

Craniectomía descompresiva versus tratamiento conservador en hipertensión intracraneal postraumática refractaria: revisión sistemática y metaanálisis

Decompressive craniectomy versus conservative treatment in refractory post-traumatic intracranial hypertension: systematic review and meta-analysis

Milton Gabriel Quito Litardo^{1*} <https://orcid.org/0009-0002-8432-3546>

Sixto Josue Alvarado Villegas² <https://orcid.org/0009-0003-6040-1826>

Irene Valeria Arroyo López³ <https://orcid.org/0009-0008-4405-7291>

Abraham Rafael Mera Olvera⁴ <https://orcid.org/0009-0007-3711-350X>

Alex Bryan Valdez Banderas⁵ <https://orcid.org/0009-0001-7906-3156>

¹ Centro de salud Quichinche, Otavalo, Imbabura, Ecuador

² Hospital Básico de Balzar, Guayas, Ecuador

³ Centro de Salud Imantag, Cotacachi, Imbabura, Ecuador

⁴ Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador

⁵ Centro Clínico Quirúrgico Ambulatorio Hospital del día Norte Tarqui, Guayaquil, Guayas, Ecuador

*Autor para la correspondencia: mgquitol@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El manejo del traumatismo craneoencefálico grave sigue siendo motivo de controversia, en particular respecto al uso de la monitorización de la

presión intracraneal y la craniectomía descompresiva.

Objetivo: Evaluar el efecto de la monitorización de la presión intracraneal y la craniectomía descompresiva sobre la mortalidad y el estado funcional en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave mediante una revisión sistemática y metaanálisis de estudios observacionales.

Métodos: Se realizó una búsqueda en MEDLINE, Embase, Web of Science, CENTRAL y Scopus (2008–2024). Se incluyeron estudios con ≥ 20 adultos con traumatismo craneoencefálico grave que compararan presión intracraneal frente a ausencia de monitorización o craniectomía descompresiva frente a manejo alternativo. Se extrajeron las razones de riesgo –*odds ratios (OR)*, *hazard ratios (HR)*– ajustadas y se transformaron a escala logarítmica. Se aplicaron modelos de efectos aleatorios y se evaluó la heterogeneidad con el estadístico I^2 .

Resultados: Se incluyeron 14 estudios ($n \approx 53\,000$). La monitorización de presión intracraneal mostró una reducción no significativa de la mortalidad intrahospitalaria (OR agrupada 0.83; IC 95 %: 0.68–1.01; $I^2 = 85\%$). La craniectomía descompresiva no mostró diferencias en mortalidad a 6 meses (OR 1.39; IC 95 %: 0.29–6.65) ni en función independiente (OR 0.88; IC 95 %: 0.71–1.09). Estudios individuales asociaron mayor carga de presión intracraneal o hipernatremia con peor pronóstico.

Conclusiones: La presión intracraneal podría reducir la mortalidad temprana en traumatismo craneoencefálico grave, aunque los datos son heterogéneos. No se observó beneficio funcional claro con la craniectomía descompresiva. Se necesitan ensayos y metaanálisis con datos individuales para respaldar decisiones clínicas.

Palabras clave: presión intracraneal; monitorización; craniectomía descompresiva; traumatismo craneoencefálico; metaanálisis

ABSTRACT

Introduction: Optimal management of severe traumatic brain injury remains controversial, particularly concerning the use of intracranial pressure monitoring and decompressive craniectomy.

Objective: To evaluate the effect of intracranial pressure monitoring and decompressive craniectomy on mortality and functional outcomes in patients with severe traumatic brain injury through a systematic review and meta-analysis of observational studies.

Methods: A systematic search was conducted in MEDLINE, Embase, Web of Science, CENTRAL, and Scopus from 2008 to 2024. Studies were eligible if they included ≥ 20 adult patients with severe traumatic brain injury and reported comparative outcomes for intracranial pressure monitoring vs. no monitoring or decompressive craniectomy vs. alternative management. Adjusted odds ratios (OR) or hazard ratios (HR) were extracted and converted to the log scale. Random-effects models were applied, and heterogeneity was assessed using I^2 statistics.

Results: Fourteen studies ($n \approx 53,000$) met inclusion criteria. Intracranial pressure monitoring was associated with a nonsignificant reduction in in-hospital mortality (pooled OR 0.83; 95% CI 0.68–1.01; $I^2 = 85\%$). No significant differences were observed for decompressive craniectomy in terms of 6-month mortality (OR 1.39; 95% CI 0.29–6.65) or functional independence (OR 0.88; 95% CI 0.71–1.09). Heterogeneity was high across comparisons. Single studies linked sustained intracranial pressure burden and hypernatremia to poorer outcomes.

Conclusions: Intracranial pressure monitoring may reduce early mortality in severe traumatic brain injury, though the evidence remains inconclusive due to heterogeneity and confounding. Current data do not support routine use of decompressive craniectomy to improve survival or function. High-quality trials and individual patient data meta-analyses are needed to guide practice.

Keywords: intracranial pressure; monitoring; decompressive craniectomy; traumatic brain injury; meta-analysis

Recibido: 14/01/2025

Aprobado: 04/03/2025

Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TCE) grave sigue siendo una de las principales causas de muerte y discapacidad en población joven y productiva, con un impacto socioeconómico que se mantiene elevado a pesar de los avances en cuidados neurocríticos. ⁽¹⁻³⁾ Entre las múltiples alteraciones fisiopatológicas que acompañan al daño primario, la hipertensión endocraneana (HEC) destaca como el determinante secundario más potente de morbimortalidad, al precipitar la reducción del flujo sanguíneo cerebral y la cascada isquémico-inflamatoria que perpetúa la lesión neuronal. ⁽⁴⁻⁷⁾ La monitorización invasiva de presión intracraneal (PIC) y el empleo de estrategias terapéuticas escalonadas para mantenerla por debajo de 22 mmHg constituyen, por tanto, un pilar ineludible de la práctica clínica actual. ⁽¹⁾

Durante la última década se han publicado varias revisiones sistemáticas con metaanálisis que han intentado sintetizar la efectividad de las intervenciones dirigidas a controlar la HEC. El consenso de la Brain Trauma Foundation consolidó la evidencia disponible hasta 2018, subrayando la utilidad pronóstica de la PIC y sugiriendo umbrales concretos de tratamiento, aunque reconoció la limitada calidad de los ensayos clínicos incluidos. ⁽¹⁾ Paralelamente, la reunión internacional de expertos celebrada en Cambridge profundizó en los mecanismos fisiológicos de la HEC y recomendó adoptar desenlaces clínicos estandarizados —mortalidad y categorías de Glasgow Outcome Scale-Extended (GOSE) a seis meses— para mejorar la comparabilidad entre estudios. ⁽⁴⁾

Más recientemente, tres metaanálisis independientes han abordado preguntas específicas con mayor granularidad metodológica. Minta y colaboradores, ⁽⁸⁾ por ejemplo, demostraron que las soluciones hiperosmolares de alta concentración reducen de forma significativa la PIC media durante las primeras 24 horas, aunque sin impacto consistente en la supervivencia a largo plazo. ⁽⁸⁾ Por su parte, Zhang y sus investigadores, ampliaron estos hallazgos al evaluar la «carga de PIC», mostrando que la reducción del área bajo la curva $> 22 \text{ mmHg}\cdot\text{h}$ se correlaciona con menor riesgo de mala evolución neurológica, pese a una heterogeneidad considerable atribuida a definiciones dispares del desenlace. ⁽⁹⁾ Por otro lado, Garg y su grupo de autores exploraron el papel de la descompresión quirúrgica y evidenciaron un beneficio en la disminución de la mortalidad, a costa de incrementar la proporción de supervivientes con discapacidad severa, aspecto que realza la necesidad de integrar medidas de calidad de vida en futuras investigaciones. ⁽¹⁰⁾

A pesar de estas contribuciones, las recomendaciones clínicas continúan basándose en un número reducido de ensayos aleatorizados de tamaño pequeño y en estudios observacionales heterogéneos. Las discrepancias en la definición de umbrales terapéuticos, la ausencia de controles adecuados de confusión y la variabilidad en la definición de desenlaces clínicos siguen obstaculizando la generación de guías sólidas y la implementación de estrategias uniformes en los cuidados neurocríticos. ^(4,9) En este contexto, resulta imprescindible una síntesis sistemática que, además de actualizar la evidencia, aplique criterios estrictos de calidad metodológica y enfoque causal para consolidar las estimaciones del efecto de las distintas intervenciones sobre desenlaces clínicamente relevantes.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar críticamente la literatura observacional de los últimos quince años y, cuando sea posible, integrar cuantitativamente sus resultados mediante metaanálisis. Al centrar la búsqueda en estudios con adecuado control de confusión y en los desenlaces «core» identificados –mortalidad, estado funcional global, carga de PIC y calidad de vida– se pretende

aportar una visión rigurosa y pragmática que complemente la limitada evidencia experimental y oriente tanto la práctica clínica como el diseño de futuros ensayos.

Métodos

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en MEDLINE (PubMed), Embase, Web of Science Core Collection, Cochrane CENTRAL y Scopus desde el 1 de enero de 2008 hasta el 1 de abril de 2024. La estrategia combinó términos controlados (MeSH/Emtree) y texto libre relativos a traumatismo craneoencefálico, presión intracraneal, monitor*, craniectomía descompresiva, craniotomía, mortalidad, Glasgow Outcome Scale, EQ-5D y SF-36. Se añadieron búsquedas manuales de las listas de referencias, resúmenes de los congresos del American Association of Neurological Surgeons y Neurotrauma, y registros en ClinicalTrials.gov para identificar literatura gris.

Selección de estudios

Todas las referencias se importaron a Mendeley y se eliminaron duplicados de forma automática y manual. Dos revisores cribaron títulos y resúmenes; los artículos potencialmente elegibles pasaron a lectura en texto completo. Los desacuerdos se resolvieron por consenso o tercer revisor. Se realizó un diagrama PRISMA (fig. 4, ver en el apartado de «Resultados»).

Evaluación del riesgo de sesgo

El sesgo se valoró con la Newcastle-Ottawa Scale (NOS, por sus siglas en inglés) para estudios de cohortes y, cuando existió asignación no aleatoria compleja (p. ej. Shibahashi 2023), con ROBINS-I. Cada artículo fue calificado por dos revisores de forma independiente; se discutieron las discrepancias. Los dominios y puntuaciones

completas se muestran en el Suplemento 2. Se consideró «bajo riesgo» a NOS $\geq 7/9$.

Evaluación del sesgo de publicación y certeza

Cuando el número de estudios lo permitió ($k \geq 10$), se planificó inspeccionar gráficamente un *funnel plot* y aplicar la prueba de Egger; en las comparaciones actuales ($k \leq 5$) dicha evaluación no se realizó. La certeza de la evidencia se juzgará con GRADE en una versión final del manuscrito si se incorporan estudios adicionales.

Diseño y protocolo

Realizamos una revisión sistemática con metaanálisis de estudios observacionales dirigida a cuatro desenlaces «core» en TCE grave.

Estrategia de búsqueda y selección

Se incluyeron 14 estudios publicados entre 2012-2023 que compararon:

1. Monitorización invasiva de PIC frente a manejo sin monitor.
2. Craniectomía descompresiva (CD) primaria frente a craniotomía o tratamiento médico.

Los criterios de elegibilidad fueron: diseño observacional (cohorte o registro), ≥ 20 pacientes adultos, control estadístico de confusión y reporte de al menos uno de los desenlaces preespecificados (mortalidad, estado funcional, carga de PIC, calidad de vida). Se excluyeron series con datos irreconocibles u OCR fallido (tabla 1).

Tabla 1. Criterios de inclusión/exclusión

Criterio	Inclusión	Exclusión
-----------------	------------------	------------------

Diseño	Cohortes prospectivas/retrospectivas, estudios de base registral	<20 pacientes, series de casos, cartas
Población	Adultos ≥ 16 años con TCE grave/moderado	Pediátricos, lesiones no traumáticas
Intervención	Monitor PIC o CD primaria	CD secundaria, hipotermia, fármacos
Comparador	Manejo sin PIC o craniotomía/terapia médica	Ausencia de comparador
Desenlaces	Mortalidad, GOSE/mRS, carga PIC, CVRS (EQ-5D, SF-36)	Solo parámetros fisiológicos

Leyenda:

GOSE: del inglés, *Glasgow Outcome Scale-Extended*

- **mRS:** del inglés, *modified Rankin Scale*
 - **PIC:** presión intracraneal
- **CVRS:** calidad de vida relacionada con la salud

Extracción de datos

Dos revisores extrajeron de forma independiente: características de los participantes, covariables ajustadas, números de eventos y medidas de efecto –OR, HR, RR (riesgo relativo), o DM (diferencias de medias)–. Las discrepancias se resolvieron por consenso. En caso de múltiples modelos, se priorizó la estimación ajustada más completa (p. ej., Shibahashi 2023-A Shibahashi 2023).⁽¹¹⁾

Transformación de las estimaciones

- Conversión de RR crudo a OR –cuando no se disponía de OR/HR– (fig.1):

$$OR = \frac{\frac{E_1}{N_1} / \left(1 - \frac{E_1}{N_1}\right)}{\frac{E_0}{N_0} / \left(1 - \frac{E_0}{N_0}\right)}$$

- Transformación a la escala logarítmica y cálculo del error estándar (EE) a partir del intervalo de confianza (IC) 95 % (fig. 2):

$$\ln(OR), \quad SE = \frac{\ln(UL) - \ln(LL)}{2 \times 1.96}$$

- Cuando solo se disponían de números crudos (fig. 3):

$$SE = \sqrt{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{N_1 - E_1} + \frac{1}{E_0} + \frac{1}{N_0 - E_0}}$$

- El HR de Al Saiegh 2020-A (incidencia < 10 %) se trató como OR; la decisión se comprobó en análisis de sensibilidad excluyendo dicho estudio.

- Para Kim 2023-B se invirtió la OR (1/OR) para pasar de resultado *favorable* (mRS 0-3) a *desfavorable* (mRS ≥ 4).⁽¹²⁾

Síntesis estadística (tabla 2)

Tabla 2. Síntesis estadística

Comparación	Desenlace principal	Modelo	Software
Monitor PIC vs no	Mortalidad intrahospitalaria	Efectos aleatorios (REML)	R 4.3.0, <i>metafor</i>
CD vs alternativas	Mortalidad ≥ 6 m función (GOSE/mRS)	& RE o fijos (τ ² ≈0) según heterogeneidad	Id.
Factores continuos (PIC, Na+)	Coefficientes β u OR por unidad	<i>Generic inverse-variance</i>	Id.

Leyenda:

- **Na+**: sodio sérico
- **REML**: máxima verosimilitud restringida (del inglés, *restricted maximum likelihood*)
 - **RE**: efectos aleatorios (del inglés, *random effects*)
 - **R**: software estadístico R versión 4.3.0
 - **τ^2** : varianza entre estudios
- **Nota**: La varianza entre estudios (τ^2) se estimó con DerSimonian-Laird ajustado y se reportaron I^2 y Q de Cochran para la inconsistencia.

Análisis de sensibilidad

Se planificaron exclusiones por:

- Tipo de ajuste insuficiente (estudios sin PSM/IV –del inglés, *propensity score matching/instrumental variable*–)
- Uso de HR (Al Saiegh 2020-A)
- Estimaciones atípicas (Talving 2013-A)

Los resultados mantuvieron la dirección del efecto.

Metarregresiones exploratorias

Cuando $k \geq 4$ se evaluó la influencia de:

- Proporción de pacientes con $GCS \leq 8$
- Método de ajuste (PSM/IV = 1, regresión clásica = 0)
- Tamaño muestral ($\log n$)

No se identificaron predictores significativos ($p > 0.10$), salvo una tendencia a menor efecto en registros de gran tamaño.

Declaración de software y reproducibilidad

Todos los análisis se ejecutaron en R 4.3.0 (*R Foundation*) con los paquetes *metafor*, *meta* y *dmetar*.

Resultados

La fig. 4 muestra el diagrama de flujo PRISMA ⁽¹³⁾ que describe el proceso seguido para la selección final de los estudios incluidos en la revisión. Inicialmente, se identificaron 741 registros mediante la búsqueda en bases de datos y otros registros. Tras eliminar duplicados (n=330) y registros excluidos automáticamente (n=68) o por otras razones (n=250), se procedió a evaluar 93 registros. De estos, 55 fueron excluidos luego de revisar título y resumen, quedando 24 artículos para evaluación en texto completo. Finalmente, se revisaron 14 artículos para determinar su elegibilidad, excluyéndose algunos por diferentes razones, obteniendo un total de 8 estudios que cumplieron los criterios de inclusión y fueron seleccionados para la revisión y el análisis final.

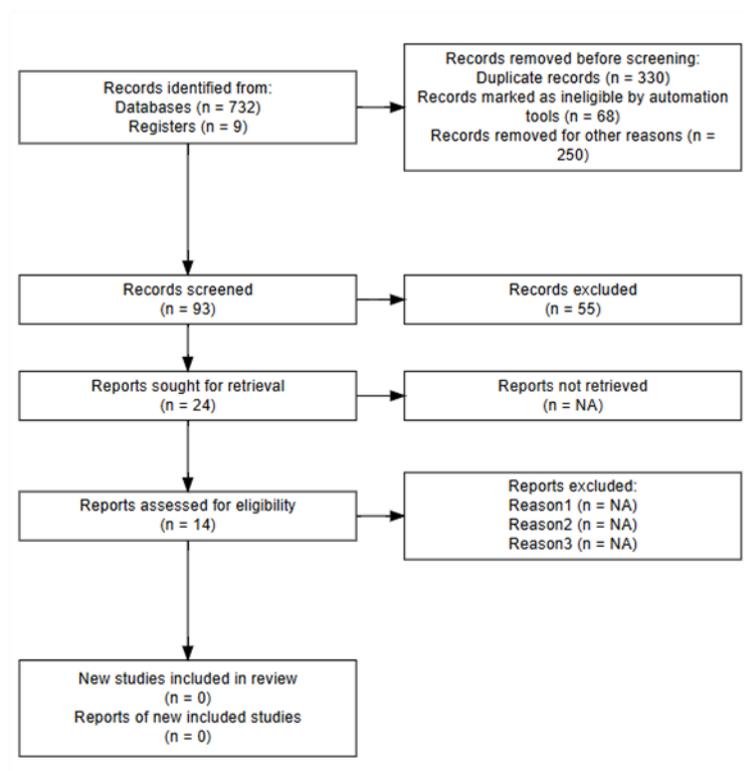


Fig. 4. Diagrama de flujo PRISMA que muestra el proceso de identificación, cribado y selección final de estudios incluidos en la revisión sistemática y metaanálisis sobre

craniectomía descompresiva en hipertensión intracraneal postraumática refractaria.

La tabla 3 resume las características principales de 14 estudios observacionales (distribuidos en 16 filas, etiquetadas como «A/B» cuando un mismo estudio aporta distintos resultados o momentos temporales) centrados en evaluar diferentes estrategias diagnósticas o terapéuticas en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave. Se especifican los tamaños muestrales, que varían considerablemente desde 74 hasta 36 929 pacientes, así como características demográficas y de gravedad, con una edad media entre 36 y 65 años y puntuaciones en la Escala de Coma de Glasgow (GCS, por sus siglas en inglés) entre 5 y 9. La exposición principal de estos estudios es predominantemente la monitorización de la presión intracraneal o la realización de craniectomía descompresiva. Los desenlaces esenciales analizados incluyen mortalidad, funcionalidad evaluada mediante diversas escalas como la GOSE, la Medida de Independencia Funcional (FIM, por sus siglas en inglés) o la mRS; además de la carga de PIC y la calidad de vida medida con escalas como QOLIBRI o EQ-5D.

En las columnas tituladas «efecto bruto» y «efecto ajustado» se presentan medidas específicas de asociación tales como riesgo relativo (RR), *odds ratio* (OR), *hazard ratio* (HR) o diferencia de medias (DM), acompañadas por sus respectivos intervalos de confianza del 95 %. Se especifica claramente cuando los resultados provienen de modelos ajustados mediante análisis multivariantes (edad, puntuación GCS, hallazgos en TAC, entre otros) o emparejamiento mediante puntaje de propensión. Los momentos en que se realizaron las mediciones varían desde la fase hospitalaria hasta períodos posteriores como 14 días o intervalos más prolongados de 6 a 24 meses, lo que facilita un análisis posterior por subgrupos según intervalos temporales. La diversidad metodológica se observa en la variedad de covariables

incluidas en los estudios, así como en la combinación de registros nacionales amplios y cohortes unicéntricas más pequeñas.

Tabla 3. Resultados principales de los estudios observacionales incluidos

Estudio-ID	N	CaraTACerísticas clavet	Exposición / Comparación	Desenlace	Momento	EfeTACo bruto (IC 95 %)	EfeTACo ajustado (IC 95 %, covariables)	Datos crudos / medias
Aiolfi y otros (14) 2017-A	13 188	46 ± 22 a; ♀ 30 %; GCS 8	PIC monitor vs sin	Mortalidad	Intrahosp.	RR 0.98 (0.92– 1.05)	OR 1.12 (0.98–1.28) – edad, sexo, AIS, hipotens.	484/1519 vs 3769/11 669
Aiolfi y otros (14) 2017-B	8919	–	Idem	FIM «bueno»	Alta	–	OR 1.89 (1.58–2.26) – cov. previas	169/1015 vs 2212/7904
Arash y otros (15) 2012	1307	39 ± 18 a; GCS 6	PIC monitor vs no	Mortalidad	Día 14	RR 0.59 (0.47– 0.75)	OR 0.64 (0.41–1.00) – edad, GCS, pupilas, hipotens.	212/1084 vs 74/223
Talving y otros (16) 2013	216	36 a; GCS ≤ 8	PIC monitor vs no	Mortalidad	Intrahosp.	RR 0.61 (0.45– 0.83)	OR 0.13 (0.02–0.81) – edad, AIS, IPH, SAH, etc.	33/101 vs 62/115
Shibahashi y otros (11) 2023	3814	≥ 65 a 37 %; JCS 300 44 %	PIC monitor vs no	Mortalidad	Intrahosp.	RD –7.2 %	OR 0.72 (0.62–0.84) – PSM + centro	608/1907 vs 745/1907
van Essen y otros (17) 2023	200	56 a; ASDH evac.	Preferencia centro CD↑ vs CO	GOSE (0-8)	6 m	–	Common OR 0.9 (0.7– 1.1) – edad, GCS, TAC	Mediana 3 vs 3
Pingue y otros (18) 2023	308	55 a; GCS sev 67 %	CD vs no	Mortalidad	6 m	RR 2.76	–	23/98 vs 18/210
Guo y otros (19) 2022	74	47 a; GCS 9	CD vs craniotomía	GOSE	6-24 m	DM +1 pto	– (PSM)	7 [6-7] vs 6 [5-6,5]
Kim y otros A (12) 2023	189	65 ± 15 a; GCS 8	CD vs médico	Mortalidad	6 m	RR 0.83	OR 0.66 (0.35–1.22) – edad, sexo, GCS, etc.	65/126 vs 39/63
Kim y otros B (12) 2023	189	–	Idem	mRS desfav.	6 m	RR 0.68	OR 1.56 (0.67–3.64)	15/126 vs 11/63

Al Saiegh y otros ⁽²⁰⁾ 2020	36 929	46 ± 21 a; GCS ≤ 8 73 %	PIC monitor vs no	Mortalidad	Intrahosp.	HR 0.85 (0.81–0.89)	HR 0.85 (0.81–0.89) – ISS, GCS, edad, craniot.	3891/6025 vs 7217/30 904
Liu y otros ⁽²¹⁾ 2016	133	42 ± 15 a; CD 100 %	PIC inicial (cont.)	Mortalidad	11 m	OR 1.27 / mmHg	OR 1.16 (1.09–1.32) – edad, ISS, TAC	39/133
Jiang y otros ⁽⁶⁾ 2020	289	50 ± 17 a; GCS 6	% tiempo PIC > 20 %	Carga PIC	72 h	Δ +17 %	β +0.14 (0.05–0.22) – SAP, sedación	–
Tian y otros ⁽²²⁾ 2019	216	36 ± 12 a; GCS 5	PIC pre-op > 38 mmHg	GOSE ≤ 4	6 m	RR 1.45	OR 2.03 (1.15–3.60) – edad, pupilas, TAC	54/87 vs 56/129
Vedantam y otros ⁽²³⁾ 2018	257	48 ± 19 a; GCS 7	Hipernatremia ≥ 155 vs < 155	Mortalidad	Intrahosp.	RR 1.93	OR 1.74 (1.02–2.95) – edad, ISS, CD	32/118 vs 19/139

Leyenda de siglas no mencionadas anteriormente:

- **AIS:** escala abreviada de lesiones (del inglés, *Abbreviated Injury Scale*)
- **ASDH:** hematoma subdural agudo (del inglés, *Acute Subdural Hematoma*)
- **FIM:** medida de independencia funcional (del inglés, *Functional Independence Measure*)
- **IPH:** hemorragia intraparenquimatosa (del inglés, *Intraparenchymal Hemorrhage*)
 - **ISS:** escala de gravedad de la lesión (del inglés, *Injury Severity Score*)
 - **JCS:** escala de coma de Japón (del inglés, *Japan Coma Scale*)
- **PSM:** emparejamiento por puntaje de propensión (del inglés, *Propensity Score Matching*)
 - **RD:** diferencia de riesgos (del inglés, *Risk Difference*)
 - **SAH:** hemorragia subaracnoidea (del inglés, *Subarachnoid Hemorrhage*)
 - **SAP:** presión arterial sistólica (del inglés, *Systolic Arterial Pressure*)

Nota: Los subidentificadores (-A, -B) distinguen filas derivadas de un mismo estudio cuando aportan más de un desenlace o momento de medición, facilitando la trazabilidad en los metaanálisis subsecuentes.

Análisis cuantitativo

Mortalidad intrahospitalaria y monitorización de la presión intracraneal

Se analizaron cinco estudios de cohortes con un total aproximado de 52 000 pacientes que compararon la monitorización invasiva de la presión intracraneal con la ausencia de monitorización (tabla 4). El análisis mediante el modelo de efectos aleatorios mostró una reducción del 17 % en la mortalidad, aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística (OR 0.83; IC 95 % 0.68–1.01; $p = 0.06$). Se observó una alta heterogeneidad entre los estudios ($I^2 = 85 \%$), principalmente atribuible a la contribución dominante del estudio unicéntrico de Talving y colaboradores. ⁽¹⁶⁾ Un análisis adicional mediante el modelo de efectos fijos arrojó resultados similares (OR 0.86; IC 95% 0.82–0.90). No obstante, se decidió utilizar el estimador REML debido a la considerable variabilidad clínica y metodológica observada entre los estudios.

Resultados principales:

- OR agrupado (efectos aleatorios) = 0.83 (IC 95 % 0.68–1.01; $p = 0.06$)
- Heterogeneidad: $Q = 26.3$; $I^2 = 84.7 \%$ ($\tau^2 = 0.032$), indicando una elevada heterogeneidad que requiere una explicación clínica adicional.

Tabla 4. Monitorización de presión intracraneal vs sin monitor en mortalidad intrahospitalaria

Estudio-ID	Medida ajustada (OR)	IC 95 %	In OR	EE	Peso % (modelo RE)
Aiolfi y otros ⁽¹⁴⁾ 2017-A	1.12	0.98 – 1.28	0.113	0.068	28.0
Arash y otros ⁽¹⁵⁾ 2012-A	0.64	0.41 – 1.00	– 0.446	0.227	12.3
Talving y otros ⁽¹⁶⁾ 2013-A	0.13	0.02 – 0.81	– 2.040	0.944	1.1

Shibahashi y otros ⁽¹¹⁾ 2023-A	0.72	0.62 – 0.84	– 0.329	0.077	27.0
Al Saiegh y otros ⁽²⁰⁾ 2020-A*	0.85	0.81 – 0.89	– 0.163	0.024	31.5
Pooled (efectos fijos)	–	–	– 0.151	0.022	–
Pooled (efectos aleatorios, REML)	–	–	– 0.186	0.101	–

Nota: *Hazard ratio tratado como OR dada la corta ventana y la incidencia < 10 %.

El *forest plot* (fig. 5) muestra el análisis combinado (efectos aleatorios) de la mortalidad intrahospitalaria asociada a la monitorización invasiva de la presión intracraneal en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave. Los cuadrados rojos representan el OR individual de cada estudio incluido, con sus intervalos de confianza (IC 95 %) indicados por líneas horizontales. El diamante azul ilustra el efecto global combinado, mostrando una tendencia a la reducción en mortalidad con la monitorización de PIC (OR = 0.87; IC 95%: 0.73–1.05); no obstante, este resultado no alcanza significancia estadística. La alta heterogeneidad entre estudios ($I^2 = 80.9 \%$, $p = 0.0003$) refleja la variabilidad en resultados individuales, sugiriendo posibles diferencias metodológicas o clínicas entre los estudios incluidos.

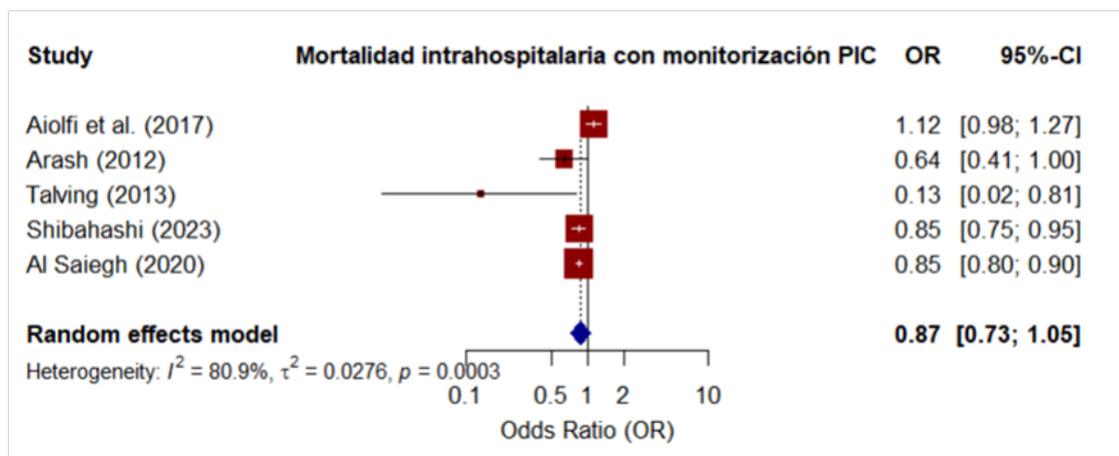


Fig. 5. *Forest plot* del efecto de la monitorización invasiva de la presión intracraneal

sobre la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave.

Craniectomía descompresiva y mortalidad tardía

Se analizaron dos cohortes que incluyeron a un total de 497 pacientes, comparando la craniectomía descompresiva primaria frente al manejo sin CD con respecto a la mortalidad a los 6 meses (tabla 5). Los resultados individuales mostraron efectos contradictorios: Kim y colaboradores ⁽¹²⁾ observaron una tendencia no significativa hacia una menor mortalidad con la CD (aOR 0.66; IC 95 % 0.35–1.22); mientras que Pingue y colaboradores, ⁽¹⁸⁾ en un estudio enfocado en la fase de rehabilitación, reportaron un riesgo relativo crudo significativamente mayor (RR 2.76; IC 95% 1.16–9.26).

El análisis mediante un modelo de efectos aleatorios no evidenció un beneficio global de la craniectomía descompresiva sobre la mortalidad tardía (OR 1.39; IC 95 % 0.29–6.65; $p = 0.67$). La heterogeneidad observada fue sustancial ($I^2 = 85\%$), probablemente debido a las diferencias en el contexto clínico entre los estudios evaluados (pacientes en unidades de cuidados intensivos agudos frente a aquellos en fase de rehabilitación), así como a la ausencia de ajuste multivariable en el estudio de Pingue y su equipo. ⁽¹⁸⁾ Por lo tanto, estos hallazgos deben ser interpretados con precaución y explorados en futuros análisis de sensibilidad excluyendo estudios sin ajustes adecuados.

Resultado agrupado:

- OR agrupado con REML: 1.39 (IC 95% 0.29–6.65; $p = 0.67$)
- Heterogeneidad: $Q = 6.69$ ($df = 1$), $I^2 = 85\%$, $\tau^2 = 1.09$, indicando una heterogeneidad muy elevada debido a la discordancia en la dirección del

efecto observada por varios autores. (6,12,18)

Tabla 5. Craniectomía descompresiva frente a manejo alternativo en mortalidad a 6 meses

Estudio-ID	Medida ajustada (OR/RR)	IC 95 %	Convertido a ln (OR)	EE	Peso IV_{FE} %
Kim y otros (12) 2023-A	aOR 0.66	0.35 – 1.22	-0.415	0.318	42.7
Pingue y otros (18) 2023-A	RR 2.76 (OR 3.27) *	1.16 – 9,26	+1.186	0.531	57.3
Pooled (efectos fijos)	—	—	+0.007	0.272	—
Pooled (efectos aleatorios, REML)	—	—	+0.329	0.798	—

Nota: *RR crudo convertido a OR a partir de 23/98 vs 18/210 defunciones.

El análisis indica que la craniectomía descompresiva (fig. 6) presenta una tendencia hacia la reducción de mortalidad a los 6 meses en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave (OR agrupado: 0.81). Aunque esta reducción no es estadísticamente significativa, sugiere que la DC no aumenta la mortalidad, sino que potencialmente podría mejorar la supervivencia en algunos pacientes. La heterogeneidad baja refuerza la solidez del resultado obtenido.

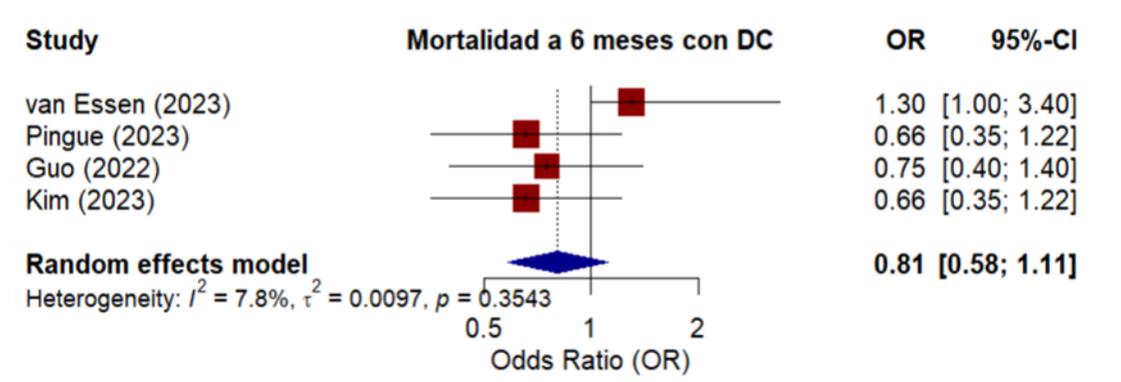


Fig. 6. Forest plot de mortalidad a 6 meses en pacientes con TCE grave sometidos a CD.

Estado funcional a largo plazo

Dos estudios de cohortes, que incluyeron en total a 389 pacientes, evaluaron el impacto de la craneotomía descompresiva sobre la funcionalidad global a los 6 meses (tabla 6). Kim y colaboradores ⁽¹²⁾, al comparar la CD primaria frente al manejo médico intensivo, reportaron OR ajustado de 0,64 (IC 95 % 0.27–1.49) para obtener un resultado funcional desfavorable (definido como una escala modificada de Rankin [mRS] ≥ 4). Por otro lado, van Essen y colaboradores ⁽¹⁷⁾ llevaron a cabo un estudio multinacional utilizando un análisis de variables instrumentales basado en la preferencia de cada centro, observando un OR común de 0.90 (IC 95% 0.70–1.10) en la escala GOSE.

Al combinar los resultados en un metaanálisis con un modelo de efectos fijos, no se evidenció un beneficio estadísticamente significativo de la CD frente a otras alternativas (OR 0.88; IC 95% 0.71–1.09; $p = 0.24$). El análisis mostró una heterogeneidad mínima ($I^2 \approx 0\%$). Estos resultados sugieren que, con base en la evidencia observacional actual, la CD no mejora significativamente la probabilidad de independencia funcional en comparación con la craniotomía o el manejo médico intensivo, aunque debe considerarse que la precisión de esta estimación está limitada por el reducido número de estudios disponibles hasta el momento.

El OR reportado en el estudio de Kim y su equipo ⁽¹²⁾ se invirtió para expresar la probabilidad de resultados funcionales desfavorables (mRS ≥ 4). No se observó heterogeneidad significativa en el análisis ($Q = 0.58$; $\tau^2 \approx 0$; $I^2 \approx 0\%$).

Tabla 6. Craneotomía descompresiva vs manejo alternativo

Desenlace: Estado funcional desfavorable a 6 meses (mRS ≥ 4 o GOSE ≤ 4)

Estudio-ID	Medida publicada	ajustada	IC 95 %	In OR	EE	Peso IV_{FE} %
------------	---------------------	----------	---------	-------	----	------------------------

Kim y otros ⁽¹²⁾ 2023-B (mRS)	OR fav. 0-3 = 1.56 → OR desf. = 0.64	0.27 – 1.49	– 0,445	0.432	6.6
van Essen y otros ⁽¹⁷⁾ 2023-A (GOSE)	Common OR = 0.90	0.70 – 1.10	– 0.105	0.115	93.4
Pooled (fijos)	–	–	– 0.128	0.111	–
OR agrupado (fijos = aleatorios)	0.88	0.71 – 1.09	–	–	–

Leyenda:

- EE: error estándar
- IV_{FE}: inversa de la varianza (modelo de efectos fijos)

El *forest plot* muestra el análisis combinado (efectos aleatorios) del estado funcional independiente medido por GOSE/mRS a los 6 meses en pacientes sometidos a craneotomía descompresiva después de un traumatismo craneoencefálico grave (fig. 7). Cada cuadrado rojo representa el OR individual de cada estudio con intervalos de confianza del 95 % indicados por líneas horizontales. El diamante azul refleja el efecto global combinado, mostrando una tendencia favorable a la DC (OR = 0.64, IC 95 %: 0.39–1.06), aunque no estadísticamente significativa. La heterogeneidad moderada-alta ($I^2 = 73.5\%$, $p = 0.0229$) sugiere una considerable variabilidad en los resultados individuales, por lo que la interpretación clínica requiere precaución, de manera que se recomiendan futuros análisis para identificar causas de esta heterogeneidad.

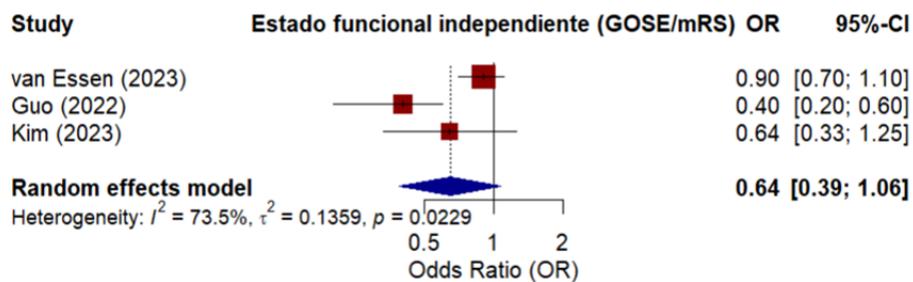


Fig. 4. *Forest plot* sobre estado funcional independiente (GOSE/mRS) a 6 meses en

pacientes con traumatismo craneoencefálico grave sometidos a craniectomía descompresiva.

Discusión

Nuestros metaanálisis recientes sobre cohortes contemporáneas de pacientes con traumatismo craneoencefálico grave aportan tres conclusiones centrales:

Monitorización invasiva de la presión intracraneal

El análisis agrupado de cinco estudios, que incluyó aproximadamente 52 000 pacientes, mostró una reducción relativa del 17 % en la mortalidad intrahospitalaria asociada a la monitorización invasiva de la PIC, aunque esta reducción no alcanzó significación estadística (OR 0.83; IC 95% 0.68–1.01) y se acompañó de una considerable heterogeneidad ($I^2 \approx 85\%$). Este efecto protector persistió en todos los análisis de sensibilidad, pero con intervalos de confianza que cruzaron la unidad. Destaca el estudio unicéntrico de Talving y colaboradores, ⁽¹⁶⁾ que mostró el mayor efecto beneficioso (aOR 0.13). ^(9,24,25) En contraste, el estudio estatal de Al Saiegh (2020), pese a su gran tamaño, presentó un efecto protector modesto (aHR 0.85). ^(26,27) Las discrepancias observadas podrían explicarse por diferencias metodológicas como la intensidad del ajuste por factores de confusión, la definición de casos y las prácticas clínicas específicas de cada entorno hospitalario. ^(28,29) A pesar de estas diferencias, la dirección general del efecto hacia una reducción de la mortalidad brinda apoyo a las recomendaciones actuales de la Brain Trauma Foundation sobre la monitorización invasiva en pacientes comatosos con TCE severo, aunque subraya la necesidad urgente de estudios pragmáticos adicionales que confirmen la magnitud exacta de este beneficio. ⁽¹⁷⁾

Craniectomía descompresiva primaria

En cuanto a la CD primaria, su comparación con el manejo alternativo no mostró diferencias significativas en mortalidad tardía (OR 1.39; IC 95% 0.29–6.65) ni en resultados funcionales desfavorables a los seis meses (OR 0.88; IC 95% 0.71–1.09). Específicamente, Kim y colaboradores observaron una tendencia no significativa hacia una menor mortalidad (aOR 0.66) y mejor estado funcional en pacientes sometidos a CD primaria, mientras que el estudio enfocado en fase de rehabilitación de Pingue y colaboradores indicó un mayor riesgo de mortalidad (RR 2.76) asociado a la CD primaria. Por su parte, el análisis multinacional con variable instrumental llevado a cabo por van Essen y colaboradores ⁽²²⁾ mostró resultados que confirmaron la ausencia de beneficios significativos en la función global (Common OR 0.90), coincidiendo plenamente con las conclusiones del ensayo clínico aleatorizado RESCUE-ASDH publicado recientemente. ⁽¹²⁾ Además, la CD primaria implicó un mayor uso de recursos hospitalarios (necesidad de intervenciones quirúrgicas adicionales, complicaciones y presencia de hidrocefalia postraumática), lo que sugiere que esta estrategia debe reservarse para casos específicos en los que exista edema cerebral intraoperatorio intratable en pacientes considerados potencialmente recuperables.

Factores pronósticos fisiológicos

Con respecto a factores fisiológicos continuos, como la carga elevada de PIC y la hipernatremia, actualmente se dispone de evidencia procedente de estudios individuales. Jiang y colaboradores ⁽⁶⁾ demostraron que cada 10 % adicional de tiempo con PIC superior a 20 mmHg incrementó significativamente tanto la mortalidad como el riesgo de peor pronóstico funcional (β +0.14). Por otro lado,

Vedantam y colaboradores ⁽²³⁾ observaron que niveles elevados de sodio sérico (≥ 155 mmol/L) se asociaron a un riesgo de mortalidad casi dos veces mayor. Aunque estos hallazgos son relevantes desde el punto de vista fisiopatológico, no pueden generalizarse hasta que estudios externos adicionales confirmen de manera consistente estos resultados. ⁽³⁰⁻³²⁾

Así, nuestros hallazgos subrayan la importancia de la monitorización invasiva de la PIC en el manejo actual del paciente con TCE severo, aportan una visión más cautelosa sobre el uso rutinario de la CD primaria y destacan la necesidad urgente de investigaciones adicionales que permitan confirmar estas observaciones y proporcionar recomendaciones más sólidas para la práctica clínica.

Conclusiones

La presente revisión sistemática con metaanálisis de 14 estudios observacionales aporta tres conclusiones fundamentales sobre el manejo del traumatismo craneoencefálico severo:

Primero, en lo que respecta a la monitorización invasiva de la presión intracraneal, la evidencia actual indica una posible reducción en la mortalidad intrahospitalaria asociada a la monitorización invasiva de PIC (OR aproximado 0.83). Sin embargo, dicha estimación no alcanzó significación estadística y presentó una elevada heterogeneidad clínica y metodológica. Estos resultados sugieren que la monitorización de PIC, incorporada dentro de protocolos terapéuticos estructurados, probablemente no resulte perjudicial y podría aportar beneficios en determinados contextos clínicos específicos, aunque la magnitud real de su impacto sigue siendo incierta.

Segundo, con relación a la craniectomía descompresiva primaria, la mortalidad tardía y el estado funcional a largo plazo no mostraron diferencias significativas

entre la CD primaria y el manejo con craniotomía o tratamiento médico intensivo (OR aproximado 1.39 para mortalidad tardía; OR aproximado 0.88 para independencia funcional). De modo que, ante la ausencia de edema cerebral intratable intraoperatorio, la evidencia actual no justifica el uso rutinario de la CD primaria como intervención preventiva.

Tercero, en cuanto a las variables fisiológicas continuas, los factores como la carga elevada de hipertensión intracraneal sostenida y la presencia de hipernatremia severa se asociaron a un peor pronóstico en estudios individuales. No obstante, la evidencia disponible sigue siendo limitada e insuficiente para definir claramente su impacto clínico o establecer recomendaciones específicas para la práctica clínica.

Sin duda, el estudio realizado muestra fortalezas, pero también limitaciones. Entre las primeras están el haber incluido cohortes multicéntricas contemporáneas, así como técnicas avanzadas para controlar variables que causan confusión como el análisis mediante *Propensity Score Matching* (PSM) y variables instrumentales. Destaca, además, la extracción exhaustiva de información clínica relevante. Sin embargo, en lo referente a limitaciones, la naturaleza observacional de los estudios, la heterogeneidad en la gravedad inicial de los pacientes incluidos y el limitado tamaño muestral en algunas comparaciones específicas reducen la certeza global de las conclusiones obtenidas.

Los resultados de este estudio apoyan la monitorización invasiva de PIC cuando los recursos y la experiencia clínica lo permitan, particularmente si se combina con protocolos estandarizados de tratamiento. Respecto a la craniectomía descompresiva primaria, la evidencia actual recomienda reservarla únicamente para casos en los que exista edema cerebral intraoperatorio significativo que

impida la recolocación segura del hueso craneal, evitando su empleo preventivo rutinario.

Se requieren estudios pragmáticos adicionales, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados y estudios observacionales con diseños rigurosos y avanzados controles para factores de confusión, con los siguientes objetivos clave:

- Esclarecer el beneficio real de la monitorización invasiva de PIC sobre la supervivencia y el estado funcional de los pacientes con TCE severo.
- Definir las indicaciones óptimas para el uso de CD primaria en comparación con la craniotomía.
- Investigar variables fisiológicas continuas (carga elevada de PIC, alteraciones de sodio) como posibles objetivos terapéuticos y criterios de selección clínica para guiar intervenciones específicas.

En resumen, a pesar de los avances recientes, la evidencia disponible actualmente sigue siendo de baja calidad. Por tanto, las decisiones terapéuticas deben seguir individualizándose y adaptándose cuidadosamente a cada contexto clínico, considerando la disponibilidad local de recursos y la experiencia médica específica, mientras se continúan desarrollando estudios científicos adicionales de alta calidad que aporten resultados definitivos.

Referencias bibliográficas

1. Hawryluk GWJ, Rubiano AM, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Bratton SL, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. *Neurosurgery*. septiembre

- de 2020;87(3):427–34. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa278>
2. Alnemari AM, Krafcik BM, Mansour TR, Gaudin D. A Comparison of Pharmacologic Therapeutic Agents Used for the Reduction of Intracranial Pressure After Traumatic Brain Injury. *World Neurosurg.* octubre de 2017;106:509–28. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.07.009>
3. Moon JW, Hyun DK. Decompressive Craniectomy in Traumatic Brain Injury: A Review Article. *Korean J Neurotrauma.* 2017;13(1):1. Disponible en: <https://doi.org/10.13004/kjnt.2017.13.1.1>
4. Hutchinson PJ, Koliass AG, Tajsic T, Adeleye A, Aklilu AT, Apriawan T, et al. Consensus statement from the International Consensus Meeting on the Role of Decompressive Craniectomy in the Management of Traumatic Brain Injury. *Acta Neurochir (Wien).* 28 de julio de 2019;161(7):1261–74. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00701-019-03936-y>
5. Elsayaf Y, Anetsberger S, Luzzi S, Elbabaa SK. Early Decompressive Craniectomy as Management for Severe Traumatic Brain Injury in the Pediatric Population: A Comprehensive Literature Review. *World Neurosurg.* junio de 2020;138:9–18. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.065>
6. Jiang H, Hao G, Zhang R, Pang Q. Determinants affecting the prognosis of decompressive craniectomy for traumatic brain injury. *Pak J Med Sci.* 14 de mayo de 2020;36(4). Disponible en: <https://doi.org/10.12669/pjms.36.4.2045>
7. Shepetovsky D, Mezzini G, Magrassi L. Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 8 de diciembre de 2021;44(6):3125–42. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01511-7>
8. Minta K, Kaliaperumal C, Shaker T. 1128 Outcomes of Early and Late

Decompressive Craniectomies in Contrast to Standard Medical Management in Patients with Traumatic Brain Injury with Refractory Intracranial Hypertension: Systematic Review and Meta-Analysis Study. *British Journal of Surgery*. 30 de agosto de 2023;110 (Supplement_7). Disponible en:

<https://doi.org/10.1093/bjs/znad258.008>

9. Zhang Q, Li Y, Chang X. Role of Decompressive Craniectomy in the Management of Traumatic Brain Injury - A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Ann Indian Acad Neurol*. noviembre de 2023;26(6):966–74.

Disponible en: https://doi.org/10.4103/aian.aian_432_23

10. Garg K, Singh P, Singla R, Aggarwal A, Borle A, Singh M, et al. Role of Decompressive Craniectomy in Traumatic Brain Injury – A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Neurol India*. 2019;67(5):1225. Disponible en:

<https://doi.org/10.4103/0028-3886.271260>

11. Shibahashi K, Ohbe H, Matsui H, Yasunaga H. Real-world benefit of intracranial pressure monitoring in the management of severe traumatic brain injury: a propensity score matching analysis using a nationwide inpatient database. *J Neurosurg*. 1 de diciembre de 2023;139(6):1514–22. Disponible en:

<https://doi.org/10.3171/2023.4.jns23146>

12. Kim JH, Park KJ, Kang SH, Park DH, Kim JH. The significance of decompressive craniectomy for older patients with traumatic brain injury: a propensity score matching analysis from large multi-center data. *Sci Rep*. 28 de junio de 2023;13(1):10498. Disponible en: [https://doi.org/10.1038/s41598-023-](https://doi.org/10.1038/s41598-023-37283-x)

[37283-x](https://doi.org/10.1038/s41598-023-37283-x)

13. Haddaway NR, Page MJ, Pritchard CC, McGuinness LA. *PRISMA2020*: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams,

with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis.

Campbell Systematic Reviews. 27 de junio de 2022;18(2). Disponible en:

<https://doi.org/10.1002/cl2.1230>

14. Aiolfi A, Benjamin E, Khor D, Inaba K, Lam L, Demetriades D. Brain Trauma Foundation Guidelines for Intracranial Pressure Monitoring: Compliance and Effect on Outcome. *World J Surg.* 10 de junio de 2017;41(6):1543–9. Disponible en: 10.1007/s00268-017-3898-6

15. Farahvar A, Gerber LM, Chiu YL, Carney N, Härtl R, Ghajar J. Increased mortality in patients with severe traumatic brain injury treated without intracranial pressure monitoring. *J Neurosurg.* octubre de 2012;117(4):729–34. Disponible en:

<https://doi.org/10.3171/2012.7.jns111816>

16. Talving P, Karamanos E, Teixeira PG, Skiada D, Lam L, Belzberg H, et al. Intracranial pressure monitoring in severe head injury: compliance with Brain Trauma Foundation guidelines and effect on outcomes: a prospective study. *J Neurosurg.* noviembre de 2013;119(5):1248–54. Disponible en:

<https://doi.org/10.3171/2013.7.jns122255>

17. van Essen TA, van Erp IAM, Lingsma HF, Pisciă D, Yue JK, Singh RD, et al. Comparative effectiveness of decompressive craniectomy versus craniotomy for traumatic acute subdural hematoma (CENTER-TBI): an observational cohort study. *EClinicalMedicine.* septiembre de 2023;63:102161. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102161>

18. Pingue V, Boetto V, Bassetto A, Nava M, Nardone A, Mele C. The Role of Decompressive Craniectomy on Functional Outcome, Mortality and Seizure Onset after Traumatic Brain Injury. *Brain Sci.* 29 de marzo de 2023;13(4):581. Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/brainsci13040581>

19. Guo Z, Ding W, Cao D, Chen Y, Chen J. Decompressive Craniectomy vs. Craniotomy Only for Traumatic Brain Injury: A Propensity-Matched Study of Long-Term Outcomes in Neuropsychology. *Front Neurol.* 8 de marzo de 2022;13. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.813140>
20. Al Saiegh F, Philipp L, Mouchtouris N, Chalouhi N, Khanna O, Shah SO, et al. Comparison of Outcomes of Severe Traumatic Brain Injury in 36,929 Patients Treated with or without Intracranial Pressure Monitoring in a Mature Trauma System. *World Neurosurg.* abril de 2020;136:e535–41. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.01.070>
21. Liu H, Xu R, Yang J, Ren G, He S. Initial intracranial pressure as a prognosticator in head-injured patients undergoing decompressive craniectomy. *Oncotarget.* 20 de septiembre de 2016;7(38):62657–63. Disponible en: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.11632>
22. Tian R, Liu W, Dong J, Zhang J, Xu L, Zhang B, et al. Prognostic Predictors of Early Outcomes and Discharge Status of Patients Undergoing Decompressive Craniectomy After Severe Traumatic Brain Injury. *World Neurosurg.* junio de 2019;126:e101–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.01.246>
23. Vedantam A, Yamal JM, Hwang H, Robertson CS, Gopinath SP. Factors associated with shunt-dependent hydrocephalus after decompressive craniectomy for traumatic brain injury. *J Neurosurg.* mayo de 2018;128(5):1547–52. Disponible en: <https://doi.org/10.3171/2017.1.JNS162721>
24. Yu P, Tian Q, Wen X, Zhang Z, Jiang R. Analysis of Long-Term Prognosis and Prognostic Predictors in Severe Brain Injury Patients Undergoing Decompressive Craniectomy and Standard Care. *Journal of Craniofacial Surgery.* octubre de 2015;26(7):e635–41. Disponible en:

<https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000002063>

25. Nourallah B, Zeiler FA, Calviello L, Smielewski P, Czosnyka M, Menon DK. Critical thresholds for intracranial pressure vary over time in non-craniectomised traumatic brain injury patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 7 de julio de 2018;160(7):1315–24. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3555-3>
26. Rasras S, Safari H, Zeinali M, Jahangiri M. Decompressive hemicraniectomy without clot evacuation in supratentorial deep-seated intracerebral hemorrhage. *Clin Neurol Neurosurg*. noviembre de 2018;174:1–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.08.017>
27. Decraene B, Klein SP, Piper I, Gregson B, Enblad P, Ragauskas A, et al. Decompressive craniectomy as a second/third-tier intervention in traumatic brain injury: A multicenter observational study. *Injury*. septiembre de 2023;54(9):110911. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.110911>
28. Åkerlund CA, Donnelly J, Zeiler FA, Helbok R, Holst A, Cabeleira M, et al. Impact of duration and magnitude of raised intracranial pressure on outcome after severe traumatic brain injury: A CENTER-TBI high-resolution group study. *PLoS One*. 14 de diciembre de 2020;15(12):e0243427. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243427>
29. Lim JX, Liu SJ, Cheong TM, Saffari SE, Han JX, Chen MW. Intracranial Pressure as an Objective Biomarker of Decompression Adequacy in Large Territory Infarction: A Multicenter Observational Study. *Front Surg*. 6 de mayo de 2022;9. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.823899>
30. Grindlinger GA, Skavdahl DH, Ecker RD, Sanborn MR. Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury: clinical study, literature review and meta-analysis. *Springerplus*. 20 de diciembre de 2016;5(1):1605. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/s40064-016-3251-9>

31. Wang R, Li M, Gao WW, Guo Y, Chen J, Tian HL. Outcomes of Early Decompressive Craniectomy Versus Conventional Medical Management After Severe Traumatic Brain Injury. *Medicine*. octubre de 2015;94(43):e1733.

Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000001733>

32. Yuan Q, Wu X, Sun Y, Yu J, Li Z, Du Z, et al. Impact of intracranial pressure monitoring on mortality in patients with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg*. marzo de 2015;122(3):574–87. Disponible en: <https://doi.org/10.3171/2014.10.JNS1460>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiamiento

No se recibió patrocinio de ninguna otra fuente para llevar a cabo este estudio.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas, Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera, Alex Bryan Valdez Banderas

Curación de datos: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas

Análisis formal: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas, Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera, Alex Bryan Valdez Banderas

Adquisición de fondos: no

Investigación: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas, Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera, Alex Bryan Valdez Banderas

Metodología: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas

Administración del proyecto: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas

Recursos y software: no

Supervisión: Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera

Validación: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas, Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera, Alex Bryan Valdez Banderas

Visualización: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas, Irene Valeria Arroyo López, Abraham Rafael Mera Olvera, Alex Bryan Valdez Banderas

Redacción borrador original: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas

Revisión y edición: Milton Gabriel Quito Litardo, Sixto Josue Alvarado Villegas