



Artículo Original

Validez del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía para el diagnóstico de hipertensión intracraneana en traumatismo craneoencefálico severo

Validity of the optical nerve sheath diameter by ultrasonography for the diagnosis of intracranial hypertension in severe craneoencephalic trauma

DOI

Rodrigo Zamora-Cueva^{1,a}, Gustavo Vásquez-Tirado^{1,b,c}

<https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.142.1029>

RESUMEN

Objetivo: Determinar la validez del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía para el diagnóstico de hipertensión intracraneana en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo. **Material y métodos:** Se Realizó un estudio de prueba diagnósticas que evaluó a 43 pacientes con sospecha de hipertensión intracraneana secundario a un traumatismo craneoencefálico severo, que cumplieron los criterios diagnósticos según la "Regla de Decisión Clínica" basado en hallazgos clínicos y tomográficos, luego se realizaron mediciones de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía en el Hospital Regional Docente de Trujillo entre Mayo del 2019 -Enero del 2020. **Resultados:** De un total de 43 pacientes, al procesar los datos mediante la curva ROC, se obtuvo un punto de corte del diámetro de la vaina del nervio óptico de 6,05 mm equivalente a hipertensión intracraneana, con un área bajo la curva (AUC) de 0.776 (P=0.004); sensibilidad, especificidad, valor de predicción positiva y negativa de 82,76%, 57,14%, 80% y 61,54% respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre los 2 grupos en cuanto a sexo, edad, anisocoria e hipotensión arterial diastólica. **Conclusiones:** El diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía tiene validez para el diagnóstico de hipertensión intracraneana secundario a un traumatismo craneoencefálico severo.

Palabras Clave: Hipertensión intracraneal; Vaina de mielina; traumatismo craneocerebrales; nervio óptico; Lesiones Traumáticas del Encéfalo; Ultrasonografía. (Fuente: DeCS-BIREME).

ABSTRACT

Objective: To determine the validity of the diameter of the optic nerve sheath by ultrasound for the diagnosis of intracranial hypertension in patients with severe traumatic brain injury. **Material and methods:** A diagnostic test study was carried out in 43 patients with suspected intracranial hypertension secondary to severe traumatic brain injury, who fulfilled the diagnostic criteria according to the "Clinical Decision Rule" based on clinical and tomographic findings, then were made measurements of the optic nerve sheath by ultrasound at the Regional Teaching Hospital of Trujillo between May 2019 -January 2020. **Results:** From a total of 43 patients, when processing the data using the ROC curve, a cut point of the diameter of the optic nerve sheath of 6.05 mm was obtained, equivalent to intracranial hypertension, with an area under the curve (AUC) of 0.776 (P = 0.004); sensitivity, specificity, positive and negative prediction value of 82.76%, 57.14%, 80% and 61.54% respectively. No significant differences were found between the 2 groups in terms of sex, age, anisocoria and diastolic arterial hypotension. **Conclusions:** The diameter of the optic nerve sheath measured by ultrasound is valid for the diagnosis of intracranial hypertension secondary to severe traumatic brain injury.

Keywords: Intracranial hypertension; Myelin Sheath; Craniocerebral Trauma; Optic nerve; Brain Injuries, Traumatic; Ultrasonography. (Source: DeCS-BIREME).

FILIACIÓN

1. Escuela de Medicina, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- a. Médico Cirujano.
- b. Médico Internista.
- c. Médico intensivista.

ORCID

1. Luis Rodrigo Zamora cueva
[0000-0001-8384-9912](https://orcid.org/0000-0001-8384-9912)
2. Gustavo Vásquez-Tirado
[0000-0002-2109-6430](https://orcid.org/0000-0002-2109-6430)

CORRESPONDENCIA

Luis Rodrigo Zamora cueva
Dirección: Urb. Las Vegas Mz Q lote 34 - Víctor Larco Herrera
Teléfono: 976253693

EMAIL

rodry_908@hotmail.com

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores niegan conflictos de interés.

FINANCIAMIENTO

Autofinanciamiento.

REVISIÓN DE PARES

Recibido: 08/12/2020
Aceptado: 30/04/2021

COMO CITAR

Zamora-Cueva, R., & Vásquez-Tirado, G. Validez del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía para el diagnóstico de hipertensión intracraneana en traumatismo craneoencefálico severo. Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, 2021, 14 (2), 139-144.
<https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.142.1029>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Versión Impresa: ISSN: 2225-5109
Versión Electrónica: ISSN: 2227-4731
Cross Ref. DOI: 10.35434/rcmhnaaa
OJS: <https://cmhnaaa.org.pe/ojs>

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud ratificó que anualmente los accidentes automovilísticos son los responsables del deceso de cerca de 1,5 millones de personas⁽¹⁾. En el Perú, el traumatismo craneoencefálico constituye la séptima causa de mortalidad y discapacidad, afectando con más frecuencia a la población económicamente activa^(2,3).

La presión intracraneana está determinada por el encéfalo (87%), líquido cefalorraquídeo (9%) y vasos sanguíneos (4%)⁽⁴⁾. Según la ley de Monro-Kellie, existe un equilibrio compensatorio entre dichos componentes, cuando se produce una lesión que sobrepasa los 20-22 mmHg genera agotamiento de dichos mecanismos compensadores y produce hipertensión intracraneana⁽⁵⁾.

El Gold Estándar de hipertensión intracraneana se realiza mediante la colocación quirúrgica de un dispositivo de monitoreo intracraneal⁽⁶⁾. Pero en muchos países subdesarrollados, este procedimiento está limitado a un reducido número de pacientes debido a múltiples factores^(7,8).

Actualmente la ultrasonografía transorbital es un método diagnóstico indirecto que posee una notable importancia debido a que es seguro, no invasivo, repetible, inocuo, económico y permite una medición en tiempo real⁽⁹⁾. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico también se puede cuantificar por otras técnicas radiológicas como tomografía computarizada y resonancia magnética, pero ninguna de dichas técnicas supera en precisión diagnóstica a la ecografía⁽¹⁰⁾.

En la actualidad muchos estudios proponen que entre 5 a 5,2 mm de diámetro de la vaina del nervio óptico es equivalente a 20 mmHg de presión intracraneal⁽¹¹⁻¹³⁾.

Respecto a los estudios previos en pacientes con hipertensión intracraneana secundaria a un traumatismo craneoencefálico severo, Tayal V et al, encontraron que un diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía superior a 5 mm era equivalente a hallazgos tomográficos sugerentes de hipertensión intracraneal⁽¹⁴⁾. Por otro lado, Aduayia O et al, demostraron que el valor con más precisión diagnóstica fue 5,2 mm, logrando distinguir un paciente sano de un paciente con hipertensión intracraneal de cualquiera etiología⁽⁵⁾. Además, Komut et al, encontraron que un diámetro de la vaina del nervio óptico de 5,3 mm era equivalente al desplazamiento de la línea media mostrando una sensibilidad de 70% y especificidad de 74%, concluyendo que es un método eficaz en la determinación de la presión intracraneana en el servicio de urgencias⁽¹⁵⁾.

La relevancia de esta investigación, se debe a que durante la práctica clínica en países con recursos limitados como el Perú, la hipertensión intracraneana secundaria a traumatismo craneoencefálico severo se diagnostica por medio de la correlación de hallazgos clínicos y tomográficos debido a que el uso del estándar diagnóstico es limitado a un escaso número de pacientes principalmente por su costo elevado; por lo cual la medición indirecta de la presión intracraneana por medio del diámetro de la vaina del nervio

óptico por ultrasonografía es una alternativa prometedora que posee un alto índice de sensibilidad, especificidad y diversas ventajas frente a otras técnicas diagnósticas.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación fue de tipo observacional, analítico de pruebas diagnósticas. La población de estudio fueron pacientes con Traumatismo craneoencefálico severo con sospecha de hipertensión intracraneana en el servicio de shock trauma y unidad de cuidados intensivos (UCI) del hospital Regional Docente de Trujillo durante el periodo comprendido entre Mayo del 2019- Enero del 2020. El periodo de recolección de datos fue durante los meses de mayo del 2019-Enero del 2020 acudiendo al hospital 2 veces a la semana aproximadamente durante el turno tarde.

Dentro de los criterios de inclusión se consideraron a los pacientes entre 18-85 años de edad con escala de coma de Glasgow al ingreso ≤ 8 puntos, con una medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía entre 12-72 horas después del traumatismo craneoencefálico severo. Los criterios de exclusión abarcaron a los pacientes con trauma ocular, tumor cerebral, neuritis óptica, neuropatía óptica, insuficiencia hepática, patologías tiroideas y gestantes.

En cuanto a la determinación del tamaño muestral se utilizó la totalidad de la población debido al número limitado de pacientes, fueron 43 pacientes y el método de selección fue por conveniencia.

Respecto a las variables, la variable resultado es la hipertensión intracraneana definida como aquellos pacientes que cumplan con 1 criterio mayor o 2 criterios menores de la "Regla de decisión clínica" (16): Los Criterios mayores fueron: Cisternas comprimidas (Marshall III), Desplazamiento de la línea media > 5 mm (Marshall IV) y lesión masiva no evacuada (> 25 cm³). Por otro lado, los Criterios menores: Puntaje de escala de coma de Glasgow motor ≤ 4 , Asimetría pupilar, Reactividad pupilar anormal, Marshall II (cisternas basales están presentes con un cambio en la línea media de Lesión de 0-5 mm y / o alta o de densidad mixta de ≥ 25 cm³), los cuales fueron comprobados al revisar el informe tomográfico en las historias clínicas. Por otro lado, la variable exposición, que fue el diámetro de la vaina del nervio óptico se obtuvo con la medición por ultrasonografía transocular, utilizando un ecógrafo Samsung Medison EKO 7, con transductor lineal de 8 MHz, L5 -13/S; y se consideró el diámetro más elevado entre ambos ojos. A su vez las variables intervinientes como: sexo, edad, escala de coma de Glasgow al ingreso, hipotensión arterial diastólica y anisocoria fueron recolectadas de la historia clínica de ingreso.

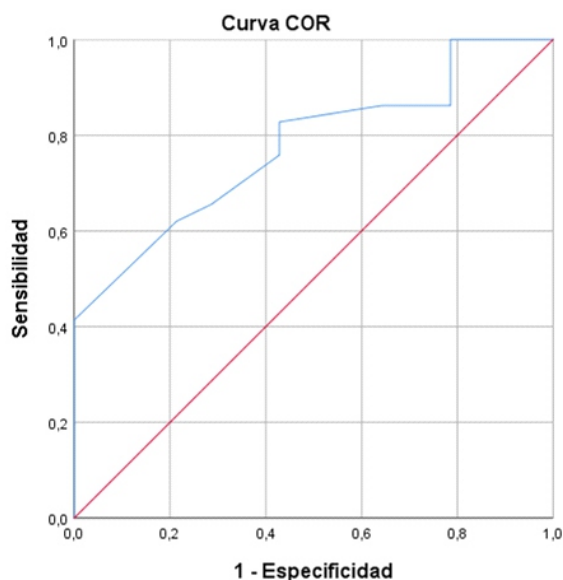
Análisis de datos: los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete Estadístico EPIDAT 4.2 e IBM SPSS Statistics 25; Se determinó el punto de corte óptimo en la población mediante la curva de características operador-receptor (ROC). Los resultados se presentaron en tablas cruzadas con los indicadores de sensibilidad, especificidad, Valor de predicción positiva y negativa. Para validar la prueba diagnóstica se usó los indicadores de razón de verosimilitud positiva y negativa.

Aspectos éticos: la presente investigación cumple con los principios establecidos en el código de ética y deontología del colegio médico del Perú y declaración de Helsinki (Artículo: 6,7,14 y 21). La información que se consiguió durante el proceso de recolección de datos fue de uso específico del personal investigador, manteniendo en reserva los datos obtenidos. No fue necesario solicitar consentimiento informado puesto que es un estudio de tipo observacional.

RESULTADOS

En la presente investigación se hizo la recolección de datos con la ayuda de la ficha observacional e historia clínica de pacientes con traumatismo craneoencefálico severo con sospecha de hipertensión intracraneana, atendidos en el servicio de shock trauma-UCI del hospital Regional Docente de Trujillo durante el periodo mayo del 2019 - Enero del 2020; teniendo una totalidad de 43 pacientes, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, fueron evaluados de acuerdo a la “regla de decisión clínica” para identificar hipertensión intracraneana, de los cuales 67,4 % cumplieron con dichos criterios y 32,6 % no los cumplieron.

Se analizaron los datos mediante la curva ROC y se obtuvo que un diámetro de la vaina del nervio óptico de 6,05 mm es el punto de corte óptimo y equivalente a hipertensión intracraneana, a su vez se obtuvo un área bajo la curva (AUC) de 0,776 por lo cual la exactitud de esta prueba es estadísticamente significativa ($P=0,004$). (Figura 1).



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.
AUC = 0,776 (IC 95% 0.638-0.914)

Figura 1.

Curva ROC del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico para el Diagnóstico de Hipertensión Intracraneana en pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Severo en el Hospital Regional Docente de Trujillo, periodo Mayo del 2019 - Enero del 2020

Tabla 1. Validez del Diámetro elevado de la Vaina del Nervio Óptico e Hipertensión Intracraneana en Pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Severo en el Hospital Regional Docente de Trujillo, periodo Mayo del 2019 - Enero del 2020

Diámetro elevado de la Vaina del Nervio Óptico	Hipertensión Intracraneana según "Regla de Decisión Clínica"		Total
	Si	No	
Elevado	24	6	30
No elevado	5	8	13
Total	29	14	43

Punto de corte: $\geq 6,05$			
Indicadores	Valor	IC (95%)	
Sensibilidad (%)	82,76	67,29	98,23
Especificidad (%)	57,14	27,65	86,64
Valor predictivo + (%)	80	64,02	95,98
Valor predictivo - (%)	61,54	31,25	91,83
Razón de verosimilitud +	1,93	1,03	3,62
Razón de verosimilitud -	0,3	0,12	0,76

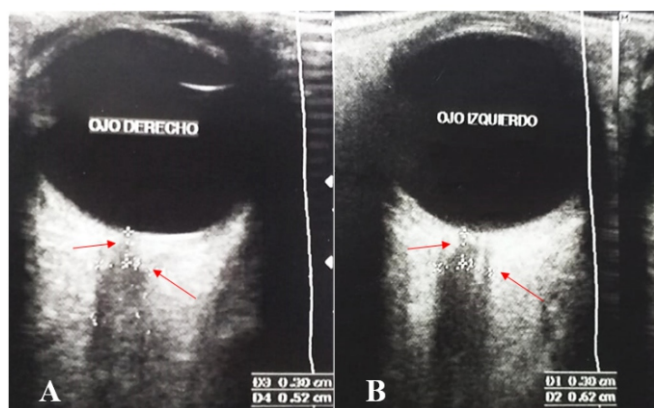
Con el punto de corte establecido mediante curva ROC se obtuvo una sensibilidad y especificidad de 82,76% y 57,14%, respectivamente y un valor de predicción positiva y negativa de 80% y 61,54%. (Tabla 1) (Figura 2).

Tabla 2. Validez del Diámetro elevado de la Vaina del Nervio Óptico e Hipertensión Intracraneana en Pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Severo en el Hospital Regional Docente de Trujillo, periodo Mayo del 2019 - Enero del 2020.

Variables intervinientes	Hipertensión Intracraneana según		p	
	Si = 29	No= 14		
Edad	37 (25-57)	41 (30-54)	1,000	
Escala de Coma de Glasgow	6 (5-7)	7 (7-7)	0,031	
Sexo	Masculino	27 (93)	12 (86)	0,434
	Femenino	2 (7)	2 (14)	
Hipotensión arterial diastólica	Si	13 (45)	6 (43)	0,903
	No	16 (55)	8 (57)	
Anisocoria	Si	16 (55)	6 (43)	0,449
	No	13 (45)	8 (57)	

mediana (P25 P75), U de Mann-Whitney, $p < 0,05$ significativo
n (%), Chi Cuadrado de Pearson, $p < 0,05$ significativo

En cuanto a las variables intervinientes, las variables edad y escala de coma de Glasgow no cumplen con el supuesto de normalidad por lo tanto se utilizó mediana en lugar de media y rangos intercuartílicos en lugar de desviación estándar, y como prueba estadística se utilizó la U de Mann-Whitney en lugar de T-student. De una totalidad de pacientes con hipertensión intracraneana, 27 hombres y 2 mujeres, con una edad media de 37 años y mediana de escala de coma de Glasgow al ingreso de 6, mientras que los pacientes que no cumplieron con los criterios de hipertensión intracraneana, de los cuales 12 hombres y 2 mujeres, con una edad media de 41 años y una mediana escala de Glasgow ingreso de 7. La única variable que se asocia a hipertensión intracraneana es la escala de coma de Glasgow al ingreso por tener un valor $p < 0,05$, quiere decir que el valor de esta escala es menor en valor mediano en los pacientes que tienen hipertensión intracraneana en comparación con los que no tienen esta patología, por otro lado, No se encontraron diferencias significativas entre los 2 grupos en cuanto a sexo, edad, anisocoria e hipotensión arterial diastólica (Tabla 2).



Fuente: Ecógrafo Samsung Medison EKO 7 con transducción lineal de 8 MHz

Figura 1.

Imágenes del diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía a una distancia de 3 mm del borde de la retina en Pacientes con Traumatismo Craneoencefálico Severo en el Hospital Regional Docente de Trujillo, periodo Mayo del 2019 - Enero del 2020

- A. Lado derecho: diámetro de la vaina del nervio óptico de 5.2 mm equivalente a presión intracraneana normal B
A
B. Lado izquierdo: diámetro de la vaina del nervio óptico de 6.2 mm equivalente a Hipertensión intracraneana

DISCUSIÓN

El traumatismo craneoencefálico es un problema de salud pública y es considerado como una enfermedad silenciosa que afecta a cerca de 70 millones de personas al año. Debido a que es una importante causa de ingreso hospitalario, se continúa investigando alternativas para el diagnóstico precoz de hipertensión intracraneana, la cual es la principal causa de mal pronóstico en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo⁽¹⁷⁾. En países, como el Perú con recursos limitados en el área de salud, es poco factible la utilización del catéter de monitoreo de presión intracraneana, además de ello no se justifica su uso debido a que no mejora la mortalidad, solo disminuye la estancia en Unidad de cuidados intensivos y el tiempo de ventilación

mecánica^(18,19).

Por otro lado, en la mayoría de hospitales del Perú el diagnóstico de Hipertensión intracraneana se realiza mediante hallazgos clínico-tomográficos por lo cual una forma metódica y ordenada es la “Regla de Decisión Clínica”, la cual está validada en Latinoamérica y se basa principalmente en la clasificación tomográfica de Marshall, la cual posee una sensibilidad de 93.9%, especificidad de 42.4% y valor de predicción positiva y negativa de 55.5% y 90% respectivamente⁽¹⁶⁾.

Por lo mencionado es necesario el desarrollo de un método diagnóstico indirecto que permita corroborar la presencia o ausencia de Hipertensión intracraneana de manera cualitativa, que sea accesible a la mayoría de centros de salud de diferentes niveles para mejorar de manera sustancial el pronóstico a corto y largo plazo, a su vez evitaría el sobretratamiento^(8,9).

En esta investigación se planteó un método indirecto para medir la presión intracraneana a través del diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía. A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis alternativa general que establece que el diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía puede diagnosticar de manera indirecta hipertensión intracraneana. Nuestros resultados demostraron que el punto de corte óptimo del diámetro de la vaina del nervio óptico de 6,05 mm, guardan relación con lo que sostienen Altayarl et al, que evaluaron a 48 pacientes con traumatismo craneoencefálico severo y estableció una relación entre los hallazgos tomográficos sugestivos de hipertensión intracraneana y un diámetro de la vaina del nervio óptico $> 6,1$ mm como punto de corte, con un área bajo la curva (AUC) de 0,85 ($p=0,006$), sensibilidad de 84,62%, especificidad de 66,67%, valor de predicción positiva y negativa de 78,6% y 75% respectivamente⁽²⁰⁾. Por otro lado, Munawar et al, evaluaron a 100 pacientes con traumatismo craneoencefálico severo y consideraron como estándar diagnóstico a los hallazgos tomográficos sugestivos de edema cerebral difuso y los compararon con el diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ecografía, donde se obtuvo un punto de corte de $\geq 5,8$ mm, con una sensibilidad de 94%, especificidad de 96,08%, valor de predicción positivo y negativo de 92,08% y 94,23% ($p<0,05$) respectivamente⁽²¹⁾.

En la actualidad no existe un punto de corte estandarizado para definir a un paciente con hipertensión intracraneana, se debe a factores como sexo, edad, raza y peso; así como lo demuestra Lijuan Wang et al, que realizaron una medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ecografía a 230 pacientes, y se obtuvo un valor $> 4,3$ mm, el cual era que era equivalente a hipertensión intracraneana; dicho valor es inferior al de otros países, concluyendo que existe un componente étnico-racial⁽²²⁾. A su vez García et al, demostró que hay diferencia de 0,4 mm de diámetro a favor del sexo masculino y en pacientes mayores de 50 años⁽²³⁾. Por otro lado, el porcentaje de pacientes que no tuvieron asociación entre la hipertensión intracraneana y el diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía, se debió a que esta estructura no es completamente circular y el espacio subaracnoideo es una cámara heterogénea⁽²⁴⁾.

En lo que respecta a las variables intervinientes, la única variable que se asoció a hipertensión intracraneana fue la escala de Glasgow al ingreso como lo respalda Majdan et al y Hoffman et al, los cuales describieron una notable asociación entre un bajo puntaje de escala de coma de Glasgow al ingreso y la hipertensión intracraneana secundaria a un traumatismo craneoencefálico severo a su vez las variables mencionadas se relacionan con una mortalidad cercana al 50%. También describieron que, de la totalidad de los pacientes, 45% desarrollara hipertensión intracraneal temprana (< 48 horas), 23% de manera tardía (> 48 h) y solo 32% no desarrollan hipertensión intracraneana; a su vez puede llegar a relacionarse con una mortalidad cercana al 50%^(19,25).

Nourallah et al, en su análisis específico menciona que el sexo femenino se asocia menos a hipertensión intracraneana debido a que posee un mayor umbral que el sexo masculino; a su vez menciona que una presión intracraneana mayor a 20,5 mmHg se asocia con mal pronóstico a largo plazo y una mayor a 21,3 mmHg con mortalidad. En nuestro estudio no es posible comentar debido a la escasa población femenina⁽²⁶⁾.

Jahns et al, describió una asociación significativa entre hipertensión intracraneana y la anisocoria medida por pupilometría. También se encontró una asociación directa con el bajo puntaje de la escala de coma de Glasgow, posiblemente atribuida a la compresión directa del tronco encefálico ó la disminución de la perfusión del nervio óptico secundario a la hipertensión intracraneana⁽²⁷⁾. En nuestro estudio no hubo asociación significativa probablemente debido a que depende la agudeza visual y experiencia del examinador por lo tanto puede haber mayor posibilidad de errores, a su vez puede verse afectado por el uso de sedantes. Abdelmalik et al y Young et al mostraron los pacientes con hipertensión diastólica y sistólica después de un traumatismo craneoencefálico severo se asocian a mayor probabilidad de tener hipertensión intracraneana temprana y a su vez hay un 40% mayor riesgo de mortalidad⁽²⁸⁾. En contraste con nuestra investigación no se encuentra relación significativa probablemente debido a que los pacientes no tenían asociado shock distributivo y pérdida sanguínea significativa, también por menor lapso prehospitalario.

Finalmente, se concluye que un diámetro de la vaina del nervio óptico mayor o igual a 6,05 mm posee un rendimiento válido para el diagnóstico de hipertensión intracraneana secundaria a traumatismo craneoencefálico severo.

Nuestra investigación tiene las siguientes limitaciones, la primera fue la utilización de una escala validada en Latinoamérica "regla de decisión clínica" para determinar a un paciente con hipertensión intracraneana en países con recursos limitados, debido al limitado uso del catéter intracraneal, el cual es el estándar diagnóstico. La segunda limitación fue que no se pudo culminar la recolección de la totalidad de los pacientes debido a que el Hospital regional de Trujillo es actualmente hospital de referencia para casos de SARS-Coronavirus. La tercera limitación fue que no logro realizar el análisis estadístico con el punto de corte $\geq 5,2$ mm del diámetro de la vaina del nervio óptico como se planteó, debido a que casi la totalidad de pacientes superada ese valor, e imposibilitaría el análisis completo de dicha

investigación por lo cual se realizó un análisis de curva ROC, como estaba considerado en uno de los objetivos. la cuarta limitación fue la ejecución del proyecto de investigación en solo el Hospital Regional Docente de Trujillo debido a que la técnica diagnóstica empleada solo se emplea en dicho hospital.

Debido a la relevancia de nuestra investigación, al proporcionar una base de datos peruana, recomendamos ampliar este estudio en el Hospital Regional Docente de Trujillo y posteriormente realizar estudios multicéntricos con la finalidad de obtener resultados más precisos.

Sería conveniente realizar futuras investigaciones en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo, buscando una asociación entre el diámetro elevado de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía y pronóstico neurológico y mortalidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization: WHO. Accidentes de tránsito [Internet]. Who.int. World Health Organization: WHO; 2021 [cited 15 Jan 2021]. Available from: <https://bit.ly/2UOFEzK>
2. Ministerio de salud. Análisis de las causas de mortalidad en el Perú, 1986-2015 [Internet]. Perú: Ministerio de Salud, centro nacional de epidemiología, prevención y control de enfermedades; 2018 [citado 8 de abril de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/3xDxAR0>.
3. Instituto nacional de estadística e informática. Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad 2012 [Internet]. Perú: Instituto nacional de estadística e informática, 2014 [citado 8 de abril de 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/3wC2BDL>.
4. Zarranz J. Neurología. 6th edición. España: Elsevier; 2013. 1012 p
5. Jha R, Kochanek P, Simard J. Pathophysiology and treatment of cerebral edema in traumatic brain injury. *Neuropharmacology*. 2019; 145(pt B): 230-46. doi: 10.1016/j.neuropharm.2018.08.004.
6. Khalili H, Sadraei N, Niakan A, Ghaffarpasand F, Sadraei A. Role of Intracranial Pressure Monitoring in Management of Patients with Severe Traumatic Brain Injury: Results of a Large Level I Trauma Center in Southern Iran. *World Neurosurgery*. 2016; 94(1): 120-5. doi: 10.1016/j.wneu.2016.06.122.
7. Hendrickson P, Pridgeon J, Temkin N, Dikmen S, Videtta W, Petroni G, et al. Development of a Severe TBI Consensus-Based Treatment Protocol Conference in Latin America. *World Neurosurg*. 2018; 110: e952-7. doi: 10.1016/j.wneu.2017.11.142.
8. Kim S, Hong E, Kim H, Lee S, Jeon J. Ultrasonographic optic nerve sheath diameter to detect increased intracranial pressure in adults: a meta-analysis. *Acta Radiol*. 2019; 60(2): 221-9. doi: 10.1177 / 0284185118776501.
9. Ochoa Pérez L, & Cardozo Ocampo A. Aplicaciones de la ultrasonografía en el sistema nervioso central para neuroanestesia y cuidado neurocrítico. *Revista Colombiana de Anestesiología*. 2015; 43(4): 314-20. doi.org/10.1016/j.rca.2015.03.009
10. Waheed S, Baig M, Siddiqui E, Jamil D, Bashar M, Feroze A. Prognostic significance of optic nerve sheath diameter on computed tomography scan with severity of blunt traumatic brain injury in the emergency department. *J Pak Med Assoc* [Internet]. 2018 [cited 2021 Jan 15]; 68(2): 268-71. Available from: <https://bit.ly/3wI8BdS>.
11. Raffiz M, Abdullah J. Optic nerve sheath diameter measurement: a means of detecting raised ICP in adult traumatic and non-traumatic neurosurgical patients. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2017; 35(1): 150-3. doi: 10.1016/j.ajem.2016.09.044.
12. Frumin E, Schlang J, Wiechmann W, Hata S, Rosen S, Anderson C, et al. Prospective analysis of single operator sonographic optic nerve sheath diameter measurement for diagnosis of elevated intracranial pressure. *West J Emerg Med*. 2014; 15(2): 217-20. doi: 10.5811 / westjem.2013.9.16191.
13. Maissan I, Dirven P, Haitsma I, Hoeks S, Gommers D, Stolker R. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure. *Journal of Neurosurgery*. 2015; 123(3): 743-7. doi: 10.3171 / 2014.10.JNS141197.

14. Tayal V, Neulander M, Norton H, 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(4): 508-14. doi: 10.1016 / j.annemergmed.2006.06.040.
15. Komut E, Kozacı N, Sönmez B, Yılmaz F, Komut S, Yıldırım Z, et al. Bedside sonographic measurement of optic nerve sheath diameter as a predictor of intracranial pressure in ED. *The American Journal of Emergency Medicine.* 2016; 34(6): 963-7. doi: 10.1016 / j.ajem.2016.02.012.
16. Alali A, Temkin N, Barber J, Pridgeon J, Chaddock K, Dikmen S, et al. A clinical decision rule to predict intracranial hypertension in severe traumatic brain injury. *J Neurosurg.* 2018;131(2):612-19. doi: 10.3171 / 2018.4.JNS173166.
17. Dewan M, Rattani A, Gupta S, Baticulon R, Hung Y, Punchak M, et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *J Neurosurg.* 2018; 1-18. doi: 10.3171 / 2017.10.JNS17352.
18. Brown J, Kheng M, Carney N, Rubiano A, Puyana J. Geographical Disparity and Traumatic Brain Injury in America: Rural Areas Suffer Poorer Outcomes. *J Neurosci Rural Pract.* 2019; 10(1): 10-5. doi: 10.4103 / jnrp.jnrp_310_18.
19. Hoffman H, Bunch K, Protas M, et al C. The Effect of Timing of Intracranial Pressure Monitor Placement in Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *Neurocrit Care.* 2020;34 (1):167-174. doi.org/10.1007/s12028-020-01002-5
20. Altayar A, abouelela A, Abdelshafey E, Mohammed K, Hassan A, Khattab M, et al. Optic nerve sheath diameter by ultrasound is a good screening tool high intracranial pressure in traumatic brain injury. *Ir J Med Sci.* 2021;190(1):387-393. doi: 10.1007/s11845-020-02242-2.
21. Munawar K, Khan M, Hussain SW, Qadeer A, Shad Z, Bano S, et al. Optic Nerve Sheath Diameter Correlation with Elevated Intracranial Pressure Determined via Ultrasound. *Cureus Journal of Medical Science.* 2019; 11(2): e4145. doi: 10.7759 / cureus.4145.
22. Wang L, Feng L, Yao Y, Deng F, Wang Y, Feng J, et al. Ultrasonographic Evaluation of Optic Nerve Sheath Diameter among Healthy Chinese Adults. *Ultrasound Med Biol.* 2016; 42(3): 683-8. doi: 10.1016 / j.ultrasmedbio.2015.11.020.
23. García J, Garcia P, Rosen R, Finger P. A 3-dimensional ultrasound C-scan imaging technique for optic nerve measurements. *Ophthalmology.* 2004 ; 111(6): 1238-43. doi: 10.1016 / j.opht.2003.10.026.
24. Chen L, Wang L, Hu Y, Jiang X, Wang Y, Xing Y. Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure. *British Journal of Ophthalmology.* BMJ Publishing Group Ltd; 2019 Abr; 103(4): 437-41. doi: 10.1136 / bjophthalmol-2018-312934.
25. Majdan M, Mauritz W, Wilbacher I, Brazinova A, Rusnak M, Leitgeb J. Timing and duration of intracranial hypertension versus outcomes after severe traumatic brain injury. *Minerva Anestesiol [Internet].* 2014[cited 17 Jan 2021]; 80(12): 1261-72. Available from: <https://bit.ly/3iahryu>
26. Nourallah B, Zeiler F, Calviello L, Smielewski P, Czosnyka M, Menon D. Critical thresholds for intracranial pressure vary over time in non-craniectomised traumatic brain injury patients. *Acta Neurochir.* 2018; 160(7): 1315-24. Doi: 10.1007 / s00701-018-3555-3.
27. Jahns F, Miroz J, Messerer M, Daniel R, Taccone F, Eckert P, et al. Quantitative pupillometry for the monitoring of intracranial hypertension in patients with severe traumatic brain injury. *Crit Care.* 2019; 23 (1): 155. doi: 10.1186 / s13054-019-2436-3.
28. Abdelmalik P, Draghic N, Ling G. Management of moderate and severe traumatic brain injury. *Transfusion.* 2019; 59(S2): 1529-38. doi: 10.1111 / trf.15171.