



# Concordancia en la detección de vasoespasm en pacientes críticos con hemorragia subaracnoidea por médicos residentes vs especialistas

Concordance in the detection of vasospasm in critically ill patients with subarachnoid hemorrhage by resident vs specialist physicians

Concordância na detecção de vasoespasm em pacientes em estado crítico com hemorragia subaracnoidea por médicos residentes versus especialistas

María Lucía Rodríguez Vargas,\* Francisco Godínez García,\* Ma. Natalia Gómez González,\* Carlos Jiménez Correa,\* Pedro Luis González Carrillo\*

## RESUMEN

**Introducción:** la hemorragia subaracnoidea (HSA) es considerada una de las patologías neurológicas más relevantes y representa 5% de la enfermedad cerebrovascular. Además, sus complicaciones como el vasoespasm, se considera el determinante de morbilidad más importante posterior a una HSA. El Doppler transcraneal (DTC) es útil para su monitoreo y detección temprana; sin embargo, debido a que se trata de un método de estudio operador dependiente, es importante identificar la concordancia entre las mediciones realizadas por médicos en formación versus médicos especialistas entrenados en el área.

**Objetivo:** determinar la concordancia en la detección de vasoespasm mediante ultrasonido Doppler transcraneal entre médicos residentes y médicos especialistas en medicina crítica.

**Material y métodos:** estudio de concordancia, observacional, longitudinal, analítico. Se compararon dos grupos: médicos residentes de primer y segundo año de la especialidad de medicina crítica versus médicos especialistas (ya titulados) ambos con entrenamiento adquirido durante su formación. Ambos grupos realizaron una medición en los pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) en el periodo de enero a septiembre de 2024 con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática. A través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, se incluyeron un total de 15 pacientes y participaron 30 médicos (15 en cada grupo). Se realizó un análisis de correlación entre las mediciones obtenidas del DTC y un análisis de concordancia para ambos grupos.

**Resultados:** se utilizó el índice de Lindegaard obtenido del DTC y se comparó con el resultado de la angiografía cerebral (utilizada como estándar de oro para la detección de vasoespasm) con un CCI 0.714 IC95% 0.410-0.863 ( $p < 0.000$ ) y una correlación de  $r = 0.603$  ( $p < 0.0001$ ) para la arteria cerebral media (ACM) derecha y CCI 0.899 IC95% 0.790-0.952 ( $p < 0.0001$ ) y correlación de  $r = 0.848$  ( $p < 0.0001$ ) para la ACM izquierda. Además, de forma secundaria, se obtuvo un coeficiente Kappa la concordancia observada en la detección de hipertensión intracraneal (HIC) entre la medición de la vaina del nervio óptico (VNO) por DTC y VNO por angio-TAC de cráneo para los médicos residentes de 0.675 ( $p < 0.0001$ ) y para los médicos especialistas de 0.459 ( $p = 0.011$ ).

**Conclusiones:** se encontró concordancia para el diagnóstico de vasoespasm entre las mediciones obtenidas por médicos especialistas y residentes mediante DTC comparado con angiografía cerebral. Sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos.

**Palabras clave:** Doppler transcraneal, vasoespasm, hemorragia subaracnoidea, índice de Lindegaard.

## ABSTRACT

**Introduction:** subarachnoid hemorrhage (SAH) is considered one of the most relevant neurological pathologies and represents 5% of cerebrovascular disease. Moreover, its complications, such as vasospasm, are considered the

most important determinant of morbidity following SAH. Transcranial Doppler (TCD) is useful for its monitoring and early detection, however, because it is an operator-dependent study **method**, it is important to identify the concordance between measurements performed by physicians in training vs. specialists trained in the area.

**Objective:** to determine the concordance in the detection of vasospasm by transcranial Doppler ultrasound between residents and specialists in critical care medicine.

**Material and methods:** concordance study, observational, longitudinal, analytical. Two groups were compared: first and second year residents in the specialty of critical care medicine versus specialists (already qualified) both with training acquired during their training. Both groups performed a measurement in patients admitted to Intensive Care Unit (ICU) in the period from January to September 2024 with a diagnosis of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Through a non-probabilistic sampling by convenience, a total of 15 patients were included and 30 physicians participated (15 in each group). A correlation analysis was performed between the TCD measurements obtained and a concordance analysis for both groups.

**Results:** the Lindegaard index obtained from TCD was used and compared with the result of cerebral angiography (used as the gold standard for the detection of vasospasm) with a CCI 0.714 CI 95% 0.410-0.863 ( $p < 0.000$ ), and a correlation of  $r = 0.603$  ( $p < 0.0001$ ) for the right middle cerebral artery (MCA) and CCI 0.899 CI 95% 0.790-0.952 ( $p < 0.0001$ ), and correlation of  $r = 0.848$  ( $p < 0.0001$ ) for the left MCA. In addition, secondarily a Kappa coefficient was obtained the concordance observed in the detection of intracranial hypertension (ICH) between the measurement of the optic nerve sheath (ONV) by TCD and ONV by cranial angio-TAC for resident physicians of 0.675 ( $p < 0.0001$ ) and for specialist physicians of 0.459 ( $p = 0.011$ ).

**Conclusions:** concordance was found for the diagnosis of vasospasm between measurements obtained by specialist and resident physicians by TCD compared to cerebral angiography. No significant difference was found between the two groups.

**Keywords:** transcranial Doppler, vasospasm, subarachnoid hemorrhage, Lindegaard index.

## RESUMO

**Introdução:** a hemorragia subaracnoidea (HSA) é considerada uma das patologias neurológicas mais relevantes e representa 5% das doenças cerebrovasculares. Além disso, suas complicações, como o vasoespasm, são consideradas o fator determinante mais importante da morbidade após a HSA. O Doppler transcraniano (DTC) é útil para seu monitoramento e detecção precoce; no entanto, por ser um método de estudo dependente do operador, é importante identificar a concordância entre as medições feitas por médicos residentes e por médicos especialistas treinados na área.

**Objetivo:** determinar a concordância na detecção de vasoespasm por ultrassom Doppler transcraniano entre médicos residentes e médicos especializados em Medicina Intensiva.

**Material e métodos:** estudo de concordância, observacional, longitudinal e analítico. Dois grupos foram comparados: médicos residentes do primeiro e segundo ano na especialidade de Medicina Intensiva versus médicos especialistas (já qualificados), ambos com treinamento adquirido durante sua formação. Ambos os grupos mediram os pacientes admitidos na UTI de janeiro a setembro de 2024 com diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática, usando amostragem de conveniência não probabilística. Um total de 15 pacientes foi incluído e 30 médicos participaram (15 em cada grupo). Foi realizada uma análise de correlação entre as medições obtidas de DTC e uma análise de concordância para ambos os grupos.

**Resultados:** o índice de Lindegaard obtido da DTC foi usado e comparado com o resultado da angiografia cerebral (usada como padrão ouro para detecção

\* Unidad de Cuidados Intensivos, Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE), Hospital de Especialidades (HE) No. 1 Centro Médico Nacional (CMN) Bajío, Instituto Mexicano del Seguro Social. León, Guanajuato, México.

Recibido: 30/09/2024. Aceptado: 30/09/2024.

**Citar como:** Rodríguez VML, Godínez GF, Gómez GMN, Jiménez CC, González CPL. Concordancia en la detección de vasoespasm en pacientes críticos con hemorragia subaracnoidea por médicos residentes vs especialistas. Med Crit. 2024;38(6):490-496. <https://dx.doi.org/10.35366/119238>

de vasoespasma) com um CCI 0.714 IC95% 0.410-0.863 ( $p < 0.000$ ) e uma correlação de  $r = 0.603$  ( $p < 0.0001$ ) para a artéria cerebral média (ACM) direita e CCI 0.899 IC95% 0.790-0.952 ( $p < 0.0001$ ) e correlação de  $r = 0.848$  ( $p < 0.0001$ ) para a ACM esquerda. Além disso, obteve-se secundariamente um coeficiente Kappa para a concordância observada na detecção de hipertensão intracraniana (HIC) entre a medição da bainha do nervo óptico (BNO) por DTC e a VNO por angio-TC cerebral para médicos residentes de 0.675 ( $p < 0.0001$ ) e para médicos especialistas de 0.459 ( $p = 0.011$ ).

**Conclusões:** foi encontrada concordância para o diagnóstico de vasoespasma entre as medidas obtidas por especialistas e residentes usando o DTC em comparação com a angio-TC cerebral. Não foi encontrada diferença significativa entre os dois grupos.

**Palavras-chave:** doppler transcraniano, vasoespasma, HSA, índice de Lindegaard.

## Abreviaturas:

HSA = hemorragia subaracnoidea

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

DTC = Doppler transcraneal

CCI = coeficiente de correlación intraclase

VNO = vaina del nervo óptico

IC95% = intervalo de confianza de 95%

PIC = presión intracraneal

HIC = hipertensión intracraneal

VFM = velocidad de flujo media

## INTRODUCCIÓN

La presencia de vasoespasma cerebral ha sido descrita desde hace más de 50 años y suele presentarse como complicación de una hemorragia subaracnoidea (HSA).<sup>1</sup>

La HSA se considera un problema de salud pública y una enfermedad grave que genera gran dependencia y elevada mortalidad.<sup>2,3</sup> Su incidencia se duplica cada 10 años después de los 35 años<sup>3</sup> y representa de 5 a 7% de los casos de enfermedad vascular cerebral.<sup>2</sup>

Suele tener un origen traumático o presentarse como consecuencia de la ruptura aneurismática.<sup>4</sup> Generalmente debuta de manera aguda y afecta principalmente a pacientes jóvenes, los cuales requieren de un tratamiento estandarizado y prolongado en unidades de cuidados intensivos.<sup>1</sup>

Específicamente, el vasoespasma cerebral secundario a dicho evento provoca disminución del flujo sanguíneo cerebral y, por tanto, deterioro neurológico<sup>1</sup> que genera discapacidad a largo plazo, caracterizada por cambios funcionales, cognitivos y conductuales de manera crónica.<sup>4</sup>

El estándar de oro para su diagnóstico es la angiografía cerebral,<sup>5,6</sup> a través de la cual se clasifica el vasoespasma como leve (cuando la reducción del calibre del vaso es menor a 25%), moderado (de 25-50%) y severo (más de 50%).<sup>6</sup> Por su parte, la tomografía de cráneo contrastada es considerada una prueba útil para la detección de vasoespasma con sensibilidad y especificidad de 80 y 93%, respectivamente.<sup>7</sup>

También se ha demostrado la efectividad del Doppler transcraneal para la detección de vasoespasma. En estudios reportados por Kumar G y Lysakowski, se de-

mostró sensibilidad de 67-90% y especificidad de 71-99%, con valor predictivo positivo de 57-97% y valor predictivo negativo de 78-92%, definiendo vasoespasma moderado/severo con una velocidad de flujo media (VFM)  $> 120$  cm/s.<sup>8,9</sup>

En este sentido, la detección y monitorización del vasoespasma es indispensable y, para ello, se ha descrito la utilidad de métodos no invasivos como del eco Doppler transcraneal; sin embargo, al ser un método operador dependiente, la concordancia interobservador podría tener un valor pronóstico importante, dado que en la evaluación de otros estudios de imagen se ha detectado una baja concordancia de acuerdo con el grado de estudio del personal médico.<sup>10</sup>

Sin embargo, debido a que se trata de un método de estudio operador dependiente en el cual se requiere del conocimiento y experiencia del médico que lo evalúa, es importante identificar la variabilidad intra e interobservador,<sup>11,12</sup> ya que el tratamiento y pronóstico de los pacientes depende de una detección oportuna del vasoespasma.

Debido a lo anterior, en el presente estudio se busca identificar la concordancia en la detección de vasoespasma entre médicos residentes y especialistas para, con base en los resultados, establecer medidas educativas que permitan la detección oportuna del vasoespasma y, por ende, la realización de terapias específicas encaminadas a mejorar la supervivencia y calidad de vida de los pacientes que padecen hemorragias subaracnoideas y sus complicaciones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño

Previa autorización de los comités de investigación y ética en salud locales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) con número de registro R-2023-1001-129 se realizó un estudio de concordancia, observacional, longitudinal y analítico en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital de Especialidades No. 1 del Centro Médico Nacional del Bajío, IMSS.

De enero a septiembre de 2024 se incluyeron médicos residentes y adscritos (especialistas) a la UCI, los cuales evaluaron la presencia o ausencia de vasoespasma, mediante ultrasonido Doppler transcraneal en pacientes ingresados por hemorragia subaracnoidea de origen aneurismático (HSAa), comparando ambas mediciones con el estándar del oro (angiografía cerebral). A la totalidad de los pacientes se les realizó también angiotomografía cerebral.

**Criterios de selección sujetos de estudio:** se conformaron dos grupos para las mediciones del Doppler transcraneal (DTC): grupo de médicos residentes de primer y segundo año de la especialidad de medicina crítica y grupo de los médicos adscritos (ya titulados);

ambos grupos con entrenamiento adquirido durante su formación médica (postgrado), personal de base y activo de la institución de cualquier turno (matutino, vespertino, nocturno o jornada acumulada) que firmaran el consentimiento informado para participar del estudio. Se excluyeron médicos rotantes de otros servicios ajenos a la UCI y médicos rotantes externos de otras unidades médicas. Se eliminaron los médicos que, por razones personales (vacaciones, traslados u otro), no se encontraban para continuar con las mediciones del DTC.

**Criterios de selección de los pacientes para el DTC:** Se incluyeron pacientes mayores de 18 años que ingresaran a la UCI con diagnóstico de HSA de origen aneurismático, con estancia de al menos de 24 horas, que contaran con angiotomografía y a quienes se les realizó angiografía cerebral. Fueron excluidos los pacientes con HSA de origen no aneurismático, con antecedente de lobectomía, embarazadas y aquellos que no contaran con el reporte completo de los estudios de imagen antes mencionados.

**Método:** Al ingresar al estudio se registraron de los pacientes medidas antropométricas como peso, talla e índice de masa corporal (IMC), escalas de severidad (SOFA, APACHE II, SAPS II) y escalas pronósticas (Fisher, WFSN, VASOGRADE).

El muestreo para los participantes fue de tipo no probabilístico, por conveniencia. Posterior a la firma de consentimiento informado, se les asignó un paciente seleccionado para realizar el DTC. La insonación de la arteria cerebral media se realizó mediante ultrasonido Doppler con el equipo de USG marca Affiniti 50G Philips con traductor microconvexo 2MHz. Se realizaron tres mediciones en cada arteria cerebral media de cada lado y se consideró el promedio de éstas; se utilizó la ventana transtemporal, por encima del arco cigomático e inmediatamente por delante y levemente hacia arriba del trago del pabellón auricular.

1. Se empleó un traductor microconvexo y modo Doppler pulsado, a través de la ventana transtemporal, y se realizó la insonación de la arteria cerebral media tanto del lado derecho como del lado izquierdo.
2. Se registraron los datos obtenidos por neuromonitoreo, así como la velocidad media de la arteria carótida interna, de manera bilateral.
3. Por otro lado, se realizó la medición de vainas del nervio óptico bilateral y se infirió la presión intracraneal, así como la presión de perfusión cerebral.

Se registraron los datos y se obtuvieron los reportes de los estudios de imagen para la comparación de los resultados entre ambos grupos. A los pacientes se les dio seguimiento hasta su egreso de la UCI y su egreso hospitalario, registrando los días de estancia y la mortalidad de los mismos.

**Análisis estadístico:** se determinó mediante los valores de sesgo y curtosis de las variables cuantitativas continuas, si tuvieron distribución normal o no (prueba de Kolmogorov-Smirnov). Las variables cuantitativas continuas con distribución normal se presentaron como media  $\pm$  desviación estándar; en caso contrario, para variables que presentaron distribución no paramétrica se registraron como mediana y rangos intercuartílicos. Las variables cualitativas categóricas se expresaron como frecuencias o proporciones. Se realizó un análisis de concordancia interobservador para las mediciones sonográficas.

Se registraron los datos obtenidos, tanto del DTC, como los de estudios de imagen. Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SPSS (versión 23, IBM Corp). La comparación entre los grupos (residentes versus médicos especialistas) para las variables categóricas se realizó mediante  $\chi^2$  (o prueba exacta de Fisher, según fuese el caso) y para las variables continuas con la prueba t de Student. Para la comparación de variables continuas intragrupo se realizó la prueba t de Student para muestras dependientes o la prueba de Wilcoxon, según la distribución de los datos. La comparación de medias de tres o más medianas entre grupos se realizó mediante el análisis de ANOVA o la prueba de Kruskal-Wallis de acuerdo con la distribución reportada. Se realizó la correlación de variables cuantitativas por medio del coeficiente de correlación de Pearson o Spearman, según el tipo de distribución de las variables.

**Análisis de concordancia:** se llevó a cabo un análisis de concordancia interobservador para las mediciones sonográficas del DTC el coeficiente de correlación intraclase. Se realizó también un análisis de Bland Altman en donde se comparó el diagnóstico de vasoespasmo o no entre los dos grupos versus el resultado de angiografía cerebral.

De forma secundaria, se utilizó también el estadístico kappa, con el fin de determinar la relación y la proporción de veces en las que los evaluadores concuerdan (corregida para la concordancia en virtud de las probabilidades), para la presencia de hipertensión intracraneal diagnosticada por DTC versus angiotomografía.

## RESULTADOS

Participaron 30 médicos (15 residentes y 15 especialistas o adscritos). Se incluyeron 15 pacientes con hemorragia subaracnoidea de origen aneurismático, se observó mayor incidencia en mujeres (66.7%) que en hombres (33.3%); la edad media fue  $52 \pm 13.8$  años; del total de los pacientes incluidos, 93.3% ingresaron con aneurismas rotos versus 6.7% no rotos. Cuarenta por ciento ingreso a UCI en el prequirúrgico y 60% en el postquirúrgico, 53% de los pacientes recibieron trata-

miento con clipaje aneurismático. Se observó que 46% de los pacientes tenía por lo menos una comorbilidad, siendo la hipertensión arterial sistémica (HAS) la más prevalente con 53.33%, seguida por diabetes mellitus tipo 2 con 26.66% (Tabla 1).

Al momento de su ingreso a UCI, se calcularon escalas pronósticas y de mortalidad asociadas a HSA. En la escala de Fisher, el grado más prevalente fue el IV con 46.6%, VASOGRADE-amarillo con 53.33% y WFNS I (World Federation of Neurosurgical Societies I) con 40%. También se obtuvieron escalas de mortalidad en UCI, como SOFA (Sequential Organ Failure

Assessment) con media de  $6.8 \pm 2.3$ , APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II)  $12.8 \pm 4.41$  y SAPS II (Simplified Acute Physiologic Score II)  $32.73 \pm 14.6$  (Tabla 1).

Se realizó seguimiento a los pacientes durante toda su hospitalización. La media de estancia en UCI fue  $3.6 \pm 2.5$  días y la hospitalaria  $6.13 \pm 3.13$  días. El 26.6% de los pacientes fallecieron, 53.33% fueron egresado por mejoría y 20% presentaron muerte encefálica.

En relación con la concordancia y asociación de las medidas obtenidas por Doppler transcraneal, se compararon los resultados obtenidos por ambos grupos. Se realizó un análisis de concordancia mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI); hubo una buena concordancia (con valor de p significativo) entre ambos grupos (Tabla 2), específicamente para la ACM derecha e izquierda en las variables: velocidad sistólica, velocidad diastólica, velocidad media, índice de pulsatilidad, velocidad media carotídea y la medición de la VNO. Se utilizó el índice de Lindegaard como subrogado de la angiografía cerebral, para la detección de vasoespasmo con un CCI 0.714, IC95% 0.410-0.863 ( $p < 0.0001$ ) para el lado derecho y CCI 0.899, IC95% 0.790-0.952 ( $p < 0.0001$ ) entre ambos grupos (Tabla 2).

Además, se realizó un análisis de Bland Altman en donde se comparó el índice de Lindegaard entre los dos grupos sin encontrar diferencia significativa ( $p = 0.474$ ) (Figura 1). Se demostró buena concordancia entre las mediciones realizadas tanto por médicos residentes como por los médicos adscritos.

Se realizó la estimación de la presión intracraneal (PIC) mediante la fórmula  $PIC = VNO \text{ (mm)} \times 5.69 - 8.23$ , tomando en cuenta el promedio de las mediciones obtenidas de la VNO de manera bilateral, se consideró hipertensión intracraneal (HIC) si ésta excedía los 20 mmHg, para el grupo de médicos residentes se obtuvo CCI 0.895, IC95% 0.780-0.950 ( $p < 0.0001$ ) y correlación de  $r = 0.808$  ( $p < 0.0001$ ); para el de médico adscrito CCI 0.775, IC95% 0.523-0.893 ( $p < 0.0001$ ) y correlación de  $r = 0.626$  ( $p < 0.0001$ ). De forma secundaria, se utilizó se obtuvo un coeficiente Kappa, la concordancia observada en la detección de HIC entre la medición de la VNO por DTC y VNO mediante angiotomografía de cráneo (TC) para los médicos residentes fue de 0.675 ( $p < 0.0001$ ) y para los médicos especialistas de 0.453 ( $p = 0.011$ ), demostrando la utilidad del ultrasonido (USG) para detección de hipertensión intracraneal y, al menos en este estudio, una mejor detección de la HIC por el médico residente.

## DISCUSIÓN

Se han realizado múltiples estudios acerca de la concordancia interobservador en estudios sonográficos<sup>13-16</sup> y sobre la importancia de un adecuado adiestramien-

**Tabla 1: Características demográficas de la población en estudio (N = 15).**

	n (%)
Sexo	
Femenino	10 (66.73)
Masculino	5 (33.33)
Edad (años)*	52 ± 13.8
Signos vitales*	
TAS (mmHg)	138.07 ± 21.45
TAD (mmHg)	75.80 ± 12.45
TAM (mmHg)	96.55 ± 14.21
FC (lpm)	78 ± 26.28
FR (rpm)	18 ± 2.4
Saturación oxígeno	96 ± 2.25
Comórbidos	
DM2	4 (26.66)
HAS	8 (53.33)
Otra	4 (26.66)
Motivo de egreso	
Mejoría	8 (53.33)
Defunción	4 (26.66)
Muerte encefálica	3 (20.00)
Escalas*	
SOFA	6.8 ± 2.3
APACHE II	12.8 ± 4.41
SAPS II	32.73 ± 14.6
Fisher	
I	2 (13.33)
II	1 (6.66)
III	5 (33.33)
IV	7 (46.66)
VASOGRADE	
Verde	4 (26.66)
Amarillo	8 (53.33)
Rojo	3 (20.00)
WFNS	
I	6 (40.00)
II	3 (20.00)
III	2 (13.33)
IV	3 (20.00)
V	1 (6.66)

APACHE II = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II. DM2 = diabetes mellitus tipo 2. FC = frecuencia cardíaca. FR = frecuencia respiratoria. HAS = hipertensión arterial sistémica. lpm = latidos por minuto. rpm = respiraciones por minuto. SAPS II = Simplified Acute Physiology Score II. SOFA = Sequential Organ Failure Assessment. TAD = tensión arterial diastólica. TAM = tensión arterial media. TAS = tensión arterial sistólica. WFNS = World Federation of Neurosurgical Societies.

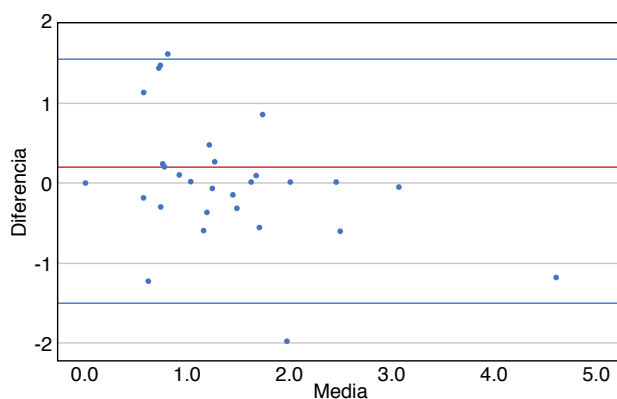
\* Valores expresados como media ± desviación estándar.

**Tabla 2: Concordancia y asociación de hemodinamia cerebral por medio de ultrasonido Doppler transcraneal entre médicos residentes y adscritos.**

	Concordancia			Asociación	
	CCI	IC95%	p	Correlación r	p
<b>Arteria cerebral media derecha</b>					
Profundidad (cm)	0.422	0.225-0.726	0.076	0.555	0.001
Angulación (°)	0.412	0.210-0.717	0.076	0.345	0.062
Velocidad sistólica (cm/s)	0.730	0.427-0.872	< 0.0001	0.568	0.001
Velocidad diastólica (cm/s)	0.608	0.167-0.814	0.008	0.611	< 0.0001
Velocidad media (cm/s)	0.667	0.304-0.841	0.002	0.500	0.005
Índice de pulsatilidad	0.816	0.611-0.913	< 0.0001	0.868	< 0.0001
Presión de perfusión cerebral (mmHg)	0.777	0.528-0.894	< 0.0001	0.640	< 0.0001
Velocidad media carotídea (cm/s)	0.792	0.560-0.901	< 0.0001	0.650	< 0.0001
Índice de Lindegaard	0.714	0.410-0.863	< 0.0001	0.603	< 0.0001
Vaina del nervio óptico (mm)	0.726	0.451-0.874	< 0.001	0.584	0.001
<b>Arteria cerebral media izquierda</b>					
Profundidad (cm)	0.475	0.125-0.753	0.048	0.294	0.114
Angulación (°)	0.563	0.094-0.790	0.014	0.527	0.003
Velocidad sistólica (cm/s)	0.677	0.331-0.845	0.001	0.331	0.074
Velocidad diastólica (cm/s)	0.893	0.766-0.950	< 0.0001	0.845	< 0.0001
Velocidad media (cm/s)	0.806	0.576-0.909	< 0.0001	0.727	< 0.0001
Índice de pulsatilidad	0.801	0.580-0.906	< 0.0001	0.731	< 0.0001
Presión de perfusión cerebral (mmHg)	0.876	0.736-0.941	< 0.0001	0.852	< 0.0001
Velocidad media carotídea (cm/s)	0.841	0.667-0.925	< 0.0001	0.502	0.005
Índice de Lindegaard	0.899	0.790-0.952	< 0.0001	0.848	< 0.0001
Vaina del nervio óptico (mm)	0.792	0.562-0.901	< 0.0001	0.659	< 0.0001
Presión intracraneal*	0.768	0.512-0.890	< 0.0001	0.623	< 0.0001

CCI = coeficiente de correlación intraclass. IC95% = intervalo de confianza de 95%.

\* La presión intracraneal fue estimada con el promedio obtenido de la vaina del nervio óptico derecha e izquierda.



**Figura 1:** Diagrama de Bland-Altman donde se compara el índice de Lindegaard entre el grupo de médicos residentes versus adscritos ( $p = 0.474$ ).

to en las técnicas para diversos estudios de imagen, ya que cualquier estudio diagnóstico instrumentado es considerado observador dependiente. Sin embargo, con un correcto entrenamiento, los índices de concordancia mejoran significativamente.<sup>15</sup>

Diversas instituciones cuentan con un número sugerido de exámenes realizados por un profesional de la salud antes de poder llevar a cabo un estudio de imagen sin la supervisión de un mentor (por ejemplo, el

*Royal College of Radiologists* recomienda mínimo 100 exámenes con apoyo de un superior).<sup>16</sup> Sin embargo, se ha comprobado que un número fijo de estudios o un tiempo determinado de entrenamiento no garantiza, necesariamente, una alta concordancia entre los médicos.<sup>17</sup>

El Doppler transcraneal es un procedimiento diagnóstico no invasivo realizado con un ultrasonido que mide la velocidad del flujo sanguíneo hacia las principales arterias del cerebro por medio del rastreo de la circulación cerebral y del índice de pulsatilidad;<sup>13</sup> provee una valoración confiable del flujo sanguíneo cerebral de los pacientes en tiempo real, además de ser un método relativamente económico, conveniente en situaciones de emergencia y libre de riesgos para el paciente.<sup>14</sup> Este método ofrece información valiosa acerca de la hemodinamia cerebral, ya que permite la detección de complicaciones como HIC, hidrocefalia, isquemia cerebral retardada y vasoespasmio. Cagnazzo y colaboradores demostraron la influencia de la HIC en el desarrollo de isquemia cerebral retardada (ICR), valores de PIC < 6.7 mmHg se consideran protectores, ya que reduce la presión alrededor de los capilares, mejorando los intercambios nutricionales en el parénquima cerebral.<sup>18</sup> Estos hallazgos concuerdan con los de Fugate y aso-

ciados quienes demostraron que una PIC < 5 mmHg puede mejorar la microcirculación y la perfusión tisular.<sup>19</sup> Aunque un umbral de tratamiento de PIC no está establecido, la Guía de práctica clínica para el manejo crítico de pacientes con HSA 2023 propone un algoritmo terapéutico con un punto de corte de 20 mmHg.<sup>20</sup>

En el caso del vasoespasmo la angiografía cerebral por sustracción digital continúa siendo la herramienta diagnóstica más importante para su detección; sin embargo, es un procedimiento invasivo y se asocia con morbilidad, además de no poder ser utilizada de manera portátil en sala de urgencias o en la cama del paciente. Por estos motivos, el ultrasonido Doppler transcraneal representa una herramienta de vital importancia para detectar el vasoespasmo en etapas tempranas (sobre todo antes de ser clínicamente evidente), así como para monitorizar la progresión del vasoespasmo antes y después del tratamiento.<sup>2</sup>

Dos limitantes importantes deben ser acentuadas, ya que disminuyen de manera drástica la utilidad del ultrasonido Doppler transcraneal. El primer factor corresponde a características intrínsecas del paciente, ya que se ha observado disminución en la eficacia de la detección de vasoespasmo en pacientes de raza negra, asiáticos o mujeres caucásicas de la tercera edad. Todo esto se debe al grosor y a la porosidad del hueso localizado en las ventanas acústicas, lo cual atenúa la transmisión de la onda de ultrasonido.<sup>2</sup>

La segunda limitante, y la más relevante, es que el ultrasonido Doppler transcraneal es altamente operador-dependiente, ya que requiere que el médico que lleve a cabo el procedimiento conozca la anatomía cerebrovascular a la perfección, así como todas las variantes anatómicas que se puedan presentar.

La adquisición de las señales del ultrasonido Doppler transcraneal es un proceso desafiante y dinámico, que requiere la interpretación y la respuesta de un sonografista adecuadamente capacitado. Estudios recientes demuestran que la validez del este estudio es altamente dependiente del buen entrenamiento y experiencia del médico responsable. Además de disminuir la variabilidad intra e interoperador, un adecuado adiestramiento puede tener un impacto tremendo en las consecuencias clínicas de los pacientes sometidos a ultrasonido Doppler transcraneal, en el contexto de un vasoespasmo cerebral.<sup>2</sup>

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se identificó adecuada concordancia en la detección de vasoespasmo mediante Doppler transcraneal entre médicos residentes y especialistas comparadas con angiografía cerebral, así como para otras variables obtenidas de la hemodinámica cerebral. Respecto a la hipertensión intracraneana

calculada por DTC y angiografía, se reportó mejor concordancia para el grupo de médicos residentes. La importancia del estudio radica en detectar áreas de oportunidad en ambos grupos para establecer medidas educativas que permitan la detección oportuna de las diferentes entidades susceptibles de ser identificadas por el Doppler transcraneal el cual es inocuo, a la cabecera del paciente y, por ende, posibilita la realización de terapias específicas encaminadas a mejorar la supervivencia y calidad de vida de los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea.

## REFERENCIAS

- Goh V; National Institute for Health Research Clinical Research Network Imaging Network Steering Group; Royal College of Radiologists' Academic Committee. The National Institute for Health Research: making an impact in imaging research. *Clin Radiol.* 2019;74(3):242-246.
- Gervith R, Guerra RM, Acosta GR, Ayala AA, César J, Barraza S, et al. Vasoespasmo cerebral posterior a hemorragia subaracnoidea aneurismática: Métodos diagnósticos y escalas de valoración. *Rev Hosp Jua Mex.* 2008;75(3):206-212.
- De la Garza-Longoria RS, Maldonado-Mancillas JA, Mendoza-Múzquiz PL, Sánchez L. Incidencia de enfermedad cerebrovascular en un servicio de medicina interna. *Med Int Méx.* 2018;34(6):874-880.
- Mourello-Fariña M, Galeiras R, Pértega S, Aller AV. Perfil clínico y evolución de pacientes con hemorragia subaracnoidea durante 11 años. *Neurocir.* 2021;32(1):10-20.
- Rasulo FA, Bertuetti R. Transcranial Doppler and optic nerve sonography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(1):S38-S52. doi: 10.1053/j.jvca.2019.03.040.
- Samagh N, Bhagat H, Jangra K. Monitoring cerebral vasospasm: how much can we rely on transcranial Doppler. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2019;35(1):12-18. doi: 10.4103/joacp.JOACP\_192\_17.
- Fragata I, Cunha B, Canhao P. Imaging predictors of vasospasm and delayed cerebral ischaemia after subarachnoid haemorrhage. *Curr Treat Options Neurol.* 2020;22:47.
- Kumar G, Shahripour RB, Harrigan MR. Vasospasm on transcranial Doppler is predictive of delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg.* 2016;124(5):1257-1264. doi: 10.3171/2015.4.JNS15428.
- Lysakowski C, Walder B, Costanza MC, Tramèr MR. Transcranial Doppler versus angiography in patients with vasospasm due to ruptured cerebral aneurysm: a systematic review. *Stroke.* 2001;32:2292-2298.
- Oliveira AJM de, Rabelo NN, Telles JPM, Solla DJF, Coelho ACS da S, Barbosa GB, et al. Neutrophil-to-lymphocyte and platelet-to-lymphocyte ratios and prognosis after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a cohort study. *Arq Neuropsiquiatr.* 2023;81(6):515-523.
- Park S-H, Kim TJ, Ko S-B. Transcranial Doppler monitoring in subarachnoid hemorrhage. *J Neurosonology Neuroimaging.* 2022;14(1):1-9.
- O'Brien MJ, Dorn AY, Ranjbaran M, Nie Z, Scheidt M, Mirnateghi N, et al. Fully automated transcranial Doppler ultrasound for middle cerebral artery insonation. *J Neurosonology Neuroimaging.* 2022;14(1):27-34.
- Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg.* 1982;57(6):769-774. doi: 10.3171/jns.1982.57.6.0769.
- Ali MF. Transcranial Doppler ultrasonography (uses, limitations, and potentials): a review article. *Egypt J Neurosurg.* 2021;36:20.
- Bhuiyan MR, Deb S, Mitchell RA, Teddy PJ, Drummond KJ. The effect of formal training on the clinical utility of transcranial Doppler

- ultrasound monitoring in patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *J Clin Neurosci*. 2012;19(9):1255-1260.
16. Negreros-Osuna JP, Zatarain-Bayliss L, Dehesa-Lopez E, Peraza-Garay FJ. Concordancia interobservador en el diagnóstico tomográfico de dolor abdominal en estudio entre residentes de Imagenología y médicos imagenólogos. *Rev Med DUAS*. 2022;12(1).
  17. Lee HJ, Yoon DY, Seo YL, Kim JH, Baek S, Lim KJ, et al. Intraobserver and interobserver variability in ultrasound measurements of thyroid nodules. *J Ultrasound Med*. 2018;37(1):173-178.
  18. Egado JA, Garcia AM, Del Prado-Gonzalez N, Fuentes-Ferrer M, Lopez-Herranz M, Simal-Hernández P, et al. Impact of clinical training on supra-aortic duplex and transcranial doppler examination concordance: impact of ultrasound hands-on training. *J Clin Ultrasound*. 2016;44(9):571-579.
  19. Mexicana De Anestesiología R, Díaz-Carrillo MA. Aplicaciones ultrasonográficas en neuromonitoreo: Doppler transcraneal. *Rev Mex Anestesiol*. 2017;40(Supl. 1):S258-S259.
  20. Scherle-Matamoros CE, Pérez-Nellar J, Fernández-Cue L. Vasoespasmo sintomático: caracterización clínica. *Neurocirugía*. 2011;22(2):116-122.

*Correspondencia:*

**Ma. Natalia Gómez González**

**E-mail:** nataliag18@hotmail.com