



Universidad de la República. Facultad de Medicina.

Ciclo de Metodología Científica II 2022

Grupo 93

ECOGRAFÍA DEL DIÁMETRO DE LA VAINA DEL NERVIO ÓPTICO PARA DETECTAR HIPERTENSIÓN INTRACRANEANA EN PACIENTES CON HIDROCEFALIA

Estudiantes:

Br. María Arrospide¹

Br. Juan Ignacio Ferrés¹

Br. Tatiana Harispe¹

Br. Maximiliano Macció¹

Br. Agustína Martín¹

Br. José María Martínez¹

Docente:

Prof. Adj. Dr. Christian Yic²

1: Ciclo de Metodología Científica II 2022-Facultad de Medicina Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

2: Departamento de Emergencia, Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

INDICE DE CONTENIDOS

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Enfoque del tema	6
Hipertensión intracraneana:	6
Métodos para medir PIC:	8
Hidrocefalia:	11
Objetivo General	13
Metodología de búsqueda	13
Resultados	14
Discusión	20
Conclusiones	23
Conflicto de interés:	24
Agradecimientos:	24
BIBLIOGRAFÍA	25

TABLAS Y FIGURAS:

Fig. 1.	7
Fig. 2	9
Fig. 3	9
Tabla 1	10
Tabla 2	15
Tabla 3	15
Tabla 4	16
Tabla 5	19
Tabla 6	20

Resumen

Introducción: El control de la presión intracraneana (PIC) en pacientes neurocríticos es una maniobra clínica indispensable para evitar complicaciones irreparables del cuadro.

Clásicamente, la PIC se controla mediante el uso de catéteres intracraneanos (Gold standard). En los últimos años ha tomado relevancia el uso de la ultrasonografía (US) para el diagnóstico de Hipertensión intracraneana (HIC) mediante la medición del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico (DVNO), debido a su seguridad, inocuidad, bajo costo, y su fácil aplicación por el médico tratante.

Objetivo: realizar una revisión de los estudios más recientes que contribuyan a evaluar la eficacia de la Ecografía del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico para diagnosticar HIC en pacientes con hidrocefalia.

Métodos: Se seleccionaron 4 artículos para la revisión que cumplieran los criterios propuestos.

Resultados: Se encontró en 3 artículos una buena correlación entre el DVNO medido por ecografía y el monitoreo invasivo de la PIC para detectar HIC en pacientes con hidrocefalia. El artículo restante solo se limita a comparar la medición del DVNO con las características clínicas de los pacientes, en el cual también se encontró una buena correlación entre los síntomas clínicos de HIC y el DVNO aumentado.

Dichos estudios establecieron diferentes puntos de cortes según la edad, etnia y país de origen. De todas formas dos de los artículos coinciden en tomar como punto de corte para el DVNO de 5,5 mm mientras que de los restantes, uno no específica y el otro toma diferentes valores de corte en relación a si los pacientes eran mayores a 1 año (4,5 mm) o menores a 1 año (4,0 mm).

Conclusión: Si bien existe una gran heterogeneidad entre los artículos seleccionados, se pudo observar que la medida del DVNO es útil para predecir HIC en paciente con Hidrocefalia.

Sin embargo, hacen falta más trabajos con una cohorte mayor de pacientes para proporcionar mayor evidencia sobre esta utilidad.

Palabras clave: Ecografía; Nervio Óptico, Hipertensión intracraneal; Hidrocefalia.

Abstract

Introduction: The monitoring of intracranial pressure (ICP) in neurocritical patients is an essential clinical maneuver to avoid irreparable complications of the condition.

Classically, ICP is controlled by the use of intracranial catheters (Gold standard). In recent years, the use of ultrasonography (US) to measure the Optic Nerve Sheath's diameter (ONSD) as an alternative method for the diagnosis of intracranial hypertension (ICH) has become relevant, attributed to its safety, innocuousness, low cost, and easy application by the treating physician.

Objective: Review the most recent studies that contribute to the evaluation of the Optic Nerve Sheath's Diameter Ultrasound efficacy to diagnose ICH in patients with hydrocephalus.

Methods: Four articles were selected for the review that met the proposed criteria.

Results: A good agreement between DVNO measured by ultrasound and invasive monitoring of ICP to detect ICH in patients with hydrocephalus was found in 3 articles. The remaining article is only limited to comparing the DVNO measurement with the clinical characteristics of the patients, in which concurrence was also found between the clinical symptoms of ICH and DVNO US.

These studies established distinct cut-off points according to age, ethnicity and country of origin. In any case, two of the articles accept taking 5.5 mm as the cut-off point for the DVNO, while the remaining ones either never specify or determine different cut-off values regarding the patient's age being lesser (4.0 mm) or greater (4.5 mm) than 1 year.

Conclusion: Even though there is great heterogeneity among the selected articles, evidence was found that suggests the DVNO measurement is useful for predicting ICH in patients with hydrocephalus.

However, further studies with a larger cohort of patients are needed to provide more evidence of this assertion.

Keywords: Ultrasound; Optic Nerve, Intracranial Hypertension; Hydrocephalus.

Introducción

En la atención de los pacientes neurocríticos, el control de la presión intracraneana (PIC) prevalece como una de las medidas imprescindibles para evitar la evolución negativa de los pacientes.

La detección del aumento de la PIC es un elemento de suma importancia ya que se asocia con un peor pronóstico, y aumento de la morbi-mortalidad [\[1\]](#). Por ende, es de gran interés clínico explorar nuevos métodos diagnósticos que simplifiquen y agilicen el monitoreo de la PIC con el propósito de identificar precozmente aquellos pacientes que la presentan e implementar medidas terapéuticas tempranas que eviten las complicaciones asociadas a la Hipertensión intracraneana (HIC).

Contamos con diferentes métodos invasivos para monitorizar la PIC. “La medición se puede realizar en diferentes localizaciones anatómicas intracraneales: intraventricular, intraparenquimatosa, epidural, subdural y subaracnoidea” [\[2\]](#).

El drenaje ventricular externo es considerado el Gold estándar para la monitorización de la PIC. La ventaja de este método es que además de medir la PIC, permite drenar el líquido cefalorraquídeo (LCR) para el tratamiento de la HIC y administrar medicamentos por vía intratecal, útiles sobre todo en el caso de ventriculitis.

La colocación de monitoreo invasivo a través de catéteres se asocia a complicaciones sobre todo infecciosas y hemorrágicas.

Otra forma de medir la PIC de forma invasiva es mediante la colocación de microtransductores. Existen dispositivos de fibra óptica, dispositivos de medición de tensión y sensores neumáticos. Los más utilizados son los que miden la PIC por vía intraparenquimatosa. Por lo general se colocan en la región frontal a 2 cm de profundidad. De todas formas se prefieren los drenajes ventriculares externos para la medición de la PIC [\[2\]](#).

Debido a las complicaciones y dificultades que acarrea la medición invasiva de la PIC, en los últimos años se han explorado varias técnicas no invasivas para su medición. De esta búsqueda surgen varios trabajos que evalúan la ultrasonografía (US) del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico (DVNO) como una alternativa no invasiva para detectar HIC .

En el último tiempo, la US a los pies de la cama del paciente (POCUS) ha cobrado relevancia. A diferencia de la ecografía convencional, que generalmente no está directamente involucrada con el cuidado del paciente, el POCUS requiere una interacción directa médico-paciente para establecer un diagnóstico clínico o guiar un procedimiento.

Con el advenimiento de máquinas de US más pequeñas y asequibles, este método cada vez es más usado en diferentes entornos de práctica, y proporciona al médico tratante información de diagnóstico y monitoreo en tiempo real y puede utilizarse para mejorar la seguridad de los procedimientos estándar guiados por US. [\[3\]](#)

Diversas patologías pueden causar aumento de la presión intracraneana; entre ellas: traumatismo encefalocraneano, hemorragias intracraneanas, procesos tumorales e hidrocefalia [\[4\]](#). La siguiente revisión se centra en la hidrocefalia como etiología principal de elevación de la PIC.

En el presente trabajo se realizó una revisión de la literatura para evaluar la utilidad de la medida ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico para detectar HIC en pacientes con diagnóstico de Hidrocefalia.

Enfoque del tema

Hipertensión intracraneana:

La HIC es una condición clínica caracterizada por el aumento desmedido de la PIC. Ésta condición se asocia a un peor pronóstico y malos resultados en los ambientes de asistencia por lo que se le atribuye un gran peso en la morbimortalidad de los pacientes neurocríticos. [\[1\]](#).

En términos operativos, la HIC se define como el aumento de la PIC por encima de los 20 mmHg, mantenida por más de 5 minutos [\[5\]](#).

La presión intracraneana depende de 3 factores: la compliance, la resistencia del LCR y de la presión de los senos venosos. Como postula la teoría de Monro-Kellie, al ser el cráneo una cavidad inextensible (siempre y cuando se encuentre intacto), la PIC es el resultado de las presiones ejercidas por el tejido encefálico, la sangre y el líquido cefalorraquídeo. [\[6\]](#).

La PIC puede variar con la edad, debido a situaciones fisiológicas, posición corporal, tos y esfuerzo o en respuesta a alteraciones en las estructuras intracraneales. Por esto mismo, es fundamental el rol que cumple la autorregulación para amortiguar los cambios de volumen de forma efectiva, con el fin de mantener una presión intracraneal en un rango constante [4].

Debemos considerar que la variable volumen y la variable presión no tienen una proporcionalidad directa, sino que presentan una relación de tipo exponencial como se muestra en la siguiente imagen:

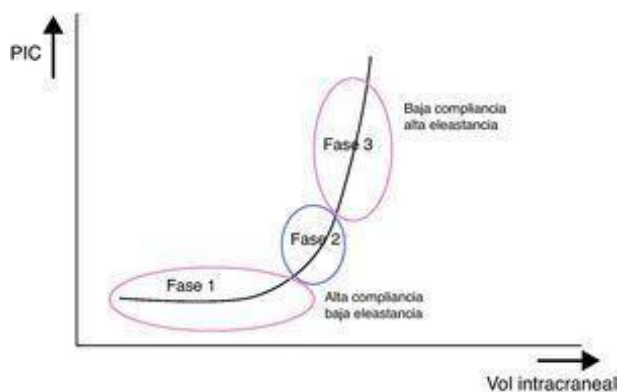


Fig. 1: Relación entre el volumen intracraneal y la presión. Imagen extraída de Rodríguez-Boto. G. *Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal.* [Artículo] España: Elsevier, 2012. [28]

La autorregulación hace referencia a la capacidad para mantener un flujo sanguíneo cerebral constante, incluso ante variaciones en la presión de perfusión cerebral, mediante cambios en los calibres de los vasos arteriales. [8]

Cuando se dilatan las pequeñas arterias del cerebro, lo primero que aumenta es el volumen sanguíneo cerebral. Si la curva de compliance es baja (o compliance normal) este cambio de volumen no va a afectar al paciente y la PIC no va a cambiar; pero si este cambio de volumen lo sufre cuando ya está en la parte superior de la curva, un aumento del volumen no será bien tolerado y la PIC aumentará. Entonces aumentará el flujo y aumentará el volumen, produciendo así un aumento de la presión [4].

Como se puede observar, a medida que aumenta la presión intracraneana, la Compliance (tolerancia) va disminuyendo hasta hacerse mínima y cuando esta es mínima, pequeños cambios en el volumen determinarán grandes cambios de presión y posteriormente se objetivan las graves complicaciones asociadas al aumento de la PIC: isquemia encefálica, herniación del contenido encefálico y la muerte [7].

Dentro de las patologías que pueden causar aumento de la PIC encontramos las vasculares; hemorragias, malformaciones arteriovenosas, trombosis de los senos venosos, obstrucción del sistema venoso, entre otras, las parenquimatosas; traumatismos, neoplasias, meningitis y las causas relacionadas a la alteración del LCR (ya sea por sobreproducción de LCR, disminución en la absorción u obstrucción al flujo) [\[4\]](#).

De lo anterior se desprende la necesidad de mantener un monitoreo constante de la PIC en los pacientes en los que se sospecha HIC o una alteración de la misma.

Métodos para medir PIC:

- **Métodos Invasivos:**

Los dispositivos intracraneales invasivos para el monitoreo de la PIC, en especial el catéter intraventricular y el sensor intraparenquimatoso, se consideran los estándar de oro.

Si bien la colocación del catéter intraventricular es considerado un procedimiento quirúrgico menor con pocos riesgos, no está exento de complicaciones tales como: hemorragias (1.1-5.8%), disfunciones (6.3-40%) e infecciones (0-15%), con un aumento gradual del porcentaje de las mismas tras cinco días de colocado. Se debe destacar que estos dispositivos están contraindicados en pacientes con trombocitopenia o coagulopatías graves y se requiere de un neurocirujano experimentado con un equipamiento adecuado para su realización. [\[9\]](#).

- **Métodos No invasivos**

- Ecografía
- Ultrasonografía doppler transcraneal
- Desplazamiento de la membrana timpánica
- Potenciales visuales evocados
- Oftalmodinamometria
- Tomografía de cráneo láser del nervio óptico
- Tomografía de coherencia óptica
- Espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS)
- Índice Bispectral

En la mayoría de los métodos nombrados previamente, se observó una correlación con la elevación de la PIC. Sin embargo, las únicas que han sido aprobadas para la práctica clínica fueron la ecografía y la ultrasonografía doppler transcraneal.[9]

Debido a que nuestra revisión se centra en la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico mediante la técnica ecográfica, en pacientes con hidrocefalia, es que ahondaremos más en dicho método.

Ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico:

La ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico ha surgido en los últimos años como una herramienta no invasiva y útil para la estimación de la PIC y detección de HIC. [2]

La ecografía presenta varias ventajas respecto a los métodos invasivos. Es un método que se puede realizar en tiempo real, a los pies de la cama del paciente, por el médico tratante sin necesidad de otro técnico. Presenta una curva de aprendizaje rápida y el costo relativo es bajo. Todas estas características la hacen un método factible, fácilmente reproducible y seguro ya que no se expone a los pacientes a radiaciones [10].

La técnica se basa en utilizar un equipo de ultrasonido (US) portátil, mediante un transductor lineal, en el ojo cerrado. Se mide el DVNO ligeramente por encima del párpado a una frecuencia de 7,5-15 MHz. El paciente debe estar en decúbito supino con una elevación de la cabecera de 35° (figura 2). [11] La vaina del nervio óptico se mide 3 mm por detrás de la retina (figura 3). En dicho punto se traza una línea transversal que une ambas líneas hipocóicas, correspondientes al borde interno de la duramadre. Se debe realizar la ecografía en el plano sagital y transversal [11].



Fig. 2: Medición ecográfica del DVNO.

Se realiza con el paciente en decúbito supino, y el transductor se posiciona sobre los párpados. Fotografía de autoría propia.



Fig. 3: Imagen ecográfica. Se observa línea amarilla correspondiente al DVNO a 3 mm de la retina. Fotografía de autoría propia.

Las complicaciones de utilizar dicho método (Tabla 1), suceden sobre todo cuando no se sigue el protocolo correcto y se incumplen las normas establecidas por la FDA (Food and Drug Administration). Suelen presentarse cuando no se respetan los límites de índice mecánico e índice térmico. A su vez, estas complicaciones son tiempo y número dependientes. [\[11\]\[12\]](#).

Tabla 1 - Complicaciones de la US [9]
Daño por calentamiento y cavitación. Complicación poco frecuente.
Daño ocular por presión excesiva sobre el globo ocular con el transductor. [9] .
Irritación de conjuntiva a causa del gel ecográfico [9] . Puede evitarse utilizando tegaderm.
Lesiones tisulares, migración celular anormal, expresión de genes y disfunción en la membrana.

Regulaciones de la FDA

- Índice mecánico: valores menores que 0.23
- Índice térmico: valores menores que 1.0 p
- Utilizar preset partes pequeñas disminuyendo la potencia acústica
- La ganancia se ajusta para obtener el contraste óptimo entre el Nervio Óptico y la grasa periorbitaria.

Se destaca el modelo point of care (POCUS) del DVNO como una forma de realizar ecografía clínica rápida. Puede ser ejecutada por el médico tratante junto a la cama del paciente con el objetivo de responder a una cuestión clínica de forma inmediata. Para facilitar su utilización, el equipo de US se ha vuelto más compacto, portátil, de mayor calidad y menor precio, lo que ha potenciado el crecimiento de este tipo de ecografía. El uso rutinario de la misma mejora la seguridad, la oportunidad y los resultados en diferentes escenarios clínicos. [\[9\]](#)

Dicho modelo proporciona evaluación precisa y oportuna del diámetro papilar lo que ha llevado a que se convirtiese en un valiosísimo complemento de la evaluación clínica del paciente crítico, tanto en situaciones pre e intra-hospitalarias. [\[11\]](#)

Hidrocefalia:

Según Harold L. Rekate la hidrocefalia se define como una distensión activa del sistema ventricular del cerebro relacionada con el paso inadecuado del líquido cefalorraquídeo desde su punto de producción dentro del sistema ventricular hasta su punto de absorción en la circulación sistémica [\[13\]](#).

La hidrocefalia se clasifica en 4 tipos según su mecanismo fisiopatológico: hidrocefalia obstructiva, la cual, como indica su nombre, está dada por la obstrucción de las vías de circulación del líquido cefalorraquídeo (LCR); la hidrocefalia malabsortiva, donde hay una alteración en la absorción del LCR. Esta malabsorción produce una alteración de todos los ventrículos por lo cual a este tipo también se le denomina hidrocefalia comunicante; la hidrocefalia hipersecretora, causada por una hiperproducción de LCR; y la hidrocefalia normotensiva idiopática, la cual no está del todo claro su mecanismo fisiopatológico. [\[14\]](#)

Las manifestaciones clínicas dependen de la etiología y la dinámica con la que la hidrocefalia se manifiesta. En los casos severos o con complicaciones de alto nivel se puede presentar con alteración del estado de vigilia, alteraciones de la función motora de la pupila y del sistema oculomotor, pérdida de función autonómica, disminución de reflejos e incluso el coma. Por otro lado, la hidrocefalia progresiva crónica se manifiesta con síntomas más inespecíficos como cefaleas, mareos, visión borrosa y dificultad para concentrarse. Otras manifestaciones son los vómitos matutinos y papiledema. [\[14\]](#).

En pacientes con un cuadro clínico de hidrocefalia la Tomografía computarizada de cráneo es el examen primario a solicitar por su disponibilidad y por el tiempo corto en la obtención de resultados. Sin embargo, el examen de elección para diagnóstico de hidrocefalia es la Resonancia Magnética (RM) [\[15\]](#).

Existen diferentes técnicas asociadas de RM para poder determinar la etiología y evaluar la misma. Estas técnicas son la Resonancia magnética de contraste de fase (PC-MRI), Secuencias tridimensionales heavy T2W y Cisternografía de Resonancia Magnética mejorada con material de contraste (CE-MRC). [\[16\]](#)

Los signos radiológicos utilizados para el diagnóstico de Hidrocefalia son:

- Ventriculomegalia (Índice de Evans $> 0,3$)
- Agrandamiento de los recesos del tercer ventrículo y los cuernos ventriculares laterales
- Disminución de la distancia mamilo-pontina y del ángulo del cuerno frontal
- Adelgazamiento y elevación del cuerpo calloso
- Surcos corticales normales o estrechos
- Hiperintensidades de la sustancia blanca periventricular (edema intersticial e hidrocefalia aguda)
- Fenómeno de vacío de flujo acueductal en imágenes T2W (un signo de hidrocefalia comunicante).[\[16\]](#).

La hidrocefalia sin tratar puede evolucionar hasta provocar la injuria cerebral permanente o incluso la muerte del paciente. El tratamiento es raramente curativo, ya que generalmente la causa de la misma no es corregible. Existe en excepciones la posibilidad de realizar ventriculostomía para favorecer la comunicación interventricular y permitir el flujo del LCR fuera de los compartimientos encefálicos. El procedimiento más frecuentemente realizado para resolver el cuadro agudo y evitar las complicaciones es la derivación externa. Consiste en la colocación de un catéter entre el ventrículo y un compartimiento externo, que facilita la salida del líquido acumulado. La derivación ventrículo-peritoneal (desembocadura en serosa abdominal) es el tipo de derivación más común, otras derivaciones son la ventriculoauricular (desembocadura en aurícula cardíaca) y ventrículo-pleural (serosa torácica), utilizadas en caso de que haya contraindicaciones de la ventriculoperitoneal o en otras presentaciones atípicas. También se recurre en pacientes graves a drenaje ventricular externo, hacia una bolsa colectora extracorporal. [\[17,18\]](#).

Objetivo General

Evaluar la utilidad del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico medido mediante ultrasonido en pacientes con hidrocefalia.

Metodología de búsqueda

Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron las bases de datos “Pubmed”, “Foco Timbó” y “Scopus”. No se utilizó restricción de idioma y se incluyeron artículos con fechas de publicación de antigüedad inferior a 20 años.

Las palabras “claves” que utilizamos fueron: Ecografía, nervio óptico, hipertensión intracraneana e hidrocefalia. Para la base de datos Pubmed se utilizaron los términos MESH (medical subject headings).

Los términos MESH dieron como resultado: ultrasonography (ecografía), optic nerve (nervio óptico), intracranial hypertension (hipertensión intracraneana) e hydrocephalus (hidrocefalia). Los comandos booleanos utilizados fueron “AND” y “NOT”, las combinaciones utilizadas en la búsqueda fueron Optic nerve AND ultrasonography AND intracranial hypertension AND hydrocephalus NOT children.

Para la selección de artículos se definieron 3 criterios de inclusión: pacientes mayores de 18 años, pacientes con diagnóstico de hidrocefalia, con ecografía de la vaina del nervio óptico. No se definieron criterios de exclusión.

Resultados

De acuerdo a los comandos definidos para el trabajo, nuestra búsqueda arrojó 12 artículos de interés. Sin embargo, respetando los criterios de inclusión y el enfoque de nuestra investigación, sólo se incluyeron 4 artículos.

En la búsqueda “Ecografía de la Vaina del Nervio Óptico” surgieron 792 artículos (publicados desde 1990 hasta el año 2022), únicamente en la plataforma PUBMED. Esta cifra refleja el interés actual de la comunidad científica por la exploración de esta técnica como alternativa clínica no invasiva para la medición de la PIC. Nuestro objetivo sin embargo, requería de la aplicación de esta técnica en pacientes adultos con diagnóstico de Hidrocefalia.

Se encontraron muy pocos artículos específicos de pacientes con hidrocefalia, en general se incluía dicha etiología como una de las tantas que producían HIC en la población de estudio.

Inicialmente se intentó respetar el criterio etario (mayores de 18 años), y mantener la revisión centrada en la población adulta, pero debido a la alta prevalencia de la hidrocefalia en la infancia, y la congruencia de los trabajos que incluían población pediátrica con nuestro objetivo, se decidió modificar esta pauta, incorporando artículos con dicha población.

Otro inconveniente que encontramos en la búsqueda fue el hecho de que algunos trabajos fueron realizados con una población de estudio reducida. Más aún, si sólo consideramos la hidrocefalia como etiología de interés.

En las tablas 2 y 3 se enlistan los artículos incluidos para la siguiente revisión y sus objetivos de estudio.

De los 4 artículos, los correspondientes a los grupos de Carachi, Rajshekhar y Deepak exploran la técnica específicamente en pacientes con hidrocefalia mientras que el correspondiente al grupo de Molina considera distintas etiologías de HIC, incluyendo la hidrocefalia.

En tres de los estudios, la media de edad de los pacientes es mayor de 30 años. El artículo restante (Carachi et. al) no especificaba la media, pero si el rango de edad (10 días a 16 años).

En la tabla 4 se adjunta lo anteriormente mencionado, además de la distribución por sexos y la información de fallecidos en los respectivos trabajos.

Tabla 2 - Artículos analizados en la revisión.

Tabla 2 - Artículos analizados en la revisión.

	Título	Autor/es	País de estudio	Tipo de Estudio	Revista	Año
1	Measurement of optic nerve sheath diameter by ultrasound: a means of detecting acute raised intracranial pressure in hydrocephalus	Carachi et al.	Reino Unido	Obs. Prosp.	British Journal of Ophthalmology	2002
2	Measurement of changes in optic nerve sheath diameter using ultrasound and computed tomography scan before and after the ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus - A prospective observational trial	Deepak et al.	India	Obs. Prosp.	British Journal of Neurosurgery	2019
3	Utilidad diagnóstica de la ecografía de vaina de nervio óptico, como método no invasivo para la detección de hipertensión intracraneal. Estudio prospectivo de 95 mediciones comparado con monitoreo invasivo en Chile.	Molina	Chile	Obs. Prosp.	Revista Chilena de Neurocirugía	2019
4	Utility of serial optic nerve sheath diameter measurements in patients undergoing cerebral spinal fluid diversion procedures for hydrocephalus	Rajshekhar et al.	India	Obs. Prosp.	World Neurosurgery	2021
Obs. Prosp: Estudio Observacional Prospectivo.						

Tabla 3 - Objetivos de los artículos respectivos.

	Autor	Objetivo
1	Carachi et al.	Evaluar la utilidad de la medición deL DVNO en niños con hidrocefalia, con derivación ventriculoperitoneal y sospecha de PIC aumentada
2	Deepak et al.	Evaluar cambios de DVNO mediante US y TC en pacientes con Hidrocefalia antes y después de una derivación Ventricular.
3	Molina.	Evaluar que la ecografía de la vaina del nervio óptico es una herramienta útil como método no invasivo para la detección de HIC, en comparación con el método de referencia actual
4	Rajshekhar et al.	Se compara la medición DVNO en pacientes sometidos a derivación ventriculoperitoneal con hidrocefalia.
<ul style="list-style-type: none"> • DVNO: Diámetro de la vaina del nervio óptico. • US: Ultrasonografía. • TC: Tomografía computada. • HIC: Hipertensión intracraneana. 		

Tabla 4 - Población de estudio según artículo

	Artículo	Pacientes con diagnóstico de Hidrocefalia	Media de Edad	Sexo de los pacientes	Fallecidos
1	Carachi et al.	23 con hidrocefalia de un total de 125 pacientes.	No especifica: Entre 10 días y 16 años.	12 niños 11 niñas	No informa.
2	Deepak et al	69 (total: 69 pacientes).	34 años (2-60)	38 hombres 31 mujeres	No informa.
3	Molina	8 (total: 95)	50 años	55 1,5:1 (Relación hombre:mujer) De este total solo 8 ptes eran por hidrocefalia.	No informa.
4	Rajshekhar et al.	51 (total: 51)	31 años (mayores de 10)	28 hombres 23 mujeres	No informa.

Continuando con las variables que influyen en los resultados obtenidos del punto de corte para el DVNO desarrollaremos a continuación las características en torno a la medición del mismo.

Los 4 estudios coinciden en que comenzaron la medición del DVNO a 3 mm de la esclera posterior, obteniendo un promedio de las medidas tomadas. Sin embargo se encontraron diferencias en lo que respecta a los operadores y a las frecuencias del ecógrafo utilizadas.

En los artículos Carachi y Molina, el técnico encargado de las mediciones es un especialista en imagenología y un neurocirujano, a diferencia de los artículos de Rajshekhar y Deepak que no especifican quién fue el operador.[\[19\]\[22\]\[20\]\[21\]](#) Como expusimos previamente en nuestra revisión, la ecografía es una técnica operador dependiente, por lo que resulta crucial el conocimiento de quien realiza las medidas a causa de la variabilidad interoperator. A su vez, el conocimiento de las condiciones clínicas del paciente puede representar un sesgo del observador hecho que sucede en el artículo de Carachi.[\[19\]](#) En los artículos de Molina y Rajshekhar , el operador desconoce la PIC del paciente y en el artículo correspondiente al grupo de Deepak no se especifica.[\[20\]\[21\]\[22\]](#)

El instrumento ecográfico varía, el estudio de Carachi, por incluir población pediátrica, utiliza un ecógrafo pediátrico a diferencia de los otros artículos los cuales utilizan un ecógrafo convencional. [\[19\]](#)

En lo que respecta a la frecuencia del transductor, los artículos de Carachi y Rajshekhar utilizan una frecuencia de 7 MHz, mientras que los grupos de Molina y Deepak utilizan un rango de 5 a 13 MHz y de 5 a 16 MHz respectivamente. [\[19\]\[21\]\[22\]\[20\]](#) Estas variables nombradas podrían influir en los resultados de las mediciones del DVNO por lo que deben ser consideradas.

Otra de las variables con gran impacto en el punto de corte para el diagnóstico de HIC es la población de estudio.

Como se expone en la tabla 3, el artículo de **Carachi** a diferencia de los otros artículos tiene una población de estudio diferente ya que incluye participantes menores de 1 año, hecho que no sucede en el resto de los artículos. [\[19\]](#)

En el mismo, se concluyó mediante un análisis de regresión logarítmica que el DVNO aumenta junto con la edad, produciéndose el mayor incremento en el 1er año de vida.

Se observó que en los menores de un año la media del DVNO en pacientes con hidrocefalia fue de 2,9 mm con un rango de 2,2 a 3,4 (DE 0,4) a diferencia de la media del DVNO observada en mayores de 1 año que fue de 3,1 mm con un rango de 2,3 a 4,0 mm y DE 0,3, ($p = 0,01$).

A los efectos del estudio, los investigadores definieron un límite superior de normalidad, en menores de 1 año, de 4,0mm y para los mayores de 1 año de 4,5 mm.

Este estudio dividió a sus participantes de acuerdo al estado clínico y a si requerían intervención quirúrgica. La confirmación de la PIC se realizó en 12 niños, comprendidos en el grupo 4, caracterizado por presentar signos sugestivos de PIC elevada. Si bien el artículo no especifica cómo se confirmó dicho aumento lo cual es dato de vital importancia, si menciona que en 11 casos se revisaron las derivaciones ventriculoperitoneales. [\[19\]](#)

A diferencia del estudio de Carachi, el estudio de **Deepak**, observó de forma prospectiva a 69 pacientes con hidrocefalia en los cuales se colocó un drenaje ventrículo peritoneal. La media de edad fue de 34 años. Del total de pacientes, 38 eran hombres, 31 mujeres y 12 menores de 10 años. Se midió el DVNO pre-procedimiento y 12 horas post procedimiento. La media observada para los adultos (mayores de 11 años) pre procedimiento fue de 5,80 mm y post procedimiento fue de 4,52 mm. Para los pacientes menores de 10 años, la media preoperatoria fue de 4,76 y postoperatoria 3,90.

En este estudio se observó una reducción significativa del DVNO después de la inserción de la derivación ventrículo peritoneal.

El principal objetivo de este estudio fue evaluar las fluctuaciones del DVNO mediante tomografía computada y ultrasonografía; se concluyó que la TC presenta una elevada sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de HIC y establecieron un punto de corte del DVNO para el dicho diagnóstico: 4,6 mm en mujeres y 4,8 en hombres. Se debe destacar la diferencia leve en los diferentes sexos, factor a considerar también cuando nos referimos a los puntos de corte del DVNO medidos por US. [\[19\]\[20\]\[21\]\[22\]](#)

Con respecto al artículo de **Molina**, se incluyeron 59 pacientes con aumento de la presión intracraneal por diversas patologías, entre ellas hidrocefalia. El promedio de edad fue de 50 años. Se observó que el punto de corte del DVNO para el diagnóstico de HIC varía entre 4,8 y 6,3 mm dependiendo del escenario clínico. En este estudio se optó por utilizar como punto de corte el DVNO de 5,5 mm por su alta especificidad. [\[22\]](#)

Una particularidad de este estudio y del estudio de Rajshekhar es que mencionan una variabilidad dependiente del país de origen, estableciendo así diferentes puntos de corte del DVNO para el diagnóstico de HIC. [\[22\]\[20\]](#) Se expone que para Canadá el punto de corte es de 3,7 mm, para China de 5,1 mm, para los Griegos de 3,6 y para Bangladesh de 4,4mm.

Por último el estudio de **Rajshekhar** incluyó 51 pacientes con diagnóstico de hidrocefalia que se sometieron a derivación ventrículo peritoneal o tercer ventriculostomía endoscópica. Utilizó un rango de edad entre los 18 y 55 años, con una mediana de 31 años.

El valor de corte del DVNO para la PIC elevada fue de 5,5 mm (al igual que en el estudio de Molina) con una sensibilidad y especificidad para detectar $PIC \geq 20$ mmHg de 94,9% y 66,7% respectivamente en pacientes del sur de Asia con hidrocefalia. Como podemos ver este artículo, al igual que el de Molina, menciona la importancia de tener puntos de corte definidos para cada región del mundo dada la variabilidad étnica de los valores del DVNO en población sana.

Del total de participantes, en 39 se constató una PIC por encima de 20 mmhg y el DVNO observado fue mayor a 5,5 mm; mientras que en los 12 restantes que obtuvieron una PIC menor a dicho valor, el DVNO fue menor a 5,5 mm. [\[20\]](#)

Tabla 5: Características vinculadas a la técnica de medición.

Artículo	Instrumento Ecográfico		Condiciones previas				Técnica de medición				
	Ecógrafo utilizado	Frecuencia del transductor	Momento de realización	Posición del paciente	Otros	Operador	Descripción de imagen	Distancia establecida para medición	Planos	Procesamiento de medidas	
Carachi et al.	Acuson 128XP (pediátrico)	7 MHz	No específica	Decúbito supino		Radiólogo con previo conocimiento de Dg.	No figura	3mm desde Esclera posterior.	No específica	Promedio de cantidad desconocida de medidas.	
Deepak et al.	No específica	5 - 16 MHz	Pre-Cx: Pre anestesia Post-Cx: 12 hs desde Cx.	Se asume DS por referencia a mesa cx.		No específica.	Figura descripción	3mm desde Esclera posterior.	No específica	Promedio de 3 medidas.	
Molina	General Electric LOGIQ E	5 - 13 MHz (> 7,5)	No específica	DS, idealmente cabezera 30°	<ul style="list-style-type: none"> Mirada central. Transductor aplicado 30° de vertical central. 	Neurocirujano entrenado en US ocular y 1 año de experiencia. Sin conocimiento de PIC invasiva de pte.	Figura descripción	3 mm desde Disco Óptico.	Planos transversal y axial	Promedio de 3 medidas.	
Rajshekhar et al.	Fujifilm Sonosite M-Turbo	7 MHz	Pre-Cx: Post anestesia Post-Cx: día 1, 3 y 7 desde Cx.	Decúbito Supino		No específica operador. Menciona desconocimiento sobre funcionalidad de derivación.	No figura	3 mm desde Globo Ocular.	Planos transversal y axial	Promedio de 3 medidas.	
Abreviaciones: Cx: Cirugía/Quirúrgico/a DS: Decúbito Supino											

Tabla 6 - Métodos directos e indirectos de monitorización de la PIC.

Artículo	DVNO por US	Monitoreo invasivo de PIC	DVNO por TC	Signos clínicos de HIC
1	Si	En algunos pacientes incluidos dentro del grupo 4.	No	En grupo 3: Cefalea, irritabilidad, cansancio y náuseas.
2	Si	No se realiza.	Si	Adultos: Cefalea, náuseas, vómitos en adultos. En niños: llanto débil, irritabilidad, fontanela abultada.
3	Si	En todos los pacientes con hidrocefalia.	No	No
4	Si	En todos los pacientes.	No	Cefalea, alteración del estado de consciencia, visión borrosa, diplopía.

Discusión

El objetivo de la revisión es evaluar la eficacia de la Ecografía del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico para diagnosticar HIC en pacientes con hidrocefalia diagnosticada.

El recurso de la medición del DVNO mediante US está en crecimiento y en constante estudio, es una herramienta que nos provee muchas ventajas y debe ser explotada. Existen varios estudios que describen su utilidad y las diferencias encontradas en el punto de corte para el DVNO, hecho de gran relevancia a la hora de realizar el diagnóstico de HIC. Los artículos mencionados a continuación, avalan el uso de la medición del DVNO por US para el diagnóstico de HIC.

El grupo de trabajo de Stevens RRF realizó una revisión para identificar discrepancias en la metodología utilizada en la medición del DVNO. Se incluyeron 63 artículos encontrando 4 posiciones diferentes en la colocación de los marcadores de US para delinear la vaina del nervio óptico lo que resultó en diferentes valores de DVNO así como diferentes sensibilidades a los cambios de la PIC. [\[23\]](#)

El metaanálisis de Dubourg el cuál incluyó seis estudios, muestra buen nivel de precisión diagnóstica para detectar HIC en pacientes adultos con trauma craneoencefálico y hemorragia intracraneal. Dos de los estudios incluidos en este metaanálisis establecieron un punto de corte de 5,2 mm, y en los otros cuatro restantes los puntos de corte fueron: 5,9; 5,0; 5,7; 5,8 mm.

Pensamos que esta diferencia en los puntos de corte podría radicar en la metodología utilizada para la medición del DVNO, así como en el número y tipo de pacientes estudiados. [24]

El grupo de Kimberly y el de Soldatos [25] en donde se realizaron las medidas en ambos planos (longitudinal y transversal) establecieron un valor de corte de 5,2 y 5,8 mm respectivamente. Según el trabajo del grupo de Yic C. et al [26], debe realizarse en ambos planos, ya que la medida en el eje transversal podría conducir a errores y a falsos aumentos del DVNO debido a los artefactos que se producen por el segmento anterior del ojo, la córnea y el cristalino.

El metaanálisis de Chiara Robba et al. del año 2018, que incluyó siete estudios, concluye que la medición ecográfica del DVNO puede ser una técnica potencialmente útil para evaluar HIC en modo binario (presente / ausente) cuando los métodos invasivos de monitoreo no son deseables o no están disponibles. Sin embargo, debido al número limitado de pacientes y la baja calidad de los estudios incluidos en este metaanálisis, se necesitan estudios más grandes de alta calidad para establecer el valor de corte apropiado para HIC y la aplicabilidad de esta técnica en condiciones clínicas específicas. En este metaanálisis los valores umbral de DVNO que optimizan las sensibilidades y especificidades evaluadas por las curvas ROC variaron de 4,80 a 6,30 mm. [27]

Nuestro trabajo no escapa a la problemática de obtener un punto de corte universal para diagnóstico de HIC.

Para esto analizamos diferentes artículos y como mencionamos anteriormente, se incluyeron estudios con población pediátrica, dada la escasez de artículos referentes únicamente a adultos.

De los cuatro artículos seleccionados, los únicos que correlacionan la HIC constatada de forma invasiva (gold estándar) con el DVNO medido por ultrasonografía fueron los correspondientes a los grupos de Carachi, Rajshekhar y Molina.

En el artículo de Carachi se observó que en aquellos pacientes con síntomas sugestivos de PIC elevada que remitieron espontáneamente en 24 horas, el DVNO medido por US fue menor al punto de corte establecido para el diagnóstico de HIC en dicha población (4,5 mm); en este grupo no se midió la PIC de forma invasiva. Sin embargo, en aquellos pacientes que presentaban síntomas sugestivos de PIC elevada y estos persistían más allá de las 24 horas, si

se midió de forma invasiva la PIC, constatando que la misma estaba elevada, hecho que se correlacionó con un DVNO medido por US superior al punto de corte establecido. Este hecho también se observó en los estudios de Rajshekhar y Molina, donde en aquellos pacientes con diagnóstico de HIC (por método invasivo) se obtuvo un DVNO medido por US mayor al punto de corte definido (5,5 mm).

De De estos estudios se desprende que existe una buena correlación entre la medida ecográfica del DVNO y el monitoreo invasivo para detectar HIC en pacientes con hidrocefalia. No obstante, surge la interrogante de por qué dichos estudios establecen diferentes puntos de corte del DVNO para el diagnóstico de PIC elevada.

Para responder esta pregunta debemos focalizarnos en las características que diferencian a los artículos entre sí. Se encontraron diferencias principalmente en la población de estudio (edad, zona geográfica/etnia y características de sus patologías de base).

Se observó una variabilidad del DVNO correlacionada con la edad de los participantes.

Los estudios de Deepak y Carachi fueron los únicos que incluyeron participantes menores de 10 años. El estudio de Carachi establece un punto de corte del DVNO para menores de 1 año de 4 mm y para mayores de 1 año de 4,5 mm. En este estudio se observó una media de 5,9 mm (claramente mayor al punto de corte) en los pacientes en los que se confirmó el aumento de la PIC. Una limitación encontrada en este estudio es que menciona que se confirmó la PIC elevada mediante la revisión de las derivaciones, pero no especifica de qué forma fueron revisadas.

El estudio de Deepak separa a su población en mayores de 10 años y menores de 10 años. De todas formas a diferencia del estudio de Carachi, éste no establece punto de corte del DVNO para el diagnóstico de PIC elevada, pero si observa diferentes medias del DVNO medidas por US entre estas poblaciones siendo, la media para los mayores de 10 años de 4,76 mm y para los menores de 10 años de 3,90 mm.

En contrapartida, los artículos de Molina y Rajshekhar trabajaron con poblaciones mayores de 10 años y establecieron el mismo punto de corte del DVNO para diagnóstico de PIC elevada (5,5mm). En el estudio de Molina se realizó monitorización invasiva de la PIC y se constató un promedio de PIC de 29 mmHg que se acompañaba de un promedio del DVNO medido por US de 6,1 mm.

De los 51 pacientes incluidos en el estudio de Rajshekhar se detectó 39 pacientes con una PIC mayor a 20 mmHg, los cuales tenían un promedio de DVNO medido por US de 6 mm. Los 12 participantes restantes tenían una PIC menor a 20 mmHg con un promedio de DVNO de 5,3 mm.

Según estos estudios, parecería que los puntos de corte para DVNO varían con la edad. Además, según los datos obtenidos en estos estudios, la media de DVNO medida por US es menor en población pediátrica (menores de 10 años). Por esta misma razón es difícil establecer un único punto de corte del DVNO útil para todos los rangos etarios.

En cuanto al sexo de los participantes, éste no parece tener un peso significativo en la medida del DVNO a diferencia del país de origen que si parece tener relevancia, hecho que se describe en los artículos de Rajshekhar y Molina. Estos estudios describen una correlación entre el país de origen y el punto de corte del DVNO como diagnóstico para HIC, probablemente vinculado a la etnia, ya que se ha descrito previamente la variación étnica en los valores del DVNO en población sana. Por esto mismo, no solo se debe tener en cuenta el rango etario de la población estudiada, sino que también es fundamental contar con el origen de los pacientes.

Por último, otra variable que podría influir en la variación del DVNO es la patología de base de la población estudiada, éste no fue el caso de los artículos de Molina y Rajshekhar, en donde si bien las poblaciones eran similares (mayores de 10 años) y establecían el mismo punto de corte (5,5 mm), diferían en las patologías que presentaban los pacientes.

El estudio de Molina incluía pacientes con hidrocefalia pero también, con patología traumática, tumoral, infecciosa y vascular; a diferencia del estudio de Rajshekhar que incluía pacientes únicamente con hidrocefalia. De todas formas, desconocemos si algunas patologías específicas podrían modificar en mayor o menor medida el DVNO, por lo que no se puede descartar a la etiología como factor determinante en la medición del DVNO.

Conclusiones

Analizando los datos obtenidos de los diferentes artículos que se tomaron para esta revisión se llega a distintas conclusiones.

En primer lugar cabe destacar que debido a la falta de datos significativos como lo son; un punto de corte universal para el diagnóstico de HIC, la deficiencia de datos sobre el resultado

de la medición invasiva de la PIC o ausencia del mismo, la escasa información sobre el desarrollo de la técnica empleada, el lugar de internación y número de pacientes fallecidos, es que nos encontramos limitados para realizar una revisión de mejor calidad.

Si bien hubieron diferencias, anteriormente mencionadas, en la realización y resultados de los estudios así como también en la calidad de estos, se logró ver la utilidad de la medida del DVNO para detectar HIC en pacientes con hidrocefalia. En los pacientes a los que sometió a cirugía de derivación peritoneal como tratamiento de la hidrocefalia se encontró una disminución del DVNO. En los pacientes que tuvieron una reducción con DVNO luego de la derivación peritoneal se asoció una mejoría en los síntomas clínicos.

Hemos mencionado diferentes metaanálisis que incluyen diferentes patologías neurocríticas en donde se puede observar la muy buena correlación que existe entre el DVNO y el monitoreo invasivo para diagnosticar pacientes con PIC > 20 mmhg. Sin embargo aún continúa en discusión encontrar un único punto de corte para diagnosticar HIC. Como hemos visto, este problema también se extiende a los pacientes con hidrocefalia. Sin embargo parecería que el DVNO tiene también utilidad para diagnosticar HIC en pacientes con hidrocefalia. Hacen falta más estudios con una cohorte mayor de pacientes para poder definir con certeza su utilidad en individuos con hidrocefalia.

Conflicto de interés: Declaramos no tener conflictos de intereses que puedan influir inapropiadamente en el desarrollo de esta revisión

Agradecimientos: Los autores agradecen al Dr. Christian Yic, cuyo papel en la orientación de este trabajo fue fundamental para la realización del mismo, a la Facultad de Medicina UDELAR por brindar la oportunidad de aproximarnos a la comunidad científica tan importante hoy en día, y a la Prof. Adj. de la Facultad de Medicina de Metodología Científica Silvina Bartesaghi por la dedicación, compromiso y responsabilidad hacia los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Güiza F, Depreitere B, Piper I, Citerio G, Chambers I, Jones PA, Lo TY, Enblad P, Nillson P, Feyen B, Jorens P, Maas A, Schuhmann MU, Donald R, Moss L, Van den Berghe G, Meyfroidt G. Visualizing the pressure and time burden of intracranial hypertension in adult and paediatric traumatic brain injury. *Intensive Care Med.* 2015 Jun;41(6):1067-76. doi:10.1007/s00134-015-3806-1. Epub 2015 Apr 18. PMID: 25894624. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19410151/>

[2] Raboel PH, Bartek J Jr, Andresen M, Bellander BM, Romner B. Intracranial pressure monitoring: Invasive versus non-invasive methods-A review. *Crit Care Res Pract* [Internet]. 2012 [citado el 14 de noviembre de 2022];2012:950393. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22720148/>. doi:10.1155/2012/950393 PMID: 22720148

[3] Díaz-Gómez JL, Mayo PH, Koenig SJ. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med* [Internet]. 2021 [citado el 12 de noviembre de 2022];385(17):1593–602. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34670045/>. doi: 10.1056/NEJMra1916062. PMID: 34670045.

[4] Galindo-Velásquez, Hather Andrés. “AUTORREGULACIÓN CEREBRAL: FISIOLÓGÍA Y FISIOPATOLOGÍA ESENCIALES PARA EL MANEJO NEUROCRÍTICO.” *REVISTA ARGENTINA de MEDICINA*, vol. 8, no. 4, 30 Dec. 2020, www.revistasam.com.ar/index.php/RAM/article/view/524/419.

[5] Marmarou A et al. Impacto de la inestabilidad de la PIC y la hipotensión en el resultado de pacientes con traumatismo craneoencefálico grave. *Suplemento de especificaciones* 1991;75:S59–66.

[6] Rodríguez-Boto, G., et al. "Conceptos Básicos Sobre La Fisiopatología Cerebral Y La Monitorización de La Presión Intracraneal." *Neurología*, vol. 30, no. 1, 1 Jan. 2015, pp. 16–22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2012.09.002>

[7] Piva, A. "FISIOLOGÍA de LA PRESIÓN INTRACRANEANA Un Análisis al Papel de La "Compliance."" 1999. vol. 13, no. 2, 1999, pp. 50–54. Disponible en: www.binasss.sa.cr/revistas/neuroeje/v13n2/art6.pdf.

[8] Boggia J, Hurtado J, López A, Malacrida L, Angulo M, Seija M, Luzardo L, Gadola L, Grignola C. Fisiopatología: Mecanismos de las Disfunciones Orgánicas. 2da edición, Montevideo, Uruguay. BiblioMedica. 2019. p. 327-356

[9] García J. "Utilidad Diagnóstica de La Ecografía de Vaina de Nervio Óptico (Evno), Como Método No Invasivo Para La Detección de Hipertensión Intracraneal. Estudio Prospectivo de 95 Mediciones Comparado Con Monitoreo Invasivo En Chile." *Revista Chilena de Neurocirugía*, 2019 Oct 4; vol. 45, no.1: 38–44. [10.36593/rev.chil.neurocir.v45i1.9](https://doi.org/10.36593/rev.chil.neurocir.v45i1.9). Accessed 11 Feb. 2022.

[10] 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. *Neurolog Sci* [Internet]. 2019 [citado el 12 de noviembre de 2022];40(12):2447–57. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31367861/>
doi: [10.1007/s10072-019-04015-x](https://doi.org/10.1007/s10072-019-04015-x). Epub 2019 Jul 31. PMID: 31367861.

[11] Yic C, Pontet J. Neurosonología básica: Diámetro de la vaina del nervio óptico y pupilometría. En: *Ultrasonografía en urgencias, cuidados críticos y anestesiología*. Montevideo: Cuadrado; 2016. p. 251-261

[12] Barnett S, Ter Haar G, Ziskin M, Rott H, Duck F, Maeda K. International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine. *Ultrasound Med Biol* [Internet]. 2000 Mar. sep 10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10773365/> [citado el 12 de noviembre de 2022];26(3):355–66. DOI: [10.1016/s0301-5629\(00\)00204-0](https://doi.org/10.1016/s0301-5629(00)00204-0). PMID: 10773365

[13] 1. Rekate HL. A Contemporary Definition and Classification of Hydrocephalus. *Seminars in Pediatric Neurology*. 2009 Mar;16(1):9–15. PMID: 19410151 DOI: [10.1016/j.spen.2009.01.002](https://doi.org/10.1016/j.spen.2009.01.002)

[14] Langner S. et al. "Diagnosis and Differential Diagnosis of Hydrocephalus in Adults." *RöFo - Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Röntgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren*, 2017 May 16; vol. 189, no. 08; 728–739, 10.1055/s-0043-108550.

[15] Langner S, Fleck S, Baldauf J, Mensel B, Kühn JP, Kirsch M. Diagnosis and Differential Diagnosis of hydrocephalus in Adults. *Rofo* [Internet]. 2017;189(8):728–39. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0043-108550>

[16] Kartal M, Algin O. Evaluation of hydrocephalus and other cerebrospinal fluid disorders with MRI: An update. *Insights Imaging* [Internet]. 2014;5(4):531–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s13244-014-0333-5>

[17] Koleva M, De Jesus O. Hydrocephalus. 2022. [citado el 12 de noviembre de 2022]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32809710/>. PMID: 32809710 Bookshelf ID: [NBK560875](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32809710/)

[18] "Treatment of Hydrocephalus in Adults." *Seminars in Pediatric Neurology*, vol. 16, no. 1, 1 Mar. 2009, pp. 34–41, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19410156/, 10.1016/j.spen.2009.02.001.

[19] Newman WD, Hollman AS, Dutton GN, Carachi R. Measurement of optic nerve sheath diameter by ultrasound: a means of detecting acute raised intracranial pressure in hydrocephalus. *Br J Ophthalmol* [Internet]. 2002 [citado el 15 de noviembre de 2022];86(10):1109–13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12234888/> PMID: PMC1771326 DOI: 10.1136/bjo.86.10.1109

[20] Subramanian S, Nair S, Moorthy RK, Rebekah G, Krishnaprabhu R, Joseph BV, et al. Utility of serial optic nerve sheath diameter measurements in patients undergoing cerebral spinal fluid diversion procedures for hydrocephalus. *World Neurosurg* [Internet]. 2021;154:e168–75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2021.07.003>

[21] Bhandari D, Udupi Bidkar P, Adinarayanan S, Narmadhalakshmi K, Srinivasan S. Measurement of changes in optic nerve sheath diameter using ultrasound and computed tomography scan before and after the ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus - A prospective observational trial. *Br J Neurosurg* [Internet]. 2019;33(2):125–

30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/02688697.2019.1576856>.

PMID: 30880478. DOI: [10.1080/02688697.2019.1576856](https://doi.org/10.1080/02688697.2019.1576856)

[22] Molina JG. Utilidad diagnóstica de la ecografía de vaina de nervio óptico (EVNO), como método no invasivo para la detección de hipertension intracraneal. Estudio prospectivo de 95 mediciones comparado con monitoreo invasivo en Chile Diagnostic utility of the optic nerve sheath diameter (ONSD), as a non-invasive method for the detection of intracranial hypertension. Prospective study of 95 measurements compared with invasive monitoring in Chile [Internet]. Neurocirugiachile.org. [citado el 15 de noviembre de 2022]

[23] (Stevens RRF, Gommer ED, Aries MJH, Ertl M, Mess WH, Huberts W, Delhaas T. Optic nerve sheath diameter assessment by neurosonology: A review of methodologic discrepancies. J Neuroimaging. 2021 Sep;31(5):814-825. doi: 10.1111/jon.12906. Epub 2021 Jul 16. PMID: 34270144),

[24] Dubourg, J. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med. 2011 Jul;37(7):1059-68. doi: 10.1007/s00134-011-2224-2. Epub 2011 Apr 20. PMID: 21505900.

[25] Kimberly HH, Shah S, Marill K, Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. Acad Emerg Med. 2008 Feb;15(2):201-4. doi: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x. PMID: 18275454. ; Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, Papathanasiou M, Gouliamos A, Karabinis A. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury. Crit Care. 2008;12(3):R67. doi: 10.1186/cc6897. Epub 2008 May 13. PMID: 18477382; PMCID: PMC2481450)

(Moretti R, Pizzi B, Cassini F, Vivaldi N. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage. Neurocrit Care. 2009 Dec;11(3):406-10. doi: 10.1007/s12028-009-9250-8. PMID: 19636971 ; Geeraerts T, Merceron S, Benhamou D, Vigué B, Duranteau J. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. Intensive Care Med. 2008 Nov;34(11):2062-7. doi: 10.1007/s00134-008-1149-x. Epub 2008 May 29. PMID: 18509619

[26] Yic C, Pontet J, Mercado M, Muñoz M, Biestro A. Usefulness of the Ultrasound

Measurement of the Optic Nerve Sheath Diameter to Detect Intracranial Hypertension..
Research Square; 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2089452/v1)

[27] Robba C, Santori G, Czosnyka M, Corradi F, Bragazzi N, Padayachy L, Taccone FS, Citerio G. Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2018 Aug;44(8):1284-1294. doi: 10.1007/s00134-018-5305-7. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30019201).

[28] Rodríguez-Boto G, Rivero-Garvía M, Gutiérrez-González R, Márquez-Rivas J. Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. *Neurología [Internet]*. 2015 Jan 1;30(1):16–22. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-articulo-conceptos-basicos-sobre-fisiopatologia-cerebral-S0213485312002691>