Medicina Intensiva 50 (2026) 502388

medicina intensiva

http://www.medintensiva.org/

PUESTA AL DÍA EN MEDICINA INTENSIVA: CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

Traumatismo pediátrico, ¿dónde estamos y hacia dónde vamos? Revisión narrativa de la evidencia reciente

Luis Renter Valdovinos[a], **Ander Ceña Setien**[b], **Javier Rodríguez-Fanjul**[c] y **Jesús Abelardo Barea-Mendoza**[d,*]

[a] *Servei de Medicina Pediátrica. Hospital Universitari Parc Taulí, Sabadell, Barcelona, España*
[b] *Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, España*
[c] *Unitat de Cures Intensives Pediátriques, Hospital Universitari Germans Trias i Pujol, Badalona, Barcelona, España*
[d] *UCI de Trauma y Emergencias, Servicio Medicina Intensiva.,Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid, España*

Recibido el 14 de mayo de 2025; aceptado el 26 de noviembre de 2025
Disponible en Internet el 4 de febrero de 2026

PALABRAS CLAVE
Pediatría;
Cuidados intensivos pediátricos;
Sistemas de trauma;
Trauma grave;
Trauma craneal;
Traumatismo

Resumen El traumatismo es la principal causa de muerte en niños y adolescentes. El presente artículo revisa los avances recientes en la atención al traumatismo pediátrico grave, destacando la importancia de sistemas de trauma bien organizados, triaje efectivo y protocolos específicos adaptados a la fisiología infantil. Se analizan las estrategias actuales de resucitación con control de daños, incluyendo el uso de hemoderivados, soporte vasoactivo y nuevos *scores* de predicción de shock. En el traumatismo craneoencefálico se revisa el papel de la neuromonitorización multimodal, así como la gestión individualizada de la presión intracraneal y la presión de perfusión cerebral. Se enfatiza la necesidad de adaptar los cuidados a las particularidades pediátricas, alejándose de modelos exclusivamente derivados de adultos. Finalmente, se presentan las principales líneas de investigación en traumatismo pediátrico, fundamentales para mejorar la supervivencia y la recuperación funcional de los pacientes.
© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

KEYWORDS
Pediatrics;
Pediatric critical care;
Trauma systems;
Severe trauma;
Head trauma;
Trauma

Pediatric trauma: Where are we and where are we heading? A narrative review of recent evidence

Abstract Trauma is the leading cause of death in children and adolescents. This article reviews recent advances in the management of severe pediatric trauma, emphasizing the importance of well-organized trauma systems, effective triage, and protocols specifically adapted to pediatric physiology. Current strategies for damage-control resuscitation are discussed, including the use of blood products, vasoactive support, and novel predictive indices for shock severity.

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: jesusabelardo.barea@salud.madrid.org (J.A. Barea-Mendoza).

https://doi.org/10.1016/j.medin.2025.502388
0210-5691/© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

In traumatic brain injury, the role of multimodal neuromonitoring and individualized management of intracranial and cerebral perfusion pressures is reviewed. The need to move beyond adult-centered approaches and tailor care to pediatric-specific characteristics is strongly emphasized. Finally, the main research priorities in pediatric trauma are outlined, which are essential for improving survival and functional recovery in this vulnerable population.
© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introducción

Las causas externas (aquellas no naturales o violentas, entre las que se incluyen los accidentes, suicidios o agresiones) representan hoy la primera causa de muerte entre los 1 y 19 años, con un 34% de los fallecimientos en 2023[1]. Estas lesiones condicionan secuelas físicas, psíquicas y emocionales que afectan a la calidad de vida de los niños y sus familias[2]. Parte de esta mortalidad es potencialmente evitable mediante una atención sanitaria rápida y estandarizada adaptada a las particularidades anatómicas y fisiológicas de los niños (tabla 1)[3]. Es importante recordar que el niño no es un adulto en miniatura; sus características condicionan el tipo de lesiones que presenta, su gravedad y el enfoque terapéutico. También se debe recordar que los adolescentes constituyen un grupo con particularidades, tanto por los mecanismos lesionales —accidentes de tráfico o agresiones— como por sus diferencias anatómicas (elevada frecuencia de lesiones en el torso, la pelvis y las extremidades)[4]. Esto obliga a conocer ciertas lesiones que son más típicas del paciente adulto, como las cerebrovasculares y pélvicas[5,6]. La atención al traumatismo pediátrico debe estar basada en protocolos rigurosos, e integrada en un sistema de trauma que contemple todas las etapas de la asistencia. Durante la presente revisión se discuten las recomendaciones más actuales a luz de la evidencia científica y las peculiaridades de esta población.

Sistemas de atención al trauma y códigos en pediatría

Organización de los sistemas de atención al traumatismo pediátrico

Los sistemas de trauma (ST) constituyen una respuesta multidisciplinar y transversal de atención al paciente traumatizado que incluyen la prevención de accidentes, la atención prehospitalaria, el traslado a centros útiles y la rehabilitación. Aunque las definiciones varían, en lo que se refiere al traumatismo se entiende por centro útil el que dispone de los recursos humanos, técnicos y estructurales necesarios para atender de forma integral y continua a un paciente traumatizado grave. Dadas las particularidades del paciente pediátrico se debería plantear un sistema específico que integre a todos los responsables sanitarios que puedan atenderlos, con elementos superponibles a cualquier ST, ajustados a la epidemiología y recursos disponibles[7]. Este abordaje requiere de la integración de todos los centros hospitalarios junto con los sistemas de emergencias, mediante protocolos de atención y criterios de derivación unificados, así como programas de formación especializada. Adecuadamente estructurado, un ST optimiza recursos, correlaciona las necesidades de cada paciente con las características de cada centro y favorece una atención equitativa y eficaz[8].

Categorización del paciente traumático. Escalas de gravedad en pediatría

La categorización del paciente traumático, como proceso de selección de víctimas según necesidades de tratamiento y prioridad de traslado, puede realizarse mediante índices de gravedad, mayoritariamente diseñados para indicar la derivación a centros de mayor nivel a los pacientes más graves. Estos índices deben ser simples, validados y prácticos, y aunque estandarizan la evaluación prehospitalaria, presentan limitaciones y deben combinarse con el juicio clínico[9].

Índice de traumatismo pediátrico

El índice de traumatismo pediátrico (ITP) se diseñó como una herramienta de triaje para ser empleado en la atención prehospitalaria en función de la anatomía y afectación fisiológica de las lesiones. Fue creado como un índice específicamente pediátrico y su puntuación se vincula a la necesidad de traslado del paciente a un centro de trauma (CT) (tabla 2). Es una escala sencilla y de fácil aplicabilidad, e incluye 6 componentes, 3 anatómicos y 3 funcionales. Su valor oscila entre −6 puntos (máxima gravedad) hasta +12 puntos (mínima gravedad)[10].

La validez predictiva del ITP fue evaluada hace más de 3 décadas, con una sensibilidad del 95,8% y una especificidad del 98,6% para la predicción de mortalidad, con una puntuación menor o igual a 8, asociando elevados pesos de la evidencia *(weight of evidence)*: WoE(+) = 18,3 y WoE(−) = −13,7[11]. Así, prácticamente todos los pacientes con puntuaciones mayores a 8 sobreviven, elevándose la mortalidad progresivamente por debajo de esa cifra y estando indicado el traslado a un CT. Su sencillez y validez han hecho que sea el más empleado en pediatría, y estudios recientes han ratificado su elevado poder de discriminación[12].

Tabla 1 Características fisiológicas y anatómicas del niño

Característica	Consecuencia
Mayor tono vagal	→ Tendencia a bradicardia en laringoscopia
Compensación ante sangrado	→ Hipotensión solo en fases avanzadas
Menor capacidad residual funcional Mayor demanda de oxígeno	→ Hipoxia precoz
Mayor ratio superficie/peso	→ Pérdida de calor incrementada
Menor tamaño	→ Más energía por unidad de superficie
Amplio rango de tamaños y pesos	→ Fármaco por peso ideal → Dispositivos según tamaño
Indefensión e incapacidad para comunicarse	→ Lesiones no accidentales o inadvertidas → Presencia de progenitores
Mayor proporción cefálica Debilidad de la estructuras cervicales Fontanelas abiertas (< 6-12 meses)	→ Tendencia a TCE y sangrado en scalp → Lesiones cerebrales por desaceleración → Lesiones SCIWORA y DAD → Mayor tolerancia hipertensión intracraneal
Desproporción lengua-boca Hipertrofia tejido linfoide Laringe más alta y anterior Tráquea corta, estrecha y colapsable	→ Diferente alineación ejes → Preparación para intubación → Menor campo visual → Facilidad intubación selectiva y extubación accidental
Caja torácica-costillas elásticas Mediastino más móvil	→ Lesiones internas sin fracturas → Propensión a mayor afectación ante neumotórax o hemotórax
Costillas más pequeñas y flexibles Pelvis con menor capacidad Musculatura menos desarrollada	→ Incremento de lesiones abdominales

DAD: daño axonal difuso; SCIWORA: *spinal cord injury without radiological abnormality*; TCE: traumatismo craneoencefálico.

Tabla 2 Índice de traumatismo pediátrico

ÍTEM	Categoría		
	+2	+1	−1
Peso (kg)	> 20	10-20	< 10
Vía aérea	Normal	Estable	Inestable
SNC	Despierto	Obnubilado	Comatoso
TAS (mm Hg)	> 90	50-90	< 50
Herida(s)	Ninguna	Menores	Mayores o penetrantes
Fractura(s)	Ninguna	Cerrada	Abierta o múltiples

Si la puntuación es igual o menor a 8 puntos: derivar al centro de traumatismo.
SNC: sistema nervioso central; TAS: tensión arterial sistólica.

Códigos de trauma pediátrico. Activación y criterios

Se conoce como «código trauma» a un sistema diseñado para coordinar la atención del paciente con traumatismo grave, integrando a los distintos responsables mediante comunicación y protocolos específicos para el triaje, elección del destino, transporte y la activación de equipos. Su objetivo principal es asegurar que cada paciente traumático reciba atención en el centro más adecuado, siendo para ello útil, además de los índices de gravedad, los criterios de activación prehospitalarios. Si están bien definidos minimizan el infratriaje (pacientes graves derivados a centros no especializados, objetivo inferior al 5%) y sobretriaje (traslado de pacientes no graves a centros de mayor nivel, objetivo inferior al 35%)[13]. Las guías de triaje prehospitalario, actualizadas periódicamente desde 1976, han evolucionado para mejorar su aplicabilidad y disminuir las tasas de infratriaje y sobretriaje. La última actualización de 2021 simplifica los criterios de activación a 2 categorías de riesgo (tabla 1 del material suplementario) e incluye la edad pediátrica, siendo susceptibles de adaptarse por los ST a su realidad asistencial[14].

Tabla 3 Recursos necesarios para el reconocimiento de centro de traumatismo pediátrico a propuesta del Comité de traumatismos del *American College of Surgeons*[8]

→ Traumatología y ortopedia infantil	
→ Cirugía pediátrica (al menos 2 de presencia física en nivel I).	
→ Urgencias pediátricas	
→ Unidad de cuidados intensivos pediátricos	
→ Servicio de radiología disponible con protocolos adaptados a la edad y al peso. Disponibilidad de radiología intervencionista	
→ Otras especialidades con experiencia pediátrica (neurocirugía o anestesiología)	
→ Servicio de rehabilitación infantil	
→ Material de resucitación pediátrica en todas las áreas de atención	
→ Servicios de protección al menor. Trabajo social	
→ Capacidad en la asistencia al maltrato infantil	
→ Otros: responsable del programa de traumatismo pediátrico, elaboración de planes de prevención de lesiones, investigación y formación en traumatismo pediátrico	
NIVEL I:	NIVEL II:
> 200 ingresos por traumatismos/año	> 100 ingresos por traumatismos/año

Centros de trauma pediátrico

Los centros de trauma pediátrico (CTP), creados en las décadas de los 70 y 80 del siglo pasado, deben liderar la atención al TP en su territorio con programas propios e investigación, y proporcionando atención definitiva a la mayoría de casos graves, así como apoyo a centros de menor especialización. El *American College of Surgeons* define los recursos necesarios en un CTP para mantener la competencia de sus equipos (tabla 3). Su número y ubicación debe adaptarse a la población y necesidades de cada territorio. Diversas revisiones muestran mejores resultados en adultos tratados en CT. Aunque la evidencia no es definitiva, las recomendaciones establecen que la atención del traumatismo pediátrico se proporcione también en CTP[8,15,16]. Una revisión publicada en 2023 que incluye 34 estudios y más de 200.000 pacientes reporta una reducción de la mortalidad del 40% en pacientes menores de 16 años atendidos en CTP, menor uso de tomografía computarizada (TC) y cirugía de víscera sólida[17]. También deben tenerse en cuenta otras variables que podrían mejorar la atención en CTP, como la preservación de funcionalidad[18].

Atención inicial al traumatismo pediátrico

Se revisa la secuencia asistencial introduciendo las principales novedades. Es preciso destacar que las recomendaciones actuales se basan mayoritariamente en evidencias de baja calidad o en consensos de expertos[19].

Evaluación primaria

El objetivo es evaluar y tratar compromisos vitales, descartar lesiones con riesgo inminente de muerte (RIM) y prevenir lesiones secundarias[20].

Triángulo de evaluación pediátrica
Obtendremos una primera impresión observando: 1) aspecto general; 2) trabajo respiratorio; y 3) perfusión periférica, además de lesiones y sangrados evidentes[21].

Secuencia ABCDE
Se recomienda la secuencia ABCDE sobre C-ABCDE, salvo sospecha de hemorragia masiva[22].

A. Estado de alerta-control de la vía aérea-control cervical definitivo

Tras valorar si el paciente está consciente, obnubilado o en coma, se valora la vía aérea. En caso de necesidad de intubación endotraqueal la sedoanalgesia incrementa el riesgo de colapso hemodinámico y parada cardiorrespiratoria (PCR). Es recomendable administrar volumen y emplear ketamina como sedoanalgésico de primera elección (0,5-1 mg/kg si hay inestabilidad hemodinámica), ya que produce menor depresión cardiovascular y respiratoria, junto con paralizante en secuencia de inducción rápida. En el paciente muy inestable podría intubarse manteniendo la respiración espontánea con ketamina de manera exclusiva, sin relajante[23]. La atropina solo se indica si aparece bradicardia refleja por el estímulo durante la laringoscopia (más frecuente en niños). Actualmente son de elección los tubos con balón en cualquier edad. Existen dispositivos para el manejo de vía aérea difícil (videolaringoscopia, introductores tipo Frova, mascarillas laríngeas...) para todas las edades[24]. En el escenario «no intubable-no ventilable» no existen dispositivos percutáneos para menores de 5 años, por lo que se debe recurrir en estos casos a angiocatéteres. En pacientes entre 5 y 10 años existen con un calibre estrecho que solo permite oxigenar[25]. El control cervical es preferiblemente manual por ser más confortable, aunque las indicaciones son cada vez más restrictivas (tabla 2 del material suplementario).

B. Ventilación y oxigenación

Se administra la FiO_2 necesaria para saturaciones objetivo del 93-97% evitando la hiperoxia. Debe excluirse la bolsa autoinflable más pequeña (250 ml), siendo vital observar una correcta excursión torácica y auscultar buena entrada de aire. El volumen corriente administrado en ventilación mecánica invasiva será de 6-8 ml/kg de peso ideal buscando la normoventilación. Resulta útil la capnografía, a pesar de su correlación variable con la pCO_2 arterial. Entre las lesiones RIM destacan el neumotórax a tensión o abierto, el hemotórax masivo, el volet costal y la contusión pulmonar[26]. El drenaje torácico se realiza en el cuarto o quinto espacio intercostal (línea axilar media y anterior) o el segundo espacio en la línea medioclavicular. En caso de PCR habrá que considerar la realización de toracotomía, principalmente en el traumatismo penetrante si hay personal experimentado[27,28].

C. Evaluación de circulación y hemorragias

Se valora la situación hemodinámica mediante la frecuencia cardíaca, la tensión arterial y la perfusión, entre otros. Durante su evaluación debe integrarse el diagnóstico del foco de sangrado. Aunque la resucitación se tratará a fondo más adelante (en el apartado «Shock hemorrágico»), hemos de destacar que en los primeros 5 minutos debe contarse con un acceso venoso (siendo de elección la vía periférica en fosa antecubital). Podemos encontrar diferentes tipos de shock: hipovolémico-hemorrágico (el más frecuente, tratado a continuación), obstructivo (neumotórax o taponamiento cardiaco), distributivo y cardiogénico (por contusión torácica o electrocución). También se ha descrito la presencia de shock traumático como una combinación dinámica de estos mecanismos. Las lesiones RIM son: taponamiento cardiaco y hemorragia masiva. Para el primero el abordaje intercostal anterior ecoasistido es el más seguro[29]. En la PCR deben tratarse las causas reversibles inmediatamente, incluso antes de administrar adrenalina y en paralelo a las compresiones[28].

D. Déficit neurológico

Se valora mediante la *Glasgow Coma Scale* (GCS), adaptada en menores de 2-3 años (tabla 3 del material suplementario). Una puntuación menor de 4 en la GCS motor implica pérdida de protección de la vía aérea[27]. Las crisis comiciales en las primeras horas (precoces) tras un traumatismo craneoencefálico (TCE) pueden producirse sin lesión intracraneal[30]. Deben tratarse con benzodiacepinas y, salvo persistencia, no deben ser causa de intubación. Debe tratarse el dolor y la agitación de forma agresiva sin olvidar las medidas no farmacológicas (presencia de padres, juguetes o vídeos). La lesión RIM es la hipertensión endocraneal con alteración pupilar y bradicardia. La aparición de un *rash* eritematoso en la parte superior del cuerpo es infrecuente, pero característica[31]. En el tratamiento inmediato durante las crisis se puede emplear la terapia hiperosmolar con salino hipertónico (2-5 ml/kg al 3% en 10-20 minutos). Actualmente es preferible el empleo de salino hipertónico evitando la diuresis osmótica del manitol. La hiperventilación queda limitada a una maniobra de rescate hasta la instauración de medidas definitivas[32].

E. Exposición y prevención de hipotermia

Se debe exponer al paciente para buscar de manera proactiva lesiones externas y rápidamente volver a cubrir. Habrá que determinar la temperatura, calentando activamente al paciente en caso de hipotermia (< 35 °C)[33].

Otras consideraciones

La ecografía se integra en el reconocimiento primario, pues permite la detección de algunas lesiones RIM (E-FAST)[34]. Se debe realizar sin retrasar las demás actuaciones. La evaluación secundaria se inicia con el paciente más estable e incluye historia clínica dirigida, examen físico y pruebas complementarias: análisis de sangre y orina (incluyendo tóxicos) e imagen (tabla 4 del material suplementario). Se debe ser restrictivo en la exposición a la radiación con fines diagnósticos, ya que los niños son más sensibles (tejidos en desarrollo) y presentan mayor expectativa de vida. Su uso liberal no mejora los resultados en pacientes estables, se asocia a sobrediagnóstico y a estancias hospitalarias más largas. Deben promoverse protocolos restrictivos, pero consensuados[35].

Shock hemorrágico

Es la causa más frecuente de mortalidad prevenible en traumatismo pediátrico, superando la mortalidad en adultos (36% vs. 20-25%)[36]. Su identificación y control temprano son esenciales para prevenirla.

Fisiopatología del shock hemorrágico en niños

El aumento de las resistencias vasculares sistémicas mantiene la tensión arterial hasta pérdidas del 30-40% de la volemia, siendo la hipotensión un signo tardío («shock descompensado»)[3]. El primer signo es la taquicardia. La frecuencia cardiaca y la tensión arterial tienen amplios rangos de normalidad según la edad (tabla 4)[27]. El enlentecimiento del relleno capilar genera un aspecto moteado y frío en las partes más distales. Debe descartarse el «pseudocompromiso», situación clínica similar provocada por miedo, dolor, frío o estado poscrítico[20].

Estrategia de reanimación

La resucitación con control de daños es la estrategia de elección, cuyos elementos más destacables son[37]:

- Reconocer la hemorragia.
- Determinar la necesidad de transfusión.
- Establecer el acceso vascular.
- Administrar hemoderivados.
- Evitar hemodilución, acidosis, hipocalcemia e hipotermia.
- Rápido control del foco de la hemorragia.

Acceso vascular
En pacientes pediátricos y con vasoconstricción puede resultar complicado. El acceso periférico debe conseguirse antes de 5 minutos (60 segundos en PCR) o en 2 intentos en áreas

Tabla 4 Frecuencia cardiaca y tensión arterial. Rangos en pediatría

Edad		1 mes	1 año	5 años	10 años
FC	Límites	110-180	100-170	70-140	60-120
p50	TAS	75	95	100	110
	TAM	55	70	75	75
p5	TAS	50	70	75	80
	TAM	40	50	55	55

FC: frecuencia cardiaca; TAM: tensión arterial media; TAS: tensión arterial sistólica. Aproximación (1-10 años): TAS: p50 = 90 + edad (años) × 2, p5 = 70 + edad (años).

accesibles y con el mayor calibre posible. Las localizaciones más recomendadas son la fosa antecubital y la safena[38]. El acceso intraóseo es la primera alternativa, e incluso la primera opción si se prevé difícil. Su colocación es fácil y puede realizarse en la tibia proximal (más frecuente), siendo alternativas el húmero proximal (pacientes de mayor tamaño) y el fémur distal[39].

Volumen y hemoderivados

Idealmente no se administrarán más de 20 ml/kg de cristaloides, y su exceso se relaciona con peor evolución[40]. Deben priorizarse los hemoderivados, incluso en medio extrahospitalario, y preferiblemente con ratios de concentrados de hematíes, plasma y plaquetas cercanos a 1:1:1[41]. La transfusión de sangre completa del grupo 0 con títulos bajos de IgG anti-A y anti-B (LTOWB: *Low-Titer Group O Whole Blood*) se propone como una alternativa segura y rápida. No obstante, son necesarios más estudios para demostrar su superioridad[42].

Soporte vasoactivo

Si a pesar del volumen la hipotensión se mantiene, se administrará soporte vasoactivo, siendo la noradrenalina de elección a pesar de su escasa evidencia[43]. En caso de disfunción cardiaca se valorará adrenalina o dobutamina. Pueden administrarse convenientemente diluidas por vía periférica[44].

Indicadores clínicos y parámetros de shock

La hipotensión permisiva en un sangrado incontrolado pretende administrar la menor cantidad de volumen hasta el control del sangrado. Se debe mantener una tensión arterial mínima en el p5 si no hay afectación del sistema nervioso central (SNC), situación en la que debe alcanzar al menos el p50. El objetivo de resucitación elegido debe ser el mínimo que asegure una adecuada perfusión tisular y aporte de oxígeno[45]. El índice de shock (frecuencia cardíaca dividido entre presión arterial sistólica) es un indicador precoz que identifica aquellos con mayor probabilidad de hemorragia severa y necesidad de intervención. En pediatría el *Shock index pediatric age-adjusted* resulta más adecuado. Los valores de referencia son: 1,22 de 4 a 6 años, 1 de 7 a 12 y 0,9 de 13 a 16[46]. Menos extendidos y validados son el *Shock index* reverso multiplicado por el GCS y el ABC-D, que incluye lactato y exceso de bases (EB) aunque con resultados prometedores[47,48]. También son útiles el lactato, el EB y la evolución de la hemoglobina.

Transfusión masiva en pediatría y terapia guiada por objetivos

La definición y los criterios de activación de la transfusión masiva no están consensuados. Deben ser simples para garantizar un acceso oportuno y rápido a los hemoderivados[49]. Los más aceptados son:

- Transfusión de 40 ml/kg o 2 unidades de concentrado de hematíes (1 a 24 horas).
- Pérdida sanguínea rápida e incontrolada.
- Pérdida estimada de un volumen ≥ 40% del volumen sanguíneo total o 40 ml/kg[50].

Es frecuente la activación ante la clínica de shock, el mecanismo lesional compatible y el sangrado importante para posteriormente guiarse por objetivos y continuar con el uso de test viscoelásticos[45]. Se recomienda determinar el tiempo de protrombina, el fibrinógeno y las plaquetas. Una ratio de protrombina > 1,5 se considera indicador de coagulopatía grave. Los niveles deseables son: hemoglobina entre 7-9 g/dl y plaquetas > 50×10^9/l (> 100×10^9 si sangrado en el SNC). Como se menciona en el apartado «Volumen y hemoderivados» debe tenderse a la transfusión balanceada con ratios cercanos a 1:1:1. Es necesario monitorizar los niveles de calcio iónico y suplementar si son bajos[33,41]. Ante el sangrado grave se recomienda la administración empírica de ácido tranexámico en las 3 primeras horas (15 mg/kg e infusión)[51]. El fibrinógeno o crioprecipitados están indicados en caso de hipofibrinogenemia (< 150 mg/dl) o resultado compatible en sistemas viscoelásticos[33,45].

Estrategia *non operative management* y cirugía de control de daños

Las medidas previas descritas resultan temporales hasta el control del sangrado. El manejo habitual en lesiones de órgano sólido aisladas no es quirúrgico *(non operative management)*. En pacientes con sangrado e inestabilidad, a pesar de volumen o resangrado, precisarán angioembolización o cirugía. La embolización puede reducir la necesidad de cirugía en pacientes pediátricos con signos de hemorragia activa persistente[52]. La constatación de extravasación de contraste en la TC en pacientes estables hemodinámicamente no es indicación de embolización[53]. En aquellos sin respuesta siquiera transitoria a las medidas iniciales se planteará cirugía de control de daños. En casos complejos se recomienda una decisión multidisciplinar teniendo en

Tabla 5 Neuromonitorización en el paciente con traumatismo craneal

Método	Parámetro fisiológico	Valores referencia	Ventajas	Limitaciones
PIC_p[57]	Presión intracraneal	< 20 mm Hg < 15 mm Hg (CD)	Continuo Fácil de insertar Escasas complicaciones	Invasivo Dependiente de la localización
DVE	Presión intracraneal	< 20 mm Hg < 15 mm Hg (CD)	Continuo Valor global Drenaje LCR	Invasivo Dificultad técnica Infección y sangrado
$PTiO_2$[58]	Oxigenación tisular de oxígeno	Niños > 10 mm Hg Adultos > 25 mm Hg	Continuo Buena resolución temporal	Invasiva Posición de la sonda Escasa resolución espacial
Pupilómetro Automático[59]	Reflejos de troncoencéfalo (tamaño pupilar y reactividad)	NPi > 3	No invasivo Objetivos	Evidencia limitada
DNO[60]	PIC	Menores 1 año: 5 mm Mayores 1 año: 6 mm	No invasiva Pie de cama Predice aumento PIC	Dependiente de operador Resultados variables Resolución temporal
NIRS[61]	Oxigenación cerebral regional	Sin valor absoluto Valorar tendencia, asimetría y cambios bruscos	No invasivo	Escasa correlación si existe hematoma Contaminación extracraneal
Doppler transcranial[62]	Velocidad media de flujo sanguíneo cerebral	Índice de pulsatilidad > 1,2	No invasivo Múltiples aspectos: AC, vasoespasmo y estimación PIC	Dependiente operador Intermitente
EEGc[63]	Actividad de base cerebral Actividad comicial		No invasivo y continuo Valoración cuantitativa y cualitativa Pronóstico	Sedación puede afectar interpretación Recurso intensivo
Microdiálisis cerebral[64]	Glucosa Lactato/piruvato (LP) cerebrales	Glucosa 1-2,5 mmol/l LP: < 25 (idealmente < 20)	Acople metabólico Estrés metabólico y fallo energético	Invasivo y requiere recursos Intermitente Medidas focales Ámbito investigación

AC: autorregulación cerebral; CD: craniectomía descompresiva; DNO: diámetro de la vaina del nervio óptico (ONSD); DVE: drenaje ventricular externo; EEGc: electroencefalograma continuo; NIRS: near-infrared spectroscopy; LCR: líquido cefalorraquídeo; PIC_p: presión intracraneal intraparenquimatosa; PPC: presión de perfusión cerebral; $PTIO_2$: presión tisular de oxígeno.
Adaptada de Agrawal et al.[65].

cuenta las lesiones, la opinión del reanimador y la viabilidad del traslado a la TC e intervencionismo o necesidad de cirugía emergente[54,55].

Cuidados del traumatismo craneal

El TCE sigue siendo una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en niños, con una incidencia de 134 por 100.000 personas-año[56]. Se revisarán los principales aspectos del cuidado del niño con TCE, con especial énfasis en la neuromonitorización (tabla 5).

Neuromonitorización

Examen neurológico

El examen clínico inicial es primordial para clasificar y establecer un pronóstico. Así, un GCS motor ≤ 3 es altamente predictivo de mal pronóstico[66]. La anisocoria es sugestiva de aumento de la presión intracraneal (PIC) y de herniación uncal, requiriendo tratamiento urgente, asociando la midriasis bilateral una elevada mortalidad. La pupilometría automática aporta una mayor precisión, pudiendo algunos de los índices derivados tener valor pronóstico[59].

Presión intracraneal

La PIC es la presión ejercida por la suma de los volúmenes intracraneales (parénquima, sangre y líquido cefalorraquídeo). El aumento del volumen intracraneal, cuando supera los mecanismos compensatorios (descenso de complianza), eleva la PIC y puede provocar compresión cerebral, isquemia, herniación y muerte. Existen diferentes métodos de medición de la PIC, siendo sus ventajas y limitaciones diferentes (tabla 5)[67]. La monitorización con PIC se realizará en todos aquellos pacientes con TCE grave (GCS $\leq$ 8) y lesiones en la TC craneal (hematomas, contusiones, *swelling*, herniación o compresiones de la cisterna de la base). También en TCE graves sin lesiones, pero que en la exploración se evidencian posturas de decorticación uni o bilaterales o hipotensión arterial. Por último, en politraumatismos graves y TCE en el que sea imposible un correcto seguimiento neurológico por otro motivo (lesión pulmonar o inestabilidad hemodinámica) también estaría indicada la monitorización. En pacientes sin indicación clara (TCE moderado con lesiones de riesgo), o en los primeros momentos de la atención, las técnicas no invasivas (diámetro de la vaina del nervio óptico o Doppler) pueden tener un papel relevante en el seguimiento y decisión definitiva de monitorización invasiva. En pacientes con monitorización invasiva estas técnicas mantienen su interés, ya que aportan información complementaria[68].

Presión perfusión cerebral

La monitorización de la PIC permite el cálculo de la presión de perfusión cerebral (PPC): PPC = tensión arterial media (TAM)-PIC. El clínico puede actuar sobre la PPC (disminuir la PIC, aumentar la TAM o ambos). Es importante ajustar el objetivo de PPC en función de la edad: menores de 2 años > 45 mm Hg, entre 2 a 8 años > 60 mm Hg y en mayores de 8 años > 70 mm Hg[69].

Neuromonitorización multimodal

Flujo cerebral y autorregulación

Existe consenso sobre la necesidad de incorporar parámetros complementarios a la PIC, como la autorregulación, la oxigenación y el metabolismo cerebral. La pérdida de autorregulación (AC) es común después del TCE, haciendo más vulnerable el cerebro, siendo insuficiente el manejo guiado por objetivos fijos de PPC. Así por ejemplo, con la pérdida de la AC se incrementa el riesgo de edema cerebral, mientras que pacientes con AC preservada pueden beneficiarse de PPC superiores produciendo un descenso de la PIC[70]. Para la valoración de la AC destaca el índice de reactividad (PRx). Este es un coeficiente de correlación móvil entre los cambios espontáneos de onda lenta entre la TAM y la PIC durante una ventana de 5 minutos. Puede tomar valores de −1 a +1; los valores negativos representan una relación inversa y una AC intacta (mejor resultado clínico), mientras que los valores positivos indican alteración de la AC[71]. Mediante la construcción de la curva de PPC-PRx se puede calcular la PPC óptima, siendo la zona de la curva que hace más negativa la PRx. También permite el tratamiento de la hipertensión endocraneal con incrementos de PPC siempre que la AC se halle conservada (PRx < 0). La evidencia es limitada en los niños a la espera de ensayos, siendo prometedores los resultados en adultos[65]. El Doppler transcraneal mide la velocidad del flujo sanguíneo cerebral y se usa para calcular el índice de pulsatilidad, estimando la PIC y la PPC. En pediatría se ha descrito una buena correlación en la determinación de la PPC, aunque la evidencia sobre la utilidad de las fórmulas para estimar la PIC no es concluyente[62].

Oxigenación y metabolismo

La oximetría cerebral con espectroscopia de infrarrojo cercano ofrece información sobre la oxigenación global en todos los compartimentos vasculares. Aunque su valor absoluto no ha demostrado utilidad, los cambios en el tiempo pueden ayudar en la monitorización de la perfusión cerebral[61]. La oxigenación cerebral tisular ($PTiO_2$) y la microdiálisis cerebral aportan información sobre la perfusión y metabolismo celular. La $PTiO_2$ ayuda a prevenir la hipoxia tisular y ajustar terapias para disminuir la PIC. En pediatría valores < 10-20 mm Hg se asocian a isquemia y peor pronóstico[58]. La microdiálisis permite analizar metabolitos cerebrales como glucosa y el lactato/piruvato, indicadores de isquemia o disfunción mitocondrial[72].

Manejo general acorde a la evidencia actual (guías *Pediatric brain trauma foundation*)

En las figuras 1 y 2 se proponen esquemas de tratamiento acordes con los algoritmos de manejo del TCE severo pediátrico propuestos por la *Brain trauma foundation*[73]. En la figura 1 se incluyen las medidas básicas que comprenden asegurar la vía aérea, la sedación y el mantenimiento de la homeostasis. Es indispensable la realización de una TC craneal para descartar lesiones que requieran de cirugía urgente. En el caso de que no sea así, se indica monitorización de la PIC. La herniación cerebral puede acontecer en cualquier momento, en la resucitación inicial o en el contexto de hipertensión intracraneal refractaria. Su tratamiento es emergente, independientemente del valor de la PIC. El tratamiento comprende la hiperventilación, la osmoterapia (siendo preferible el salino hipertónico por el menor riesgo de diuresis osmótica), el aumento de la TAM o la apertura del drenaje intraventricular externo. Aparte de tener un objetivo de PIC < 20 mm Hg y < 15 mm Hg en las craniectomías descompresivas, es importante tener una PPC > 40 mm Hg en niños pequeños y > 50 mm Hg en adolescentes, ayudándose del PRx para obtener el valor ideal. Si a pesar de las medidas de primer nivel el paciente persiste con hipertensión intracraneal, puede considerarse la realización de una craniectomía descompresiva (fig. 2). Entre las actuaciones médicas pueden incluirse el coma barbitúrico, la hipotermia moderada y la hiperventilación con niveles de CO_2 de 28-34 mm Hg vigilando la isquemia (monitorización oxigenación cerebral). En resumen, se debe integrar toda la información e implementar las guías de acuerdo con el contexto y respuesta del paciente.

Avances recientes y áreas de incertidumbre

En los últimos años se han producido avances relevantes en el manejo del traumatismo pediátrico (tabla 6), aunque persisten importantes lagunas de conocimiento. A continua-

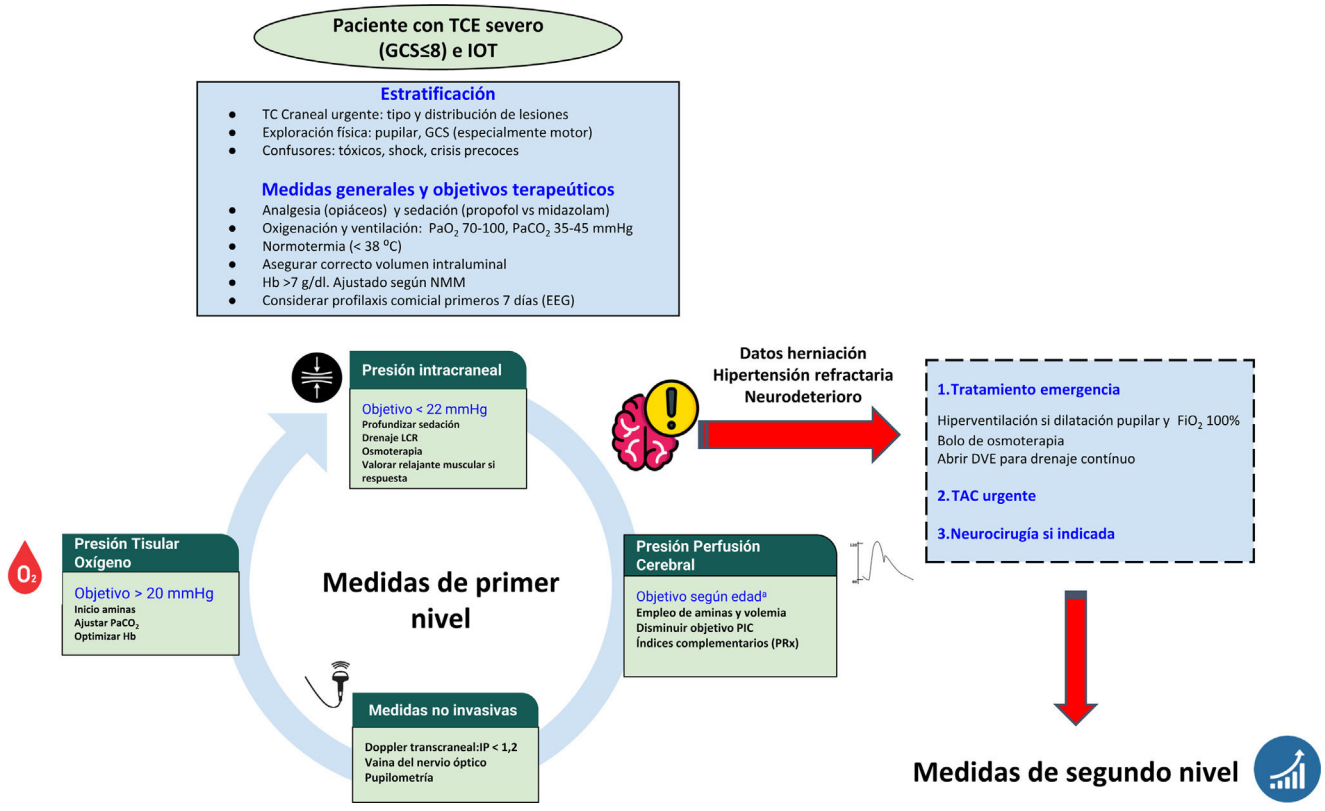

Figura 1 Algoritmo de tratamiento de primera línea del traumatismo craneoencefálico severo en pediatría.
DVE: drenaje ventricular externo; EEG: electroencefalograma; GCS: *Glasgow Coma Score*; Hb: hemoglobina; IOT: intubación orotraqueal; IP: índice de pulsatilidad; LCR: líquido cefalorraquídeo; NMM: neuromonitorización multimodal; $PaCO_2$: presión arterial de dióxido de carbono; PaO_2: presión arterial de oxígeno; PIC: presión intracraneal; PRx: índice de reactividad de la presión;TCE: traumatismo craneoencefálico.
[a]Objetivo de presión de perfusión cerebral en función de la edad: menores de 2 años > 45 mm Hg, entre 2 a 8 años > 60 mm Hg y en mayores de 8 años > 70 mm Hg.

Tabla 6 Evidencias recientes en el traumatismo pediátrico

Aspecto	Impacto esperado	Tipo de estudio	Autor, año
Empleo de listas de verificación para centros de traumatismo pediátrico	Mejora de los desenlaces	Estudio de cohortes Consenso Delphi	Melhado et al.[75]; 2024 Gómez et al.[76]; 2024
Estandarización del protocolo FAST en pediatría	Aumento de la reproductibilidad	Consenso de Delphi	Kornblith et al.[78]; 2022
Eficacia del ácido tranexámico	Mejora de los desenlaces	Estudio de cohortes	Hamele et al.[51]; 2020
Efecto de las ratios de transfusión	Mejora de los desenlaces	Estudio de cohortes	Spinella et al.[41]; 2022
Empleo de sangre completa	Resultados exploratorios	Revisión sistemática	Park et al.[42]; 2025
Manejo del traumatismo de víscera maciza	Mejora en la calidad de la asistencia	Guía de práctica clínica (Sociedad Americana de Cirugía Pediátrica)	Williams et al.[55]; 2023
Profilaxis de las crisis comiciales postraumáticas	Resultados exploratorios	Estudio de cohortes	Bell et al.[80]; 2017

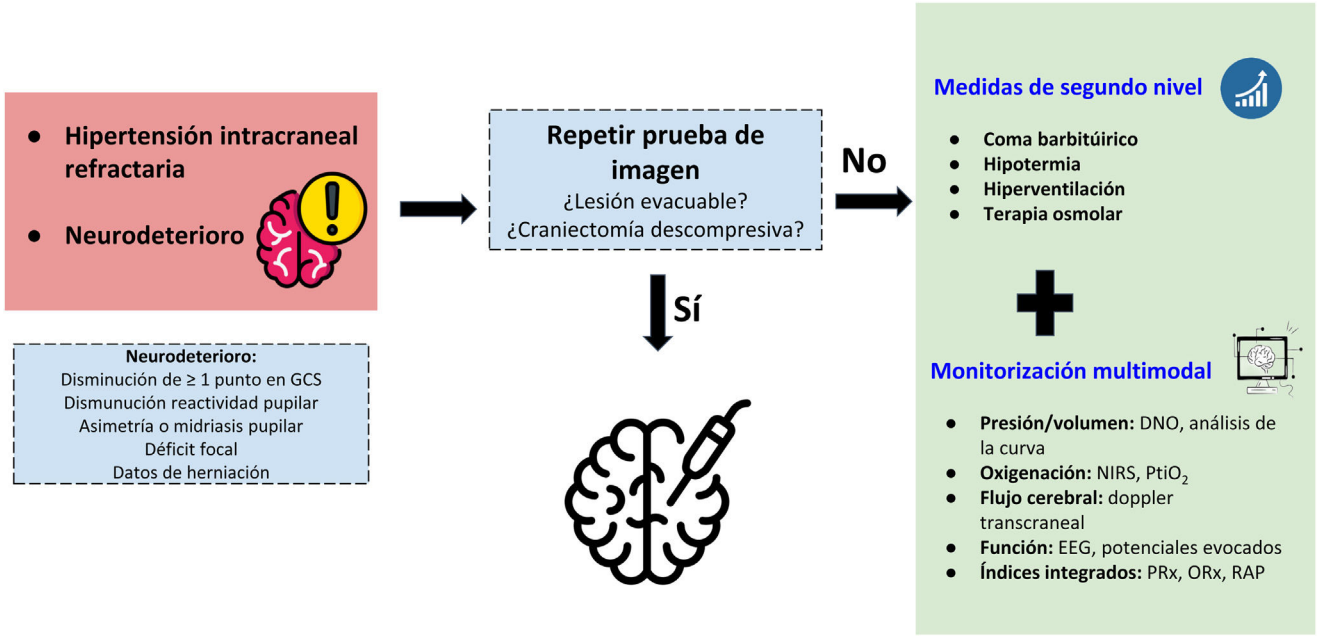

Figura 2 Algoritmo de tratamiento de segunda línea del traumatismo craneoencefálico severo en pediatría.
DNO: diámetro nervio óptico; EEG: electroencefalograma; GCS: *Glasgow Coma Scale*; NIRS: espectroscopia cercana al infrarrojo; ORx: índice de reactividad de oxígeno; PRx: índice de reactividad a la presión; $PtiO_2$: presión tisular de oxígeno; RAP: reserva compensatoria cerebrovascular.

ción, se resumen algunas propuestas recientes y líneas de desarrollo prioritarias.

En el ámbito prehospitalario y de triaje publicaciones recientes proponen una versión del *Trauma injury severity score* pediátrico[12]. También modelos adaptados para entornos con bajos recursos, como el *Pediatric resuscitation and trauma outcome* podrían resultar útiles[74]. Destaca el empleo de listas de verificación para centros de traumatismo pediátrico que incluyen la disponibilidad de personal, equipamiento y protocolos. Su uso se asocia a menor mortalidad en el primer año, si el cumplimiento es alto[75]. En la misma línea un grupo español propone el uso de listas de verificación durante la atención inicial para mejorar la calidad de la asistencia[76].

Entre las posibles mejoras organizativas destaca el desarrollo de los ST en nuestro entorno. España carece de una estrategia coordinada que impulse su desarrollo, tanto para la población pediátrica como para la adulta. Algunas comunidades autónomas han avanzado con la creación de «códigos trauma», incluyendo criterios de derivación y categorización de hospitales. Son experiencias heterogéneas y de aplicación limitada. Sería crucial que los organismos sanitarios impulsen la implantación de un plan integrado en todos los territorios, con formación, investigación y registros[77].

Respecto a la atención inicial y resucitación, la incorporación de la ecografía ha sido progresiva. No obstante, su validez en pediatría es limitada, por lo que se han propuesto consensos recientes para mejorar la estandarización y facilitar su incorporación[78]. También se ha producido un incremento del uso de las técnicas endovasculares. A pesar de los resultados su uso es bajo, por lo que se recomienda su integración en los protocolos locales. En el manejo del shock destaca el uso de hemoderivados y hemocomponentes (tabla 6). Es preciso señalar que la mayoría de la evidencia es observacional o extrapolada de adultos, lo que subraya la necesidad de más investigación específica[37]. Para ello, el empleo de registros multidisciplinares puede ser un recurso útil capaz de mejorar la asistencia clínica e impulsar la investigación[79].

Respecto al TCE cabe destacar el desarrollo de la cohorte *Approaches and decisions for acute pediatric TBI*, que incluye 1.000 pacientes con traumatismo craneal y que cuenta con diversas publicaciones recientes que han contribuido al estado actual de la evidencia[80] (tabla 6).

Conclusiones

El traumatismo es la principal causa de mortalidad en niños, lo que exige una atención adaptada a sus particularidades. La implantación de sistemas de trauma integrados con el despliegue de códigos es clave para mejorar los resultados. Las estrategias de resucitación deben centrarse en identificar precozmente el shock y utilizar hemoderivados de forma racional, aunque la evidencia es emergente. En el TCE, la neuromonitorización avanzada permite un manejo más preciso con mejoras pronósticas asociadas. Persisten brechas relevantes que requieren impulsar la investigación en traumatismo pediátrico y el desarrollo de registros.

Financiación

Ninguna para el presente proyecto.

Declaración sobre el uso de la IA generativa y de las tecnologías asistidas por la IA en el proceso de redacción

Se ha empleado para la corrección de errores tipográficos y ortográficos, no para generación de contenidos.

Todos los autores han contribuido en el presente manuscrito han dado su aprobación.

Conflicto de intereses

Ninguno relevante.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en https://doi.org/10.1016/j.medin.2025.502388.

Bibliografía

1. Instituto Nacional de Estadística [consultado Sep 2025]. Disponible en: https://ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176780&menu=ultiDatos&idp=1254735573175; 2025.
2. Futch HS, Newman SH, Onyewuenyi AC, Mulugeta MG, Blackwell LS, Verma MS, et al. Special pediatric considerations in the management of severe traumatic brain injury and spinal cord injury. Neurosurg Clin N Am. 2025;36:333–41.
3. Greene AC, Shpigel M, Sandifer SP, Safford SD. Pediatric trauma—Not just little adults—Part 1: Differences in physiology and injury patterns. Curr Surg Rep. 2024;12:186–95.
4. Ciorba MC, Maegele M. Polytrauma in children—Epidemiology, acute diagnostic evaluation, and treatment. Deutsch Arzteblatt Int. 2024;121:291–7.
5. Galardi MM, Strahle JM, Skidmore A, Kansagra AP, Guilliams KP. Cerebrovascular complications of pediatric blunt trauma. Pediatr Neurol. 2020;108:5–12.
6. Galos D, Doering TA. High-energy fractures of the pelvis and acetabulum in pediatric patients. J Am Acad Orthop Surg. 2020;28:353–62.
7. Committe on pediatric eemergency medicine. Management of pediatric trauma. Pediatrics. 2016;138:138, http://dx.doi.org/10.1542/peds.2016-1569.
8. Committee on Trauma, American College of Surgeons. Resources for Optimal Care of the Injured Patient.; 2022 [consultado Sep 2025]. Disponible en: https://www.facs.org/quality-programs/trauma/quality/verification-review-and-consultation-program/standards/
9. Allen CJ, Wagenaar AE, Horkan DB, Baldor DJ, Hannay WM, Tashiro J, et al. Predictors of mortality in pediatric trauma: Experiences of a level 1 trauma center and an assessment of the International Classification Injury Severity Score (ICISS). Pediatr Surg Int. 2016;32:657–63.
10. Tepas JJ, Mollitt DL, Talbert JL, Bryant M. The pediatric trauma score as a predictor of injury severity in the injured child. J Pediatr Surg. 1987;22:14–8.
11. Ramenofsky ML, Ramenofsky MB, Jurkovich GJ, Threadgill D, Dierking BH, Powell RW. The predictive validity of the Pediatric Trauma Score. J Trauma. 1988;28:1038–42.
12. De los Ríos-Pérez A, García A, Cuello L, Rebolledo S, Fandiño-Losada A. Performance of the Paediatric Trauma Score on survival prediction of injured children at a major trauma centre: A retrospective Colombian cohort, 2011-2019. Lancet Reg Health. 2022;13:100312.
13. Eithun B, Gosain A. Multidisciplinary approach to decrease pediatric trauma undertriage. J Surg Res. 2016;205:482–9.
14. Newgard CD, Fischer PE, Gestring M, Michaels HN, Jurkovich GJ, Lerner EB, et al. National guideline for the field triage of injured patients: Recommendations of the National Expert Panel on Field Triage, 2021. J Trauma Acute Care Surg. 2022;93:e49–60.
15. Sathya C, Alali AS, Wales PW, Scales DC, Karanicolas PJ, Burd RS, et al. Mortality among injured children treated at different trauma center types. JAMA Surg. 2015;150:874–81.
16. Khalil M, Alawwa G, Pinto F, O'Neill PA. Pediatric mortality at pediatric versus adult trauma centers. J Emerg Trauma Shock. 2021;14:128–35.
17. Moore L, Freire G, Turgeon AF, Bérubé M, Boukar KM, Tardif PA, et al. Pediatric vs adult or mixed trauma centers in children admitted to hospitals following trauma: A systematic review and meta-analysis. JAMA Netw Open. 2023;6:e2334266.
18. Miyata S, Cho J, Lebedevskiy O, Matsushima K, Bae E, Bliss DW. Trauma experts versus pediatric experts: comparison of outcomes in pediatric penetrating injuries. J Surg Res. 2017;208:173–9.
19. Freire GC, Beno S, Yanchar N, Weiss M, Stang A, Stelfox T, et al. Clinical practice guideline recommendations for pediatric multisystem trauma care: A systematic review. Ann Surg. 2023;278:858–64.
20. Domínguez Sampedro P, Cañadas Palazón S, de Lucas García N, Balcells Ramírez J, Martínez Ibáñez V. Asistencia inicial al traumatismo pediátrico y reanimación cardiopulmonar. An Pediatr. 2006;65:586–606.
21. Travería Casanova FJ, Alonso Fernández G, Olivé Cavero M, Domínguez Sampedro P, Sánchez Valero P, Cañadas Palazón S. Manual de movilización e inmovilización en la atención inicial al trauma pediátrico. Ergon; 2017.
22. Dietrich AM, Shaner S. En: Campbell J, editor. Pediatric trauma life support: for prehospital care providers. 3rd ed. Downers Grove, Ill: International Trauma Life Support; 2009.
23. Merelman A, Perlmutter M, Strayer R. Alternatives to rapid sequence intubation: Contemporary airway management with ketamine. West J Emerg Med. 2019;20:466–71.
24. Schmucker Agudelo E, Farré Pinilla M, Andreu Riobello E, Franco Castanys T, Villaverde Castillo I, Monclus Diaz E, et al. An update in paediatric airway management. Rev Esp Anestesiol Reanim Engl Ed. 2022;69:472–86.
25. Coté CJ, Hartnick CJ. Pediatric transtracheal and cricothyrotomy airway devices for emergency use: Which are appropriate for infants and children? Paediatr Anaesth. 2009;19 Suppl 1:66–76.
26. Bird R, Braunold D, Matava CT. En: En: Von Ungern-Sternberg B, editor. Chest trauma in children—what an anesthesiologist should know, 32. Pediatr Anesth; 2022. p. 340–5.
27. Van De Voorde P, Turner NM, Djakow J, de Lucas N, Martinez-Mejias A, Biarent D, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Paediatric life support. Resuscitation. 2021;161:327–87.
28. Vassallo J, Nutbeam T, Rickard AC, Lyttle MD, Scholefield B, Maconochie IK, et al. Paediatric traumatic cardiac arrest: The development of an algorithm to guide recognition, management and decisions to terminate resuscitation. Emerg Med J. 2018;35:669–74.
29. Stolz L, Situ-LaCasse E, Acuña J, Thompson M, Hawbaker N, Valenzuela J, et al. What is the ideal approach for emergent pericardiocentesis using point-of-care ultrasound guidance? World J Emerg Med. 2021;12:169.
30. Su M, McArthur D, Lerner J, Arndt D, Matsumoto J, Valino H, et al. Timing matters: Early post traumatic seizures in a pediatric population. Neurology. 2013;80. P01.024.

31. Hornig GW. Flushing in relation to a possible rise in intracranial pressure: Documentation of an unusual clinical sign: Report of five cases. J Neurosurg. 2000;92:1040–4.
32. Mishra NR, Agrawal A, Das RR. Hypertonic saline vs. mannitol in management of elevated intracranial pressure in children: A meta-analysis. Indian J Pediatr. 2023;90: 899–906.
33. Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, Cerny V, Cimpoesu D, Curry N, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: Sixth edition. Crit Care. 2023;27:80.
34. Holmes JF, Gladman A, Chang CH. Performance of abdominal ultrasonography in pediatric blunt trauma patients: A meta-analysis. J Pediatr Surg. 2007;42:1588–94.
35. Greene AC, Sandifer SP, Shpigel M, Safford SD. Pediatric Trauma—Not Just Little Adults-Part 2: Differences in radiographic workup and management. Curr Surg Rep. 2024;12:196–204.
36. Leonard JC, Josephson CD, Luther JF, Wisniewski SR, Allen C, Chiusolo F, et al. Life-threatening bleeding in children: A prospective observational study. Crit Care Med. 2021;49:1943–54.
37. Russell RT, Bembea MM, Borgman MA, Burd RS, Gaines BA, Jafri M, et al. Pediatric traumatic hemorrhagic shock consensus conference research priorities. J Trauma Acute Care Surg. 2023;94 1 S Suppl 1:S11–8.
38. Advanced trauma life support: student course manual. Eleven edition Chicago, IL: American College of Surgeons; 2025.
39. Philbeck TE, McDonald JG, Carew M, Ross C. Retrospective observational study of safety, performance, and duration of use of battery-powered intraosseous access device in pediatric patients. SAGE Open Med. 2024;12, 20503121241306959.
40. Polites SF, Nygaard RM, Reddy PN, Zielinski MD, Richardson CJ, Elsbernd TA, et al. Multicenter study of crystalloid boluses and transfusion in pediatric trauma-When to go to blood? J Trauma Acute Care Surg. 2018;85:108–12.
41. Spinella PC, Leonard JC, Marshall C, Luther JF, Wisniewski SR, Josephson CD, et al. Transfusion ratios and deficits in injured children with life-threatening bleeding. Pediatr Crit Care Med. 2022;23:235–44.
42. Park S, Rodriguez J, Zhang Z, Miyata S. Review of Low Titer Group O Whole Blood (LTOWB) transfusion in initial resuscitation of pediatric trauma patients: Assessing potential benefits. J Pediatr Surg. 2025;60:161892.
43. Gupta B, Garg N, Ramachandran R. Vasopressors: Do they have any role in hemorrhagic shock? J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2017;33:3–8.
44. Patregnani JT, Sochet AA, Klugman D. Short-Term peripheral vasoactive infusions in pediatrics: Where is the harm? Pediatr Crit Care Med. 2017;18:e378–81.
45. Russell RT, Esparaz JR, Beckwith MA, Abraham PJ, Bembea MM, Borgman MA, et al. Pediatric traumatic hemorrhagic shock consensus conference recommendations. J Trauma Acute Care Surg. 2023;94 1 S Suppl 1:S2–10.
46. Alberto EC, McKenna E, Amberson MJ, Tashiro J, Donnelly K, Thenappan AA, et al. Metrics of shock in pediatric trauma patients: A systematic search and review. Injury. 2021;52:3166–72.
47. Reppucci ML, Acker SN, Cooper E, Meier M, Stevens J, Phillips R, et al. Improved identification of severely injured pediatric trauma patients using reverse shock index multiplied by Glasgow Coma Scale. J Trauma Acute Care Surg. 2022;92:69–73.
48. Phillips R, Acker SN, Shahi N, Meier M, Leopold D, Recicar J, et al. The ABC-D score improves the sensitivity in predicting need for massive transfusion in pediatric trauma patients. J Pediatr Surg. 2020;55:331–4.
49. Evangelista ME, Gaffley M, Neff LP. Massive transfusion protocols for pediatric patients: Current perspectives. J Blood Med. 2020;11:163–72.
50. Arsenault V, Lieberman L, Akbari P, Murto K. The Canadian Obstetrical Pediatric Transfusion Network. Canadian tertiary care pediatric massive hemorrhage protocols: A survey and comprehensive national review. Can J Anesth Can Anesth. 2024;71:453–64.
51. Hamele M, Aden JK, Borgman MA. Tranexamic acid in pediatric combat trauma requiring massive transfusions and mortality. J Trauma Acute Care Surg. 2020;89 2 S Suppl 2:S242–5.
52. Annam A, Josephs S, Johnson T, Kulungowski AM, Towbin RB, Cahill AM. Pediatric trauma and the role of the interventional radiologist. Emerg Radiol. 2022;29:903–14.
53. Gates RL, Price M, Cameron DB, Somme S, Ricca R, Oyetunji TA, et al. Non-operative management of solid organ injuries in children: An American Pediatric Surgical Association Outcomes and Evidence Based Practice Committee systematic review. J Pediatr Surg. 2019;54:1519–26.
54. Kanani AN, Hartshorn S. NICE clinical guideline NG39: Major trauma: Assessment and initial management. Arch Dis Child - Educ Pract Ed. 2017;102:20–3.
55. Williams RF, Grewal H, Jamshidi R, Naik-Mathuria B, Price M, Russell RT, et al. Updated APSA Guidelines for the management of blunt liver and spleen injuries. J Pediatr Surg. 2023;58:1411–8.
56. Dewan MC, Mummareddy N, Wellons JC, Bonfield CM. Epidemiology of global pediatric traumatic brain injury: Qualitative review. World Neurosurg. 2016;91:497–509.e1.
57. Lang SS, Rahman R, Kumar N, Tucker A, Flanders TM, Kirschen M, et al. Invasive neuromonitoring modalities in the pediatric population. Neurocrit Care. 2023;38:470–85.
58. Stippler M, Ortiz V, Adelson PD, Chang YF, Tyler-Kabara EC, Wisniewski SR, et al. Brain tissue oxygen monitoring after severe traumatic brain injury in children: Relationship to outcome and association with other clinical parameters. J Neurosurg Pediatr. 2012;10:383–91.
59. Jiang J, Sari H, Goldman R, Huff E, Hanna A, Samraj R, et al. Neurological Pupillary Index (NPi) measurement using pupillometry and outcomes in critically ill children. Cureus. 2023;15:e46480.
60. Lioi F, Ramm-Pettersen J, Fratini A, Riva C, Colella N, Missori P. Ultrasonographic assessment of optic nerve sheath diameter as a screening tool for intracranial hypertension in traumatic brain injury. World Neurosurg. 2024;192:e42–8.
61. Ko TS, Catennacio E, Shin SS, Stern J, Massey SL, Kilbaugh TJ, et al. Advanced neuromonitoring modalities on the horizon: detection and management of acute brain injury in children. Neurocrit Care. 2023;38:791–811.
62. Lovett ME, Maa T, Moore-Clingenpeel M, O'Brien NF. Transcranial Doppler ultrasound findings in children with moderate-to-severe traumatic brain injury following abusive head trauma. Childs Nerv Syst. 2020;36:993–1000.
63. Vaewpanich J, Reuter-Rice K. Continuous electroencephalography in pediatric traumatic brain injury: Seizure characteristics and outcomes. Epilepsy Behav. 2016;62:225–30.
64. Thango NS, Rohlwink UK, Dlamini L, Tshavhungwe MP, Banderker E, Salie S, et al. Brain interstitial glycerol correlates with evolving brain injury in paediatric traumatic brain injury. Childs Nerv Syst. 2021;37:1713–21.
65. Agrawal S, Abecasis F, Jalloh I. Neuromonitoring in children with traumatic brain injury. Neurocrit Care. 2024;40:147–58.
66. Emami P, Czorlich P, Fritzsche FS, Westphal M, Rueger JM, Lefering R, et al. Impact of Glasgow Coma Scale score and pupil parameters on mortality rate and outcome in pediatric and adult severe traumatic brain injury: a retrospective, multicenter cohort study. J Neurosurg. 2017;126:760–7.
67. Volovici V, Pisică D, Gravesteijn BY, Dirven CMF, Steyerberg EW, Ercole A, et al. Comparative effectiveness of intracranial hypertension management guided by ventricular versus intra-

parenchymal pressure monitoring: A CENTER-TBI study. Acta Neurochir (Wien). 2022;164:1693–705.
68. Robba C, Pozzebon S, Moro B, Vincent JL, Creteur J, Taccone FS. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: an observational study. Crit Care. 2020;24:379.
69. Woods KS, Horvat CM, Kantawala S, Simon DW, Rakkar J, Kochanek PM, et al. Pediatr Crit Care Med. 2021;22:135–46.
70. Udomphorn Y, Armstead WM, Vavilala MS. Cerebral blood flow and autoregulation after pediatric traumatic brain injury. Pediatr Neurol. 2008;38:225–34.
71. Sorrentino E, Diedler J, Kasprowicz M, Budohoski KP, Haubrich C, Smielewski P, et al. Critical thresholds for cerebrovascular reactivity after traumatic brain injury. Neurocrit Care. 2012;16:258–66.
72. Hutchinson PJ, Jalloh I, Helmy A, Carpenter KLH, Rostami E, Bellander BM, et al. Consensus statement from the 2014 International Microdialysis Forum. Intensive Care Med. 2015;41:1517–28.
73. Kochanek PM, Tasker RC, Carney N, Totten AM, Adelson PD, Selden NR, et al. Guidelines for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition: Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines. Pediatr Crit Care Med. 2019;20 3 S Suppl 1:S1–82.
74. St-Louis E, Bracco D, Hanley J, Razek T, Baird R. Development and validation of a new pediatric resuscitation and trauma outcome (PRESTO) model using the U.S. National Trauma Data Bank. J Pediatr Surg. 2018;53:136–40.
75. Melhado C, Remick K, Miskovic A, Patel B, Hewes HA, Newgard CD, et al. The Association Between Pediatric Readiness and Mortality for Injured Children Treated at US Trauma Centers. Ann Surg. 2024;280:e26–33.
76. Gómez Veiras J, Lluna González J, Prieto Campo A, Gómez Tellado M, Alonso Jiménez L, López Díaz M, et al. Spanish primary care in pediatric trauma (AITP) consensus: An AITP checklist. Cir Pediatr. 2024;37:50–4.
77. Gauss T, de Jongh M, Maegele M, Cole E, Bouzat P. Trauma systems in high socioeconomic index countries in 2050. Crit Care. 2024;28.
78. Kornblith AE, Addo N, Plasencia M, Shaahinfar A, Lin-Martore M, Sabbineni N, et al. Development of a Consensus-based definition of focused assessment with sonography for trauma in children. JAMA Netw Open. 2022;5:e222922.
79. Chico Fernández M, García Fuentes C, Guerrero López F. Registros de trauma: una prioridad sanitaria, un proyecto estratégico para la SEMICYUC. Med Intensiva. 2013;37:284–9.
80. Bell MJ, Adelson PD, Wisniewski SR. Investigators of the ADAPT Study. Challenges and opportunities for pediatric severe TBI-review of the evidence and exploring a way forward. Childs Nerv Syst. 2017;33:1663–7.