

Abordaje inicial del traumatismo craneoencefálico en servicios de emergencias con recursos limitados

Initial approach to traumatic brain injury in emergency services with limited resources

Revelo-Ochoa, Edwin Javier^{a*}  jxvicho182@gmail.com

Sandoval-Flores, Jenny^a  jenylizabeth@yahoo.com.ar

a) Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Médicas, Quito, Ecuador.

*Correspondencia: Edwin Javier Revelo Ochoa, jxvicho182@gmail.com

Citation: Revelo-Ochoa, E; Sandoval-Flores, J. Abordaje inicial traumatismo craneoencefálico en servicios de emergencias con recursos limitados. *Revista Ciencia Ecuador* 2023, 5, 21. <http://dx.doi.org/10.23936/rce>

Citation:
Received: 17/11/2022
Accepted: 14/01/2023
Published: 17/01/2023

Publisher's Note: Ciencia Ecuador stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Resumen: El traumatismo craneoencefálico es una de las lesiones más frecuentes en adultos politraumatizados a nivel mundial, afectando de manera desproporcionada a los países con economías de medianos y bajos ingresos en América latina. Objetivo: Revisar la literatura actual propuesta para la atención de pacientes con traumatismo craneoencefálico en estos escenarios y estructurar un resumen de apoyo a la toma de decisiones dirigido a médicos de emergencia que enfrentan esta patología con limitantes de diagnóstico y tratamiento. Materiales y métodos: revisión teórica. Fuentes de información: National library of medicine, Biomed Central, Wiley Online Library, Pubmed Central, SciELO, Dialnet, Springer, Elsevier. Se incluyeron estudios relacionados con el traumatismo craneoencefálico en adultos entre los 18 a 65 años, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios observacionales y protocolos para el manejo de lesión cerebral traumática en países con limitados recursos. Resultados: 41 artículos cumplieron con los criterios de inclusión. 46,3% (n=19) publicados entre 2020 a 2022; el 29,2% (n=12) publicados entre 2018 a 2019; El 31,7% (n=13) son revisiones sistemáticas; El 24,3% (n= 10) son protocolos de consenso; la mayoría fue identificada en Pubmed central (PMC: n=26; 63,4%). Conclusiones: La evaluación clínica enfocada, los cambios en la puntuación motora de la escala de coma de Glasgow, la ecografía de la vaina del nervio óptico y la tomografía simple de cráneo proporcionan información que aumenta la probabilidad pretest de hipertensión intracraneal en pacientes adultos con traumatismo craneoencefálico facilitando el inicio precoz de medidas para limitar la lesión cerebral secundaria.

Palabras clave: Lesión cerebral traumática, Traumatismo craneo encefálico, Hipertensión intracraneal, Recursos limitados, Consenso.

Abstract:

Introduction: Head trauma is one of the most frequent injuries in polytraumatized adults worldwide, disproportionately affecting middle- and low-income countries in Latin America. **Objective:** To review the current literature proposed for the patients care with traumatic brain injury in these scenarios and to structure a decision-support summary aimed at emergency physicians facing this pathology with diagnostic and treatment limitations. **Materials and methods:** Theoretical review. **Information sources:** National library of medicine, Biomed Central, Wiley Online Library, Pubmed Central, SciELO, Dialnet, Springer, Elsevier. **Studies related to traumatic brain injury in adults aged 18 to 65 years, systematic reviews, meta-analyses, observational studies and protocols for the management of traumatic brain injury in countries with limited resources were included.** **Results:** 41 articles met the inclusion criteria. 46.3% (n=19) published between 2020 to 2022; 29.2% (n=12) published between 2018 to 2019; 31.7% (n=13) are systematic reviews; 24.3% (n=10) are consensus protocols; most were identified in Pubmed central (PMC: n=26; 63.4%). **Conclusions:** Focused clinical assessment, changes in Glasgow Coma Scale motor score, optic nerve sheath ultrasound and simple cranial tomography provide information that increases the pretest probability of intracranial hypertension in adult patients with head trauma facilitating early initiation of measures to limit secondary brain injury.

Key words: Traumatic brain injury, Traumatic brain injury, Intracranial hypertension, Limited resources, Consensus.

1. Introducción

Las lesiones y fallecimientos causados por los accidentes de tránsito son prevenibles (1).

En adultos politraumatizados a nivel mundial el traumatismo craneoencefálico se presenta en aproximadamente 73 casos por cada 100000 personas (2).

Dicha patología afecta de manera desproporcionada a los países con economías de medianos y bajos ingresos a nivel mundial incluyendo a Latinoamérica (3, 4), esto debido a que, aproximadamente un tercio de sus poblaciones viven bajo la línea de pobreza, existe falta de regulación en la prevención de lesiones y un elevado número de factores de riesgo como desempleo juvenil y residencia en zonas de conflicto (5).

Se estima que el impacto monetario en los países con estas economías se aproxima a 1,1 billones de dólares estadounidenses en pérdidas del producto interno bruto entre 2015 y 2030 (6).

Los adultos en edad económicamente activa son el grupo poblacional mayoritariamente afectado, asociando la discapacidad resultante de estas lesiones con importantes pérdidas de crecimiento económico para estas regiones (7).

En el Ecuador durante 2020 las lesiones por accidentes de transporte terrestre constituyeron la novena causa de defunción a nivel nacional y la principal causa de muerte en jóvenes de 18 a 30 años (8).

Estos escenarios se consideran de recursos limitados por factores como: atención prehospitalaria subóptima o inexistente, sobresaturación de los servicios de urgencias, difícil acceso a pruebas de neuroimagen unidades con capacidad de neurocirugía y cuidados neuro intensivos saturadas en otras (7); condiciones que influyen en el desenlace y la recuperación de estos pacientes (3).

El traumatismo craneoencefálico grave produce discapacidad dos a tres veces mayor que el Alzheimer y los trastornos cerebrovasculares (9), afectando mayoritariamente a los adultos en edad económicamente activa, lo cual genera un devastador impacto para los pacientes y sus familias (1).

En la práctica clínica mundial existe gran variabilidad en el manejo de la fase aguda del traumatismo cráneo encefálico (8), con dificultades para aplicar las guías de práctica clínica vigentes en escenarios donde los medios de tratamiento son limitados (11, 12); y adicionalmente según la opinión de algunos autores la literatura actual estaría sesgada debido a que, muchos estudios provienen de centros de neurotrauma con recursos muy especializados (13, 14).

El objetivo primordial al manejar la lesión cerebral traumática de adultos en el servicio de emergencia no solo es enfrentar la lesión primaria para mantener la homeostasis fisiológica ante la pérdida de la autorregulación cerebral sino también anticipar, prevenir y detener los procesos de lesión cerebral secundaria buscando disminuir y limitar la morbilidad asociada para que los pacientes alcancen el mayor porcentaje de recuperación (15).

Para esto, la detección temprana de la lesión cerebral postraumática a través de criterios clínicos, el uso de la valoración ecográfica al pie de la cama del paciente y la tomografía de cráneo cuando estén disponibles facilitan al médico de emergencia instaurar de forma precoz medidas farmacológicas y procedimientos para la estabilización del paciente y el control de la hipertensión intracraneal (16), mientras se determina la necesidad de intervención neuroquirúrgica o derivación a un centro con adecuada capacidad resolutoria (17).

El estudio THE BEST TRIP TRIAL, Chesnut et al, 2012., (12), con datos de adultos con traumatismo craneo encefálico grave tratados en unidades de cuidados intensivos de Bolivia y Ecuador, se convirtió en una ventana al mundo sobre la necesidad de disponer de protocolos y recomendaciones acordes a la realidad demográfica y económica de estas regiones.

La posterior revisión y corrección del protocolo ICE que condujo a la colaboración y elaboración del protocolo CREVICE (Consensus REVised ICE) por sus siglas en inglés, Chesnut et al, 2020., (13) propuso una adaptación a la terapéutica convencional basándose en el uso de hallazgos clínicos combinados con neuroimagen para guiar el tratamiento de la presión intracraneal elevada como equivalente a la monitorización directa de la presión intracraneal.

Fundamentados en lo expuesto y considerando las múltiples limitaciones logísticas, económicas y de recursos que plantea el manejo del paciente neuro crítico en nuestro país, se planteó como objetivo de la presente investigación recopilar y consolidar información actualizada para elaborar un resumen basado en la mejor evidencia disponible que facilite el manejo y la toma de decisiones en la atención de pacientes con traumatismo craneo encefálico grave que ingresan a de los servicios de emergencia.

2. Materiales y métodos

Fuentes de Información: Se revisaron las siguientes bases de datos: National library of medicine, Biomed Central, Wiley Online Library, BVS Library, Cochrane Database, Pubmed Central, SciELO, Dialnet, Springer, Elsevier.

Estrategias de búsqueda: Realizamos una revisión teórica de la bibliografía disponible en los últimos 7 años sobre el tema planteado en las bases de datos especializadas descritas utilizando términos mesh, palabras clave y operadores lógicos como términos de búsqueda, tanto en idioma español como inglés para lograr una mayor amplitud de los trabajos a analizar.

Criterios de inclusión:

- Estudios publicados entre enero del 2015 a junio del 2022.
- Estudios relacionados con el traumatismo craneo encefálico en adultos con edades comprendidas entre los 18 a 65 años.
- Estudios de revisión sistemática, metaanálisis, revisión y guías de práctica clínica completos, estudios observacionales retrospectivos, estudios prospectivos de cohortes.

- Protocolos o pautas para el manejo de lesión cerebral traumática en países con limitados recursos.

Criterios de exclusión:

- Cartas al editor, editoriales, pre-prints, estudios con observaciones asociadas a conflictos de interés.
- Estudios de casos-controles.
- Reportes de caso.
- Estudios previos a enero del 2015.
- Estudios en pacientes pediátricos menores a 17 años.
- Estudios en adultos mayores a 66 años.
- Estudios en idioma diferente al inglés o español

Recopilación y análisis de la información:

Una vez planteada la estrategia de búsqueda, se identificaron las publicaciones que cumplieran con los criterios de selección establecidos. Se realizó una lectura crítica y analítica de las mismas y se extrajo la información necesaria para dar forma al objetivo de esta investigación.

3. Presentación y análisis de resultados

Descripción de las investigaciones incluidas

En nuestra búsqueda al finalizar el proceso de revisión se identificaron 41 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión y fueron tomados en cuenta para esta revisión.

El 46,3% (n=19) fueron publicados entre 2020 a 2022; el 29,2% (n=12) fueron publicados entre 2018 a 2019; El 31,7% (n=13) fueron revisiones sistemáticas; El 24,3% (n= 10) fueron protocolos de consenso; la mayoría fue identificada en PubMed central (PMC: n=26; 63,4%).

Análisis de la información teórica:

Describimos a continuación los aspectos que consideramos son fundamentales en el abordaje inicial del traumatismo craneo encefálico en Servicios de Emergencias con recursos limitados agrupándolos en los siguientes puntos:

- a) Evaluación clínica enfocada
- b) Estudios de imagen
- c) Medidas terapéuticas iniciales

a) Evaluación clínica enfocada:**Cinemática del trauma:**

En escenarios donde el médico de emergencias no puede acceder a estudios de imagen de forma inmediata, es imprescindible utilizar la valoración clínica neurológica repetida incluso en pacientes comatosos o sedados para plantear la probabilidad de hipertensión intracraneal, así como para detectar de forma temprana el neuro deterioro (18).

La revisión sistemática realizada por Easter et al 2015., (19) con datos de 23079 pacientes, demostró que durante la anamnesis las condiciones que se asociaron con la presencia de lesiones intracraneales graves fueron: 2 o más episodios de vómitos (cociente de probabilidad positivo de 3,6 y una especificidad del 92 %) y peatón atropellado por un vehículo motorizado (cociente de probabilidad entre 3,0-4,3 y especificidad de 96%-97%).

En cambio, la ausencia de criterios de Canadian CT Head Rule disminuyó la probabilidad de lesión severa al 0,31 % (IC del 95 %, 0 %-4,7 %) y la ausencia de todos los Criterios de Nueva Orleans al 0,61% (IC 95%, 0,08%-6,0%) (19).

Reactividad y diámetro pupilar:

El protocolo de manejo CREVICE, Chesnut et al 2020., (13) define como criterios clínicos de probable hipertensión intracraneal: la asimetría pupilar mayor a 2mm, la ausencia de reactividad pupilar y el valor de 4 puntos o menos en la escala de coma de Glasgow.

Esto lo respalda el análisis retrospectivo publicado por Nourallah et al 2018., (20) que evaluó datos de 204 pacientes y reportó que encontrar una pupila asimétrica arreactiva o la ausencia de reactividad pupilar bilateral tienen un efecto predictivo estadísticamente significativo de compresión y borramiento de las cisternas de la base respectivamente.

El trabajo de ter avest et al 2021., (21) que reunió información de 249 pacientes atendidos por unidades prehospitales en Inglaterra reportó que la presencia del signo de Cushing definido por los autores como una presión arterial mayor a 160 mm Hg, una frecuencia cardíaca menor a 60 latidos por minuto y una simetría pupilar mayor a 5 mm o la presencia de pupilas arreactivas detectó a aquellos pacientes que mostraron presión intracraneal elevada a su llegada al servicio de emergencia.

Escala de coma de Glasgow:

González et al 2015., (22) concluyó en su trabajo de investigación que una escala de Glasgow menor o igual a 8 representa un aumento del riesgo de mortalidad de 12,97 veces (OR 12,96).

De acuerdo con el trabajo publicado por Da costa et al 2016., (23) la disminución de un punto en la escala de Glasgow representó el aumento de aproximadamente 2% en la cifra de mortalidad en su estudio.

En el trabajo publicado por Easter et al 2015., (19) se menciona que se asociaron con la presencia de lesión intracraneal severa la puntuación de la escala de coma de Glasgow de 13 (cociente de probabilidad, 4,9; IC 95 %, 2,8-8,5; especificidad, 97 %) y cualquier disminución en la puntuación de la escala de coma de Glasgow (cociente de probabilidad, 3,4-16; rango de especificidad, 91 %-99 %;)

De las diferentes variables valoradas por la escala de coma de Glasgow se ha considerado que la puntuación motora presenta el mayor valor predictivo al ser el componente con mayor puntaje en dicha escala (24).

Escalas de valoración del estado de conciencia como FOUR (Full Outline of Un-Responsiveness) por siglas en ingles han sido sugeridas para su uso en pacientes con traumatismo craneo encefálico sin lograr mostrar un mayor valor predictivo que la escala de coma de Glasgow (25).

Sin embargo, la escala de coma de Glasgow no es una herramienta lo suficientemente sensible por si sola para la clasificación inicial de la gravedad de una potencial lesión cerebral postraumática y debe correlacionarse siempre con el tipo de paciente y los hallazgos del examen físico con la finalidad de que la presencia de hipertensión intracraneal no quede oculta y no se retrasen las medidas de tratamiento (26).

En este contexto agregar la información del examen pupilar al puntaje de la escala de coma de Glasgow puede aumentar el rendimiento de la información obtenida; lo cual, se evidenció en el trabajo de Brennan et al 2018., (27) donde se observó que combinar estos dos hallazgos corregía la tasa de un resultado desfavorable en hasta el 20%.

Otros hallazgos al examen físico:

En el estudio publicado por Easter et al 2015., (19) un examen físico sugestivo de fractura de cráneo (cociente de probabilidad 16; especificidad de 99 %) se asoció con la presencia de lesiones intracraneales graves.

Finalmente, debido al bajo poder diagnóstico de los hallazgos al examen físico, su ausencia no debe ser motivo de una falsa sensación de seguridad para el médico de Emergencias y por lo tanto este debe mantener una alta sospecha clínica cuando la cinemática del trauma correlacionada con las características del paciente sugiera la presencia de una lesión cerebral traumática aguda (21).

b) Estudios de imagen:

Tomografía axial computarizada:

Las Directrices del American College of Radiology establecen que la tomografía axial computarizada de cráneo sin contraste es el examen inicial más adecuado para estudiar el traumatismo cráneo encefálico (28); sin embargo, en países con economías de recursos limitados, realizar una tomografía simple de cráneo muchas veces requiere transferir al paciente a otro centro con disponibilidad de equipo para estudios de neuroimagen (9).

En escenarios donde las restricciones principalmente económicas limitan el acceso a la monitorización invasiva de la presión intracraneal, el papel de la tomografía de cráneo adquiere un rol fundamental en la toma de decisiones clínicas (7).

La clasificación tomográfica de Marshall proporciona una probabilidad porcentual de la presencia de hipertensión intracraneal según el grado y área de afectación descrito en los pacientes con una lesión cerebral postraumática (29).

El estudio ad hoc del protocolo ICE publicado por Chesnut et al 2018., (17) sugiere instaurar medidas específicas para manejo de la hipertensión intracraneal ante la evidencia tomográfica de: cisternas peri mesencefálicas comprimidas, desplazamiento de la línea media mayor a 5 milímetros y compresión o borramiento del surco cortical.

El protocolo CREVICE recomienda que la tomografía simple de cráneo debe ser realizada inmediatamente o en un tiempo no mayor a 4 horas posterior al trauma, y repetirla dentro de las siguientes 12 horas, a las 24 horas y a las 72 horas después de la lesión (10).

Los protocolos latinoamericanos determinan como criterios tomográficos de hipertensión intracraneal: el estadio III o superior de la clasificación de Marshall, compresión de las cisternas de la base, desvío de la línea media de más de 5 milímetros o la presencia de una lesión no evacuada mayor a 25 centímetros cúbicos (13, 30).

Es importante considerar que la literatura respalda el alta temprana luego de una valoración física exhaustiva y evaluar la posibilidad de no realizar un estudio tomográfico en pacientes menores de 59 años con traumatismo de baja energía, que no consumen anticoagulantes ni antiagregantes plaquetarios (31).

Además, se recomienda que en aquellos pacientes con bajo riesgo de presentar lesiones intracraneales debemos utilizar escalas predictivas de alta sensibilidad como tamizaje para detectar a aquellos que necesiten un estudio tomográfico de cráneo previo a la alta médica definitiva en el servicio de emergencia. En ese sentido el estudio de Svensson et al 2019., (32) reportó los siguientes valores sensibilidad y especificidad para las escalas validadas disponibles en la actualidad: New Orleans (sensibilidad del 96,5% y especificidad del 2,6%), NICE (sensibilidad del 100 % y especificidad del 56,3 %), NEXUS II (sensibilidad 100 % y especificidad del 34,3 %) para lesiones intracraneales que requirieron intervención neuroquirúrgica o resultaron en la muerte del paciente.

Pacientes con traumatismo craneoencefálico leve o Glasgow mayor o igual a 13 sin hallazgos patológicos al examen físico y ausencia total de cualquier criterio de estas reglas tienen un muy bajo riesgo de lesión intracraneal grave, (cociente de probabilidad 0,04 y 0,08, respectivamente) y por lo tanto no requieren de estudios de neuroimagen (32).

Ecografía vaina del nervio óptico:

La relación anatómica entre el nervio óptico y el espacio subaracnoideo da como resultado una expansión de la vaina de este nervio en condiciones donde la presión intracraneal se encuentra elevada. Esta modalidad de imagen es fácilmente reproducible, no invasiva y más accesible en muchos centros de atención hospitalaria (33).

La revisión sistémica y metaanálisis publicados por Ohle et al 2015., (34) reportó que el diámetro del nervio óptico como determinante de un aumento de la presión intracraneal mostró una sensibilidad del 95,6, especificidad del 92,3 % y un cociente de probabilidad positivo de 12,5.

El trabajo publicado por Montorfano et al 2021., (35) sobre la base de datos recopilada de 22 estudios que incluye un total de 743 pacientes, reportó la presencia de aumento de la presión intracraneal de diversas etiologías cuando el diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonido con transductor lineal a 3 mm detrás del globo ocular en una posición retro bulbar alcanzo un promedio de 5,82 mm (IC del 95 %: 5,58–6,06).

Rojas Murillo et al 2022., (36) reportó una correlación estadísticamente significativa en los pacientes con un diámetro de la vaina del nervio óptico mayor a 5,2 mm y la presencia de hipertensión intracraneal de distintas etiologías incluido el trauma cráneo encefálico cuando se correlacionaron estos hallazgos con la posterior medición tomográfica de esta estructura anatómica ($p < 0.001$).

En pacientes con traumatismo craneo encefálico el trabajo de Vitiello et al 2022., (37) determino como punto de corte el diámetro de la vaina del nervio óptico mayor a 5 mm para aumento de la presión intracraneal.

Dado que en muchos servicios de emergencia se dispone de equipos básicos de ecografía se ha sugerido utilizar mediciones de baja complejidad como el diámetro de la vaina del nervio óptico; las cuales, han mostrado utilidad en la detección del aumento de la presión intracraneal mientras se coordina el traslado de los pacientes con alto riesgo de presentar una lesión cerebral traumática que requieren estudios tomográficos y valoración por el equipo de neurocirugía. (33, 34)

c) Medidas terapéuticas generales iniciales:

El tratamiento del paciente traumatizado con sospecha de lesión cerebral asociada a hipertensión intracraneal requiere un enfoque centrado en evitar la lesión cerebral secundaria asociada a aumento de la presión intracraneal, hipotensión hipoxia, hipoglucemia entre otras causas; las cuales son de carácter inespecífico y sencillas de implementar en todos los niveles de atención (38).

Manejo de vía aérea y ventilación:

Haltmeier et al 2017., (39) en su estudio de cohorte retrospectivo con una amplia base de datos del US National Trauma Data Bank, reportan que la intubación prehospitalaria está asociada con mayores tiempos de traslado y aumento de la mortalidad hospitalaria. Bajo esta consideración se recomienda el uso de oxigenación con mascarilla facial o dispositivos supraglóticos para mantener la oxigenación y asegurar la vía aérea respectivamente en el sistema de atención prehospitalaria.

Es difícil definir el momento de intubación en el paciente con lesión cerebral traumática. El estudio observacional retrospectivo de Gravesteijn et al 2020., (40) con información de la base de datos CENTER-TBI sugiere que las principales consideraciones de intubación en el paciente con traumatismo craneo encefálico son la gravedad de la lesión cerebral y la extensión de la lesión extracraneal, mencionando como predictores fuertes de intubación: un valor menor o igual a 5 en la puntuación motora de la escala de coma de Glasgow, una o ambas pupilas no reactivas y la presencia asociada de lesiones faciales o torácicas severas. (39, 40, 41)

El estudio randomizado de Jiang et al 2021., (41) reportó que la ventilación mecánica invasiva con parámetros protectivos ajustando un volumen tidal a 8 ml/kg de peso ideal y una presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 5 cm de H₂O mostró beneficios en los pacientes con lesión cerebral traumática evidenciándose mejores parámetros de mecánica respiratoria y oxigenación, así como menor incidencia de lesión pulmonar secundaria.

La publicación de Chesnut et al 2018., (17) sugiere como objetivo mantener la SO_2 mayor a 95% $PaO_2 >75$ mmHg., con valores de pCO_2 de 35-40 mmHg, todos estos valores a nivel del mar, recomendándose su ajuste para la altitud cuando corresponda sin llegar a niveles de pCO_2 inferiores a 30 mmHg.

Analgesia y sedación

Se debe garantizar una adecuada sedo analgesia con el objetivo de reducir la ansiedad, alcanzar un adecuado control del dolor y modular la respuesta hormonal y metabólica postraumática para limitar el incremento de la presión intracraneal en relación con la hiperactividad simpática. La combinación ideal de sedo analgesia en pacientes con lesión cerebral traumática no está definida, los concesos publicados hasta el momento sugieren iniciar analgesia con opioides sintéticos principalmente el fentanilo y alcanzar los objetivos de sedación con propofol o midazolam (42).

En caso de hipertensión intracraneal refractaria pese a implementación de medidas de primero y segundo nivel se debería considerar la infusión de altas dosis de barbitúricos principalmente tiopental en infusión continua durante 3 días. (13).

Umbral de tensión arterial media y Presión de perfusión cerebral:

La presión de perfusión cerebral mayor a 70 mm Hg es el objetivo de tratamiento ampliamente aceptado; los rangos de presión de perfusión cerebral menor a 60 mm Hg o la presión intracraneal mayor a 20 mm Hg están asociados con un peor resultado (43).

La cuarta edición de las directrices para el tratamiento de lesiones cerebrales traumáticas graves de la Brain Trauma Foundation publicadas en 2017 (44) plantea los siguientes umbrales terapéuticos relacionados con un aumento de los resultados favorables y la supervivencia: presión arterial sistólica mayor o igual a 100 mm Hg para pacientes de 50 a 69 años, mayor o igual a 110 mm Hg para pacientes de 15 a 49 años; presión de perfusión cerebral 60 a 70 mm Hg.

La presencia de una lesión cerebral traumática junto a una hemorragia postraumática activa se asocia con mayor coagulopatía antes de la reanimación y aumento de la mortalidad como lo reporta el análisis post-hoc del ensayo PROPPR (Pragmatic Randomized Optimal Plaquetas and Plasma Ratios) (45, 46).

Spaite et al 2017., (47) público en su investigación una relación lineal entre la disminución de las cifras de presión arterial sistólica documentada desde el nivel

prehospitalario y el aumento de la mortalidad en pacientes con estas dos condiciones; sin embargo, no lograron determinar un umbral terapéutico específico de tratamiento para este subgrupo de pacientes.

El grupo de consenso WSES desde 2019 recomienda un valor de 100 mmHg como umbral de presión sistólica para pacientes con traumatismo craneoencefálico que coexista con una lesión hemorrágica postraumática activa, sugiriendo que en caso de optar por valores objetivo más bajos estos deben mantenerse durante el menor tiempo posible, y solo en casos en los cuales se dificulta el control del sangrado (16).

A pesar del esfuerzo por minimizar la hipotensión cerebral debida a la hipovolemia, la fluidoterapia intravenosa prehospitalaria no indicada conduce a una coagulopatía por dilución; esto según lo describe el trabajo de Hussmann et al 2019., (48) donde se evidencio que la administración a nivel prehospitalario de más de 1500 ml de fluidoterapia intravenosa no aumentó la presión de perfusión cerebral de los pacientes con lesión cerebral traumática y se asoció con aumento de la coagulopatía.

El consenso Latinoamericano de Cuidados generales en el manejo del traumatismo craneoencefálico grave publicado en 2020 sugiere el uso de noradrenalina en comparación con Dopamina para alcanzar los valores de tensión arterial sistólica objetivo cuando no existe respuesta a la fluidoterapia intravenosa, sin embargo, hasta la actualidad no existen estudios clínicos a gran escala para el uso de agentes vasoactivos en este grupo de pacientes (42).

Transfusión de hemoderivados:

Se mantiene la recomendación de transfusión de concentrados de glóbulos rojos con un enfoque restrictivo reservándose a valores de hemoglobina menores o iguales a 7 g/dl en pacientes con lesión cerebral postraumática y lesión hemorrágica activa asociada; o, aquellos que sean sometidos a neuro intervención emergente (16, 49).

Terapia con soluciones hiperosmolares:

La revisión sistémica y estudio multicéntrico publicado por Asehnoune et al 2017., (43) mostro que el uso temprano de terapia hiperosmolar en pacientes con traumatismo craneoencefálico e hipertensión intracraneal fue seguro y se asoció de forma independiente con el aumento de la supervivencia a los 90 días.

El trabajo de Huang et al 2020., (50) menciona que la proporción de dosis eficaces para reducir la presión intracraneal puede ser ligeramente superior para el cloruro de sodio hipertónico en relación con el manitol.

Shi et al 2020., (51) reportó que existe un efecto más sostenido en el tiempo de la solución salina hipertónica al 3 % versus el manitol al 20 % en pacientes con hipertensión intracraneal.

La revisión sistemática realizada por el equipo de Schwimmbeck et al 2021., (52) mostro como resultado que la presión de perfusión cerebral fue mayor después del tratamiento con solución salina hipertónica en comparación con el manitol ($P<0.00001$).

Respecto a la terapia hiperosmolar en infusión continua el trabajo publicado por Roquilly et al 2021., (53) reportó que no existió un mejor resultado neurológico a los 6 meses entre los pacientes con lesión cerebral traumática de moderada a grave tratados con infusión continua de solución salina hipertónica al 20 % en comparación con la administración de bolos intravenosos.

Los protocolos CREVICE y BOOSTraP (Beyond One Option for Treatment of Traumatic Brain Injury) recomiendan el uso de terapia hiperosmolar como primera línea cuando existe evidencia clínica y tomográfica de hipertensión intracraneal o en casos de neuro deterioro respecto a la condición de ingreso. (13, 30)

Debido que muchos centros en países con economías de bajos o medianos recursos no disponen de una medición directa de la osmolaridad sérica, se considera que resulta más accesible cuantificar los niveles de sodio sérico en paciente con terapia hiperosmolar instaurada, debiendo ser suspendida cuando se alcanza niveles séricos de sodio mayores a 155 meq/l, esta interrupción del tratamiento puede realizarse de forma inmediata sin requerir una reducción gradual como ocurre en el caso de tratamiento con manitol.(13)

Profilaxis anticonvulsiva:

La revisión sistemática y metaanálisis publicado por Wang et al 2022., (54) respalda la efectividad de los antiepilépticos para reducir las convulsiones postraumáticas tempranas, demostrándose la superioridad frente al placebo de fenitoína, levetiracetam y carbamazepina sin evidenciar superioridad de efecto entre los fármacos enumerados.

Se destaca que la fenitoína mostro un efecto significativo en la prevención de las convulsiones postraumáticas tempranas por lo cual estos resultados respaldan su uso profiláctico. (54)

En este contexto se recomienda mantener profilaxis anticonvulsiva durante los primeros 7 días y no posterior a este periodo a no ser que se evidencie actividad epileptiforme (13, 54).

Control glicémico:

Potenciar las vías de estrés oxidativo y la inducción de neuro inflamación son algunos de los mecanismos fisiopatológicos por los cuales la hiperglicemia podría potenciar el daño producido por la lesión cerebral traumática. (55, 56)

La revisión sistémica y metaanálisis de Hermanides et al 2018., (57) resalta la falta de evidencia para tratar a los pacientes con lesión cerebral traumática de forma diferente a otros pacientes en condición crítica y mantiene la recomendación de un objetivo glicémico menor a 180 mg/dl, confirmando lo propuesto en el estudio NICE-SUGAR (58).

En países con recursos limitados la evidencia es escasa y los reportes disponibles muestran una tendencia hacia el incremento de la mortalidad en pacientes con hiperglicemia temprana después de una lesión cerebral traumática (59).

Otras medidas generales:

Las guías de SIBICC (Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference) por sus siglas en inglés, el consenso latinoamericano para el cuidado del traumatismo cráneo encefálico grave recomiendan:

- a) Cabecera de la cama elevada a 30° con cabeza y cuello alineados en posición neutral
- b) control de la temperatura corporal y tratar la temperatura mayor a 37.5°C mediante fármacos y medidas no farmacológicas.
- c) Nutrición enteral temprana en pacientes sin contraindicaciones dentro de las 48 horas posteriores al trauma.
- d) Profilaxis mediante uso de inhibidores de bomba de protones para sangrado gástrico.
- e) Medidas para evitar las úlceras por decúbito e infecciones pulmonares. (42, 60)

Tratamientos contraindicados:

No se debería implementar medidas con bajo nivel de evidencia o no efectivas como: Corticosteroides, anticonvulsivantes para la profilaxis de la epilepsia tardía

es decir posterior a 7 días, hiperventilación con PaCO₂ menor a 30 mmHg corregida según la altitud, diuréticos como furosemida, manitol en infusión continua y drenaje de líquido cefalorraquídeo a nivel lumbar. (13,30,42,60)

4. Discusión

En américa latina los países con economías de medianos y bajos ingresos constituyen escenarios de limitados recursos donde dificultades como la falta de equipamiento tecnológico, necesidad de traslado a otras unidades médicas y pocos profesionales especializados en trauma son circunstancias que dificultan aplicar las guías de práctica clínica vigentes a nivel internacional (2-6,8,9), ya que según la consideración de algunos autores la literatura esta sesgada debido a que muchos estudios provienen de centros de neuro trauma con recursos muy especializados (6,7,10, 11).

Cuando el medico de emergencias no puede acceder a estudios de imagen de forma inmediata, es imprescindible utilizar la valoración clínica neurológica repetida para plantear la probabilidad de hipertensión intracraneal, y facilitar la toma de decisiones terapéuticas (11-13).

En este sentido la información obtenida desde el sistema prehospitalario y el examen clínico inicial pueden aportar datos importantes que sugieren la presencia de hipertensión intracraneal con un alto cociente de probabilidad positivo como: episodios de vómito, disminución de puntaje en la escala de coma de Glasgow y alteraciones del diámetro y la reactividad pupilar (19,22), los cuales a su vez se correlacionan términos de predicción de malos resultados en la evolución de estos pacientes. (27).

De todas estas variables, la escala de coma de Glasgow se mantiene como la mejor herramienta de valoración de conciencia en los pacientes adultos con lesión cerebral traumática. (24,25)

El protocolo CREVICE recomienda que la tomografía simple de cráneo se realice inmediatamente o en un tiempo no mayor a 4 horas posterior al trauma, y repetirla dentro de las siguientes 12 horas, a las 24 horas y a las 72 horas después de la lesión (13), para determinar la presencia de hipertensión intracraneal con el objetivo de instaurar y guiar el tratamiento; razón por la cual el médico debe buscar la logística para que se realice este estudio dentro de los rangos sugeridos. (12-14)

En estas circunstancias se ha planteado la ecografía de vaina de nervio óptico como una buena alternativa con evidencia que apoya su uso para justificar la toma de decisiones mientras se logra acceder a un estudio tomográfico de cráneo asociado a la facilidad de realizarse a la cabecera del paciente; estableciéndose, como punto de corte en la mayoría de los estudios un diámetro mayor a 5 milímetros (32-36)

En relación al manejo clínico inicial del paciente con sospecha de hipertensión intracraneal se ha demostrado el beneficio y seguridad que aporta el mantener rangos de oxigenación con valores de PO₂ mayores a 75 mmHg y normocapnia con PCO₂ 35-45 mmHg a nivel del mar (10); la adecuada y oportuna decisión de manejo de vía aérea definitiva y la ventilación mecánica protectora (40, 41); garantizar una presión de perfusión cerebral objetivo mayor a 70 mm Hg (13,44-49), la sedación y analgesia titulada (42) y un umbral de presión sistólica de 100 mmHg (44) justificándose mantener de presión más bajos durante el menor tiempo posible solo en casos en los cuales se dificulta el control del sangrado (47, 49) y considerando como vasopresor de elección la noradrenalina para alcanzar los valores de tensión arterial sistólica objetivo cuando no existe respuesta a la fluidoterapia intravenosa (42).

En cuanto a la terapia farmacológica se recomienda el uso de soluciones hipertónicas como agentes de primera línea popularizándose al momento el uso de solución salina hipertónica sobre le manitol debido a la mayor factibilidad de monitoreo y menor restricción en cuanto a recomendaciones de uso con cierta inclinación que favorece su administración en bolos sobre la infusión continua. (12,13,43,50-53).

Adicionalmente se debe implementar el uso de profilaxis anticonvulsiva durante los primeros 7 días (13, 42,54) asociado a medidas generales que han demostrado efectividad como cabecera a 30°, profilaxis de úlcera gástrica y decúbito entre otros). (12, 60)

Nuestro interés se centró en revisar evidencia acerca de alternativas para el abordaje diagnóstico y terapéutico inicial en los adultos con traumatismo cráneo encefálico cuando el acceso a un estudio tomográfico y una valoración neuroquirúrgica no están disponibles de forma inmediata como sucede en muchos centros hospitalarios de nuestro país y la región, (1-7) razón por la cual ya que el objetivo del médico de Emergencia es el diagnóstico precoz de una lesión cerebral traumática y definir la coexistencia de hipertensión intracraneal, (13-16) este debe disponer de información que obtenida al pie de la cama del paciente tenga alto poder predictivo para inferir de la forma más exacta posible la presencia de esta condición fisiopatológica; decidir instaurar el tratamiento inicial y en una segunda instancia acceder a un estudio tomográfico y definir el manejo del paciente en unidades con adecuada capacidad resolutoria sobre todo en áreas donde el traslado del paciente es un requisito habitual.

5 Conclusiones

Los países con economías de medianos y bajos ingresos son escenarios con limitados recursos donde las dificultades para acceder a métodos de diagnóstico retrasan el inicio de la terapia farmacológica para mantener la homeostasis fisiológica en el

paciente con lesión cerebral traumática y minimizar o prevenir la lesión cerebral secundaria asociada a hipertensión intracraneal, la hipoxia y la hipotensión.

Los cambios en el diámetro y la reactividad pupilar, la puntuación motora de la escala de coma de Glasgow y el aumento del diámetro de la vaina del nervio óptico cuantificado por ecografía constituyen hallazgos que aumentan la probabilidad pre-test de hipertensión intracraneal en paciente adultos con traumatismo cráneo encefálico. Su hallazgo facilita la decisión de instaurar medidas farmacológicas iniciales para limitar la lesión cerebral secundaria sobre todo en entornos donde el acceso a tomografía y a la valoración neuroquirúrgica requiere el traslado del paciente y prolonga el manejo definitivo de estos pacientes.

6. Patentes

Ninguna.

Author Contributions:

Revelo Ochoa Edwin, Sandoval-Flores, Jenny: Búsqueda de información, análisis y redacción.

Funding: Los autores no recibieron financiamiento para este trabajo.

Conflicts of Interest: Los autores declaran no tener conflicto de interés..

Bibliografía

- 1.- Pan American Health Organization (PAHO)(2021).The burden of road traffic injury in the Region of the Americas, 2000-2019. PAHO.org. <https://www.paho.org/en/noncommunicable-diseases-and-mental-health/enlace-data-portal-noncommunicable-diseases-mental-1>.
- 2.- Dewan, M. C., Rattani, A., Gupta, S., Baticulon, R. E., Hung, Y. C., Punchak, M., Agrawal, A., Adeleye, A. O., Shrivastava, M. G., Rubiano, A. M., Rosenfeld, J. V., & Park, K. B. (2018). Estimating the global incidence of traumatic brain injury. Journal of neurosurgery, 1–18. Advance online publication. <https://doi.org/10.3171/2017.10.JNS17352>.
- 3.- Punchak, M., Mukhopadhyay, S., Sachdev, S., Hung, Y. C., Peeters, S., Rattani, A., Dewan, M., Johnson, W. D., & Park, K. B. (2018). Neurosurgical Care: Availability and Access in Low-Income and Middle-Income Countries. World neurosurgery, 112, e240–e254. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.01.029>.
- 4.- The World bank. (2021).World Development Indicators and The World by Income and Region. Worldbank.org. <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/the-world-by-income-and-region.html>.

- 5.- Puvanachandra, P., & Hyder, A. A. (2008). Traumatic brain injury in Latin America and the Caribbean: a call for research. *Salud publica de Mexico*, 50 Suppl 1, S3–S5. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342008000700002>.
- 6.- Rudolfson, N., Dewan, M. C., Park, K. B., Shrimel, M. G., Meara, J. G., & Alkire, B. C. (2018). The economic consequences of neurosurgical disease in low- and middle-income countries. *Journal of neurosurgery*, 1–8. Advance online publication. <https://doi.org/10.3171/2017.12.JNS17281>.
- 7.- Rubiano, A. M., Griswold, D. P., Jibaja, M., Rabinstein, A. A., & Godoy, D. A. (2021). Management of severe traumatic brain injury in regions with limited resources. *Brain injury*, 35(11), 1317–1325. <https://doi.org/10.1080/02699052.2021.1972149>.
- 8.- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2020). Programa Nacional de Estadística 2021-2025. Registro Estadístico de Defunciones Generales de 2020. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/defunciones-generales>.
- 9.- GBD 2016 Neurology Collaborators (2019). Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet. Neurology*, 18(5), 459–480. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30499-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30499-X).
- 10.- Picetti, E., Maier, R. V., Rossi, S., Kirkpatrick, A. W., Biffi, W. L., Stahel, P. F., Moore, E. E., Kluger, Y., Baiocchi, G. L., Ansaloni, L., Agnoletti, V., & Catena, F. (2019). Preserve encephalus in surgery of trauma: online survey. (P.E.S.T.O). *World journal of emergency surgery : WJES*, 14, 9. <https://doi.org/10.1186/s13017-019-0229-2>.
- 11.- Punchak, M., Mukhopadhyay, S., Sachdev, S., Hung, Y. C., Peeters, S., Rattani, A., Dewan, M., Johnson, W. D., & Park, K. B. (2018). Neurosurgical Care: Availability and Access in Low-Income and Middle-Income Countries. *World neurosurgery*, 112, e240–e254. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.01.029>.
- 12.- Chesnut, R. M., Temkin, N., Carney, N., Dikmen, S., Rondina, C., Videtta, W., Petroni, G., Lujan, S., Pridgeon, J., Barber, J., Machamer, J., Chaddock, K., Celix, J. M., Cherner, M., Hendrix, T., & Global Neurotrauma Research Group (2012). A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *The New England journal of medicine*, 367(26), 2471–2481. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1207363>.
- 13.- Chesnut, R. M., Temkin, N., Videtta, W., Petroni, G., Lujan, S., Pridgeon, J., Dikmen, S., Chaddock, K., Barber, J., Machamer, J., Guadagnoli, N., Hendrickson, P., Aguilera, S., Alanis, V., Bello Quezada, M. E., Bautista Coronel, E., Bustamante, L. A., Cacciatori, A. C., Carricondo, C. J., Carvajal, F., ... Urbina, Z. (2020). Consensus-Based Management Protocol (CREVICE Protocol) for the Treatment of Severe Traumatic Brain Injury Based on Imaging and Clinical Examination for Use When Intracranial Pressure Monitoring Is Not Employed. *Journal of neurotrauma*, 37(11), 1291–1299. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5599>.
- 14.- Khan, T., & Khan, M. (2020). Paradigm Shift: From Standard-Driven Protocols to Resource-Driven Guidelines for Neurotrauma Management in Low- and Middle-Income Countries. *Journal of neurosciences in rural practice*, 11(1), 5–6. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701558>.

- 15.- Taccone, F. S., De Oliveira Manoel, A. L., Robba, C., & Vincent, J. L. (2020). Use a "GHOST-CAP" in acute brain injury. *Critical care* (London, England), 24(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2825-7>.
- 16.- Picetti, E., Rossi, S., Abu-Zidan, F. M., Ansaloni, L., Armonda, R., Baiocchi, G. L., Bala, M., Balogh, Z. J., Berardino, M., Biffl, W. L., Bouzat, P., Buki, A., Ceresoli, M., Chesnut, R. M., Chiara, O., Citerio, G., Coccolini, F., Coimbra, R., Di Saverio, S., Fraga, G. P., ... Catena, F. (2019). WSES consensus conference guidelines: monitoring and management of severe adult traumatic brain injury patients with polytrauma in the first 24 hours. *World journal of emergency surgery : WJES*, 14, 53. <https://doi.org/10.1186/s13017-019-0270-1>.
- 17.- Chesnut, R. M., Temkin, N., Dikmen, S., Rondina, C., Videtta, W., Petroni, G., Lujan, S., Alanis, V., Falcao, A., de la Fuente, G., Gonzalez, L., Jibaja, M., Lavarden, A., Sandi, F., Mérida, R., Romero, R., Pridgeon, J., Barber, J., Machamer, J., & Chaddock, K. (2018). A Method of Managing Severe Traumatic Brain Injury in the Absence of Intracranial Pressure Monitoring: The Imaging and Clinical Examination Protocol. *Journal of neurotrauma*, 35(1), 54–63. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.447>.
- 18.- Marklund N. (2017). The Neurological Wake-up Test-A Role in Neurocritical Care Monitoring of Traumatic Brain Injury Patients?. *Frontiers in neurology*, 8, 540. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00540>.
- 19.- Easter, J. S., Haukoos, J. S., Meehan, W. P., Novack, V., & Edlow, J. A. (2015). Will Neuroimaging Reveal a Severe Intracranial Injury in This Adult With Minor Head Trauma?: The Rational Clinical Examination Systematic Review. *JAMA*, 314(24), 2672–2681. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.16316>.
- 20.- Nourallah, B., Menon, D. K., & Zeiler, F. A. (2018). Midline Shift is Unrelated to Subjective Pupillary Reactivity Assessment on Admission in Moderate and Severe Traumatic Brain Injury. *Neurocritical care*, 29(2), 203–213. <https://doi.org/10.1007/s12028-018-0526-8>.
- 21.- Ter Avest, E., Taylor, S., Wilson, M., & Lyon, R. L. (2021). Prehospital clinical signs are a poor predictor of raised intracranial pressure following traumatic brain injury. *Emergency medicine journal : EMJ*, 38(1), 21–26. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2020-209635>.
- 22.- González J, Martín F, Moreno M, Sánchez M, Sánchez F (2015). Factores pronósticos relacionados con la mortalidad del paciente con trauma grave: desde la atención prehospitalaria hasta la Unidad de Cuidados Intensivos. *Medicina Intensiva*. 2015;39(7):412---42.<https://www.medintensiva.org/es-factores-pronosticos-relacionados-con-mortalidad-articulo-S021056911400151X>.
- 23.- da Costa, L., Carmona, M., Malbouisson, L. M., Rizoli, S., Rocha-Filho, J. A., Cardoso, R. G., & Auler-Junior, J. (2017). Independent early predictors of mortality in polytrauma patients: a prospective, observational, longitudinal study. *Clinics* (Sao Paulo, Brazil), 72(8), 461–468. [https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(08\)02](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(08)02).
- 24.- Reith, F., Lingsma, H. F., Gabbe, B. J., Lecky, F. E., Roberts, I., & Maas, A. (2017). Differential effects of the Glasgow Coma Scale Score and its Components: An analysis of 54,069 patients with traumatic brain injury. *Injury*, 48(9), 1932–1943. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.05.038>.

- 25.- Kasprowicz, M., Burzynska, M., Melcer, T., & Kübler, A. (2016). A comparison of the Full Outline of UnResponsiveness (FOUR) score and Glasgow Coma Score (GCS) in predictive modelling in traumatic brain injury. *British journal of neurosurgery*, 30(2), 211–220. <https://doi.org/10.3109/02688697.2016.1161173>.
- 26.- Rodríguez, A., Cervera, E., Tuesca, R., Flórez, K., Romero, R., & Villalba, P. J. (2020). The delayed detection of an acute neurological worsening increases traumatic brain injury lethality. La detección tardía del deterioro neurológico agudo incrementa la letalidad por trauma craneoencefálico.. *Biomedica : revista del Instituto Nacional de Salud*, 40(1), 89–101. <https://doi.org/10.7705/biomedica.4786>.
- 27.- Brennan, P. M., Murray, G. D., & Teasdale, G. M. (2018). Simplifying the use of prognostic information in traumatic brain injury. Part 1: The GCS-Pupils score: an extended index of clinical severity. *Journal of neurosurgery*, 128(6), 1612–1620. <https://doi.org/10.3171/2017.12.JNS172780>.
- 28.- Expert Panel on Neurological Imaging, Shih, R. Y., Burns, J., Ajam, A. A., Broder, J. S., Chakraborty, S., Kendi, A. T., Lacy, M. E., Ledbetter, L. N., Lee, R. K., Liebeskind, D. S., Pollock, J. M., Prall, J. A., Ptak, T., Raksin, P. B., Shaines, M. D., Tsiouris, A. J., Utukuri, P. S., Wang, L. L., & Corey, A. S. (2021). ACR Appropriateness Criteria® Head Trauma: 2021 Update. *Journal of the American College of Radiology : JACR*, 18(5S), S13–S36. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.01.00>.
- 29.- Sosa-Medellín MA, Fernández-Mancilla RK, 2022. Evaluación por tomografía en traumatismo craneoencefálico grave. *Med Int Mex* 2022; 38 (2): 420-424.
- 30.- Rubiano, A. M., Vera, D. S., Montenegro, J. H., Carney, N., Clavijo, A., Carreño, J. N., Gutierrez, O., Mejia, J., Ciro, J. D., Barrios, N. D., Soto, A. R., Tejada, P. A., Zepa, M. C., Gomez, A., Navarrete, N., Echeverry, O., Umaña, M., Restrepo, C. M., Castillo, J. L., Sanabria, O. A., ... Paranos, J. (2020). Recommendations of the Colombian Consensus Committee for the Management of Traumatic Brain Injury in Pre-hospital, Emergency Department, Surgery, and Intensive Care (Beyond One Option for Treatment of Traumatic Brain Injury: A Stratified Protocol [BOOTStraP]). *Journal of neurosciences in rural practice*, 11(1), 7–22. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701370>.
- 31.- Vedin, T., Svensson, S., Edelhamre, M., Karlsson, M., Bergenheim, M., & Larsson, P. A. (2019). Management of mild traumatic brain injury-trauma energy level and medical history as possible predictors for intracranial hemorrhage. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*, 45(5), 901–907. <https://doi.org/10.1007/s00068-018-0941-8>.
- 32.- Svensson, S., Vedin, T., Clausen, L., Larsson, P. A., & Edelhamre, M. (2019). Application of NICE or SNC guidelines may reduce the need for computerized tomographies in patients with mild traumatic brain injury: a retrospective chart review and theoretical application of five guidelines. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 27(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s13049-019-0673-8>.
- 33.- Aduayi, O. S., Asaleye, C. M., Adetiloye, V. A., Komolafe, E. O., & Aduayi, V. A. (2015). Optic nerve sonography: A noninvasive means of detecting raised intracranial pressure in a resource-limited setting. *Journal of neurosciences in rural practice*, 6(4), 563–567. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.165347>.

- 34.- Ohle, R., McIsaac, S. M., Woo, M. Y., & Perry, J. J. (2015). Sonography of the Optic Nerve Sheath Diameter for Detection of Raised Intracranial Pressure Compared to Computed Tomography: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, 34(7), 1285–1294. <https://doi.org/10.7863/ultra.34.7.1285>.
- 35.- Montorfano, L., Yu, Q., Bordes, S. J., Sivanushanthan, S., Rosenthal, R. J., & Montorfano, M. (2021). Mean value of B-mode optic nerve sheath diameter as an indicator of increased intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *The ultrasound journal*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s13089-021-00235-5>.
- 36.- Rojas-Murillo, Tania, & Olvera-González, Natael. (2022). Relación entre la medición por tomografía y ecografía del diámetro de la vaina del nervio óptico como estimador no invasivo de la presión intracraneal. *Cirugía y cirujanos*, 90(2), 236-241. Epub 02 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.24875/ciru.20001199>.
- 37.- Vitiello, L., Salerno, G., De Bernardo, M., D'Aniello, O., Capasso, L., Marotta, G., & Rosa, N. (2022). Ultrasound Detection of Intracranial Hypertension in Brain Injuries. *Frontiers in medicine*, 9, 870808. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.870808>.
- 38.- Dixon, J., Comstock, G., Whitfield, J., Richards, D., Burkholder, T. W., Leifer, N., Mould-Millman, N. K., & Calvillo Hynes, E. J. (2020). Emergency department management of traumatic brain injuries: A resource tiered review. *African journal of emergency medicine : Revue africaine de la medecine d'urgence*, 10(3), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2020.05.006>.
- 39.- Haltmeier, T., Benjamin, E., Siboni, S., Dilektasli, E., Inaba, K., & Demetriades, D. (2017). Prehospital intubation for isolated severe blunt traumatic brain injury: worse outcomes and higher mortality. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*, 43(6), 731–739. <https://doi.org/10.1007/s00068-016-0718-x>.
- 40.- Gravesteijn, B. Y., Sewalt, C. A., Ercole, A., Lecky, F., Menon, D., Steyerberg, E. W., Maas, A., Lingsma, H. F., Klimek, M., & CENTER-TBI collaborators (2020). Variation in the practice of tracheal intubation in Europe after traumatic brain injury: a prospective cohort study. *Anaesthesia*, 75(1), 45–53. <https://doi.org/10.1111/anae.14838>.
- 41.- Jiang, L., Wu, Y., Zhang, Y., Lu, D., Yan, K., & Gao, J. (2021). Effects of intraoperative lung-protective ventilation on clinical outcomes in patients with traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *BMC anesthesiology*, 21(1), 182. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01402-w>.
- 42.- Godoy D, Videtta W, Santa R, Silva X, Aguilera S, Carreño J, Ciccioli F, Piñero G, Ciro J, Re-Gutiérrez S, Domeniconi G, Fischer D, Hernández O, Lacerda A, Mejía J, Panhke P, Romero C, Lora F, Soler C, Sufan J, Montes J, Fuenzalida L, Parahnos J, Jibaja M. (2020). Cuidados generales en el manejo del traumatismo craneoencefálico grave: consenso latinoamericano. *Medicina intensiva.org*. <https://www.medintensiva.org/es-cuidados-generales-el-manejo-del-articulo-S0210569120300607>.
- 43.- Asehnoune, K., Lasocki, S., Seguin, P., Geeraerts, T., Perrigault, P. F., Dahyot-Fizelier, C., Paugam Burtz, C., Cook, F., Demeure Dit Latte, D., Cinotti, R., Mahe, P. J., Fortuit, C., Pirracchio, R., Feuillet, F., Sébille,

- V., Roquilly, A., ATLANREA group, & COBI group (2017). Association between continuous hyperosmolar therapy and survival in patients with traumatic brain injury - a multicentre prospective cohort study and systematic review. *Critical care* (London, England), 21(1), 328. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1918-4>.
- 44.- Carney, N., Totten, A. M., O'Reilly, C., Ullman, J. S., Hawryluk, G. W., Bell, M. J., Bratton, S. L., Chesnut, R., Harris, O. A., Kissoon, N., Rubiano, A. M., Shutter, L., Tasker, R. C., Vavilala, M. S., Wilberger, J., Wright, D. W., & Ghajar, J. (2017). Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*, 80(1), 6–15. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001432>.
- 45.- Galvagno, S. M., Jr, Fox, E. E., Appana, S. N., Baraniuk, S., Bosarge, P. L., Bulger, E. M., Callcut, R. A., Cotton, B. A., Goodman, M., Inaba, K., O'Keeffe, T., Schreiber, M. A., Wade, C. E., Scalea, T. M., Holcomb, J. B., Stein, D. M., & PROPPR Study Group (2017). Outcomes after concomitant traumatic brain injury and hemorrhagic shock: A secondary analysis from the Pragmatic, Randomized Optimal Platelets and Plasma Ratios trial. *The journal of trauma and acute care surgery*, 83(4), 668–674. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001584>.
- 46.- Callcut RA, Kornblith LZ, Conroy AS, Robles AJ, Meizoso JP. (2019) The why and how our trauma patients die: A prospective Multicenter Western Trauma Association study. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*;86(5):864-870. <https://europepmc.org/article/pmc/6754176#free-full-text>.
- 47.- Spaite, D. W., Hu, C., Bobrow, B. J., Chikani, V., Sherrill, D., Barnhart, B., Gaither, J. B., Denninghoff, K. R., Viscusi, C., Mullins, T., & Adelson, P. D. (2017). Mortality and Prehospital Blood Pressure in Patients With Major Traumatic Brain Injury: Implications for the Hypotension Threshold. *JAMA surgery*, 152(4), 360–368. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.4686>.
- 48.- Hussmann, B., Schoeneberg, C., Jungbluth, P., Heuer, M., Lefering, R., Maek, T., Hildebrand, F., Lendemans, S., & Pape, H. C. (2019). Enhanced prehospital volume therapy does not lead to improved outcomes in severely injured patients with severe traumatic brain injury. *BMC emergency medicine*, 19(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12873-019-0221-x>.
- 49.- Ngwenya, L. B., Suen, C. G., Tarapore, P. E., Manley, G. T., & Huang, M. C. (2018). Safety and cost efficiency of a restrictive transfusion protocol in patients with traumatic brain injury. *Journal of neurosurgery*, 128(5), 1530–1537. <https://doi.org/10.3171/2017.1.JNS162234>.
- 50.- Huang, X., Yang, L., Ye, J., He, S., & Wang, B. (2020). Equimolar doses of hypertonic agents (saline or mannitol) in the treatment of intracranial hypertension after severe traumatic brain injury. *Medicine*, 99(38), e22004. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000022004>.
- 51.- Shi, J., Tan, L., Ye, J., & Hu, L. (2020). Hypertonic saline and mannitol in patients with traumatic brain injury: A systematic and meta-analysis. *Medicine*, 99(35), e21655. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021655>.
- 52.- Schwimbeck, F., Voellger, B., Chappell, D., & Eberhart, L. (2021). Hypertonic Saline Versus Mannitol for Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-analysis With Trial Sequential Analysis. *Journal of neurosurgical anesthesiology*, 33(1), 10–20. <https://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000644>.

- 53.- Roquilly, A., Moyer, J. D., Huet, O., Lasocki, S., Cohen, B., Dahyot-Fizel, C., Chalard, K., Seguin, P., Jeantrelle, C., Vermeersch, V., Gaillard, T., Cinotti, R., Demeure Dit Latte, D., Mahe, P. J., Vourc'h, M., Martin, F. P., Chopin, A., Lerebourg, C., Flet, L., Chiffolleau, A., ... Atlanrea Study Group and the Société Française d'Anesthésie Réanimation (SFAR) Research Network (2021). Effect of Continuous Infusion of Hypertonic Saline vs Standard Care on 6-Month Neurological Outcomes in Patients With Traumatic Brain Injury: The COBI Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 325(20), 2056–2066. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.5561>.
- 54.- Wang, B. C., Chiu, H. Y., Luh, H. T., Lin, C. J., Hsieh, S. H., Chen, T. J., Wu, C. R., & Chen, P. Y. (2022). Comparative efficacy of prophylactic anticonvulsant drugs following traumatic brain injury: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS one*, 17(3), e0265932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265932>.
- 55.- Dungan, K. M., Braithwaite, S. S., & Preiser, J. C. (2009). Stress hyperglycaemia. *Lancet* (London, England), 373(9677), 1798–1807. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60553-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60553-5).
- 56.- Jauch-Chara, K., & Oltmanns, K. M. (2014). Glycemic control after brain injury: boon and bane for the brain. *Neuroscience*, 283, 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.04.059>.
- 57.- Hermanides, J., Plummer, M. P., Finnis, M., Deane, A. M., Coles, J. P., & Menon, D. K. (2018). Glycaemic control targets after traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Critical care* (London, England), 22(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1883-y>.
58. NICE-SUGAR Study Investigators, Finfer, S., Chittock, D. R., Su, S. Y., Blair, D., Foster, D., Dhingra, V., Bellomo, R., Cook, D., Dodek, P., Henderson, W. R., Hébert, P. C., Heritier, S., Heyland, D. K., McArthur, C., McDonald, E., Mitchell, I., Myburgh, J. A., Norton, R., Potter, J., ... Ronco, J. J. (2009). Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *The New England journal of medicine*, 360(13), 1283–1297. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0810625>.
- 59.- Matovu, P., Kirya, M., Galukande, M., Kiryabwire, J., Mukisa, J., Ocen, W., Lowery Wilson, M., Abio, A., & Lule, H. (2021). Hyperglycemia in severe traumatic brain injury patients and its association with thirty-day mortality: a prospective observational cohort study in Uganda. *PeerJ*, 9, e10589. <https://doi.org/10.7717/peerj.10589>.
- 60.- Hawryluk, G., Aguilera, S., Buki, A., Bulger, E., Citerio, G., Cooper, D. J., Arrastia, R. D., Diring, M., Figaji, A., Gao, G., Geocadin, R., Ghajar, J., Harris, O., Hoffer, A., Hutchinson, P., Joseph, M., Kitagawa, R., Manley, G., Mayer, S., Menon, D. K., ... Chesnut, R. M. (2019). A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). *Intensive care medicine*, 45(12), 1783–1794. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05805-9>.