la medición de la PIC con el DVNO para proporcionar resultados más precisos. La mayoría de los últimos estudios indican que el valor de corte de DVNO que proporciona la mejor precisión para la predicción de la HIC (PIC ≥ 20 mmHg) es 5,7-6,0 mm[9].

El mayor inconveniente, por la variabilidad encontrada en diversos estudios[8,10-13], está la interpretación de los resultados. Esta variabilidad puede estar justificada por la inexperiencia en el manejo de la ecografía, una planificación defectuosa del protocolo, falta de información sobre la medición del DVNO, mediciones no repetitivas, mediciones con cambios de la altitud constantes sin aclimatación previa, tipos de sonda, posición de la medición, etc.[14]. La fortaleza de nuestro estudio reside en su planificación, en la experiencia de los ecografistas y que el grupo estudiado estaba compuesto por voluntarios sanos adaptados generacionalmente a la altitud.

La curva de aprendizaje de esta técnica no supone una barrera. Se ha estimado que para ecografistas experimentados es preciso incluir 10 pacientes con tres resultados patológicos, mientras que para los no experimentados la cantidad de exploraciones necesarias para dominar la técnica y evitar falsos resultados serían al menos de 25 exploraciones[15].

La ecografía del DVNO es un método no invasivo con buen rendimiento diagnóstico para la detección de HIC en pacientes con traumatismo craneoencefálico o hemorragia cerebral, siempre que la realicen médicos experimentados en el uso de la técnica. Nuestros resultados son similares a los encontrados en otros estudios realizados con voluntarios adaptados a la altitud. Este factor, junto a la planificación metodológica y la experiencia de los investigadores, hacen que sus resultados estén en los límites medios y bajos de la normalidad. En ausencia de otros medios diagnósticos, la ecografía del DVNO, puede alertar al médico sobre la presencia de HIC y la necesidad de una intervención inmediata o del traslado a un centro especializado. La

© SEMES

ecografía portátil, también podría utilizarse en la monitorización de transportes largos de pacientes neurocríticos hasta centros especializados y en el diagnóstico y control del MAM grave, como el edema cerebral de la altitud.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de interés en relación con el presente artículo.

Financiación: Los autores declaran la no existencia de financiación en relación con el presente artículo.

Responsabilidades éticas: Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los pacientes, acuerdo de publicación y cesión de derechos de los datos a la Revista Española de Urgencias y Emergencias.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chen L, Malek T. Point-of-Care Ultrasonography in Emergency and Critical Care Medicine. Crit Care Nurs Q. 2018;41:94-101.
2. 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;37:520-4. (Consultado 15 Septiembre 2024). Disponible en: https://dx.doi.org/10.35366/114851.
3. Jamjoom AAB, Joannides AJ, Poon MT, Chari A, Zaben M, Abdulla MAH, et al; British Neurosurgical Trainee Research Collaborative. Prospective, multicentre study of external ventricular drainage-related infections in the UK and Ireland. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2018;89:120-6.
4. Robba C, Bacigaluppi S, Cardim D, Donnelly J, Bertuccio A, Czosnyka M. Non-invasive assessment of intracranial pressure. Acta Neurol Scand. 2016;134:4-21.
5. Major R, Girling S, Boyle A. Ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter in patients with a clinical suspicion of raised intracranial pressure. Emerg Med J. 2011;28:679-81.
6. Avila-Hilari A, Tinoco-Solórzano A, Vélez-Páez J, Avellanas-Chavala ML; Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI). Embarazo crítico en la altitud: una mirada en América Latina. Med Intensiva. 2024;48:411-20.
7. Ossoinig KC. Standardized echography: basic principles, clinical applications, and results. Int Ophthalmol Clin. 1979;19:127-210.
8. Strapazzon G, Brugger H, Dal Cappello T, Procter E, Hofer G, Lochner P. Factors associated with optic nerve sheath diameter during exposure to hypobaric hypoxia. Neurology. 2014;82:1914-8.
9. Soldatos T, Chatzimichail K, Papathanasiou M, Gouliamos A. Optic nerve sonography: a new window for the non-invasive evaluation of intracranial pressure in brain injury. Emerg Med J. 2009;26:630-4.
10. Sutherland AI, Morris DS, Owen CG, Bron AJ, Roach RC. Optic nerve sheath diameter, intracranial pressure and acute mountain sickness on Mount Everest: a longitudinal cohort study. Br J Sports Med. 2008;42:183-8.
11. Rodríguez Aparicio EE, Carrizosa Gonzalez JA, Rodriguez Lima DR. Optic nerve sheath diameter at high altitude: standardized measures in healthy volunteers. Ultrasound J. 2022;14:46.
12. Kanaan NC, Lipman GS, Constance BB, Holck PS, Preuss JF, Williams SR; PAINS Group. Optic Nerve Sheath Diameter Increase on Ascent to High Altitude: Correlation With Acute Mountain Sickness. J Ultrasound Med. 2015;34:1677-82.
13. Tsai TY, Gozari G, Su YC, Lee YK, Tu YK. Optic nerve sheath diameter changes at high altitude and in acute mountain sickness: meta-regression analyses. Br J Ophthalmol. 2022;106:731-5.
14. Hirzallah MI, Lochner P, Hafeez MU, Lee AG, Krogias C, Dongarwar D, et al. Quality assessment of optic nerve sheath diameter ultrasonography: Scoping literature review and Delphi protocol. J Neuroimaging. 2022;32:808-24.
15. Tayal VS, Neulander M, Norton HJ, Foster T, Saunders T, Blaivas M. Emergency department sonographic measurement of optic nerve sheath diameter to detect findings of increased intracranial pressure in adult head injury patients. Ann Emerg Med. 2007;49:508-14.

© SEMES