

Cambios ecográficos del complejo nervio óptico-vaina en la hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular

Ultrasonographic Changes of the Optic Nerve-vascular Complex in Intracranial Hypertension caused by Cerebrovascular Disease

Evelyn León González¹ <https://orcid.org/0000-0002-4894-0443>

Lesly Solís Alfonso^{2*} <https://orcid.org/0000-0001-6329-4657>

¹Hospital Militar Central Carlos Juan Finlay. La Habana, Cuba.

²Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: leslysolisalfonso@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Comprobar los cambios ecográficos del complejo nervio óptico-vaina en los pacientes con hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular.

Métodos: Se realizó un estudio observacional descriptivo y longitudinal con 154 órbitas de 77 pacientes con diagnóstico clínico y tomográfico de hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular. A todos se le practicó un ultrasonido orbitario al inicio del diagnóstico, y otro una vez alcanzada la mejoría clínica, los cuales permitieron mensurar el diámetro del complejo nervio óptico-vaina, la anchura de la vaina meníngea y la altura de la papila.

Resultados: En la totalidad de los casos el diámetro inicial del complejo nervio óptico-vaina fue >5mm, la anchura de la vaina meníngea >3mm y la altura de la papila >0,8mm, lo que resultó más notorio en los que desarrollaron una hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular de tipo hemorrágica. Tras

alcanzar la mejoría clínica se evidenció una disminución estadísticamente significativa en los valores de las tres mediciones ecográficas evaluadas, independientemente de la edad y del tipo de enfermedad cerebrovascular.

Conclusiones: La evaluación ecográfica del complejo nervio óptico-vaina complementa el neuromonitoreo de los pacientes con hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular.

Palabras clave: ecografía orbitaria; diámetro del complejo nervio óptico-vaina; anchura de la vaina meníngea; hipertensión intracraneal; enfermedad cerebrovascular.

ABSTRACT

Objective: To ascertain the sonographic changes of the optic nerve-vaina complex in patients with intracranial hypertension caused by cerebrovascular disease.

Methods: A descriptive and longitudinal observational study was performed with 154 orbits of 77 patients with clinical and tomographic diagnosis of intracranial hypertension caused by cerebrovascular disease. All of them underwent an orbital ultrasound at the beginning of the diagnosis, and another one once clinical improvement was achieved, which allowed measuring the diameter of the optic nerve-sheath complex, the width of the meningeal sheath and the height of the papilla.

Results: In all cases the initial diameter of the optic nerve-sheath complex was >5mm, the width of the meningeal sheath >3mm and the height of the papilla >0.8mm, which was more noticeable in those who developed intracranial hypertension caused by hemorrhagic cerebrovascular disease. After reaching clinical improvement, a statistically significant decrease in the values of the three ultrasound measurements evaluated was evidenced, regardless of age and type of cerebrovascular disease.

Conclusions: Ultrasound evaluation of the optic nerve-ulnar complex complements the neuromonitoring of patients with intracranial hypertension caused by cerebrovascular disease.

Keywords: orbital ultrasound; optic nerve- sheath complex diameter; meningeal sheath width; intracranial hypertension; cerebrovascular disease.

Recibido: 23/06/2024

Aceptado: 10/07/2024

Introducción

La enfermedad cerebrovascular (ECV) constituye una de las afecciones crónicas más prevalentes en los países desarrollados y en Cuba, donde origina gran parte de la morbimortalidad e incapacidad en adultos mayores, y cuya prevalencia continúa en aumento.^(1,2) La hipertensión intracraneal (HIC) es una de sus graves complicaciones, la cual requiere un diagnóstico oportuno, y un monitoreo estrecho, que garanticen el tratamiento apropiado y el mejor pronóstico.⁽³⁾

El ultrasonido del complejo nervio óptico-vaina (CNOV) ha demostrado ser una excelente alternativa para el diagnóstico y seguimiento de la HIC, por su alta sensibilidad, especificidad y reproducibilidad, lo que ha permitido que ocupe un lugar importante en la práctica clínica cotidiana y a la cabecera del enfermo.^(4,5,6)

Sin embargo, en Cuba no se ha logrado implementar en todos los escenarios. Además, solo han sido publicados cuatro trabajos relacionados con esta temática, dos de ellos artículos de revisión,^(7,8) un tercero de 2021 que fue un informe preliminar,⁽⁹⁾ y un cuarto de 2022 que fue realizado por los propios autores de esta investigación, en el cual se evaluaron pacientes con HIC, independientemente de la causa,⁽⁶⁾ y que sirvió de base para el desarrollo del presente estudio, el cual tuvo como propósito comprobar los cambios ecográficos del complejo nervio óptico-vaina en los pacientes con hipertensión intracraneal causada por enfermedad cerebrovascular.

Métodos

Se realizó un estudio observacional descriptivo y longitudinal con 154 órbitas de 77 pacientes con diagnóstico clínico y tomográfico de HIC causada por ECV ingresados en el Hospital Militar Central Dr. Carlos Juan Finlay, en el período comprendido entre junio 2021 y junio 2023. Se incluyeron todos los casos mayores de 18 años que tuvieron un fondo de ojo con evidencia de papiledema, y que dieron el consentimiento informado para la participación en esta investigación. Se excluyeron aquellos a los que no se les pudo completar los dos estudios ultrasonográficos requeridos.

Para el diagnóstico de la HIC se tuvo en cuenta la evidencia tomográfica de ECV de cada paciente y el cuadro clínico. Se asumieron como síntomas y signos: cefalea, vómitos (expulsivos no precedidos por náuseas), disminución del nivel de conciencia, visión borrosa, diplopia, acúfenos, hematoma periorbital espontáneo y la triada de Cushing (bradicardia, alteración respiratoria e hipertensión),^(10,11) así como la presencia de papiledema por fundoscopia.⁽³⁾

Una vez recogido el consentimiento informado, se extrajeron de la historia clínica las siguientes variables: edad, sexo y tipo de ECV. Seguidamente se hizo una ecografía orbitaria de inicio, y otra luego de alcanzada la mejoría clínica, para lo cual se trasladó el ecógrafo a la sala, y se efectuó el estudio sin necesidad de mover al paciente de su cama. Se empleó un equipo marca Aloka modelo Prosound SSD- α5, con un transductor lineal multifrecuencial de 7,5 a 13 MHz. Se mantuvo al paciente en posición supina, con elevación de la cabeza entre 20-30° y los ojos cerrados. Inicialmente se colocó el transductor lineal sobre el párpado superior, perpendicular al macizo facial y sin presionar, con previa aplicación de abundante gel de contacto sobre la superficie del transductor o directamente sobre el párpado. Se ajustaron la posición de la sonda, el foco y la profundidad de forma idónea para obtener una óptima visualización del CNOV.⁽¹²⁾

Se identificó el globo ocular y el disco óptico presente en su polo posterior. Sucesivamente, en sección longitudinal, se observó el CNOV y su curso

infraorbitario. Se distinguió el componente nervioso con apariencia hipocogénica, de la vaina meníngea que posee un aspecto hiperecogénico. Además, se reconoció el espacio subaracnoideo anecoico, y la duramadre hiperecogénica adherida a la aracnoides (fig. 1).



Fig. 1- Imagen ecográfica del globo ocular y del CNOV. OG: globo ocular. OD: disco óptico. NF: fibras nerviosas. SS: espacio subaracnoideo. D+A: Duramadre + aracnoides.

Adaptada De Saz Saucedo P.⁽¹⁰⁾

De este proceder se obtuvieron las siguientes mediciones: diámetro del CNOV, anchura de la vaina meníngea del nervio óptico y altura de la papila. En todas las variables se practicaron 3 mensuraciones, y se calculó la media entre ellas, la cual se tomó como valor de referencia. En caso de existir papiledema asimétrico, la altura de la papila se midió en el ojo afectado.

En las imágenes ecográficas la anchura de la vaina meníngea, y el diámetro del CNOV se cuantificaron en sección longitudinal a 3 mm de distancia del disco óptico y perpendicularmente al eje longitudinal del nervio óptico. Para el primero se midió el diámetro entre la línea anecoica (espacio subaracnoideo) y el contorno externo de la banda hiperecogénica (aracnoides y duramadre). Para el segundo se mensuró el diámetro externo a las bandas hiperecogénicas. Por último, la elevación de la papila se calculó desde su cúspide hasta el reborde retiniano externo o lámina cribosa (fig. 2).

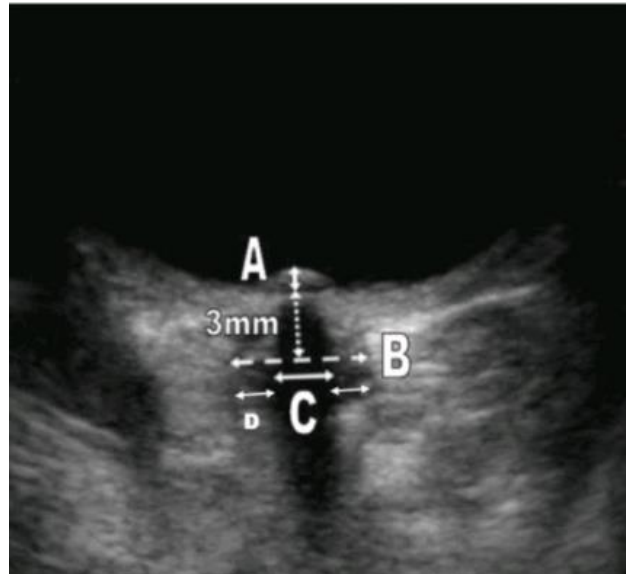


Fig.2- Mediciones ecográficas del complejo nervio óptico vaina. A) altura papilar desde su cúspide hasta el reborde retiniano externo o lámina cribosa. B) diámetro del CNOV. C) anchura del nervio óptico. D) anchura de la vaina del nervio óptico. B, C y D fueron realizadas a 3 mm de la lámina cribosa. Adaptada De Saz Saucedo P.⁽¹⁰⁾

Con la intención de no omitir datos, la investigadora principal fue la única responsable de recoger la información. Además, esta efectuó todos los ultrasonidos para evitar la variabilidad interoperador, mientras que, al inicio del estudio, llevaba 2 años practicando las ecografías orbitarias, lo que minimizó la variabilidad intraoperador. Con igual propósito la fundoscopia siempre fue realizada por el mismo oftalmólogo, quien contaba con más de 7 años de experiencia como especialista.

Para caracterizar a los pacientes se emplearon las estadísticas descriptivas: distribución de frecuencia y cálculo de porcentaje en variables cualitativas, así como de la media aritmética y la desviación estándar en las variables cuantitativas. Para comparar dos medias aritméticas se utilizó la prueba t y se fijó un nivel de significación del 95 % ($p < 0,05$). La totalidad de los análisis previamente descritos se realizaron para ambos ojos en conjunto.

Resultados

Se investigaron 77 pacientes con diagnóstico clínico y tomográfico de HIC causada por ECV, siendo la edad mínima de 37 años y la máxima de 97, con una media de 67,1 años y una mediana de 66. Además, se demostró un predominio del sexo masculino que representó el 62,4 %, mientras que los grupos etarios mayoritarios fueron los dos comprendidos por encima de los 59 años, alcanzado entre ambos un 92,2 % (tabla 1).

Tabla 1 -Estadígrafos descriptivos de los pacientes según edad y sexo

Edad	Femenino	Masculino	Total
N (%)	29 (37,6 %)*	48 (62,4 %)*	77 (100 %)
Media	66,8	64,6	67,1
DE	± 20,34	± 20,63	± 20,56
Mediana	68,2	66,5	66,0
Mínimo	55	37	37
Máximo	83	97	97
Grupos de edad			
18-38 años	0 (0%)	1 (1,3 %)	1 (1,3 %)
39-58 años	1 (1.3 %)	4 (5,2 %)	5 (6,5 %)
59-78 años	13 (16.9 %)	21 (27,3 %)	34 (44,1 %)
>79 años	15 (19,4 %)	22 (28,6 %)	37 (48,1 %)
Total	29 (37,6 %)	48 (62,4 %)	77 (100 %)

DE: desviación estándar. *Porcentajes calculados del total de la fila, el resto de los porcentajes se calcularon del total de las columnas.

En la tabla 2 se observa un ligero predominio de la ECV de tipo isquémica sobre la hemorrágica (57,2 % vs. 42,9 %). El grupo etario más representado fue el de los pacientes mayores de 79 años (48 %), mientras que el de los enfermos con edades comprendidas entre 18 y 38 años solo aportó un caso a la investigación.

Tabla 2 - Estadígrafos descriptivos de los pacientes según tipo de ECV y grupos de edades

Grupos de edades	Tipo de ECV					
	Isquémica		Hemorrágica		Total	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
18-38 años	1	1,3	0	0	1	1,3
39-58 años	4	5,2	1	1,3	5	6,5
59-78 años	19	24,7	15	19,5	34	44,2
>79 años	20	26,0	17	22,1	37	48,0
Total	44	57,2*	33	42,9*	77	100

Cant: cantidad %: por ciento. *Porcentos calculados del total de la fila, el resto de los porcentos se calcularon del total de las columnas.

En la tabla 3 se hace evidente que, una vez alcanzada la mejoría clínica, en todos los casos se constató una disminución significativa de los tres valores ecográficos evaluados.

Tabla 3 - Valores ecográficos del CNOV según evolución clínica de la HIC

Mediciones ecográficas (mm)	Variables ecográficas					
	Anchura vaina		Diámetro CNOV		Altura papilar	
	M	DE	M	DE	M	DE
1.ª medida	4,34	± 0,67	6,25	± 0,56	1,50	± 0,25
2.ª medida	2,71	± 0,47	4,62	± 0,41	1,08	± 0,12
Diferencia*	1,64 mm		1,63 mm		0,42mm	
Prueba t (p)**	0,000		0,000		0,000	

*Diferencia entre la 1.ª y la 2.ª medición (mm) **Prueba t entre la 1.ª y la 2.ª medición mm: milímetros M: media DE: desviación estándar CNOV: complejo nervio óptico-vaina.

La tabla 4 refleja que las diferencias entre las mensuraciones de la anchura de la vaina meníngea y del diámetro del CNOV aumentaron con el avance de la edad; sin embargo, la altura de la papila no tuvo este comportamiento. Además, todas las

discrepancias demostradas, entre la primera y la segunda medición, fueron estadísticamente significativas, independientemente de los grupos de edad.

Tabla 4 - Valores ecográficos del CNOV según grupos de edad y evolución clínica de la HIC

Grupos de edad	Mediciones ecográficas (mm)	Variables ecográficas					
		Anchura vaina		Diámetro CNOV		Altura papilar	
		M	DE	M	DE	M	DE
18-38 años N: 1	1. ^a medida	3,61	±0,33	5,60	±0,37	1,40	±0,08
	2. ^{da} medida	2,64	±0,23	4,65	±0,17	1,00	±0,02
	Diferencia*	0,97 mm		0,95 mm		0,40 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	
39-58 años N: 5	1. ^a medida	3,86	±0,35	5,86	±0,43	1,39	±0,12
	2. ^{da} medida	2,59	±0,29	4,64	±0,16	1,10	±0,05
	Diferencia*	1,27 mm		1,22 mm		0,29 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	
59-78 años N: 34	1. ^a medida	4,27	±0,23	6,20	±0,43	1,37	±0,15
	2. ^{da} medida	2,55	±0,19	4,56	±0,26	1,10	±0,04
	Diferencia*	1,72 mm		1,64 mm		0,27 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	
> 79 años N: 37	1. ^a medida	4,39	±0,56	6,29	±0,42	1,50	±0,09
	2. ^{da} medida	2,83	±0,25	4,77	±0,15	1,13	±0,03
	Diferencia*	1,56 mm		1,52 mm		0,37 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	

a: años *Diferencia entre la 1.^a y la 2.^a medición (mm)** Prueba t entre la 1.^a y la 2.^a medición mm: milímetros

M: media DE: desviación estándar CNOV: complejo nervio óptico-vaina.

En la tabla 5 resulta llamativo que los pacientes que sufrieron una ECV de tipo hemorrágica fueron los que presentaron los mayores incrementos en las mensuraciones ecográficas analizadas, con excepción de la altura papilar. No obstante, tanto los casos isquémicos como los hemorrágicos mostraron diferencias significativas entre la primera y la segunda medición.

Tabla 5 - Valores ecográficos del CNOV según causa y evolución clínica de la HIC

Causa HIC	Mediciones ecográficas (mm)	Variables ecográficas					
		Anchura vaina		Diámetro CNOV		Altura papilar	
		M	DE	M	DE	M	DE
ECV Isquémica N: 44	1.ª medida	4,33	±0,53	5,96	±0,51	1,47	±0,27
	2.ª medida	2,46	±0,24	4,60	±0,18	1,00	±0,27
	Diferencia*	1,87 mm		1,36 mm		0,47 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	
ECV Hemorrágica N: 33	1.ª medida	4,60	±0,52	6,30	±0,42	1,55	±0,20
	2.ª medida	2,68	±0,25	4,50	±0,16	1,10	±0,30
	Diferencia*	1,92 mm		1,80 mm		0,45 mm	
	Prueba t (p)**	0,00		0,00		0,00	

*Diferencia entre la 1.ª y la 2.ª medición (mm)**Prueba t entre la 1.ª y la 2.ª medición M: media DE: desviación estándar
 CNOV: complejo nervio óptico-vaina ECV: enfermedad cerebrovascular

Discusión

En los últimos años la ecografía ha pasado a formar parte integral de la atención crítica, al proporcionar una evaluación rápida, simple, repetible y multisistémica que sirve de guía para el diagnóstico y tratamiento, sin necesidad de que los pacientes sean transportados fuera de su entorno clínico para la obtención de las imágenes. Además, en comparación con los métodos convencionales de neuroimagen, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, la ecografía es una técnica fácil y rápida de realizar, con mayor disponibilidad, mejor costo-efectivo, permite una monitorización continua, no emplea radiaciones ionizantes y prácticamente no tiene contraindicaciones.⁽¹³⁾

La HIC es una complicación frecuente en los pacientes con ECV aguda,⁽³⁾ la cual constituye un problema neurológico grave que empeora el pronóstico, pues se relaciona de forma directa con un incremento de la mortalidad, o puede conducir a secuelas neurológicas permanentes.⁽¹⁴⁾ El uso combinado de múltiples

herramientas (monitoreo multimodal) es común en estos casos. Su aplicación se basa en complementar el examen neurológico y evaluar la progresión de la enfermedad en pacientes cuyas características clínicas se ven confundidas por los efectos de la sedación o la analgesia, así como en pacientes comatosos en los que las respuestas neurológicas se acercan al mínimo y se vuelven insensibles a la valoración clínica.⁽¹³⁾

En la actualidad, el método ideal para el diagnóstico de la HIC continúa siendo la monitorización de la PIC, mediante dispositivos intraventriculares o intraparenquimatosos.⁽¹⁵⁾ Sin embargo, muchos pacientes no son tributarios a este proceder debido a los riesgos asociados, como infecciones y hemorragia, así como por la poca disponibilidad del recurso. Como resultado se han tratado de desarrollar métodos no invasivos, más accesibles y fáciles de usar, dentro de los cuales se encuentra la ecografía del CNOV.⁽¹⁶⁾

Entre el espacio subaracnoideo perióptico y el intracraneal existe una comunicación constante que permite que el LCR fluya libremente, por lo que ambos espacios experimentan los mismos cambios de presión, es decir, en condiciones de incremento de la PIC aumenta el diámetro de la vaina meníngea del nervio óptico. Estas características anatómicas hacen que su medición ecográfica sea útil como medio no invasivo para evaluar las elevaciones de la PIC.⁽¹⁷⁾

En este sentido, se ha evidenciado una buena correlación entre el diámetro del CNOV mayor de 5 mm y la elevación de la PIC por encima de 20 mmHg, con una sensibilidad que oscila entre el 88 % y el 100 %, y una especificidad del 63 % al 100 %.^(9-18,19,20,21) Esta medición ha mostrado mayor correlación en enfermos con HIC causada por trauma en comparación a los casos con HIC de otra etiología,⁽⁵⁾ pero los estudios realizados con pacientes que desarrollan un incremento de la PIC provocado por ECV son menos numerosos.

Al respecto, *Moretti* y otros⁽²⁰⁾ luego de medir con ecografía el CNOV de 63 adultos con hemorragia intracraneal (34 con hemorragia subaracnoidea y 29 con hemorragia intracerebral primaria) propusieron 5,2 mm como punto de corte óptimo para predecir el aumento de la PIC por encima de 20 mmHg con una

sensibilidad del 93,1 % y una especificidad del 95 %. También demostraron una reducción significativa de este diámetro inmediatamente después del drenaje del líquido cerebroespinal (de $5,89 \pm 0,61$ a $5 \pm 0,33$ $p < 0,01$). La diferencia media interobservador fue de 0,25 mm, por lo que plantean que es una medida con buena reproducibilidad.

Asimismo, *Naldi* y otros,⁽²¹⁾ tras evaluar ecográficamente el CNOV en 46 sujetos con diagnóstico tomográfico de hemorragia cerebral y 40 controles sanos, concluyen que la media binocular del CNOV (6,4 mm) posee una elevada precisión diagnóstica (sensibilidad y especificidad del 100 %) para la estimación del incremento de la PIC desde las fases tempranas de la hemorragia cerebral.

Por su parte, *Regino Díaz-Águila*⁽⁹⁾ y otros, con el propósito de demostrar la utilidad del diámetro del CNOV en la detección de HIC, exploraron mediante ultrasonido a 35 ingresados con ECV, y definieron un umbral de 5 mm con el cual alcanzaron una especificidad del 80 %, pero la sensibilidad resultó extremadamente baja.

En una investigación más reciente, *Oliveira* y otros⁽²²⁾ estudiaron 40 casos con diagnóstico clínico y tomográfico de infarto agudo maligno de la arteria cerebral media, a los cuales siguieron con ultrasonido del CNOV a las 24, 48 y 72 h de la admisión, lo que permitió definir 5,4 mm como punto de corte (ambos ojos) para la identificación de HIC grave en estos pacientes. Al respecto, *Di Stasi* y otros⁽²³⁾ consideran que la falta de estandarización de la técnica ecográfica (en modo B) empleada para mensurar el CNOV es la responsable de las diferencias entre los valores medios propuestos por los diversos autores. No obstante, y lógicamente, mientras mayor sea el umbral de corte la sensibilidad y especificidad también serán superiores.

En el 2023 se publicó un trabajo en la *Revista Finlay* que fue realizado con el objetivo de determinar el diámetro ecográfico del CNOV en voluntarios sanos, con base en la no existencia de un valor estándar, que sugiera el límite entre la normalidad y la HIC. Según sus resultados el diámetro del CNOV se cuantificó entre 4,62-4,80 mm y 4,66-4,83 mm para los ojos derecho e izquierdo, respectivamente. Mientras que en el análisis de regresión lineal simple, solo el sexo mostró asociación

significativa, lo que sugiere tomar en consideración esta variable al hacer la medición ultrasonográfica.⁽⁴⁾

En la presente investigación las discrepancias entre las mediciones ecográficas, iniciales y evolutivas del CNOV y de la propia vaina se hicieron más notorias con el avance de la edad, lo que debe estar en relación con la atrofia óptica asociada al envejecimiento, al margen de que las neuropatías ópticas isquémicas y el glaucoma son más frecuentes en esta etapa de la vida.^(6,24,25)

Asimismo, los mayores incrementos en el diámetro del CNOV se constataron en los casos con HIC causada por ECV hemorrágica. Hallazgos similares refieren *Manouchehrifar* y otros⁽²⁶⁾ al reportar medias de 6,1 mm y 5,5 mm en los casos hemorrágicos e isquémicos, respectivamente. De hecho, concluyen que esta variable ecográfica tiene una moderada precisión para la diferenciación entre los infartos hemorrágicos e isquémicos, proponiendo 6mm como punto de corte.

En la HIC las manifestaciones clínicas son a menudo inespecíficas, se presentan de manera tardía y la magnitud no siempre está relacionada con el grado de HIC, por lo que la detección temprana por ecografía permite la toma de medidas terapéuticas que contribuyen a mejorar el pronóstico. Además, el ultrasonido consume poco tiempo en relación con otros estudios de neuroimagen, evita el traslado de pacientes críticos y permite evaluar la respuesta al tratamiento realizando mediciones seriadas.⁽³⁾

Adicionalmente, la curva de aprendizaje para los médicos experimentados en el uso de la ecografía puede requerir tan solo 10 exámenes para realizar el estudio con precisión. Mientras que los que no están familiarizados con el proceder pueden necesitar cerca de 25 escaneos para obtener la destreza necesaria y evaluar con exactitud el CNOV.⁽¹⁷⁾

En conclusión, la medición ecográfica del CNOV es una técnica no invasiva, fácil de practicar, dinámica, reproducible, confiable, con alta disponibilidad y adecuado costo-efectivo, sin efectos colaterales y prácticamente sin contraindicaciones, que puede realizarse a la cabecera del enfermo, y se correlaciona de manera proporcional y significativa con la PIC. Por tanto, este proceder debe formar parte

del monitoreo neurológico multimodal en pacientes con HIC causada por ECV, sospechada o confirmada, y, en particular, cuando no se cuente con los métodos invasivos o estos no estén indicados.

Referencias bibliográficas

1. Sosa Remón A, Jerez Álvarez A, García Arias DM, Cuba Naranjo AJ. Factores neurológicos asociados a la mortalidad en pacientes con accidente cerebrovascular y ventilación mecánica artificial. Rev Cubana Anestesiología y Reanimación. 2021 [acceso 22/7/2022];20(2):e688. Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-67182021000200003&lng=es
2. Santana Rondón G, Solís Alfonso L, González López A. Evaluación de osteoporosis y aterosclerosis carotídea en relación a enfermedad cerebrovascular oclusiva. Rev chil radiol. 2010;16(3):136-46. DOI: [10.4067/S0717-93082010000300007](https://doi.org/10.4067/S0717-93082010000300007)
3. Piano A, Zurita Santisteban R, Bernal Basurto R, Muñoz Corchuelo CM. Edema cerebral y manejo de la presión intracraneal. ReaR. 2023;15(7):4. DOI: [10.30445/rear.v15i7.1153](https://doi.org/10.30445/rear.v15i7.1153)
4. Sosa Remón A, Boch Rodríguez W, García Arias DM, Remón Chávez CE, Jerez Álvarez AE, Cuba Naranjo AJ. Ultrasonografía del diámetro de la vaina del nervio óptico en voluntarios sanos. Revista Finlay. 2023 [acceso 02/02/2024];14(1).Disponible en: <https://revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/1318>
5. Carrillo Esper R, Rojo del Moral O, Cruz Santana JA, Romero González JP. Diámetro de la vaina del nervio óptico. Una herramienta para el monitoreo dinámico de la hipertensión intracraneana. Rev Asoc Mex Med Crit Ter Int. 2016 [acceso 16/06/2021];30(4):249-52. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-84332016000400249&lng=es

6. León González E, Solís Alfonso L. Mensuración ecográfica del complejo nervio óptico-vaina en la hipertensión intracraneal. Rev Cubana Oftalmol. 2022 [acceso 16/06/2021];35(2):e1494. Disponible en: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1494/pdf>
7. Abdo-Cuza AA, Suárez-López J, Machado-Martínez RE. Neuromonitoreo no invasivo en pacientes críticos. Rev Cub Med Int Emerg 2018 [acceso 21/05/2021];17(1):51-9. Disponible en: <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/446>
8. Sosa Remón A, Boch Rodríguez W, Jerez Álvarez AE, Remón Chávez CE, Álvarez Santisteban OJ. Anatomía ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico en el monitoreo de la presión intracraneal. Morfovirtual. 2020 [acceso 21/05/2021]. p. 1-17. Disponible en: <http://morfovirtual2020.sld.cu>
9. Díaz-Águila HR, Cabrera-Domínguez A. Informe preliminar sobre el empleo de la ecografía de la vaina del nervio óptico para el diagnóstico de hipertensión intracraneana en pacientes con enfermedad cerebrovascular. Univ Méd Pinareña. 2021 [acceso 28/05/2021];17(2):e678. Disponible en: <https://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/678>
10. De Saz Saucedo P. Precisión diagnóstica de la medición ecográfica del grosor de la vaina del nervio óptico en la hipertensión intracraneal idiopática [tesis doctoral]. [España]: Universidad de Castilla La Mancha, Facultad de Medicina de Albacete; 2018 [acceso 28/05/2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/yjedl96q-precision-diagnostica-medicioneografica-optico-hipertension-intracraneal-idiopatica.html>
11. Ponce de León GM. Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico con ultrasonido ocular y su correlación con hallazgos tomográficos de edema cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico. JRICS. 2019 [acceso 28/05/2021];15(8):1-18. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6779632>
12. Carrillo Esper R, Flores Rivera OI, Peña Pérez CA, Carrillo Córdova LD, Carrillo Córdova JR, Carrillo Córdova CA, et al. Evaluación ultrasonográfica del diámetro de

la vaina del nervio óptico (DVNO) para la medición de la presión intracraneana (PIC): a propósito de un caso. *Rev Mex Anest.* 2014 [acceso 28/05/2021];150(2):165-70.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4703010>

13. Rojas-Murillo T, Olvera-González N. Relación entre la medición por tomografía y ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico como estimador no invasivo de la presión intracraneal. *Cirugía y Cirujanos.* 2022;90(2):236-41. DOI: [10.24875/CIRU.20001199](https://doi.org/10.24875/CIRU.20001199)

14. Hawthorne C, Piper I. Monitoring of intracranial pressure in patients with traumatic brain injury. *Front Neurol.* 2014;5:121. DOI: [10.3389/fneur.2014.00121](https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00121)

15. Schizodimos T, Soulountsi V, Iasonidou C, Kapravelos N. An overview of management of intracranial hypertension in the intensive care unit. *J Anesth.* 2020;34(5):741-57. DOI: [10.1007/s00540-020-02795-7](https://doi.org/10.1007/s00540-020-02795-7)

16. Al-Mufti F, Smith B, Lander M, Damodara N, Nuoman R, El-Ghanem M, *et al.* Novel minimally invasive multi-modality monitoring modalities in neurocritical care. *J Neurol Sci.* 2018;390:184-92. DOI: [10.1016/j.jns.2018.03.032](https://doi.org/10.1016/j.jns.2018.03.032)

17. Wang L, Yao Y, Feng L, Wang Y, Zheng N, Feng J, *et al.* Noninvasive and quantitative intracranial pressure estimation using ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter. *Sci Rep.* 2017;7:42063. DOI: [10.1038/srep42063](https://doi.org/10.1038/srep42063)

18. Lochner P, Czosnyka M, Naldi A, Lyros E, Pelosi P, Mathur S, *et al.* Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians. *Neurol Sci.* 2019;40(12):2447-57. DOI: [10.1007/s10072-019-04015-x](https://doi.org/10.1007/s10072-019-04015-x)

19. Lochner P, Mader C, Nardone R, Tezzon F, Zedde ML, Malferrari G, *et al.* Sonography of the optic nerve sheath beyond the hyper acute stage of intracerebral hemorrhage. *J Ultrasound.* 2014;17(3):225-8. DOI: [10.1007/s40477-014-0069-6](https://doi.org/10.1007/s40477-014-0069-6)

20. Moretti R, Pizzi B, Cassini F, Vivaldi N. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage. *Neurocritical Care.* 2009;11(3):406-10. DOI: [10.1007/s12028-009-9250-8](https://doi.org/10.1007/s12028-009-9250-8)

21. Naldi A, Pivetta E, Coppo L, Cantello R, Comi C, Stecco A, *et al.* Ultrasonography Monitoring of Optic Nerve Sheath Diameter and Retinal Vessels in Patients with

Cerebral Hemorrhage. Journal of Neuroimaging. 2019;29(3):394-9. DOI: [10.1111/jon.12604](https://doi.org/10.1111/jon.12604)

22. Oliveira BDD, Oliveira Lima F, Homem HdC, Albuquerque Figueiredo A, Batista Freire VM. Optic nerves sheath diameter detects intracranial hypertension in acute malignant middle cerebral artery infarction. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2022;31(3):106276. DOI: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106276](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106276)

23. Di Stasi M, Aniello DE, Reda L, Di Stasi M. Optic nerves sheath diameter detects intracranial hypertension in acute malignant middle cerebral artery infarction. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2023;32(11):106749. DOI: [10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106749](https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106749)

24. Solís Alfonso L, Fumero González FY, Piloto Díaz I. Glaucoma primario de ángulo abierto y factores de riesgo aterosclerótico: hallazgos por eco doppler orbitario. Rev Cub Oftalmol. 2021 [acceso 28/05/2022];34(3):e1025. Disponible en: <http://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/download/1025/pdf>

25. Li W, Feng A, Solís Alfonso L, Fernández-Britto Rodríguez JE. Influencia del tabaquismo, hipertensión arterial y diabetes mellitus en las enfermedades oftalmológicas. Rev Cubana Oftalmol. 2017 [acceso 06/08/2020];30(3):1-14. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n3/oft10317.pdf>

26. Manouchehrifar M, Lakestani M, Kashani P, Safari S. Sonographic diameter of optic nerves sheath in differentiation of ischemic and hemorrhagic strokes; a diadnoctic accuracy study. Am J Emerg Med. 2018;36(11):2064-67. DOI: [10.1016/j.ajem.2018.08.041](https://doi.org/10.1016/j.ajem.2018.08.041)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Lesly Solís Alfonso.

Curación de datos: Evelyn León González.

Análisis formal: Lesly Solís Alfonso.

Investigación: Evelyn León González.

Metodología: Lesly Solís Alfonso.

Administración del proyecto: Evelyn León González.

Supervisión: Lesly Solís Alfonso.

Validación: Evelyn León González.

Redacción-borrador-original: Evelyn León González.

Redacción, revisión y edición: Lesly Solís Alfonso.