Tema de revisión

Med Crit. 2026;40(5):420-424

doi: 10.35366/124685

Doppler transcraneal en la monitorización no invasiva de la dinámica intracraneal: revisión narrativa para el paciente crítico

Transcranial Doppler in the non-invasive monitoring of intracranial dynamics: a narrative review for the critically ill patient

Ricardo González Osses*

RESUMEN

Introducción: la atención de la lesión cerebral aguda ha transitado desde el uso aislado de umbrales estáticos de presión intracraneal hacia una aproximación fisiológica basada en la monitorización multimodal. En este contexto, el Doppler transcraneal permite evaluar al pie de la cama las velocidades de flujo sanguíneo cerebral, la resistencia vascular distal, la pulsatilidad y los patrones compatibles con alteraciones de la perfusión cerebral. Esta revisión narrativa aborda los fundamentos que vinculan el Doppler transcraneal con la dinámica intracraneal, incluyendo la evolución del modelo de Monro-Kellie, el valor y las limitaciones del índice de pulsatilidad, la estimación no invasiva de la presión intracraneal, la evaluación de la autorregulación cerebral y el concepto de presión de perfusión cerebral óptima. **Objetivo:** analizar el papel del Doppler transcraneal como herramienta complementaria, no invasiva y seriada para la monitorización de la dinámica intracraneal en pacientes neurocríticos, destacando sus fundamentos fisiopatológicos, aplicaciones clínicas y principales limitaciones. **Conclusiones:** la evidencia disponible sugiere que el Doppler transcraneal puede ser útil como herramienta de seguimiento fisiológico, tamizaje y apoyo a la toma de decisiones en pacientes neurocríticos, especialmente cuando se integra con la exploración neurológica, la neuroimagen, la presión arterial, la ventilación, la sedación y otros métodos de ultrasonografía al pie del paciente. Sin embargo, sus parámetros no deben interpretarse como equivalentes directos de la presión intracraneal ni como sustitutos universales de la monitorización invasiva cuando esta se encuentra clínicamente indicada. Su mayor valor reside en la interpretación seriada, contextualizada y multimodal de la hemodinamia cerebral.

Palabras clave: ultrasonografía Doppler transcraneal, presión intracraneal, circulación cerebrovascular, monitorización multimodal, cuidados críticos.

ABSTRACT

Introduction: *the management of acute brain injury has shifted from the isolated use of static intracranial pressure thresholds toward a physiological approach based on multimodal monitoring. In this context, transcranial Doppler enables bedside assessment of cerebral blood flow velocities, distal vascular resistance, pulsatility, and patterns consistent with cerebral perfusion abnormalities. This narrative review addresses the principles linking transcranial Doppler to intracranial dynamics, including the evolution of the Monro-Kellie doctrine, the value and limitations of the pulsatility index, non-invasive estimation of intracranial pressure, assessment of cerebral autoregulation, and the concept of optimal cerebral perfusion pressure.* ***Objective:*** *to analyze the role of transcranial Doppler as a complementary, non-invasive, and serial tool for monitoring intracranial dynamics in neurocritical patients, highlighting its pathophysiological principles, clinical applications, and main limitations.* ***Conclusions:*** *available evidence suggests that transcranial Doppler can be useful as a tool for physiological monitoring, screening, and decision-making support in neurocritical care patients, especially when integrated with neurological examination, neuroimaging, blood pressure, ventilation, sedation, and other bedside ultrasound methods. However, its parameters should not be interpreted as direct equivalents of intracranial pressure nor as universal substitutes for invasive monitoring when clinically indicated. Its greatest value lies in the serial, contextualized, and multimodal interpretation of cerebral hemodynamics.*

Keywords: *transcranial Doppler ultrasonography, intracranial pressure, cerebrovascular circulation, multimodal monitoring, critical care.*

INTRODUCCIÓN

La prevención de la lesión cerebral secundaria es un objetivo central en el manejo del paciente con lesión cerebral aguda (LCA) en unidades de cuidados intensivos (UCI). La presión intracraneal, la presión de perfusión cerebral, la oxigenación sistémica, la ventilación, la sedación, la temperatura y la hemodinamia sistémica interactúan de manera dinámica y pueden modificar el riesgo de isquemia, edema y deterioro neurológico.[1-3]

La monitorización invasiva de la presión intracraneal continúa siendo la referencia clínica en pacientes seleccionados; sin embargo, puede estar limitada por disponibilidad, riesgos hemorrágicos o infecciosos, contraindicación transitoria o ausencia de recursos neuroquirúrgicos inmediatos.[4,5]

El Doppler transcraneal ha evolucionado desde su uso clásico en vasoespasmo hacia una herramienta fisiológica de monitorización neurocrítica. Su portabilidad, repetibilidad y posibilidad de integración con la ultrasonografía al pie del paciente lo convierten en una alternativa complementaria para evaluar tendencias hemodinámicas cerebrales, especialmente cuando la monitorización invasiva no se encuentra disponible o cuando se requiere información fisiológica adicional.[6-8]

El objetivo de esta revisión es analizar el rol del Doppler transcraneal como herramienta complementaria para la evaluación no invasiva de la dinámica intracraneal, la hipertensión intracraneal, la presión de perfusión cerebral y la autorregulación en el paciente neurocrítico adulto.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se realizó una revisión narrativa mediante una búsqueda dirigida en PubMed/MEDLINE y Embase. Se utilizaron combinaciones de términos MeSH, Emtree y palabras clave en inglés relacionadas con el Doppler

* Universidad del Desarrollo. Región Metropolitana. Santiago, Chile.

Recibido: 16/05/2026. Aceptado: 25/05/2026.

Citar como: González OR. Doppler transcraneal en la monitorización no invasiva de la dinámica intracraneal: revisión narrativa para el paciente crítico. Med Crit. 2026;40(5):420-424. https://dx.doi.org/10.35366/124685

www.medigraphic.com/medicinacritica

transcraneal y la monitorización de la dinámica intracraneal: *«transcranial Doppler»*, *«intracranial pressure»*, *«non-invasive intracranial pressure monitoring»*, *«cerebral perfusion pressure»*, *«optimal cerebral perfusion pressure»*, *«cerebral autoregulation»*, *«neurocritical care»* y *«multimodal monitoring»*.

Se priorizaron revisiones narrativas, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios clínicos, estudios fisiológicos y documentos metodológicos publicados preferentemente durante los últimos cinco años. También se incluyeron referencias clásicas cuando fueron necesarias para contextualizar fundamentos históricos, fisiológicos o metodológicos, especialmente en relación con la doctrina de Monro-Kellie, la fisiología de la autorregulación cerebral, la presión de perfusión cerebral y los principios técnicos del Doppler transcraneal.

La selección de los artículos se realizó de forma narrativa, considerando su pertinencia clínica para medicina intensiva y neurocrítica, la relación directa con la monitorización no invasiva de la dinámica intracraneal, la utilidad fisiológica del Doppler transcraneal y su integración con estrategias de monitorización multimodal. Se excluyeron artículos no relacionados con lesión cerebral aguda, estudios centrados exclusivamente en poblaciones pediátricas, publicaciones sin aplicabilidad clínica en el paciente neurocrítico adulto y trabajos en los que el Doppler transcraneal no tuviera un rol relevante en la evaluación hemodinámica cerebral.

FISIOPATOLOGÍA DE LA DINÁMICA INTRACRANEAL

La doctrina clásica de Monro-Kellie describe el cráneo como un compartimento de volumen relativamente fijo, compuesto por tejido cerebral, sangre y líquido cefalorraquídeo. En condiciones fisiopatológicas, el aumento de uno de estos componentes debe compensarse mediante la reducción de otro para mantener estable la presión intracraneal.[9,10]

Los modelos contemporáneos han ampliado esta visión al incorporar la participación del compartimento venoso, la pulsatilidad arterial, la distensibilidad vascular, la reserva de líquido cefalorraquídeo y la *compliance* intracraneal. Desde esta perspectiva, la hipertensión intracraneal puede entenderse como una expresión tardía de pérdida de reserva compensatoria y no solo como un número aislado.[1-3]

El Doppler transcraneal no mide directamente la presión intracraneal ni el flujo sanguíneo cerebral absoluto. Su aporte consiste en evaluar velocidades de flujo y morfología espectral, las cuales pueden modificarse cuando cambian la presión de perfusión cerebral, la resistencia distal, la presión venosa o la *compliance* intracraneal.[6,11,12]

PRINCIPIOS HEMODINÁMICOS DEL DOPPLER TRANSCRANEAL

El Doppler transcraneal permite insonar arterias intracraneales, especialmente la arteria cerebral media (ACM) a través de la ventana transtemporal. Los parámetros habitualmente analizados incluyen velocidad sistólica, velocidad diastólica, velocidad media e índice de pulsatilidad. La interpretación requiere considerar variables sistémicas como presión arterial media, presión parcial de dióxido de carbono arterial ($PaCO_2$), temperatura, hematocrito, sedación, ventilación mecánica, uso de vasopresores y calidad de la ventana acústica.[6,7,11]

La velocidad diastólica es particularmente sensible a cambios en la resistencia distal y en la presión de perfusión cerebral. Una reducción progresiva de la velocidad diastólica puede sugerir compromiso hemodinámico intracraneal, sobre todo si se acompaña de incremento de pulsatilidad, deterioro neurológico o cambios concordantes en la neuroimagen.[12,13]

El índice de pulsatilidad se calcula como la diferencia entre la velocidad sistólica y la velocidad diastólica dividida por la velocidad media. Aunque se ha utilizado como marcador indirecto de hipertensión intracraneal, no representa una medición directa de presión intracraneal. Su valor depende de la interacción entre presión de pulso, resistencia vascular distal, presión venosa, *compliance* intracraneal y distensibilidad del árbol cerebrovascular.[11,14,15] La *Tabla 1* resume los principa-

Tabla 1: Interpretación clínica de los parámetros del Doppler transcraneal en el paciente neurocrítico.

Parámetro	Información fisiológica	Utilidad clínica	Limitaciones principales
Velocidad sistólica	Componente pulsátil arterial y presión de conducción proximal	Apoyo en evaluación de hiperemia, vasoespasmo o cambios de flujo	Influida por ángulo, calibre vascular, presión arterial y técnica
Velocidad diastólica	Perfusión durante diástole, resistencia distal y relación con PPC	Puede disminuir frente a aumento de resistencia distal o caída de PPC	No específica; depende de $PaCO_2$, PAM, PIC, sedación y presión venosa
Velocidad media	Promedio hemodinámico de la señal Doppler	Seguimiento seriado de tendencias y comparación interhemisférica	No equivale a flujo absoluto si el diámetro vascular cambia
Índice de pulsatilidad	Relación entre componente sistólico, diastólico y velocidad media	Marcador indirecto de resistencia distal y pulsatilidad; útil como tendencia	No mide PIC de forma directa; se modifica por múltiples variables sistémicas

$PaCO_2$ = presión parcial de dióxido de carbono arterial. PAM = presión arterial media. PIC = presión intracraneal.

les parámetros hemodinámicos evaluados mediante Doppler transcraneal, su interpretación fisiológica, utilidad clínica y limitaciones en el paciente neurocrítico.

Por esta razón, el índice de pulsatilidad tiene mayor utilidad cuando se interpreta como tendencia seriada y no como punto de corte aislado. Un valor elevado puede orientar la sospecha de compromiso de perfusión o aumento de resistencia distal, pero no permite confirmar por sí solo hipertensión intracraneal ni reemplazar la medición invasiva cuando esta es necesaria.

ESTIMACIÓN NO INVASIVA DE PRESIÓN INTRACRANEAL

Diversos modelos han intentado estimar presión intracraneal o presión de perfusión cerebral a partir de variables Doppler y presión arterial. Entre ellos se encuentran aproximaciones basadas en velocidad diastólica, presión crítica de cierre, modelos de caja negra y fórmulas derivadas de la relación entre presión arterial media y velocidades cerebrales.[13,16,17]

El estudio IMPRESSIT-2 evaluó el Doppler transcraneal como prueba de tamizaje para excluir hipertensión intracraneal en pacientes con lesión cerebral aguda. Este enfoque es clínicamente relevante porque posiciona al Doppler transcraneal como herramienta de *rule-out* o apoyo a la estratificación, más que como un reemplazo de la monitorización invasiva.[18]

Las revisiones sobre métodos no invasivos de presión intracraneal han mostrado resultados heterogéneos. Esta variabilidad se explica por diferencias en población, patologías de base, técnicas de Doppler, tipo de monitor invasivo utilizado como referencia, momento de la medición y control de variables sistémicas.[4,5,19]

En la práctica clínica, el Doppler transcraneal debe considerarse una herramienta complementaria. Su utilidad aumenta cuando el objetivo es identificar tendencias, detectar patrones de hipoperfusión, hiperemia o alta resistencia distal, y seleccionar pacientes que requieren vigilancia estrecha o escalamiento diagnóstico.

AUTORREGULACIÓN CEREBRAL Y PRESIÓN DE PERFUSIÓN CEREBRAL ÓPTIMA

La autorregulación cerebral permite mantener un flujo sanguíneo cerebral relativamente estable frente a cambios de presión arterial. Después de la lesión cerebral aguda, este mecanismo puede alterarse de forma regional o global, haciendo que un mismo objetivo de presión arterial sea insuficiente, adecuado o potencialmente perjudicial según el estado fisiológico del paciente.[20,21]

En monitorización invasiva, el índice de reactividad de presión se ha utilizado para evaluar la relación entre presión arterial media y presión intracraneal, permitiendo aproximarse al concepto de presión de perfusión cerebral óptima. El Doppler transcraneal permite explorar aproximaciones no invasivas mediante índices como Mx o Mxa, que correlacionan fluctuaciones de velocidad de flujo con presión arterial o presión de perfusión cerebral.[22,23]

Aunque estos enfoques son fisiológicamente atractivos, su implementación clínica requiere monitorización continua o seriada de alta calidad, control de confusores y validación prospectiva. En consecuencia, la presión de perfusión cerebral óptima derivada de Doppler transcraneal debe considerarse una línea de investigación prometedora, pero no un estándar universal de cuidado.[23-25]

MONITORIZACIÓN MULTIMODAL Y APLICACIONES CLÍNICAS

El rendimiento clínico del Doppler transcraneal mejora cuando se integra en una estrategia de monitorización multimodal que incluya evolución neurológica, neuroimagen, presión arterial, ventilación, temperatura, sedación, gases arteriales y otros métodos de ultrasonografía al pie del paciente.[6,7,26]

En trauma craneoencefálico (TEC), el Doppler transcraneal puede aportar información sobre patrones compatibles con hipoperfusión, hiperemia, aumento de resistencia distal o deterioro de la presión de perfusión cerebral. Su interpretación seriada puede apoyar la evaluación de respuesta a intervenciones hemodinámicas, ventilatorias o terapias dirigidas al control de presión intracraneal.[18,19,27]

En hemorragia subaracnoidea (HSA), el Doppler transcraneal conserva un rol reconocido en el tamizaje y seguimiento de vasoespasmo, así como en la vigilancia de riesgo de isquemia cerebral diferida. La interpretación debe considerar velocidades absolutas, relaciones hemodinámicas, evolución temporal, clínica y hallazgos de neuroimagen.[28,29]

En muerte encefálica, el Doppler transcraneal puede utilizarse como prueba complementaria en determinados marcos normativos, identificando patrones de paro circulatorio cerebral como flujo reverberante, espigas sistólicas o ausencia de flujo diastólico. Su uso exige cumplimiento de requisitos técnicos y legales locales.[6,30]

La combinación con el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) puede aumentar la probabilidad diagnóstica de hipertensión intracraneal en determinados escenarios. Sin embargo, ambos métodos comparten limitaciones técnicas, variabilidad interobservador y necesidad de integración clínica.[4,26]

LIMITACIONES

El Doppler transcraneal presenta limitaciones relevantes. La ausencia de ventana acústica adecuada, la depen-

dencia del operador, la variación por $PaCO_2$, presión arterial, hematocrito, temperatura, sedación y vasopresores, así como la falta de estandarización de algunos índices derivados, restringen su uso como herramienta aislada. Además, los estudios disponibles son heterogéneos en diseño, población, modalidad de referencia invasiva, puntos de corte y desenlaces evaluados.

Otra limitación conceptual es la tendencia a utilizar de manera intercambiable presión intracraneal, hipertensión intracraneal, presión de perfusión y presión cerebral óptima. Estos constructos son diferentes y no deben extrapolarse sin cautela. El Doppler transcraneal puede aportar información a cada uno de estos dominios, pero con distinto nivel de evidencia y aplicabilidad clínica.

La comparación entre los estudios incluidos debe interpretarse con cautela debido a diferencias metodológicas relevantes. Las publicaciones disponibles varían en el tipo de población estudiada, la etiología de la lesión cerebral aguda, el momento de realización del Doppler transcraneal, la técnica de insonación, los vasos evaluados, los puntos de corte utilizados, la modalidad de referencia invasiva y los desenlaces analizados. Además, no todos los estudios controlan de manera uniforme variables fisiológicas capaces de modificar las velocidades cerebrales, como presión arterial media, $PaCO_2$, temperatura, hematocrito, sedación, ventilación mecánica, presión venosa y uso de vasopresores. Por lo tanto, los hallazgos deben interpretarse como evidencia fisiológica y clínica complementaria, más que como resultados directamente intercambiables entre estudios o aplicables de forma universal a todos los pacientes neurocríticos.

CONCLUSIONES

El Doppler transcraneal es una herramienta complementaria útil para la evaluación no invasiva y seriada de la hemodinamia cerebral en pacientes neurocríticos. Permite aproximarse a cambios en la presión de perfusión cerebral, resistencia vascular distal, pulsatilidad y autorregulación, siempre que se interprete dentro del contexto clínico y fisiológico del paciente. La evidencia actual apoya su uso como herramienta de seguimiento, tamizaje y apoyo a la toma de decisiones, pero no como sustituto universal de la monitorización invasiva de presión intracraneal cuando ésta se encuentra indicada. Su mayor valor clínico se obtiene al integrarse con la exploración neurológica, neuroimagen y estrategias de monitorización multimodal.

REFERENCIAS

1. Godoy DA, Brasil S, Iaccarino C, Paiva W, Rubiano AM. The intracranial compartmental syndrome: a proposed model for acute brain injury monitoring and management. *Crit Care*. 2023;27(1):137. doi: 10.1186/s13054-023-04427-4.
2. Cucciolini G, Motroni V, Czosnyka M. Intracranial pressure for clinicians: it is not just a number. *J Anesth Analg Crit Care*. 2023;3(1):31. doi: 10.1186/s44158-023-00115-5.
3. Changa AR, Czeisler BM, Lord AS. Management of elevated intracranial pressure: a review. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2019;19(12):99. doi: 10.1007/s11910-019-1010-3.
4. Fernando SM, Tran A, Cheng W, Rochwerg B, Taljaard M, Kyeremanteng K, et al. Diagnosis of elevated intracranial pressure in critically ill adults: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2019;366:l4225.
5. Nag DS, Sahu S, Swain A, Kant S. Intracranial pressure monitoring: gold standard and recent innovations. *World J Clin Cases*. 2019;7(13):1535-1553.
6. Rajajee V. Transcranial ultrasound in the neurocritical care unit. *Neuroimaging Clin N Am*. 2024;34(2):191-202. doi: 10.1016/j.nic.2023.11.001.
7. Baska A, Sporysz-Janiec K, Figura M, Andruszkiewicz P, Zawadka M. Transcranial sonography: practical use in the intensive care unit. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2024;56(5):267-276. doi: 10.5114/ait.2024.146640.
8. Montrief T, Alerhand S, Jewell C, Scott J. Incorporation of transcranial Doppler into the emergency department for the neurocritical care patient. *Am J Emerg Med*. 2019;37(6):1144-1152.
9. Wilson MH. Monro-Kellie 2.0: the dynamic vascular and venous pathophysiological components of intracranial pressure. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2016;36(8):1338-1350.
10. Brasil S, Patriota GC, Godoy DA, Paranhos JL, Rubiano AM, Paiva WS. Monro-Kellie 4.0: moving from intracranial pressure to intracranial dynamics. Crit Care. 2025;29(1):229. doi: 10.1186/s13054-025-05476-7.
11. De Riva N, Budohoski KP, Smielewski P, Kasprowicz M, Zweifel C, Steiner LA, et al. Transcranial Doppler pulsatility index: what it is and what it isn't. *Neurocrit Care*. 2012;17(1):58-66.
12. Cardim D, Robba C, Czosnyka M, Savo D, Mazeraud A, Iaquaniello C, et al. Noninvasive intracranial pressure estimation with transcranial Doppler: a prospective observational study. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2020;32(4):349-353.
13. Bellner J, Romner B, Reinstrup P, Kristiansson KA, Ryding E, Brandt L. Transcranial Doppler sonography pulsatility index reflects intracranial pressure. *Surg Neurol*. 2004;62(1):45-51.
14. Dokponou YCH, Badirou OBA, Agada KN, Dossou MW, Lawson LD, Ossaga MAD, et al. Transcranial Doppler in the non-invasive estimation of intracranial pressure in traumatic brain injury compared to other non-invasive methods in lower-middle income countries: systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2023;113:70-76.
15. Müller SJ, Henkes E, Gounis MJ, Felber S, Ganslandt O, Henkes H. Non-invasive intracranial pressure monitoring. *J Clin Med*. 2023;12(6):2209.
16. Czosnyka M, Matta BF, Smielewski P, Kirkpatrick PJ, Pickard JD. Cerebral perfusion pressure in head-injured patients: a noninvasive assessment using transcranial Doppler ultrasonography. *J Neurosurg*. 1998;88(5):802-808.
17. Kashif FM, Verghese GC, Novak V, Czosnyka M, Heldt T. Model-based noninvasive estimation of intracranial pressure from cerebral blood flow velocity and arterial pressure. *Sci Transl Med*. 2012;4(129):129ra44.
18. Rasulo FA, Calza S, Robba C, Taccone FS, Biasucci DG, Badenes R, et al. Transcranial Doppler as a screening test to exclude intracranial hypertension in brain-injured patients: the IMPRESSIT-2 prospective multicenter international study. *Crit Care*. 2022;26(1):110. doi: 10.1186/s13054-022-03978-2.
19. Canac N, Jalaleddini K, Thorpe SG, Thibeault CM, Hamilton RB. Review: pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring. *Fluids Barriers CNS*. 2020;17(1):40.
20. Brassard P, Labrecque L, Smirl JD, Tymko MM, Caldwell HG, Hoiland RL, et al. Losing the dogmatic view of cerebral autoregulation. *Physiol Rep*. 2021;9(15):e14982.

21. Vu EL, Brown CH 4th, Hogue CW. Monitoring of cerebral blood flow autoregulation. *Br J Anaesth*. 2024;132(6):1260-1273.
22. Gomez A, Froese L, Sainbhi AS, Batson C, Zeiler FA. Transcranial Doppler based cerebrovascular reactivity indices in adult traumatic brain injury: a scoping review of associations with patient-oriented outcomes. *Front Pharmacol*. 2021;12:690921.
23. Beqiri E, Smielewski P, Czosnyka M. CPPopt on medical devices: the imitation game. *Neurocrit Care*. 2024;41(2):330-331.
24. Kranawetter B, Tuzi S, Moerer O, Mielke D, Rohde V, Malinova V. Optimal cerebral perfusion pressure during induced hypertension and its impact on delayed cerebral infarction and functional outcome after subarachnoid hemorrhage. *Sci Rep*. 2024;14(1):8250.
25. Weiss M, Albanna W, Conzen C, Megjhani M, Tas J, Seyfried K, et al. Optimal cerebral perfusion pressure during delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Crit Care Med.* 2022;50(2):183-191. doi:10.1097/CCM.0000000000005396.
26. Vitiello L, Salerno G, De Bernardo M, D'Aniello O, Capasso L, Marotta G, et al. Ultrasound detection of intracranial hypertension in brain injuries. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:870808.
27. Chesnut RM, Temkin N, Carney N, Dikmen S, Rondina C, Videtta W, et al. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2012;367(26):2471-2481.
28. Schenck H, Van Craenenbroeck C, Van Kuijk S, Gommer E, Veldeman M, Temel Y, et al. Systematic review and meta-analysis of transcranial doppler biomarkers for the prediction of delayed cerebral ischemia following subarachnoid hemorrhage. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2025;45(6):1031-1047. doi: 10.1177/0271678X251313746.
29. Snider SB, Migdady I, LaRose SL, Mckeown ME, Regenhardt RW, Lai PMR, et al. Transcranial-doppler-measured vasospasm severity is associated with delayed cerebral infarction after subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2022;36(3):815-821. doi: 10.1007/s12028-021-01382-2.
30. Rajajee V. Noninvasive intracranial pressure monitoring: are we there yet? *Neurocrit Care*. 2024;41(2):332-338. doi: 10.1007/s12028-024-01951-1.

Conflicto de intereses: el autor declara no tener conflictos de intereses económicos, profesionales o personales relacionados con el contenido de este artículo.
Financiamiento: esta investigación no recibió ninguna donación de sectores públicos o comerciales, ni financiamiento de entidades sin fines de lucro.

Correspondencia:
Ricardo González Osses
E-mail: ricardo.gonzalezo@udd.cl