

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO AUTÓNOMO HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LOS ANDES
POSTGRADO DE NEUROCIRUGÍA

**MEDICIÓN ECOGRÁFICA DEL DIÁMETRO DE LA VAINA DEL NERVIO
ÓPTICO EN PACIENTES CON TRAUMA CRANEAL Y CLÍNICA DE
HIPERTENSIÓN INTRACRANEAL, TRATADOS CON SOLUCIÓN
HIPERTÓNICA. SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA, INSTITUTO AUTÓNOMO
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LOS ANDES**

AUTOR: Francisco José Rodríguez Villarroel

TUTOR: Jesús Puente

Mérida, 2023

**MEDICIÓN ECOGRÁFICA DEL DIÁMETRO DE LA VAINA DEL NERVIO
ÓPTICO EN PACIENTES CON TRAUMA CRANEAL Y CLÍNICA DE
HIPERTENSIÓN INTRACRANEAL, TRATADOS CON SOLUCIÓN
HIPERTÓNICA. SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA, INSTITUTO AUTÓNOMO
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LOS ANDES**

www.bdigital.ula.ve

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
PRESENTADO POR EL MÉDICO
FRANCISCO JOSÉ RODRÍGUEZ
VILLARROEL, CI: 18.885.671, ANTE EL
CONSEJO DE LA FACULTAD DE
MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS
ANDES, COMO CREDENCIAL DE MÉRITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO EN
LA ESPECIALIDAD DE NEUROCIRUGÍA**

Autor: Médico Francisco José Rodríguez Villarroel. Residente de 5to. Año del Postgrado de Neurocirugía. Universidad de Los Andes.

Tutor: Dr. Jesús Puente. Especialista en Neurocirugía. Universidad de los Andes. IAHULA. Profesor Titular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes.

www.bdigital.ula.ve

Agradecimiento

A Dios por sobre todas las cosas por brindarme cada día la salud y vida necesaria para seguir luchando por lograr cada una de las metas trazadas además de brindarme las herramientas necesarias.

A la Virgen del Valle patrona del oriente de nuestro país por concederme la bendición de ser médico y ahora poder alcanzar otra meta que es la de ser especialista en Neurocirugía.

A mi madre Saida Villarroel que, a pesar de no poderte tener físicamente para agradecerte, aprovecho estas palabras para darte las gracias por haberme brindado todas y cada una de las herramientas para ser lo que actualmente soy, que siempre estuviste en todo momento sin desfallecer hasta verme alcanzar cada una de mis metas, te doy gracias por darme una grandiosa formación; además de todo el cariño, amor y entrega que siempre tuviste hacia mí.

A mi tía Carmen Villarroel mi madre adoptiva te agradezco porque siempre ha sido un pilar importante en mi formación que con tu amor siempre me has tenido como tu hijo varón que nunca tuviste, gracias por siempre estar para mí en todo momento sin importar nada.

A mis tíos Alexis Villarroel, Víctor Villarroel, Rafael Villarroel, Abdul Villarroel, Gervasio Villarroel y Fidel Villarroel por todos sus consejos y apoyo brindado durante mi formación.

A la Sra. Jacqueline Vejar persona que siempre estuvo presente para apoyarme y ayudarme en todo momento, mi gratitud de corazón eternamente.

Al Dr. Jesús Puente por ser más que un profesor un padre abnegado y entregado, que desde que inicie el postgrado me ha tenido ese cariño incondicional de padre y a quien admiro y respeto grandemente.

Al Dr. Pablo Vásconez agradecido por todas sus enseñanzas y por siempre ser pilar en mi formación como neurocirujano brindándome todos los conocimientos, enseñanzas y aprendizaje, que me brindo su apoyo en todo momento, mi mayor respeto y admiración para usted como un padre para mi.

A los adjuntos del servicio de neurocirugía Dr. Elbert Reyes, Dr. Randy Balladares, Dra. Rosanna Bracho, Dra. Yeinis Rosales y Dr. Freddy Pérez por aportar su granito de arena con sus consejos y apoyo en todo momento.

Agradecido con el IAHULA por brindarme esta oportunidad de vivir esta experiencia en un hospital con personas muy nobles y de buen corazón.

A todos y cada uno de los pacientes atendidos en todo este tiempo de aprendizaje que brindaron y fundaron las bases en mi formación, a quienes nos debemos en todo momento y por quienes siempre estamos.

Dedicatoria

A mi madre Saida Villarroel que te encuentras en el cielo sé que este era tu mayor anhelo verme de especialista, para ti todo el esfuerzo y dedicación posible. Se que estes donde estes te sientes orgullosa y este trabajo te lo dedico grandemente.

A mis abuelos que descansen en paz quienes sé que están contentos y orgullosos siempre.

A mis pacientes quienes me brindaron el camino de los conocimientos con cada una de sus patologías que me permitieron estudiarlas y brindarme las herramientas necesarias para darle resolución a todas y cada una de sus enfermedades.

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción.....	1
Antecedentes.....	11
Definiciones estandarizadas.....	16
Hipótesis.....	21
Objetivos.....	21
Materiales y métodos.....	23
Resultados.....	30
Discusión.....	41
Conclusiones y recomendaciones.....	46
Bibliografía.....	48
Anexos.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
N°1: Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	32
N°2: Cefalea al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	33
N°3: Vómitos en proyectil al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	34
N°4: Focalidad de pares craneales al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	35
N°5: Paresia al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	36
N°6: Hiperreflexia al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica.....	37
N°7: Valores ultrasonográficos del DVNO en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica.....	38
N°8: Puntaje de la escala de coma de Glasgow en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica.....	39
N°9: Correlaciones de los Valores ultrasonográficos del DVNO en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
N° 1: Distribución porcentual del Sexo de los pacientes estudiados.....	30
N° 2: Figura 2. Distribución porcentual del Diagnóstico de ingreso de los pacientes estudiados.....	31

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

Introducción: Todo traumatismo encéfalo craneano (TEC) conlleva un incremento de la presión intracraneal (PIC), que requiere ser monitoreada y controlada. La medición de la PIC implica usar métodos invasivos que no son factibles de utilizar en la clínica diaria. Se requiere valorar la PIC en forma no invasiva, siendo una manera novedosa, con la estimación ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO). **Objetivo:** Valorar la medición ecográfica del DVNO, como método no invasivo de estimación de la PIC, en pacientes con trauma craneal y clínica de hipertensión intracraneal (HIC), tratados con solución salina hipertónica (SSH), en el servicio de Neurocirugía del IAHULA, durante el período marzo a agosto de 2023. **Métodos:** Estudio observacional transversal tipo caso clínico. Se realizó la medición por ultrasonido del DVNO de los ojos derecho e izquierdo (OD y OI), antes y después de recibir SSH, en pacientes con TEC (moderado y severo). **Resultados:** Hubo una disminución significativa de la medición promedio del DVNO, antes y después del tratamiento con SSH, resaltando las ocurridas entre el momento basal y el de las 72 horas (Basal OD: $5,67 \pm DE 0,46$ mm; 72 horas OD: $4,88 \pm DE 0,44$; $p < 0,05$; Basal OI: $5,67 \pm DE 0,50$ mm; 72 horas OI: $4,89 \pm DE 0,42$; $p < 0,05$). **Conclusión:** Se halló una disminución significativa de la medición del DVNO como forma no invasiva de valorar la presión intracraneal, en pacientes con TEC y signos de HIC, tratados con SSH.

Palabras clave: Traumatismo encéfalo craneano (TEC); Presión intracraneal (PIC); Hipertensión intracraneal (HIC); Diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO); Soluciones salinas hipertónicas (SSH)

ABSTRACT

Introduction: All traumatic brain injury (TBI) leads to an increase in intracranial pressure (ICP), which requires monitoring and control. ICP measurement involves using invasive methods that are not feasible to use in daily clinical practice. It is necessary to assess the ICP in a non-invasive way, being a novel way, with the ultrasonographic estimation of the optic nerve sheath diameter (ONSD). **Objective:** To evaluate the ultrasound measurement of the ONSD, as a non-invasive method of estimating ICP, in patients with TBI and symptoms of intracranial hypertension (ICH), treated with hypertonic saline solution (HSS), in the IAHULA Neurosurgery service, during the period march to august 2023. **Methods:** Cross-sectional observational study, clinical case type. Ultrasound measurement of the ONSD of the right and left eyes (RE and LE) was performed, before and after receiving HSS, in patients with TBI (moderate and severe). **Results:** There was a significant decrease in the mean ONSD measurement before and after treatment with HSS, highlighting those that occurred between the baseline moment and 72 hours (Basal RE: $5.67 \pm$ SD 0.46 mm; 72 hours RE: $4.88 \pm$ SD 0.44, $p < 0.05$, Basal LE: $5.67 \pm$ SD 0.50 mm, 72 hours LE: $4.89 \pm$ SD 0.42, $p < 0.05$). **Conclusion:** A significant decrease in the measurement of ONSD was found as a non-invasive way of assessing intracranial pressure, in patients with TBI and signs of ICH, treated with HSS.

Keywords: Traumatic Brain Injury (TBI); Intracranial pressure (ICP); Intracranial hypertension (ICH); optic nerve sheath diameter (ONSD); Hypertonic saline solutions (HSS)

Abreviaturas

ACM: Arteria Cerebral Media

DNO: Diámetro Nervio Óptico

DVNO: Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico

EEG: Electroencefalograma

FSC: Flujo Sanguíneo Cerebral

GCS: Escala de Coma de Glasgow (por sus siglas en inglés)

HIC: Hipertensión Intracraneal

LCR: Líquido Cefalorraquídeo

mm= Milímetro

mm de Hg= Milímetro de mercurio

NO: Nervio Óptico

OD: Ojo Derecho

OI: Ojo izquierdo

PIC: Presión Intracraneal

RM: Resonancia Magnética

SNC: Sistema Nervioso Central

SSH: Solución salina hipertónica

TC: Tomografía Computarizada

TEC: Traumatismo encéfalo craneano

TCE: Traumatismo craneoencefálico

Introducción

La etiología de la lesión cerebral traumática puede diferir, explicándose en general, como daño al cráneo y su contenido (encéfalo) por una fuerza externa, de aceleración y desaceleración, lo que incluye lesiones por fuerza contundente, heridas penetrantes (arma blanca, arma de fuego), ondas expansivas debido a una explosión o por agentes químicos. (1, 2)

Se puede clasificar en tres tipos: leve, moderado o severo, de acuerdo a la categorización clínica que aporta la Escala de Coma de Glasgow (GCS; por sus siglas en inglés). La lesión cerebral traumática (LCT) o Traumatismo craneoencefálico (TEC) es en gran parte de los casos motivo de discapacidad y morbilidad en todo el mundo. El pronóstico del TEC severo es muy malo, ya que aproximadamente un tercio de los pacientes que la padecen fallecen, mientras que otro tercio pasa por una turbia recuperación y rehabilitación. (1, 2)

A nivel mundial, se estima que cada año se registran entre 64 y 74 millones de casos de lesión cerebral traumática. En Latinoamérica, en una reciente revisión sobre la epidemiología del TEC debido a accidentes de tránsito (ATR), encontró que el TEC por ATR fue más frecuente en varones entre 15 y 35 años de edad, y los pacientes en vehículos motorizados representaron la mayoría de los casos, seguidos de peatones, motociclistas y ciclistas. Los autores de la revisión recomiendan que se realicen más estudios y registros en América Latina para documentar

adecuadamente los perfiles epidemiológicos del TEC relacionado con los ATR. (1, 2)

En los TEC suele existir presencia anormal de líquido en el cerebro, lo que genéricamente se denomina como edema cerebral, registrándose en aproximadamente la mitad de las personas con antecedentes de lesión cerebral traumática (LCT). Lo expuesto es relevante a la luz de la hipótesis de Monro y Kellie en su teoría de Monro-Kellie, según la cual, el total de las partes del cráneo, es decir, el cerebro, el componente intravascular o el líquido cefalorraquídeo (LCR) se divide en proporciones que es siempre es el mismo. (1)

Por tanto, cuando la concentración de cualquiera de los constituyentes aumenta, la concentración de los dos restantes tiene que disminuir, lo que lleva a la consideración de que el edema cerebral puede ser causado por el aumento de uno o más componentes del cráneo. Evidentemente, dicho edema implica la aplicación de técnicas de manejo de la hipertensión intracraneal, que van desde el coma barbitúrico, drenaje del LCR, craniectomía descompresiva y la terapia hiperosmolar.

(1)

En cuanto a esta última, Weed y McKibben revolucionaron la neurocirugía cuando establecieron que la terapia hiperosmolar reducía la presión intracraneal, por allá en el año 1919. Desde entonces, la terapia hiperosmolar representa la modalidad de intervención estándar en pacientes con hipertensión intracraneal y lesión cerebral

traumática. La terapia hiperosmolar actúa formando un gradiente osmótico, el cual atraviesa la barrera hematoencefálica (BHE) y ayuda a transportar el líquido acumulado en el cerebro al compartimento intravascular. En este sentido, el agente ideal anti-edema cerebral sería aquel que pueda permanecer dentro del componente intravascular mientras se extrae el líquido del cerebro. Así, el agente ideal que se utiliza es uno que reduce la presión intracraneal (PIC) al mismo tiempo que mantiene la presión de perfusión cerebral (PPC) al mismo nivel. Un agente hiperosmolar ideal no es reactivo, no es tóxico y no debería tener efectos no deseados importantes. (1)

Entre los agentes hiperosmolares, empleados durante la era temprana de su utilización, se tuvieron la urea, el glicerol y el manitol, demostrándose que los dos primeros resultaron ser menos eficaces, por lo que ahora están obsoletos. El manitol todavía se recomienda como el estándar de oro para la mejora del paciente que sufre de hipertensión intracraneal, a pesar de que presente múltiples efectos secundarios, como el desequilibrio electrolítico y la hipotensión. El manitol (generalmente al 20%) se usa en dosis de 0,25 a 1 gr cada 6 horas; no obstante, se prefiere una dosificación de más de 0,5 gr. Paradójicamente, el manitol también puede empeorar el edema intracraneal. (1)

El manitol transporta líquido al compartimento intravascular y, al ser un diurético, produce diuresis, lo que puede provocar hipovolemia. También puede dar lugar a toxicidad renal dado el aumento de la osmolalidad sérica. Incluso se ha informado

una disminución de la eficacia con dosis consecutivas. Debido a estos efectos secundarios, se están investigando otros medicamentos que pueden tener un rango más bajo de efectos secundarios. Uno de los medicamentos que se están considerando es la solución salina hipertónica (SSH), que parece ser una buena alternativa para tratar la Hipertensión Intracraneal, que además de ser más barata, también es tan eficaz como el manitol. La SSH también tiene una menor permeabilidad de la BHE y menos efectos secundarios que el manitol. La dosis recomendada es de un mL/kg de peso. (1)

Así, en relación con el uso de la SSH para el manejo de la HIC se han realizado muchos estudios, incluyendo algunos donde se compara con el manitol; no obstante, los resultados no han sido concluyentes. Los estudios tampoco han llegado a un consenso sobre la dosis y la concentración de solución salina hipertónica que sería más beneficiosa para el paciente, lo que hace indudable el requerimiento de más investigación. Como tipo de estudio ideal, se proponen los ECA, ya que brindan la oportunidad de poder comparar la eficacia de ambos fármacos simultáneamente. La razón detrás de la selección de este sistema está el poder comparar fácilmente ambos medicamentos en un entorno similar, lo que ayudaría a reducir cualquier variable externa. (1)

Los pacientes son analizados sobre la base de las tasas de mejora en su escala de coma de Glasgow, que como se sabe, evalúa a los pacientes en función de tres componentes: respuesta ocular, respuesta motora y respuesta verbal. La respuesta

ocular se puntúa de 1 a 4 en función de si el paciente está abriendo los ojos y si se requiere algún estímulo para ello. Las respuestas verbales se puntúan según si el paciente puede hablar, si lo que dice está en el contexto de la pregunta que se le ha hecho y si su discurso es comprensible, puntuándose del 1 al 5; mientras que las respuestas motoras se puntúan del 1 al 6, en función de si el paciente tiene suficiente control sobre sus músculos voluntariamente o con dolor. (1)

Del párrafo precedente, se desprende el uso de la escala de coma de Glasgow como el patrón para valorar la mejora de la aplicación de medicamentos anti-edema cerebral; no obstante, en dicho contexto corresponde tener en cuenta el monitoreo neurológico integral, que tiene como objetivo ayudar al clínico en el diagnóstico, la toma de decisiones y el seguimiento de los enfermos. (3)

En términos generales, el neuromonitoreo se clasifica en invasivo y no invasivo; de los primeros, destaca la colocación de dispositivos intracraneales para la medición de la PIC, la temperatura corporal y la microdiálisis; de los segundos, el monitoreo neurofisiológico y el ultrasonido Doppler transcraneal, la ultrasonografía del diámetro de la vaina del nervio óptico (UDVNO) y los estudios de imagen, como la tomografía axial (TA) y la resonancia magnética (RM). (3)

Ahora bien, dado que la monitorización directa del flujo sanguíneo cerebral (FSC) a la cabecera del paciente no es factible y considerando que el FSC depende de la presión de perfusión cerebral (PPC), que a su vez depende de la presión arterial

media (PAM) y de la presión intracraneal (PIC); por tanto, la evaluación de la PIC y la PPC se emplean como variable subrogada del FSC, lo que resulta ser fundamental en la vigilancia del paciente neurocrítico. (4)

Asumiendo el concepto de HIC en el adulto, cuando la PIC es mayor de 20 mm de Hg, se clasifica como leve, cuando está en el rango entre 20 a 29 mm de Hg, moderada (30-40 mm de Hg) y severa (más de 40 mm de Hg). El estándar de oro para la confirmación de la PIC es mediante el monitoreo a través del cateterismo intracraneal. No obstante, este proceder trae como consecuencia alto riesgo de complicaciones, entre las que se encuentran, la hemorragia y las infecciones. (4)

Es por esta razón que los métodos no invasivos resaltan como nuevas alternativas. Entre dichos métodos, sobresale la UDVNO, debido a que resulta menos costoso y no requiere el movimiento del paciente (4, 5). Strumwasser et al. (2011), refieren que la técnica ideal para medir y monitorear la PIC sería aquella que no sea invasiva, de fácil manejo, con una elevada sensibilidad y especificidad, y sin riesgo de complicaciones, que pueda ser realizada por personal médico de salud, con una baja curva de aprendizaje (diez mediciones con tres escaneos anormales para un médico con experiencia en ultrasonido, y veinticinco escaneos adecuados, para un médico no experimentado). (6)

Igualmente, que sea de fácil acceso para la institución de salud y de bajo costo, con una adecuada correlación con el estándar de oro, que es la medición de la PIC a

través de catéter intraventricular. (7) Así, ante dichos requerimientos de la técnica ideal, el monitoreo con el ultrasonido ocular para medir el diámetro de la vaina del nervio óptico, pudiera llegar a ser el método idóneo para tal fin, teniéndose que la evaluación por ultrasonido del DVNO se ha correlacionado con la medición por TC, con la tendencia a sobreestimar los resultados en 10%, en comparación con la medición por ultrasonido. (8, 9)

Las revisiones sistemáticas y metaanálisis más recientes, ninguna mención realizan a la relevancia de la medición por ultrasonido del diámetro de la vaina del nervio óptico como una potencial prueba para medir en forma no invasiva la PIC en pacientes tratados con soluciones hipertónicas (10-15).

La lesión cerebral traumática (LCT) o TEC es la epidemia silenciosa de nuestro tiempo. En América Latina, aun cuando se carece de datos oficiales confiables, se considera que afecta predominantemente a adultos jóvenes varones y, a menudo, es el resultado de accidentes automovilísticos o por hechos de violencia. La tasa de mortalidad por TEC en Latinoamérica es más alta en comparación con los países desarrollados y su prevalencia crece día a día. Por el contrario, el perfil epidemiológico en los países desarrollados es diferente; la mortalidad es menor, siendo la causa predominante, los traumatismos deportivos, y la prevalencia ha disminuido significativamente. El TEC es una entidad dinámica, progresiva y heterogénea. Desde el punto de vista de su mecanismo de producción, son los más significativos: focal, por daño de contacto, y difuso, que se desarrolla como

consecuencia de fenómenos de aceleración/desaceleración sostenidos por el parénquima cerebral. (16)

Como se comentó anteriormente, en los TEC suele haber edema cerebral e hipertensión intracraneal, lo que es una emergencia médica que requiere atención e intervención inmediata para prevenir resultados neurológicos devastadores. En los últimos años, el uso de terapias previamente recomendadas, como los barbitúricos o la hiperventilación, está cada vez más cuestionado, porque se sabe que reducen la presión de perfusión cerebral (PPC) a través de efectos negativos sobre la presión arterial sistémica, pudiendo llegar a producirse una vasoconstricción cerebral excesiva. Desde esa perspectiva, el tratamiento con fluidos hipertónicos sigue siendo el medio más atractivo para disminuir la presión intracraneal (PIC) sin tener un efecto negativo sobre la PPC.

Hay muchos informes a lo largo del tiempo que respaldan el potencial de sustancias como lo son las soluciones hipertónicas donde destacan el manitol y las SSH para disminuir la formación de edema cerebral y tratamiento de la presión intracraneal. Así mismo existen varios métodos que permiten la medición de esta última, siendo el estándar de oro la colocación de un catéter intracraneal, la medición indirecta en la tomografía computarizada o bien la medición de la presión de apertura al realizar una punción lumbar. (17)

Actualmente existen varias técnicas que permiten evaluar la presión intracraneal, por lo que el correlacionar la disminución de la vaina del nervio óptico con el uso de soluciones hipertónicas podría ser prometedor como un marcador indirecto de la presión intracraneal, por otro lado, evitara la radiación a la que se exponen los pacientes con el uso de la tomografía de cráneo. Una vez comprobada la utilidad del ultrasonido ocular, se propondrá como método diagnóstico y/o predictor para inferir la presión intracraneal, capacitando al personal en el área de urgencias, lo cual beneficiará al mismo personal y al paciente, para recibir un tratamiento oportuno.

El uso del ultrasonido ocular ha venido a revolucionar los métodos diagnósticos en las áreas críticas como urgencias y terapia intensiva, sin embargo, cabe mencionar que para hacer uso de la tecnología es necesario un entrenamiento básico, del cual dependerá la interpretación de los resultados. El uso del ultrasonido y transductor lineal en áreas de urgencias representa una realidad a corto plazo en todas las unidades hospitalarias cabe mencionar que el entrenamiento en la medición de la vaina del nervio óptico, deberá ser una realidad en algunos meses, requiriendo solo de conocimiento de anatomía y práctica.

Por todo lo expuesto, se propone la realización de una investigación para valorar la medición ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico, como método no invasivo de valoración de la PIC, en pacientes con trauma craneal y clínica de HIC,

tratados con solución hipertónica, en el Servicio de Neurocirugía del IAHULA, durante el período marzo a agosto de 2023.

www.bdigital.ula.ve

Antecedentes

Título; Autores; Año	Objetivo; diseño	Principales resultados
<p>Optic nerve sheath diameter: An ultrasonographic window for comparing between hypertonic saline and mannitol in severe Traumatic Brain Injuries; Fahmy H, Abdelaziz A, Eldemrdash MA; 2019 ¹⁸</p>	<p>Comparar la eficacia de la solución salina hipertónica (SSH) al 3% y el manitol al 20% en la reducción del aumento de la presión intracraneal en las lesiones cerebrales traumáticas graves, mediante la medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO); Estudio prospectivo, aleatorizado, doble ciego, observacional;</p>	<p>Los valores ultrasonográficos del DVNO fueron significativamente más bajos en el grupo SSH que en el grupo manitol a las 12 horas, 24 horas y 48 horas (p= 0,012, 0,039, 0,001; respectivamente). La disminución porcentual de los valores ultrasonográficos del DVNO a las 48 horas de tratamiento fue mayor en el grupo con SSH que en el grupo manitol (p= 0,001), mientras que no hubo diferencia estadísticamente</p>

		significativa a las 24 horas de tratamiento entre los dos grupos de estudio
Comparison of different concentrations of hypertonic saline in patients with traumatic brain injury: Evidence from direct and indirect comparisons; Wang X, He Q, Ma L, You C.; 2022 15	Investigar el efecto de diferentes concentraciones de solución salina hipertónica sobre la mortalidad y la eficacia de reducción de la PIC; Metaanálisis	En el metaanálisis en red, la SSH al 5% se asoció con una disminución significativa de la mortalidad por todas las causas, en comparación con el manitol (RR= 0,34; IC del 95 %: 0,14 a 0,72)
A comparative study of bolus dose of hypertonic saline, mannitol, and mannitol plus glycerol combination in patients with severe Traumatic Brain Injury; Patil H, Gupta R; 2019 ¹⁷	Comparar la eficacia de los tres fármacos mencionados anteriormente (SSH, manitol y glicerol) en pacientes con TEC y presión intracraneal elevada; Estudio prospectivo aleatorizado controlado;	Después del final del período de observación, hubo una mejora en la GCS en los tres grupos; no obstante, el cambio máximo en la GCS se observó en el grupo que recibió SSH al 3%;

<p>Equimolar doses of hypertonic agents (saline or mannitol) in the treatment of intracranial hypertension after severe traumatic brain injury; Huang X, Yang L, Ye J, He S, Wang B; 2020; ¹⁹</p>	<p>Evaluar la eficacia de dosis repetidas en bolo de SSH y manitol en cargas osmóticas similares para tratar la hipertensión intracraneal (HIC) en pacientes con TEC grave; Ensayo clínico aleatorio;</p>	<p>Efecto del manitol y la solución salina hipertónica sobre la presión arterial media y la presión venosa central: ambas variaron ligeramente después de la osmotherapia, pero no hubo diferencias significativas entre los dos grupos ($p > 0,05$)</p>
<p>Effects of two different doses of 3% hypertonic saline with mannitol during decompressive craniectomy following traumatic brain injury: A prospective, controlled study; Bhatnagar N, Bhateja S, Jeenger L, Mangal G, Gupta S; 2021; ²⁰</p>	<p>Comparar los efectos de dos dosis diferentes de solución salina hipertónica al 3% con manitol en los eventos intraoperatorios durante la craniectomía descompresiva en la lesión cerebral traumática (LCT); Estudio prospectivo controlado;</p>	<p>Hubo una mejoría significativa en el puntaje de la escala de coma de Glasgow (GCS; por sus siglas en inglés) a las 24 horas y al momento del alta de la UCI en pacientes con TEC severo en el grupo con manitol y SSH ($p = 0,029$). En los pacientes con TEC moderado hubo una</p>

		mejora significativa en la GCS en el momento del alta entre los tres grupos (p< 0,05)
Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers; Goeres et al; 2016; ²¹	Estudio descriptivo de casos clínicos	El valor promedio del DVNO en los canadienses sanos valorados fue de 3,68 mm (intervalo de confianza del 95%: 2,85-4,40)
Optic nerve sonography: a new window for the non-invasive evaluation of intracranial pressure in brain injury; Soldatos et al; 2008; ²²	Estudio transversal	El valor promedio del DVNO en los griegos sanos valorados fue de 3,6 ± DE 0,6 mm
Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults;	Estudio transversal	El valor promedio del DVNO en los británicos sanos valorados estuvo entre 3,2 a 3,3 mm

Ballantyne SA, O'Neill G, Hamilton R, Hollman AS; 23		
Transorbital Sonographic Evaluation of Normal Optic Nerve Sheath Diameter in Healthy Volunteers in Bangladesh; Maude et al; 2013; ²⁴	Estudio observacional prospectivo	La mediana del DVNO en la población de sanos de Bangladesh fue de 4,41 mm (95% de los sujetos en el rango de 4,25 a 4,75 mm)
Optic nerve sheath diameter evaluated by transorbital sonography in healthy volunteers from Pakistan; Asghar A, Hashmi M y Hussain A; 2015; ²⁵	Estudio observacional prospectivo	La mediana del DVNO en la población de sanos de Pakistán fue de 4,84 mm (rango de 4,85 a 4,96 mm)

Definiciones estandarizadas

Traumatismo encéfalo craneano (TEC).

El TEC se define como cualquier alteración en la estructura y funcionamiento del encéfalo que es causada por una fuerza externa, que clínicamente puede incluir la pérdida de memoria, afasia y confusión, entre otros elementos señalizadores. Las fuerzas externas que pueden producir un TEC incluyen el trauma en la cabeza por un objeto, la penetración del cerebro por un objeto extraño, el movimiento cerebral relacionado con la aceleración/desaceleración sin trauma externo directo (es decir, latigazo cervical severo, lesión por golpe-contragolpe) o fuerzas generadas por explosión (como son comunes en los TEC relacionados con lo bélico). El TEC se diagnostica cuando se presenta amnesia posterior a la lesión, pérdida del conocimiento u otros déficits neurológicos. Se considera que la evidencia de imágenes no se requiere para diagnosticar los TEC, porque no son lo suficientemente sensibles para capturar el daño resultante de un TEC leve. Un aspecto importante de diferenciar son las lesiones en la cabeza, que, aunque pueden incluir a los TEC, generalmente se acepta que el uso del término "lesión en la cabeza" es impreciso, ya que podría incluir daño en el cuero cabelludo o el cráneo en lugar del cerebro. Por esta razón, se prefiere el uso del término TEC para definir la lesión que afecta específicamente, el funcionamiento del cerebro. (26)

Los TEC pueden variar de leves a severos, según su presentación clínica basándose en la Escala de coma de Glasgow. Las lesiones cerebrales traumáticas

generalmente resultan en una combinación de síntomas fisiológicos, cognitivos y conductuales, como dolores de cabeza, pérdida de memoria y fatiga. La experiencia de uno o más síntomas de estos dominios (fisiológicos, cognitivos y conductuales) después de un TEC se conoce comúnmente como síndrome post-conmocional (SPC). Aunque el término conmoción cerebral generalmente se refiere a una lesión cerebral traumática leve, se ha descubierto que el SPC ocurre después de una lesión cerebral traumática de cualquier gravedad, pudiendo persistir durante meses o, en casos más graves, también años después de la lesión, lo que convierte al TEC en una de las principales causas de discapacidad a largo plazo derivada del deterioro psicosocial, cognitivo y/o físico, con impacto significativo en los aspectos financieros, sociales y psicológicos de las personas. (26)

Presión intracraneal (PIC)

La presión intracraneal (PIC) es un estado dinámico impulsado por el volumen de los contenidos intracraneales y la fuerza que ejerce sobre ellos la bóveda que los encierra. Los contenidos intracraneales normales incluyen parénquima cerebral (80%), sangre (10%) y líquido cefalorraquídeo (LCR) (10%). Los contenidos anormales incluyen lesiones que ocupan espacio tales como hematomas, abscesos y tumores. La Ley Monro-Kellie establece que la suma de todos los contenidos intracraneales permanece constante, es decir, un aumento en un componente debe compensarse con una disminución en otro. (27)

Medición de la PIC

El estándar de oro para la confirmación de la PIC es mediante el monitoreo a través del cateterismo intracraneal. No obstante, este proceder trae como consecuencia alto riesgo de complicaciones, entre las que se encuentran, la hemorragia y las infecciones. Es por esta razón que los métodos no invasivos resaltan como nuevas alternativas. Entre dichos métodos, sobresale la medición por ultrasonido del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO), debido a que resulta menos costoso y no requiere el movimiento del paciente. En cuanto a la primera vinculación entre el DVNO medido por ultrasonido con las variaciones del PIC, se tiene, que fue establecida en 1.997, por Hansen y Helmke, mediante la inyección intratecal de Ringer lactato. La modificación del DVNO puede ser comparado con el papiledema del disco óptico; no obstante, a diferencia de éste, el DVNO se modifica en cuestión de segundos cuando existe aumento agudo de la PIC. (3-9)

Diversos estudios han investigado la medición del DVNO en personas sanas, sin encontrarse resultados heterogéneos. Por lo tanto, no hay un consenso claro con respecto al valor promedio o la mediana del DVNO en adultos sanos. El valor de corte informado para la PIC elevada (mayor o igual a 20 mm de Hg) ha variado desde 4,6 a 5,5 mm. Otros autores comunican que un diámetro de 5,2 hasta 5,9 mm o más; se podrían tomar como puntos de corte para realizar el diagnóstico de hipertensión intracraneal. En pacientes con TEC severo, se reporta un punto de corte del DVNO de 6,05 mm (3-9).

Agentes para la osmotherapia

La osmotherapia intravenosa funciona según el principio de que, luego de la administración de un agente con una osmolalidad significativamente más alta que el plasma nativo (típicamente 275-295 mOsm/L), la osmolalidad general del plasma aumenta rápidamente y se producen cambios de líquido desde los espacios extravasculares (tanto intracelulares como intersticiales) hacia el espacio intravascular. En el caso del TEC, los agentes osmoterapéuticos reducen la PIC esencialmente deshidratando las neuronas y las células endoteliales en regiones con una barrera hematoencefálica intacta. La deshidratación neuronal conduce a una inflamación cerebral reducida, mientras que la deshidratación endotelial conduce a paredes capilares más delgadas y un gradiente de difusión mejorado para la absorción de oxígeno por el cerebro. El movimiento del agua hacia el espacio intravascular también reduce la viscosidad de la sangre, lo que facilita aún más la mejora del flujo sanguíneo cerebral. Los tres agentes osmoterapéuticos más utilizados que reducen la PIC por este mecanismo son el manitol, las soluciones salinas hipertónicas (SSH) y el bicarbonato de sodio (BS). (28)

Las soluciones salinas hipertónicas (SSH) se refieren a cualquier preparación de solución de cloruro de sodio (NaCl) que exceda la concentración fisiológica; las concentraciones de SSH fácilmente disponibles pueden oscilar entre 3% y 30% de NaCl (1027-10.000 mOsm/L). Los dextranos también se agregan a menudo en algunas formulaciones de SSH, como expansores del volumen plasmático. Adicionalmente, se le reconoce un rol modulador de las respuestas inflamatorias y

de coagulación en los pacientes con TEC, lo que reduce la lesión cerebral secundaria. Un mecanismo adicional de neuroprotección proporcionado por las SSH está representado por la capacidad de las mismas para aumentar la presión arterial al aumentar el volumen intravascular, lo que conduce a un aumento de la presión de perfusión cerebral y del flujo sanguíneo cerebral; también tienen un beneficio farmacocinético sobre el manitol, con un inicio de acción rápido dentro de los cinco minutos y efectos informados de hasta doce horas en ciertos pacientes. Curiosamente, sin embargo, aunque se ha demostrado que las SSH mejoran la perfusión cerebral, no se ha demostrado que mejoren la oxigenación del tejido cerebral. (28)

El uso principal de la osmotherapia en el TEC es el control temporal de la PIC elevada antes del tratamiento definitivo, ya sea mediante descompresión quirúrgica o coma barbitúrico con monitorización multimodal en la UCI. La PIC elevada se infiere clínicamente a partir de signos de herniación transtentorial con o sin compresión del tronco encefálico, como nueva midriasis, hipertensión con respiración irregular y bradicardia refleja (triada de Cushing) y/o nuevas posturas motoras. La reanimación entre los pacientes hipotensos con TEC también se considera una indicación para la colocación de osmotherapia, ya que puede promover cambios de líquido en el espacio intravascular y mejorar la precarga cardíaca. (28)

Hipótesis

- La medición del DVNO en pacientes con TEC y clínica de HIC permitirá realizar un monitoreo no invasivo de la PIC, quienes al ser tratados con SSH presentará una diferencia entre el valor de la medida del DVNO promedio antes del uso de la SSH con respecto al valor promedio postratamiento y mejoría de la clínica de HIC de un 80%.

Objetivos

Objetivo general: Valorar la medición ecográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico, como método no invasivo de estimación de la PIC, en pacientes con trauma craneal y clínica de HIC, tratados con solución hipertónica, en el Servicio de Neurocirugía del IAHULA, durante el período marzo a agosto de 2023.

Objetivos específicos:

1. Describir la muestra del estudio por aspectos demográficos, del TEC y de diagnóstico clínico.
2. Determinar la evolución de los síntomas y signos de HIC en los pacientes estudiados, después del tratamiento con SSH.
3. Estimar la medición del DVNO antes del uso de SSH en pacientes con trauma craneal y clínica de HIC.

4. Estimar la medición del DVNO después del uso de SSH (24, 48 y 72 horas) en pacientes con trauma craneal y clínica de HIC.
5. Comparar las mediciones del DVNO antes y después del tratamiento con SSH, para establecer la cuantía de la variación.

www.bdigital.ula.ve

Materiales y métodos

Tipo y modelo de investigación

Se realizó un estudio observacional, transversal tipo caso clínico.

Población y muestra

La población de estudio fueron todos los casos de pacientes con diagnóstico clínico de TEC aislado o con politraumatismos, en paciente de edad igual o mayor de 18 años y menores de 65 años, quienes fueron atendidos por el Servicio de Neurocirugía, en el IAHULA, en el período comprendido entre marzo y agosto de 2023. Mientras que la muestra de estudio estuvo conformada por aquellos que cumplían los siguientes criterios.

Criterios de inclusión:

- De edades comprendidas entre 18 hasta 65 años de edad.
- Que arribaron al hospital dentro de las 24 horas posteriores a la lesión.
- Con TEC y síntomas clínicos de hipertensión intracraneal.
- Un nivel de sodio sérico (Na) menor de 155 mmol/L al ingreso.
- Valor basal del DVNO mayor o igual a 5,0 mm.

Criterios de exclusión:

- Menores de 18 años y mayores a 65 años de edad.
- Que hayan sido medicados y tratados con agentes anti-edema cerebral.

- Pacientes con contraindicación para el uso de solución hipertónica, como en los casos de estar embarazada o presentar insuficiencia renal, coagulopatía, disfunción cardíaca o afectación multiorgánica.
- Pacientes con criterio de requerir una cirugía craneal o extracraneal inminente; o que presentaban una craniectomía descompresiva previa.
- Pacientes con trastorno neurológico preexistente grave que pudiera confundir la evaluación del resultado.
- Pacientes con patologías de base que aumenten la PIC o que podían modificar el diámetro de la vaina del nervio óptico o patología estructural que afectaba el nervio óptico como: LOE cerebrales y del nervio óptico, hidrocefalia, glaucoma, hipertensión arterial y Diabetes mellitus.
- Que presentaba patologías oculares que impedían la medición ultrasonográfica del DVNO.

Procedimientos y métodos

El objetivo del estudio fue aclarado al paciente o a su representante legal en detalle, al igual que el protocolo de manejo. Una vez ingresado el paciente que llenaba los criterios de inclusión y exclusión de la investigación, era valorado por el servicio de Radiología y Diagnóstico por Imágenes del IAHULA, quienes se encargaban de hacer las mediciones por ultrasonido del DVNO antes y después del tratamiento con SSH.

Protocolo de manejo: Se registraron las puntuaciones de la escala de Coma de Glasgow (GCS; por sus siglas en inglés), antes y después del tratamiento con SSH, en la base de datos de la investigación. Al momento de la admisión hospitalaria, los datos característicos iniciales de los pacientes se recolectaron por interrogatorio del paciente o de algún familiar si este no pudiere hacerlo por su condición de salud y por examen clínico (edad, sexo, mecanismo del trauma y aspectos de diagnóstico clínico).

Los estudios de imagen mencionados se realizaron con un equipo de ultrasonido Hitachi ALOKA S70, con una sonda lineal de alta frecuencia (7,5 MHz). Se calibraba el equipo para proporcionar un ángulo adecuado para verlo y la profundidad se fijaba en 5-6 cm. La sonda se cubría con guantes fácilmente disponibles con gel colocado en ella para evitar el contacto del gel con los ojos, lo que evitaba cualquier reacción o posible infección dentro del ojo. La sonda se colocaba suavemente sobre el ojo cerrado, por encima del párpado superior del paciente en posición supina, con el extremo de la cabeza elevada a 20° o 30° en el plano axial para evitar presionar el globo ocular. El DVNO aparecía como una región hipoecoica lineal y bien definida, casi 3 mm por detrás de la papila, lo que sugería la mejor dispensabilidad, el máximo contraste ecográfico y la alta reproducibilidad, siendo el punto de medición del límite exterior de la línea hiperecoica mediante calibración electrónica. Los DVNO de los ojos derecho e izquierdo se medían en dirección transversal, con la sonda rotada ligeramente para visualizar mejor el nervio óptico; realizándose tres mediciones en

cada ojo, para así calcular un valor promedio del DVNO. El valor de corte del DVNO para predecir un aumento de la PIC de más de 20 mm de Hg fue de 5 mm.

La medición ultrasonográfica del DVNO se rigió por las normas internacionales para la realización de ultrasonido ocular, según las recomendaciones realizadas por la “US Food and Drug and Drug Administration” (FDA; por sus siglas en inglés) y la “World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology” (WFUNB; por sus siglas en inglés), definidas con el “thermal index” o TI < 1,0 y “mechanical index” o MI < 0,23. En este sentido, se acota que la córnea y el cristalino son más sensibles que otros tejidos a la exposición ecográfica, por lo que la intensidad del ultrasonido, que varía con el espacio y el tiempo, correspondía, se mantuviera dentro del rango de un diagnóstico ecográfico seguro; por esa razón, se requirió el cumplimiento estricto del principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible), cuando se realizaban los procedimientos ecográficos oftálmicos, donde los valores del índice mecánico debían mostrarse en la imagen y el ecografista prestando especial atención para mantener el índice mecánico por debajo de los niveles de seguridad para la práctica oftálmica (< 0,23). Las regulaciones de ultrasonido de la FDA permiten un índice mecánico de hasta 1,9; para todas las aplicaciones, excepto las oftálmicas. El índice mecánico para imágenes oftálmicas no debe exceder 0,23. (29-31)

Los pacientes con TEC recibieron bolos intermitentes de SSH al 7% a una dosis de 3 ml/kg cada ocho horas durante treinta minutos, por 48 a 72 horas por vía

intravenosa. La concentración sérica objetivo de sodio estuvo entre 131 y 155 mEq/L, y la osmolaridad sérica de más de 320 mOsm/kg se identificó como el nivel terapéutico objetivo. Cuando el nivel de sodio en la sangre llegaba a ser mayor a 155 mEq/L, se detenía la administración de la SSH y se excluía al paciente.

El DVNO se definió como el resultado primario; es decir, fue la herramienta principal de evaluación de la PIC después de 48 horas de haberse sufrido el TEC. Los resultados secundarios incluyeron síntomas y signos clínicos que indicaban la presencia de un aumento de rebote en la PIC después de la interrupción del tratamiento con manitol o con SSH a las 72 horas. Las mediciones ultrasonográficas del DVNO y de los niveles séricos de sodio y potasio sérico, la osmolaridad plasmática y las puntuaciones de la GCS se obtuvieron a las 6, 24 y 72 horas de haberse aplicado la solución salina hipertónica.

Se realizó un estudio piloto, con el 10% del tamaño de muestra estimado, para probar los procedimientos y métodos de la investigación. Los sujetos incluidos en el estudio piloto no se tomaron en cuenta para la investigación definitiva. La información recolectada se revisó y corrigió, previo al proceso de análisis, para garantizar que estuviera completa. Posteriormente, se elaboró una estructura de base de datos, seguido con el vaciamiento de la información en una hoja de datos, y se obtuvo una salida preliminar de datos; todo ello con apoyo del programa informático SPSS®, versión 23.0.

Sistema de variables

- Variable independiente: Uso de SSH al 7%;
- Variable dependiente: Medición ultrasonográfica del DVNO a las 24, 48 y 72 horas de haberse aplicado los tratamientos de la investigación; Síntomas y signos clínicos indicativos de la PIC a las 24, 48 y 72 horas de haberse aplicado la SSH (puntaje en la escala de Glasgow, cefalea, déficits neurológicos, alteraciones de la marcha, disminución de la conciencia); Estancia hospitalaria; Condición de egreso hospitalario (vivo o muerto);
- Variables demográficas: Edad y sexo;
- Variables de diagnóstico clínico: Cefalea, vómitos en proyectil, focalidad de pares craneales, paresia, hiperreflexia, puntaje en la escala de Glasgow al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haber aplicado tratamiento con SSH.
- Variables del TEC: Diagnóstico de ingreso.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa informático SPSS[®], versión 23.0. Se efectuó análisis descriptivo para datos cualitativos, utilizando cifras absolutas y relativas; para los datos cuantitativos compatibles con la distribución normal, se utilizaron la media y la desviación estándar (DE) para el análisis; mientras que para los datos que no cumplieron con los criterios para una distribución normal, el análisis involucró la mediana con el rango intercuartílico (IQR; por sus siglas en inglés). La prueba de chi-cuadrado o exacta de Fisher valoró la comparación de variables categóricas. En el caso de las variables continuas con distribución distinta

a la normal, se hizo la comparación de variables mediante la prueba U de Mann-Whitney. Un valor $p < 0,05$ indicó significancia estadística.

www.bdigital.ula.ve

Resultados

Se estudiaron un total de treinta ($n= 30$) pacientes que ingresaron a la Emergencia Adultos con el diagnóstico de Traumatismo Encéfalo craneano (TEC) y valores mayores a 5 mm en el Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico (DVNO) en al menos uno de los dos ojos; los mismos, fueron manejados con solución salina hipertónica al 7%, realizándoseles mediciones por ultrasonido del DVNO antes y después del tratamiento con SSH.

Del total de la muestra estudiada, el 83,3% ($n= 25$) fueron del sexo masculino y el restante 16,7% ($n= 5$) del femenino (Figura 1). La edad promedio de los sujetos del estudio fue de $38,2 \pm DE 13,7$ años (Valor máximo= 65 años; valor mínimo= 20 años).

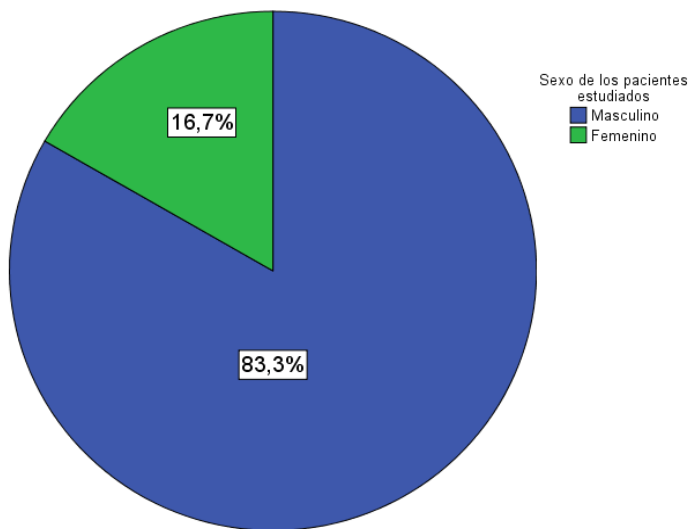


Figura 1. Distribución porcentual del Sexo de los pacientes estudiados

En cuanto al Diagnóstico de ingreso de los pacientes estudiados, el 66,7% (n= 20) presentaron TEC moderado, mientras que el TEC severo se identificó, en diez casos (n= 10; 33,3%) (Figura 2).

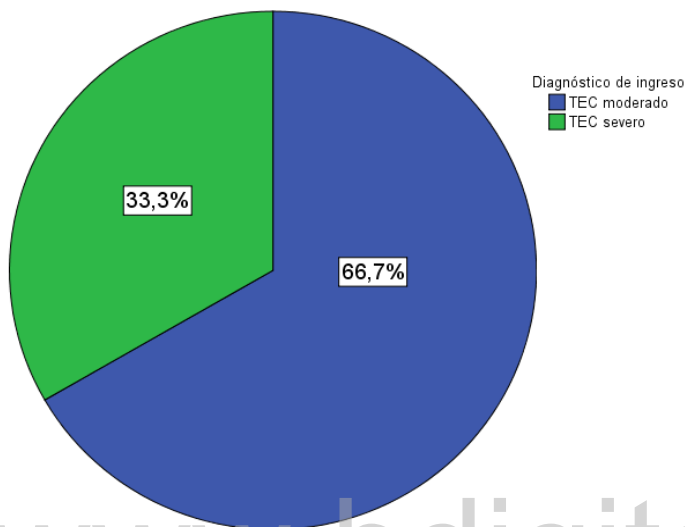


Figura 2. Distribución porcentual del Diagnóstico de ingreso de los pacientes estudiados

En cuanto a la presencia de alteración de la puntuación de la escala de Glasgow, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que la mayoría la presentaron al ingreso (93,3%; n= 28), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo. Así, a las 24 horas, diez menos la presentaban, a las 48 horas, catorce y a las 72 horas, once (Tabla 1).

Tabla 1 – Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso	n	%
Sí	28	93,3
No	2	6,7
Total	30	100,0
Mejoría de la Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow a las 24 horas		
Sí	10	33,3
No	18	60,0
Sin cambio	2	6,7
Total	30	100,0
Mejoría de la Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow a las 48 horas		
Sí	14	46,7
No	14	46,7
Sin cambio	2	6,6
Total	30	100,0
Mejoría de la Alteración del Puntaje de la escala de Glasgow a las 72 horas		
Sí	17	56,6
No	9	30,0
Sin cambio	2	6,7
No precisado	2	6,7
Total	30	100,0

En cuanto a la presencia de cefalea, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que una buena cantidad de pacientes, la presentaron al ingreso (63,3%; n= 19), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo, a partir de las 48 horas, cuando diez menos la tuvieron y a las 72 horas, ocho menos (Tabla 2).

Tabla 2 – Cefalea al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Cefalea al ingreso		n	%
Sí		19	63,3
No precisado		11	36,7
Total		30	100,0
Cefalea a las 24 horas		n	%
Sí		19	63,3
No precisado		11	36,7
Total		30	100,0
Cefalea a las 48 horas		n	%
Sí		10	33,3
No		9	30,0
No precisado		11	36,7
Total		30	100,0
Cefalea a las 72 horas		n	%
Sí		2	6,7
No		17	56,7
No precisado		11	36,6
Total		30	100,0

En cuanto a la presencia de vómitos en proyectil, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que sólo la tuvieron al ingreso (30,0%; n= 9), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo. Así, a las 24 horas, seis menos la presentaban, y a las 48 horas y 72 horas, de los nueve iniciales, ninguno lo tenían (Tabla 3).

Tabla 3 – Vómitos en proyectil al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Vómitos en proyectil al ingreso		n	%
Sí		9	30,0
No		12	40,0
No precisado		9	30,0
Total		30	100,0
Vómitos en proyectil a las 24 horas		n	%
Sí		3	10,0
No		18	60,0
No precisado		9	30,0
Total		30	100,0
Vómitos en proyectil a las 48 horas		n	%
No		21	70,0
No precisado		9	30,0
Total		30	100,0
Vómitos en proyectil a las 72 horas		n	%
No		21	70,0
No precisado		9	30,0
Total		30	100,0

En cuanto a la presencia de Focalidad de pares craneales, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que sólo la tuvieron al ingreso (16,7%; n= 5), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo. Así, a las 48 horas, dos menos la presentaban y a las 72 horas, uno menos. Se acotan que en dos casos no se pudo valorar la presencia de Focalidad neurológica a las 72 horas, por cuanto, los mismos habían fallecido para dicho momento (Tabla 4).

Tabla 4 – Focalidad de pares craneales al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Focalidad de pares craneales al ingreso		n	%
Sí		5	16,7
No		25	83,3
Total		30	100,0
Focalidad de pares craneales a las 24 horas		n	%
Sí		5	16,7
No		25	83,3
Total		30	100,0
Focalidad de pares craneales a las 48 horas		n	%
Sí		3	10,0
No		27	90,0
Total		30	100,0
Focalidad de pares craneales a las 72 horas		n	%
Sí		1	3,3
No		27	90,0
No precisado		2	6,7
Total		30	100,0

En cuanto a la presencia de Paresia, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que sólo la tuvieron al ingreso (43,3%; n= 13), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo. Así, a las 48 horas, tres menos la presentaban y a las 72 horas, seis menos. Se acotan que en dos casos no se pudo valorar la presencia de Paresia a las 72 horas, por cuanto, los mismos habían fallecido para dicho momento (Tabla 5).

Tabla 5 – Paresia al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Paresia al ingreso		n	%
Sí		13	43,3
No		17	56,7
Total		30	100,0
Paresia a las 24 horas		n	%
Sí		13	43,3
No		17	56,7
Total		30	100,0
Paresia a las 48 horas		n	%
Sí		10	33,3
No		20	66,7
Total		30	100,0
Paresia a las 72 horas		n	%
Sí		7	23,3
No		21	70,0
No precisado/No pertinente		2	6,7
Total		30	100,0

En cuanto a la presencia de Hiperreflexia, se valoró al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas de haberse administrado algún tipo de solución hipertónica, encontrándose que sólo la tuvieron al ingreso (16,7%; n= 5), con cantidad progresiva de pacientes disminuyendo en la ocurrencia de dicha alteración en el tiempo. Así, a las 48 horas, tres menos la presentaban y a las 72 horas, dos menos. Se acotan que en dos casos no se pudo valorar la presencia de hiperreflexia a las 72 horas, por cuanto, los mismos habían fallecido para dicho momento (Tabla 6).

Tabla 6 – Hiperreflexia al ingreso y a las 24, 48 y 72 horas después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

Hiperreflexia al ingreso		n	%
Sí		5	16,7
No		25	83,3
Total		30	100,0
Hiperreflexia a las 24 horas		n	%
Sí		5	16,7
No		25	83,3
Total		30	100,0
Hiperreflexia a las 48 horas		n	%
Sí		2	6,7
No		28	93,3
Total		30	100,0
Hiperreflexia a las 72 horas		n	%
No		28	93,3
No precisado/No pertinente		2	6,7
Total		30	100,0

Al comparar la media de los valores basales de la medición por ultrasonido del DVNO de cada ojo con los respectivos valores a las 24, 48 y 72 horas, después de haberse administrado soluciones salinas hipertónicas, hubo una reducción significativa en casi todos los promedios, resaltando las mediciones basales con respecto a la medición a las 72 horas (Tabla 7).

Tabla 7 – Valores ultrasonográficos del DVNO en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

	Media	DE	p *
DVNO basal del ojo derecho	5,67	0,46	0,116
DVNO 24 horas del ojo derecho	5,48	0,62	
DVNO basal del ojo derecho	5,67	0,46	< 0,05
DVNO 48 horas del ojo derecho	5,14	0,45	
DVNO basal del ojo derecho	5,67	0,46	< 0,05
DVNO 72 horas del ojo derecho	4,88	0,44	
DVNO basal del ojo izquierdo	5,67	0,50	0,001
DVNO 24 horas del ojo izquierdo	5,46	0,61	
DVNO basal del ojo izquierdo	5,67	0,50	< 0,05
DVNO 48 horas del ojo izquierdo	5,11	0,52	
DVNO basal del ojo izquierdo	5,67	0,50	< 0,05
DVNO 72 horas del ojo izquierdo	4,89	0,42	

DE= Desviación estándar; * Prueba *t* para muestras pareadas

Al contrastar el puntaje de la escala de coma de Glasgow antes y después de haber recibido tratamiento con SSH, los pacientes con TEC, presentaron diferencias significativas entre el puntaje al ingreso versus el de las 24 horas, 48 horas y el de las 72 horas posterior a haber recibido SSH ($p= 0,015$; $p< 0,05$ y $p= 0,004$; respectivamente); también hubo asociación estadística entre el puntaje de la escala de coma de Glasgow a las 24 horas posterior a recibir SSH con el de las 48 y 72 horas homónimas ($p< 0,05$ y $p= 0,011$; respectivamente) (Tabla 10).

Tabla 8 – Puntaje de la escala de coma de Glasgow en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

	Media	DE	p **
Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso	10,7	3,7	0,015
Puntaje de la escala de Glasgow a las 24 horas *	11,1	3,6	
Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso	10,7	3,7	< 0,05
Puntaje de la escala de Glasgow a las 48 horas *	11,7	3,9	
Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso	10,7	3,7	0,004
Puntaje de la escala de Glasgow a las 72 horas *	11,8	4,3	
Puntaje de la escala de Glasgow a las 24 horas *	11,1	3,6	< 0,05
Puntaje de la escala de Glasgow a las 48 horas *	11,7	3,9	
Puntaje de la escala de Glasgow a las 24 horas *	11,1	3,6	0,011
Puntaje de la escala de Glasgow a las 72 horas *	11,8	4,3	

DE= Desviación estándar; * de haber suministrado tratamiento con solución hipertónica; ** Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon;

Se encontraron buenas y significativas correlaciones entre las medidas por ultrasonido del DVNO basal del OI con el DVNO del OI a las 24 y 48 horas de haber suministrado SSH ($r = 0,867$; $p < 0,001$ y $r = 0,888$; $p < 0,01$). Otras correlaciones buenas y significativas se encontraron entre el DVNO del OD a las 24 horas con el DVNO del OI a las 24 horas ($r = 0,812$; $p < 0,001$), entre el DVNO a las 24 horas del OI con el DVNO a las 48 horas del OI ($r = 0,879$; $p < 0,001$), el DVNO a las 48 horas del OD con el DVNO a las 48 horas del OI ($r = 0,717$; $p < 0,001$) y entre el DVNO a las 48 horas del OI con el DVNO a las 72 horas del OI ($r = 0,843$; $p < 0,001$). Las demás correlaciones halladas se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 – Correlaciones de los Valores ultrasonográficos del DVNO en pacientes con TEC antes y después de administrar solución salina hipertónica. Pacientes con TEC y clínica de HIC y DVNO mayor a 5 mm al ingreso, tratados con soluciones salinas hipertónicas. Servicio de Neurocirugía del IAHULA. 2023

		DVNO basal del OD	DVNO basal del OI	DVNO 24 horas del OD	DVNO 24 horas del OI	DVNO 48 horas del OD	DVNO 48 horas del OI	DVNO 72 horas del OD	DVNO 72 horas del OI
DVNO basal del OD	r	-	0,576	0,338	0,312	0,718	0,485	0,690	0,582
	p	-	0,001	0,068	0,094	< 0,01	0,007	< 0,01	0,001
	n	-	30	30	30	30	30	28	28
DVNO basal del OI	r	0,576	-	0,546	0,867	0,606	0,888	0,390	0,756
	p	0,001	-	0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,040	< 0,01
	n	30	-	30	30	30	30	28	28
DVNO 24 horas del OD	r	0,338	0,546	-	0,812	0,796	0,607	0,417	0,319
	p	0,068	0,002	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	0,098
	n	30	30	-	30	30	30	28	28
DVNO 24 horas del OI	r	0,312	0,867	0,812	-	0,665	0,879	0,290	0,581
	p	0,094	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	0,134	< 0,01
	n	30	30	30	-	30	30	28	28
DVNO 48 horas del OD	r	0,718	0,606	0,796	0,665	-	0,717	0,730	0,554
	p	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	0,002
	n	30	30	30	30	-	30	28	28
DVNO 48 horas del OI	r	0,485	0,888	0,607	0,879	0,717	-	0,510	0,843
	p	0,007	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	0,006	< 0,01
	n	30	30	30	30	30	-	28	28
DVNO 72 horas del OD	r	0,690	0,390	0,417	0,290	0,730	0,510	-	0,689
	p	< 0,01	0,040	0,027	0,134	< 0,01	0,006	-	< 0,01
	n	28	28	28	28	28	28	-	28
DVNO 72 horas del OI	r	0,582	0,756	0,319	0,581	0,554	0,843	0,689	-
	p	< 0,01	< 0,01	0,098	0,001	0,002	< 0,01	< 0,01	-
	n	28	28	28	28	28	28	28	-

r= Coeficiente de correlación de Pearson; p= Nivel de significancia; n= Tamaño de muestra; La correlación es significativa al nivel 0,01

Discusión

La presión intracraneal (PIC) es un predictor importante de deterioro neurológico en pacientes con lesión cerebral traumática (LCT) y la hipertensión intracraneal (HIC) postraumática se asocia con un mal resultado neurológico. La identificación rápida de la presión intracraneal elevada salva vidas y la monitorización invasiva no siempre se utiliza de forma adecuada. La presión intracraneal normal en adultos sanos generalmente se considera de 7 a 15 mm de Hg y en la LCT, un valor de PIC de > 20 mm de Hg, se acepta ampliamente como HIC. En este contexto, se tiene que la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) está ganando popularidad rápidamente, ya que es rápida, fácil de obtener y tiene una curva de aprendizaje breve. La vaina del nervio óptico se continúa con la duramadre, y el compartimento subaracnoideo del nervio óptico se comunica con el del cerebro, de modo que cualquier aumento de la PIC provoca la expansión del diámetro de la vaina del nervio óptico. ¹⁸

Así, como evidencia contundente de la utilidad del DVNO como estimador de la PIC, se tiene el estudio de Soldatos et al ²², quienes encontraron en una muestra de cincuenta (n= 50) pacientes con TEC moderado y severo, que la medición por ultrasonido del DVNO y la PIC estimada invasivamente tenían mayor valor promedio en los pacientes con lesión cerebral grave ($6,1 \pm 0,7$ mm y $26,2 \pm 8,7$ mmHg, respectivamente; $p < 0,0001$), en comparación con pacientes con lesión cerebral moderada ($4,2 \pm 1,2$ mm y $12,0 \pm 3,6$ mm de Hg) y en comparación con individuos de control ($3,6 \pm 0,6$ mm y $10,3 \pm 3,1$ mm de Hg). Además, en los pacientes con

lesión cerebral grave, las mediciones del DVNO se correlacionaron bien y significativamente con los valores de PIC invasivos ($r= 0,68$; $p= 0,002$). Del estudio en referencia, se tuvo que el mejor valor de corte de la medición por ultrasonido del DVNO para predecir PIC elevada fue de 5,7 mm (sensibilidad= 74,1% y especificidad= 100%).

El hallazgo presentado en el párrafo precedente le otorga gran valor empírico al uso de la medición por ultrasonido del DVNO como estimador no invasivo de HIC; el cual fue el objetivo principal de la presente investigación, con el plus de medir el DVNO en condiciones basales y postratamiento con SSH, en pacientes con lesiones cerebrales traumáticas y evidencia clínica de HIC. Así, el presente estudio se realizó en 30 pacientes ingresados con TEC. Todos los pacientes fueron examinados por ultrasonido para monitorear el DVNO, utilizando un valor de corte de 5,0 mm para diagnosticar un aumento de la PIC > 20 mm Hg. Los pacientes con TEC y signos de HIC recibieron solución salina hipertónica al 3% en una dosis de 3 ml/kg cada 6 horas por infusión intravenosa durante 48 horas (0,5 ml/kg/h).

Las soluciones hipertónicas se recomiendan de forma temprana en el tratamiento de la hipertensión intracraneal (HIC) después de un TEC, sobre todo cuando son de carácter moderado o grave. Clínicamente, la SSH se ha utilizado de manera eficiente para controlar la presión intracraneal elevada, aunque falta evidencia para respaldar la aplicación de cualquier fármaco hiperosmolar específico para pacientes con lesión cerebral traumática grave. Además, todos los estudios publicados hasta

la fecha examinaron los efectos de las soluciones hipertónicas, sólo en episodios discretos de hipertensión intracraneal y la rapidez y duración de la reducción de los picos de PIC, y no existen datos sobre la eficacia de cualquiera de los agentes para reducir la carga acumulada de PIC. Por lo tanto, se realizó el presente estudio para comparar la medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) en pacientes con TEC y signos de HIC, tratados con SSH.

Los resultados de la presente investigación mostraron que hubo una variación significativa en la medición por ultrasonido del DVNO antes y después de la administración de SSH, a las 24, 48 y 72 horas. Fahmy et al (2019) ¹⁸, encontraron una disminución de los valores promedio del DVNO a las 72 horas de tratamiento con respecto al valor basal, siendo significativamente más bajos en los tratados con SSH a las 12 horas, 24 horas y 48 horas ($p= 0,012, 0,039$ y $0,001$; respectivamente). No obstante, corresponde resaltar que sólo entre el valor basal del DVNO del OD y el del DVNO del OD a las 24 horas postratamiento, no hubo diferencias significativas, lo que se puede atribuir al hecho de que en el grupo de pacientes estudiados, presumiblemente, tenían más edema de dicho lado, lo que requiere ser corroborado por estudios de imagen y mediciones invasivas de la PIC, que no eran el objetivo de la presente investigación.

Wahdan et al. (2022) ³² realizaron una investigación para comparar la infusión intermitente versus continua de solución salina hipertónica al 3% sobre la presión intracraneal en lesiones cerebrales traumáticas mediante la evaluación por

ultrasonido de la vaina del nervio óptico, encontrando que el DVNO en los grupos de infusión continua de solución salina hipertónica y en bolo intermitente, disminuyó significativa y constantemente. Este resultado es similar al encontrado en la presente investigación.

En cuanto a la utilidad de la medición ecográfica del DVNO, se estima que puede ser un buen sustituto de la medición invasiva de la PIC y que esta metodología no invasiva podría ser un enfoque alternativo para predecir el valor de la PIC de los pacientes cuya medición de la PIC mediante punción lumbar presenta un alto riesgo. Así, se tiene que el DVNO es un marcador poderoso de hipertensión intracraneal, fácil de realizar con un entrenamiento mínimo y que con el monitoreo diario del DVNO de rutina, se podría apoyar en las Unidades de Cuidados Intensivos, cuando la monitorización invasiva de la presión intracraneal no está disponible.¹⁸

En consonancia con los resultados de la presente investigación, se encuentra un metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados realizado que mostró que la SSH es efectiva para el tratamiento de la PIC elevada. Incluso, hay estudios que han comparado el manitol con las SSH y, de acuerdo con los hallazgos mostrados, la SSH parece tener una reducción de la PIC mayor y más duradera, con menos tasas de fracaso.¹⁸

Entre las limitaciones de la presente investigación, se tuvo la existencia de un límite de tiempo para recolectar los datos de la muestra. Además, el estudio se centró en

el TCE como causa del aumento de la PIC, excluyendo otros factores como el accidente cerebrovascular y los tumores, que podrían conducir a diferentes resultados si se estudiaran. Por último, está el diseño unicéntrico de la investigación, sin incluir grupo de comparación con otro tipo de solución hipertónica como el manitol o con otras formas de administración de la SSH.

www.bdigital.ula.ve

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

1. Hubo variación significativa entre la medición por ultrasonido del DVNO antes y después del tratamiento con SSH, resaltando las ocurridas entre el momento basal y el de las 72 horas (Basal OD: $5,67 \pm DE 0,46$ mm; 72 horas OD: $4,88 \pm DE 0,44$; $p < 0,05$; Basal OI: $5,67 \pm DE 0,50$ mm; 72 horas OI: $4,89 \pm DE 0,42$; $p < 0,05$), en pacientes con TEC y signos clínicos de HIC, quienes fueron atendidos por el Servicio de Neurocirugía, en el IAHULA, en el período comprendido entre el 1 de enero de 2023 al 31 de julio de 2023.

2. Todos los síntomas y signos neurológicos que se correlacionan con el manejo de la PIC elevada en pacientes con TEC, mejoraron con el uso de la SSH.

3. Hubo un efecto positivo y significativo en el tiempo de las soluciones hipertónicas sobre los puntajes de la escala de coma de Glasgow, a las 72 horas con respecto al valor basal (Puntaje de la escala de Glasgow basal: $10,7 \pm DE 4,3$; Puntaje de la escala de Glasgow a las 72 horas: $11,8 \pm DE 3,7$; $p = 0,004$).

Recomendaciones

1. Establecer un protocolo de manejo de la presión intracraneal elevada mediante la valoración de la medición DVNO en pacientes con TEC, como un estimador no invasivo de la PIC en pacientes con TEC y otras condiciones nosológicas pertinentes.
2. Realizar futuras investigaciones incorporando la comparación de formas de administración de las SSH y de otras soluciones similares, como el manitol para determinar cuál brinda mejor efecto farmacológico en el manejo de los pacientes sugestivos de PIC elevada.

www.bdigital.ula.ve

Referencias bibliográficas

1. Katariya S, Iratwar S. Comparative evaluation of efficacy of mannitol and hypertonic saline (3%) for treatment of moderate to severe Traumatic Brain Injury (TBI). JPRI. 2021;33(60B):1823-1832.
2. Dunne J, Quiñones-Ossa GA, Still EG, Suarez MN, González-Soto JA, Vera DS, *et al.* The epidemiology of Traumatic Brain Injury due to traffic accidents in Latin America: A narrative review. J Neurosci Rural Pract. 2020 Apr;11(2):287-290. doi: 10.1055/s-0040-1709363.
3. 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. Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva. 2016;30(4):249-252.
4. 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. In Morfovirtual 2020. (2020, September).
5. Luberda M, Stachura K, Moskała M. Optic nerve sonography-The non-invasive evaluation of intracranial pressure. Przegląd Lekarski. 2013;70(11):983-985.

6. Strumwasser A, Kwan RO, Yeung L, Miraflor E, Ereso A, Castro-Moure F, *et al.* Sonographic optic nerve sheath diameter as an estimate of intracranial pressure in adult trauma. *Journal of Surgical Research*. 2011;170(2):265-271.
7. Zepeda-Mendoza AD, Carrillo-Esper R. Medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico como marcador de hipertensión intracraneana. *Revista Mexicana de Anestesiología*. 2017;40(S1):255-257.
8. Uscanga M, Castillo J, Arroyo G. Hallazgos por tomografía computada en pacientes con trauma craneoencefálico, su relación con la evolución clínica y cálculo del edema cerebral. *Revista Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría*. 2005;38(1):11-19.
9. Ávila REI, de Guevara VLCL, de Jesús Montelongo F, Pérez MMR, Domínguez, AC, Suárez AS. Medición del diámetro de la vaina del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía simple de cráneo en pacientes con trauma craneoencefálico. *Medicina Crítica*. 2020;34(4):221-230.
10. Shi J, Tan L, Ye J, Hu L. Hypertonic saline and mannitol in patients with traumatic brain injury: A systematic and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Aug 28;99(35):e21655. doi: 10.1097/MD.00000000000021655.

11. Gu J, Huang H, Huang Y, Sun H, Xu H. Hypertonic saline or mannitol for treating elevated intracranial pressure in traumatic brain injury: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Neurosurg Rev.* 2019 Jun;42(2):499-509. doi: 10.1007/s10143-018-0991-8.
12. Schwimmbeck F, Voellger B, Chappell D, Eberhart L. Hypertonic Saline Versus Mannitol for Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-analysis With Trial Sequential Analysis. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2021 Jan;33(1):10-20. doi: 10.1097/ANA.0000000000000644.
13. Kim S, Mortera M, Heyn PC, Sood P, Wen PS, Chen Wong D, Tanveer S, Hu X. An overview of systematic reviews on the pharmacological randomized controlled trials for reducing intracranial pressure after traumatic brain injury. *Brain Inj.* 2022 Jun 7;36(7):829-840. doi: 10.1080/02699052.2022.2087102.
14. Lamperti M, Lobo FA, Tufegdzcic B. Salted or sweet? Hypertonic saline or mannitol for treatment of intracranial hypertension. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2022 Oct 1;35(5):555-561. doi: 10.1097/ACO.0000000000001152.
15. Wang X, He Q, Ma L, You C. Comparison of different concentrations of hypertonic saline in patients with traumatic brain injury: Evidence from direct and indirect comparisons. *Injury.* 2022 Nov;53(11):3729-3735. doi: 10.1016/j.injury.2022.08.065.

16. Godoy DA, Videtta W, Santa Cruz R, Silva X, Aguilera-Rodríguez S, Carreño-Rodríguez JN, *et al.* General care in the management of severe traumatic brain injury: Latin American consensus. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2020 Nov;44(8):500-508. English, Spanish. doi: 10.1016/j.medin.2020.01.014.

17. Patil H, Gupta RA. Comparative study of bolus dose of hypertonic saline, mannitol, and mannitol plus glycerol combination, in patients with severe Traumatic Brain Injury. *World Neurosurg*. 2019 May;125:e221-e228. doi: 10.1016/j.wneu.2019.01.051.

18. Fahmy H, Abdelaziz A, Eldemrdash MA. Optic nerve sheath diameter: An ultrasonographic window for comparing between hypertonic saline and mannitol in severe Traumatic Brain Injuries. *J Anesth Clin Res*. 2019;10(4):1000888. doi:10.4172/2155-6148.1000888.

19. Huang X, Yang L, Ye J, He S, Wang B. Equimolar doses of hypertonic agents (saline or mannitol) in the treatment of intracranial hypertension after severe traumatic brain injury. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Sep 18;99(38):e22004. doi: 10.1097/MD.00000000000022004.

20. Bhatnagar N, Bhateja S, Jeenger L, Mangal G, Gupta S. Effects of two different doses of 3% hypertonic saline with mannitol during decompressive craniectomy

following traumatic brain injury: A prospective, controlled study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2021 Oct-Dec;37(4):523-528. doi: 10.4103/joacp.JOACP_169_18.

21. Goeres P, Zeiler FA, Unger B, Karakitsos D, Gillman LM. Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers. *J Crit Care.* 2016;31(1):168-71. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.10.009.

22. 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.

23. Ballantyne SA, O'Neill G, Hamilton R, Hollman AS. Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. *Eur J Ultrasound.* 2002;15(3):145-9. doi: 10.1016/s0929-8266(02)00036-8.

24. Maude RR, Hossain MA, Hassan MU, Osbourne S, Sayeed KL, Karim MR, et al. Transorbital sonographic evaluation of normal optic nerve sheath diameter in healthy volunteers in Bangladesh. *PLoS One.* 2013;8(12):e81013. doi: 10.1371/journal.pone.0081013. Erratum in: *PLoS One.* 2014;9(1). doi:10.1371/annotation/4e2f88bd-e836-4e0c-a3e0-f6062331702b.

25. Asghar A, Hashmi M, Hussain A. Optic nerve sheath diameter evaluated by transorbital sonography in healthy volunteers from Pakistan. *Anaesthesia Pain & Intensive Care*. 2015;19(3):282-286.

26. Fournier LF. Mental health problems, Traumatic Brain Injury, and offending behavior among persons incarcerated in a county jail. (2021). Graduate Theses and Dissertations. <https://digitalcommons.usf.edu/etd/9110>.

27. Breakey RWF. What volume increase is needed for the management of raised intracranial pressure in children with craniosynostosis? (2021). Doctoral dissertation, UCL (University College London).

28. Raman V, Bright M, Mitchell G. A brief review of bolus osmotherapy use for managing severe Traumatic Brain Injuries in the Pre-Hospital and Emergency Department Settings. *Trauma Care*. 2022;2:427-433. <https://doi.org/10.3390/traumacare2030035>.

29. Fahmy H, Abdelaziz A, Eldemrdash MA. Optic nerve sheath diameter: an ultrasonographic window for comparing between hypertonic saline and mannitol in severe traumatic brain injuries. *J Anesth Clin Res*. 2019;10(1000888). DOI: 10.4172/2155-6148.1000888.

30. Molina JG. 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;45(1):38-44.
31. Gurthie J. Ophthalmic sonography: Through the lens of a sonographer. Journal of Diagnostic Medical Sonography. 2021;37(6):517-520.
32. Wahdan AS, Al-Madawi AA, El-Shafey KA, Othman SH. Comparison of intermittent versus continuous infusion of 3% hypertonic saline on intracranial pressure in traumatic brain injury using ultrasound assessment of optic nerve sheath. Egyptian Journal of Anaesthesia. 2022;38(1):291-299.

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – EFECTO DE LA SOLUCIÓN HIPERTÓNICA EN EL MANEJO DE LA PRESIÓN INTRACRANEAL ELEVADA EN PACIENTES CON TRAUMA CRANEAL EVALUADO POR MEDIO DE LA MEDICIÓN ECOGRÁFICA DEL DIÁMETRO DE LA VAINA DEL NERVIÓ OPTICO MERIDA – VENEZUELA. MARZO-AGOSTO 2023.

No. de ficha: _____;

I. Aspectos demográficos

Edad: _____;

Sexo:	Masculino	1	Femenino	2
-------	-----------	---	----------	---

II. Aspectos de diagnóstico clínico

Puntaje de la escala de Glasgow al ingreso: _____;

Cefalea:	Sí	1	No	2
Vómitos en proyectil:	Sí	1	No	2
Focalidad de pares craneales:	Sí	1	No	2
Paresia:	Sí	1	No	2
Hiperreflexia:	Sí	1	No	2
Alteración del nivel de conciencia:	Sí	1	No	2

Diagnóstico de ingreso:	TEC leve	1	TEC moderado	2	TEC severo	3
-------------------------	----------	---	--------------	---	------------	---

Ubicación del paciente:	Triaje o estabilización	1	Observación mixta y Trauma-shock	2	UCI	3
-------------------------	-------------------------	---	----------------------------------	---	-----	---

III. Aspectos de resultados o desenlaces

Valor ultrasonográfico basal del DVNO del ojo derecho: _____;

Valor ultrasonográfico basal del DVNO del ojo izquierdo: _____;

Valor ultrasonográfico a las 24 horas del DVNO del ojo derecho: _____;

Valor ultrasonográfico a las 24 horas del DVNO del ojo izquierdo: _____;

Valor ultrasonográfico a las 48 horas del DVNO del ojo derecho: _____;

Valor ultrasonográfico a las 48 horas del DVNO del ojo izquierdo: _____;

Valor ultrasonográfico a las 72 horas del DVNO del ojo derecho: _____;

Valor ultrasonográfico a las 72 horas del DVNO del ojo izquierdo: _____;

Puntaje de la escala de Glasgow a las 24 horas: _____;

Puntaje de la escala de Glasgow a las 48 horas: _____;

Puntaje de la escala de Glasgow a las 72 horas: _____;

Puntaje de la escala de Glasgow al egreso: _____;

Cefalea:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3
Vómitos en proyectil:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3
Focalidad de pares craneales:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3
Paresia:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3
Hiperreflexia:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3
Alteración del nivel de conciencia:	24 horas	1	48 horas	2	72 horas	3

Días de estancia hospitalaria: _____;

Condición de egreso hospitalario:	Vivo	1	Muerto	2
-----------------------------------	------	---	--------	---