



La tríada crítica en el trauma pediátrico: Construcción de un modelo predictivo para transfusión masiva

The critical triad in pediatric trauma: Development of a predictive model for massive transfusion

Laura Ordóñez-Arenas, MD¹ , Sergio Alzate-Ricaurte, MD² , Mateo Betancourt, MD² , Daniela Botero³ , Nathalia Fajardo³ , Ana de los Ríos, MD⁴ , Alberto F. García, MD, MSc⁵ 

- 1 Programa de especialización en Cirugía general, Universidad Icesi, Cali, Colombia.
- 2 Centro de Investigaciones Clínicas, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.
- 3 Programa de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Icesi, Cali, Colombia.
- 4 Departamento de Pediatría, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.
- 5 Sección de Cirugía de Trauma y emergencias, Departamento de Cirugía, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.

Resumen

Introducción. Las lesiones por trauma son un problema de salud pública. En la población pediátrica producen más años de vida perdidos que las enfermedades infecciosas y el cáncer. Una de las primeras causas de mortalidad en los niños es la exanguinación. Los protocolos de transfusión masiva y los predictores para activarlos han demostrado disminución de la mortalidad en los adultos. El objetivo de este estudio fue identificar los predictores de transfusión masiva (TM) en pacientes pediátricos con lesiones traumáticas y desarrollar un sistema de predicción en un centro de trauma en Cali, Colombia.

Métodos. Estudio de cohorte retrospectiva en pacientes menores de 18 años con trauma que recibieron hemocomponentes en un centro de trauma entre 2011 y 2019. Se definió TM como la administración ≥ 40 ml/kg/24 horas. Se recolectaron variables clínicas, fisiológicas y transfusionales. Se creó un modelo que fue validado internamente.

Resultados. Ingresaron 1430 pacientes por trauma; 200 recibieron transfusión. La regresión logística multivariable mostró como predictores de TM las lesiones severas en tórax (OR 3,11; RIC 1,22–7,93) y abdomen (OR 5,12; RIC 2,04–12,84) y la variable creada a partir del inverso del índice de shock multiplicada por el GCS [rSIG] (OR 0,89; RIC 0,83–0,95). El modelo mostró una buena capacidad discriminativa (AUROC 0,74; IC_{95%} 0,67–0,82) y ajuste (Hosmer-Lemeshow p=0,59).

Conclusión. La inclusión de variables clínicas (como rSIG) y de severidad anatómica en un modelo predictivo de TM en trauma pediátrico permite desarrollar herramientas que mejoran la toma de decisiones en contextos críticos.

Palabras clave: transfusión de componentes sanguíneos; heridas y lesiones; pediatría; centros traumatológicos; medición de riesgo; algoritmos de predicción.

Fecha de recibido: 30/06/2025 - Fecha de aceptación: 08/08/2025 - Publicación en línea: 22/12/2025

Correspondencia: Laura Ordóñez-Arenas, Carrera 85 # 14^a-110, Cali, Colombia. Código postal 760032. Teléfono: +57 3168997481.

Dirección electrónica: laura.ordonez.ar@fvl.org.co

Citar como: Ordóñez-Arenas L, Alzate-Ricaurte S, Betancourt M, Botero D, Fajardo N, De los Ríos A, García AF. La tríada crítica en el trauma pediátrico: Construcción de un modelo predictivo para transfusión masiva. Rev Colomb Cir. 2026;41:116-29.

<https://doi.org/10.30944/20117582.3058>

Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons - BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Abstract

Introduction. Traumatic injuries are a public health problem. In the pediatric population, they cause more years of life lost than infectious diseases and cancer. One of the leading causes of mortality in children is exsanguination. Massive transfusion protocols and the predictors for their activation have been shown to decrease mortality in adults. The objective of this study was to identify predictors of massive transfusion (MT) in pediatric patients with traumatic injuries and to develop a prediction system in a trauma center.

Methods. A retrospective cohort study was conducted in trauma patients younger than 18 years of age who received blood components at a trauma center in Cali, Colombia, between 2011 and 2019. TM was defined as administration of ≥ 40 ml/kg/24 hours. Clinical, physiological, and transfusion variables were collected. A model was created and internally validated.

Results. A total of 1430 patients were admitted for trauma; 200 received transfusions. Multivariate logistic regression showed severe chest (OR 3.11; IQR 1.22–7.93) and abdominal (OR 5.12; IQR 2.04–12.84) injuries and the variable created from the inverse of the shock index multiplied by the GCS [rSIG] (OR 0.89; IQR 0.83–0.95) as predictors of TM. The model showed good discriminatory capacity (AUROC 0.74; 95% CI 0.67–0.82) and fit (Hosmer-Lemeshow $p=0.59$).

Conclusion. The inclusion of clinical variables (such as rSIG) and anatomical severity in a predictive model of TM in pediatric trauma allows for the development of tools that improve decision-making in critical contexts.

Key words: blood component transfusion; wounds and injuries; pediatrics; trauma centers; risk assessment; prediction algorithms.

Introducción

Las lesiones por trauma constituyen un problema de salud pública a nivel mundial^{1,2}. El trauma es la principal causa de muerte en menores de 45 años y la tercera causa de mortalidad en general en el mundo, con aproximadamente 1,6 millones de muertes por año³. La exanguinación constituye la segunda causa de mortalidad entre los pacientes con lesiones traumáticas, después de las lesiones del sistema nervioso central^{4,5}. En Colombia, el trauma asociado a lesiones de causa externa (violentas o accidentales) ocupa los primeros lugares entre las causas de mortalidad⁶.

El trauma pediátrico no es ajeno a esta realidad. En esta población, las lesiones traumáticas producen más años de vida perdidos que las enfermedades infecciosas, el cáncer y la muerte súbita⁷⁻⁹. En Estados Unidos, la tasa de mortalidad por lesiones exanguinantes asociadas al trauma en pacientes pediátricos oscila entre el 36 y el 50 %, cifras superiores a las reportadas en adultos, que varían entre el 20 y el 24 %^{10,11}. Las lesiones exanguinantes son una causa de mortalidad

prevenible en el paciente pediátrico crítico y afectan aproximadamente al 20 % de la población infantil ingresada en las unidades de cuidado intensivo¹². En Colombia, la violencia interpersonal y las lesiones secundarias a accidentes de tránsito reúnen la primera causa de muerte en pacientes pediátricos mayores de 5 años¹³⁻¹⁵.

En respuesta a esta problemática, la resucitación de control de daños descrita en los pacientes adultos se ha adaptado a la población pediátrica con hemorragia de etiología traumática o médica¹⁶. Con el objetivo de resolver el choque de etiología hemorrágica, esta propuesta abarca los principios de la reanimación hemostática, con la administración de hemocomponentes balanceados, el uso de adyuvantes hemostáticos y la restauración del volumen en busca del control del choque hipovolémico¹⁷. Es por ello por lo que se ha planteado el concepto de transfusión masiva en el paciente pediátrico.

La instauración de un protocolo de transfusión masiva requiere la participación interdisciplinaria del servicio de emergencias, el equipo quirúrgico,

de anestesiología y el banco de sangre, con el objetivo de sistematizar los procesos para lograr una intervención oportuna que impacte en la reducción de la mortalidad.

El primer paso es la utilización de elementos predictores que faciliten la activación del proceso en contextos emergentes¹⁸. Los modelos de predicción permiten identificar a pacientes de alto riesgo antes de que su condición se traduzca en un mayor costo económico y en una mayor carga de enfermedad¹⁹. En los pacientes adultos con lesiones traumáticas se han descrito diferentes escalas de predicción para determinar la necesidad de transfusión masiva²⁰. Sin embargo, en la población pediátrica esto todavía es objeto de debate.

Por un lado, el comportamiento del trauma en los niños y la estimación de las pérdidas de volumen es diferente a los adultos. Además, en Colombia el comportamiento del trauma es distinto al reportado en otros países donde se ha estudiado esta problemática, con mayor prevalencia de trauma penetrante sobre el trauma cerrado²¹. Por ello, el objetivo de este estudio fue la identificación de variables predictoras de transfusión masiva en pacientes pediátricos con lesiones traumáticas atendidos en un centro de trauma en la ciudad de Cali, Colombia, con el fin de desarrollar un sistema de predicción sencillo y efectivo.

Métodos

Diseño del estudio y población

Se realizó un estudio observacional analítico de cohorte retrospectiva en el que se incluyeron los pacientes menores de 18 años quienes ingresaron a la Fundación Valle del Lili, un centro de trauma en la ciudad de Cali, Colombia, por presentar lesiones traumáticas entre los años 2011 y 2019 y recibieron al menos una unidad de hemocomponentes como parte de las intervenciones terapéuticas. Los criterios de exclusión fueron ingreso por quemaduras, pacientes en estado de embarazo, o más de 24 horas desde el trauma hasta el ingreso.

La información se obtuvo mediante la búsqueda de pacientes con diagnóstico de acuerdo con la clasificación estadística internacional de

enfermedades y problemas relacionados con la salud (CIE-10) entre los códigos S00 y T149.

Tamaño de la muestra

Para realizar un modelo predictivo, Peduzzi P, et al.^{22,23}, propusieron que fuese necesario disponer de al menos diez eventos por cada predictor incluido en la regresión logística, basándose en simulaciones que demostraron que este umbral minimiza el sesgo, estabiliza los coeficientes y previene el sobreajuste del modelo. En nuestro estudio, al contemplar tres variables independientes y contar con una proporción histórica de transfusión masiva de 43/200 ($p = 0,215$), la muestra total requerida se obtuvo mediante la fórmula:

$$N = (\text{Eventos por variable} * K) / p$$

Que en nuestra investigación correspondió a:

$$N = (10 * 3) / 0,215 = 139,5.$$

Con este tamaño muestral de 140 pacientes, se proyectó observar al menos 30 eventos, asegurando el cumplimiento del umbral de 10 eventos por variable y, de este modo, optimizando la precisión interna del modelo, controlando adecuadamente el error estándar de los coeficientes y manteniendo la potencia estadística suficiente para detectar asociaciones significativas.

Transfusión masiva

En los pacientes pediátricos, la pérdida masiva de sangre se cimenta en el peso. En la literatura tanto en contexto de trauma de guerra como en población civil se ha definido como transfusión masiva (TM) la administración de 40 ml/kg de productos sanguíneos o más, recibidos entre 4 y 24 horas^{24,25}. Por ende, para nuestro estudio se definió TM como la administración de 40 ml/kg de productos sanguíneos en las primeras 24 horas después del trauma.

Definición de las variables

Se documentaron características demográficas (edad y sexo), variables fisiológicas (incluyendo signos vitales ajustados por la edad), peso y talla al ingreso, mecanismo del trauma y ocurrencia de

muerte. La gravedad de las lesiones fue evaluada mediante la escala abreviada de severidad de trauma (AIS)²⁶ y el índice de severidad del trauma (ISS)²⁷. Las variables transfusionales incluyeron el tipo de hemocomponente, el volumen y el tiempo de administración.

Se definió el estado de hipotensión de acuerdo con el Soporte Vital Avanzado Pediátrico (PALS)²⁸. El índice de shock (IS) se ajustó según la edad. Se creó una variable que combinó el estado hemodinámico y neurológico multiplicando el inverso del IS por el valor de la escala de coma de Glasgow (GCS), que se denominó el rSIG.

Recolección y análisis de datos

Las características clínicas y demográficas se extrajeron de los datos del registro; la información adicional fue obtenida de las historias clínicas de los pacientes y los registros del banco de sangre institucional.

Los análisis descriptivos se realizaron según la distribución y el tipo de cada variable: aquellas con distribución paramétrica se describieron con la media y la desviación estándar (DE), mientras que las variables con distribución no paramétrica se resumieron mediante la mediana y el rango intercuartílico (RIC). Las variables categóricas se reportaron como frecuencias y porcentajes.

Para comparar las variables categóricas, se calcularon las frecuencias esperadas y se aplicó, según correspondiese, la prueba de chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher. Para variables continuas con distribución paramétrica, se evaluó la homogeneidad de varianzas y se realizaron comparaciones mediante la prueba t de Student o la prueba t de Welch. Las variables no paramétricas fueron comparadas mediante la prueba U de Mann-Whitney.

Se emplearon *odds ratios* (OR) con intervalos de confianza del 95 % (IC_{95%}) para expresar las asociaciones entre cada variable y el resultado de interés. Todas las pruebas estadísticas fueron de dos colas, y un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo. Se exploraron posibles factores asociados con la transfusión masiva, incluyendo variables fisiológicas, así como

puntajes de gravedad anatómica y fisiológica. Se realizó análisis de regresión logística bivariada y multivariable por pasos (*stepwise*) para identificar las variables relevantes, minimizando el criterio de información de Akaike (AIC) para seleccionar el modelo que mejor se ajustaba, utilizando una combinación de métodos de selección hacia adelante y hacia atrás. Se calculó el ajuste y capacidad predictiva mediante el área bajo la curva del modelo (AUC). Los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico STATA versión 15.1 (StataCorp LLC: Stata Statistical Software. College Station, Estados Unidos).

Validación del modelo

La validación interna del modelo se realizó mediante *bootstrapping* con 1000 repeticiones, una técnica que permite estimar de forma robusta la estabilidad y el desempeño del modelo sin requerir una muestra externa. Esta metodología se utilizó para corregir el sobreajuste y evaluar la discriminación (mediante la estadística C) y la calibración del modelo (pendiente de calibración, intercepto en el eje de calibración [CITL] y razón eventos/esperados [E:O ratio]). La precisión global del modelo se evaluó mediante el Brier score.

Resultados

Un total de 1430 niños ingresaron por lesiones traumáticas a la Fundación Valle del Lili, en Cali, Colombia, entre los años 2011 y 2019. De ellos, 200 (13,9 %) recibieron transfusión de hemocomponentes durante las primeras 24 horas y 43 (21,5 %) cumplieron con los criterios de TM (Figura 1). La mayoría de los pacientes eran de sexo masculino (n=152; 76,0 %) y con trauma penetrante (n=121; 60,5 %). La mediana de edad fue de 14 años, con un RIC de 7 a 17 años (Tabla 1).

Análisis de transfusión masiva

Los pacientes que requirieron TM se presentaron al servicio de urgencias con mayor compromiso hemodinámico. Esto se reflejó en mayor alteración del IS (1,25; RIC 1-1,69; $p < 0,001$), taquicardia (31; 72,1 %; $p < 0,002$) e hipotensión (13; 30,2 %;

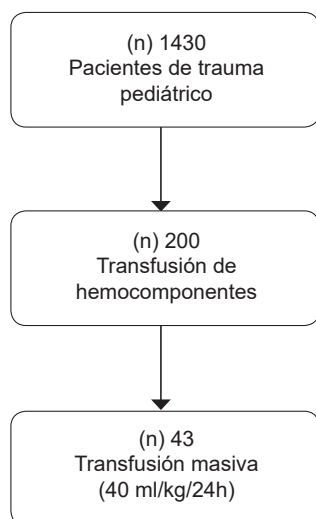


Figura 1. Flujograma de participantes en el estudio.

Fuente: propia de los autores.

$p < 0,04$]. El estado neurológico se vio más comprometido en este grupo y el grado de severidad del trauma según el ISS fue mayor; más pacientes presentaron lesiones severas en el tórax o en el abdomen.

La regresión logística multivariada (Tabla 2) identificó como predictores independientes de transfusión masiva la presencia de lesiones severas en el tórax (OR 3,11; RIC 1,22–7,93) o en el abdomen (OR 5,12; RIC 2,04–12,84) y la variable rSIG, creada a partir del inverso del SI multiplicada por el GCS (OR 0,89; RIC 0,83–0,95). El modelo mostró una buena capacidad discriminativa con un área bajo la curva (AUROC) de 0,74 (IC_{95%} 0,67–0,82) y una bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow con $p = 0,59$. Se realizó el cálculo de los coeficientes correspondientes de cada variable, como puede verse en la Tabla 3.

Tabla 1. Características basales de los pacientes incluidos en el estudio.

Variable	Total (n=200)	No transfusión masiva (n=157)	Transfusión masiva (n=43)	p
Edad, años, mediana (RIQ)	14 (7-16)	14 (7-16)	14 (7-17)	0,89*
Peso, kg, mediana (RIQ)	50 (25-60)	50 (25-60)	50 (16-60)	0,25
Sexo, masculino, n (%)	152 (76,0 %)	122 (77,7 %)	30 (69,8 %)	0,32†
Trauma penetrante, n (%)	121 (60,5 %)	93 (59,2 %)	28 (65,1 %)	0,59†
Índice de shock, mediana (RIQ)	1,1 (0,84-1,44)	1,06 (0,79-1,33)	1,35 (1-1,69)	<0,001*
SIPA elevado, n (%)	119 (59,5 %)	89 (56,7 %)	30 (69,8 %)	0,16†
Índice de shock inverso, mediana (RIQ)	0,91 (0,7-1,19)	0,94 (0,75-1,25)	0,73 (0,59-1)	<0,001*
rSIG, mediana (RIQ)	11,04 (5,75-14,94)	11,64 (6,53-15,73)	7,69 (4,07-11,51)	<0,001*
GCS <13, n (%)	87 (43,5 %)	63 (40,1 %)	24 (55,8 %)	0,08†
Taquicardia, n (%)	101 (50,5 %)	70 (44,6 %)	31 (72,1 %)	0,002†
Hipotensión ajustada por edad, n (%)	37 (18,5 %)	24 (15,3 %)	13 (30,2 %)	0,04†
ISS, mediana (RIQ)	17,5 (11,5-26,5)	17 (10-26)	21 (16-29)	0,21*
Abdomen AIS ≥ 4, n (%)	28 (14,0 %)	15 (9,6 %)	13 (30,2 %)	0,002†
Tórax AIS ≥ 4, n (%)	31 (15,5 %)	20 (12,7 %)	11 (25,6 %)	0,06†
Mortalidad, n (%)	27 (13,5 %)	17 (10,8 %)	10 (23,3 %)	0,04†

TM: Transfusión masiva; RIQ: Rango intercuartílico; SIPA: Índice de shock ajustado por edad; GCS: Escala de coma de Glasgow; rSiG: Índice de shock inverso × GCS; ISS: *Injury Severity Score*; AIS: *Abbreviated Injury Scale*; * Prueba de Wilcoxon–Mann–Whitney; † Prueba exacta de Fisher.

Fuente: elaborada por los autores.

Tabla 2. Análisis multivariado para transfusión masiva.

Variable	OR (IC _{95%})	p
rSIG	0,89 (0,83–0,95)	0,001
Trauma severo en tórax	3,11 (1,22–7,93)	0,018
Trauma severo en abdomen	5,12 (2,04–12,84)	0,0001

rSIG = índice de shock inverso × Escala de coma de Glasgow (GCS).

Fuente: elaborada por los autores.

Tabla 3. Coeficientes de los factores predictivos de transfusión masiva en la población pediátrica.

Variable	Coefficiente	Error estándar	Valor p	IC _{95%}
rSIG	-0,1186565	0,0356939	0,001	-0,1886154 -0,0486977
Trauma severo en tórax	1,133881	0,478081	0,018	0,1968598 2,070903
Trauma severo en abdomen	1,634045	0,4687442	0,0001	0,7153234 2,552767
Intercepto	-0,6394264	0,3892097	0,1	-1,402263 0,1234107

rSIG = índice de shock inverso × Escala de coma de Glasgow (GCS).

Fuente: elaborada por los autores.

La fórmula matemática resultante para la predicción de requerimiento de transfusión masiva se presenta en la Figura 2.

Para facilitar la aplicación de este cálculo matemático, se creó una calculadora usando las variables predictoras asociadas a la ecuación descrita (Figura 3) y se realizó un nomograma del modelo predictivo (Figura 4).

El análisis mostró que tanto la lesión abdominal severa como la lesión torácica severa se asociaron con un incremento discreto en el puntaje de riesgo, asignando un valor de hasta 5 puntos por variable. El rSIG, como variable continua, demostró una relación inversa con el riesgo de transfusión: valores más bajos de rSIG (indicativos de mayor inestabilidad hemodinámica) se asociaron con mayores puntajes en el nomograma. Por ejemplo, un rSIG de 3,14 correspondió a aproximadamente 10 puntos en la escala, mientras que valores de rSIG superiores a 20 se asociaron con menos de 2 puntos.

La suma de estos puntajes individuales permitió calcular una probabilidad estimada de transfusión masiva mediante la proyección sobre la escala

inferior del nomograma. Se observó una relación directamente proporcional entre el puntaje total y la probabilidad de requerir transfusión, con un total de 15 puntos asociado a una probabilidad aproximada del 70 %, y valores superiores a 17 puntos asociados a probabilidades mayores al 80 %.

Estimación de variabilidad estadística

El modelo fue ajustado utilizando remuestreo *bootstrap* con 1000 repeticiones, obteniéndose una estadística de Wald $\chi^2(3)=24,91$, con un valor de $p<0,001$, lo que indica que el conjunto de variables incluidas en el modelo presenta asociación significativa con la probabilidad de requerir transfusión masiva. El Pseudo R² de McFadden fue de 0,1375, lo que sugiere una capacidad explicativa moderada del modelo (Figura 5).

Perfil transfusional

En la Figura 6 se presenta un diagrama de caja que describe la distribución del número de unidades transfundidas de glóbulos rojos, plasma y plaquetas en los pacientes que recibieron TM. Se aprecia

$$\text{Probabilidad} = \frac{1}{1 + e^{-(-0,64 - 0,12 \times \text{rSIG} + 1,13 \times \text{Severidad tórax} + 1,63 \times \text{Severidad abdomen})}}$$

Figura 2. Fórmula para el cálculo de probabilidad de transfusión masiva. Tórax severo = 0 si el AIS de tórax es menor a 4. Puntaje de 1 si el AIS de tórax es mayor o igual a 4. Abdomen severo = 0 si el AIS de abdomen es menor a 4. Puntaje de 1 si el AIS de abdomen es mayor o igual a 4.

Fuente: propia de los autores.

Trauma pediátrico
Probabilidad de transfusión masiva

Introduzca la información

Presión arterial sistólica	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Frecuencia cardíaca	<input style="width: 100%;" type="text"/>
rSI	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Escala de coma de Glasgow	<input style="width: 100%;" type="text"/>
rSIG	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Trauma torácico severo (0: NO 1. Si)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Trauma abdominal severo (0: NO 1. Si)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Probabilidad de transfusión	<input style="width: 100%;" type="text"/>




Figura 3. A. Calculadora automática para el cálculo de predicción de transfusión masiva. B. Código QR para acceso a la calculadora.

Fuente: propia de los autores.

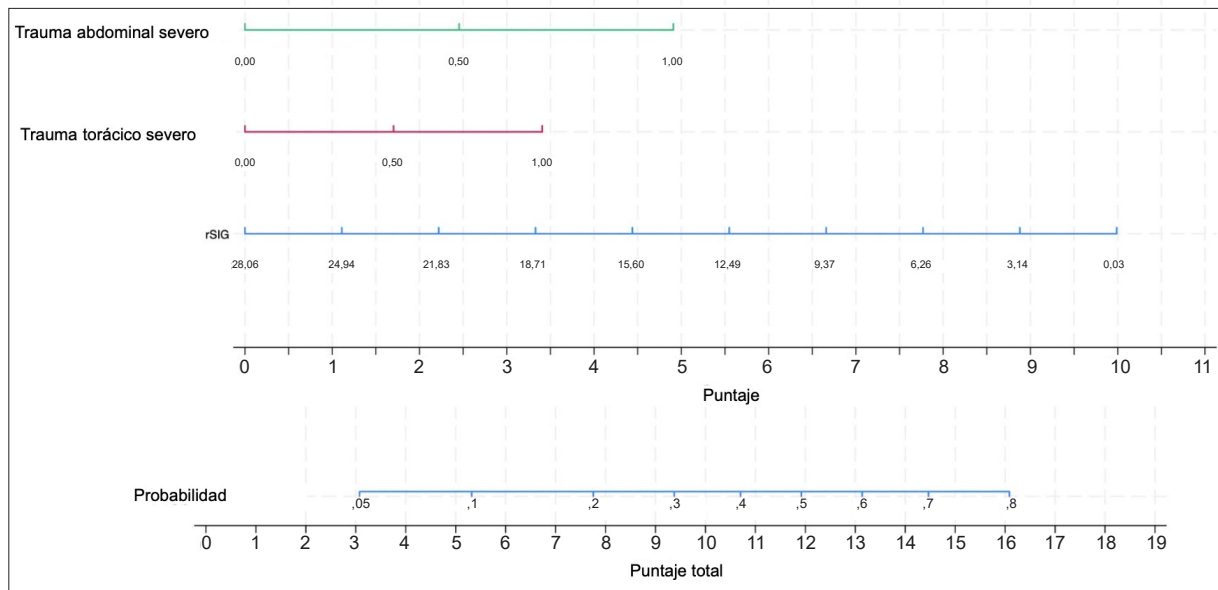


Figura 4. Normograma del modelo predictivo para transfusión masiva.

Fuente: propia de los autores.

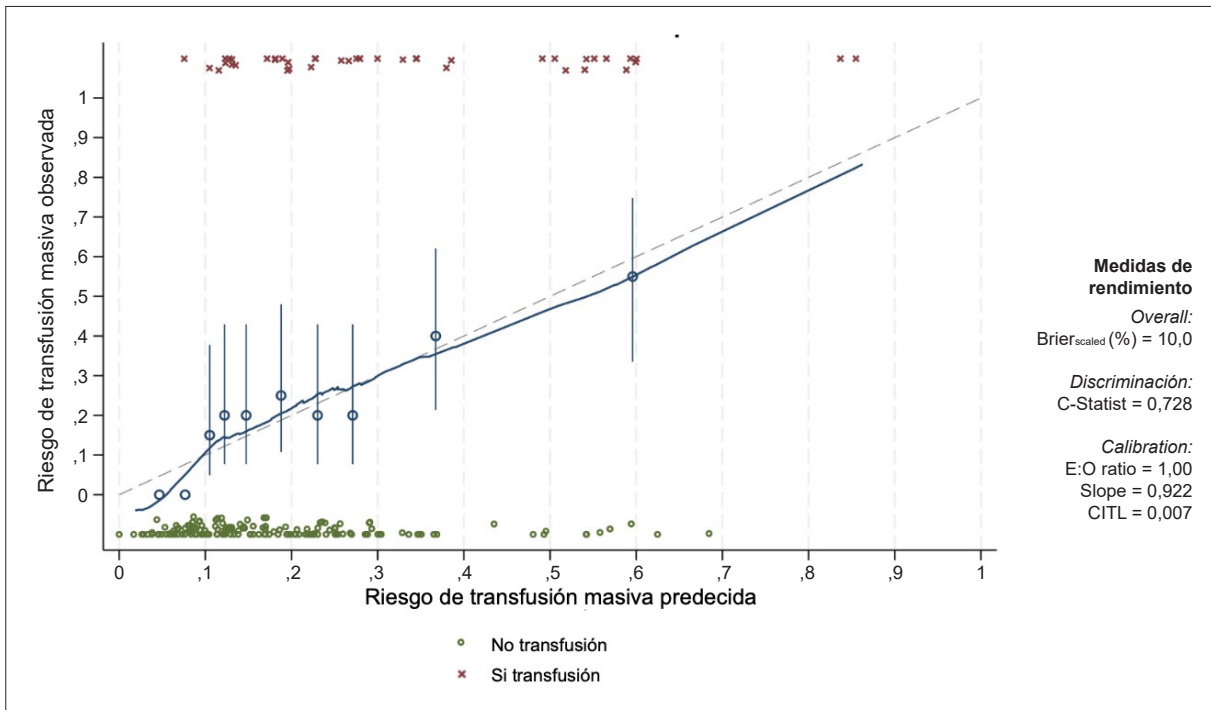


Figura 5. Curva de calibración del modelo predictivo tras validación interna mediante *bootstrapping*. La línea azul representa la relación entre el riesgo predicho y el riesgo observado del desenlace, comparada con la línea de referencia (línea punteada diagonal) que indica una calibración perfecta. Se observa una adecuada calibración general del modelo (E:O ratio=1000, slope=0,922, CITL=0,007) y una aceptable capacidad discriminativa (C-statistic=0,728). El valor del Brier score escalado fue de 10 %, indicando buena precisión en la predicción.

Fuente: propia de los autores.

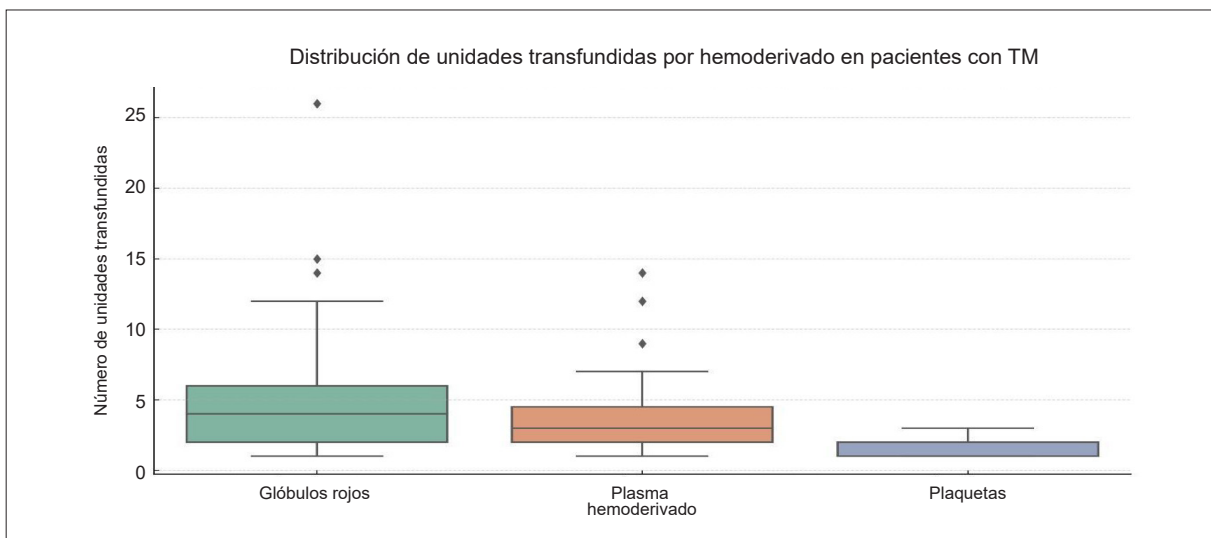


Figura 6. Distribución de hemocomponentes en pacientes con transfusión masiva.

Fuente: propia de los autores.

que el mayor volumen transfundido corresponde a los glóbulos rojos, con un rango de 1 a 26 unidades y una mediana de 2 unidades (percentiles 25–75: 2–4). Para el plasma, el rango de unidades fue de 1 a 14, con una mediana de 2 (percentiles 25–75: 1–3), mientras para el caso de las plaquetas, la distribución fue más estrecha, con un rango de 1 a 3 unidades y una mediana de 2 (percentiles 25–75: 1–2). Estos resultados reflejan la predominancia de los glóbulos rojos en el manejo transfusional de los pacientes con TM, seguidos por el plasma, mientras que las plaquetas se utilizaron en menor proporción y volumen, en una relación glóbulos rojos:plasma:plaquetas de 3:1,4:1.

Análisis de mortalidad en relación con la transfusión

Se construyó una curva de supervivencia para evaluar la relación entre el volumen de transfusión (mL/kg) y la probabilidad de supervivencia. La gráfica muestra un descenso progresivo en la probabilidad de supervivencia a medida que aumenta el volumen de transfusión administrado (Figura 7). Inicialmente, la probabilidad de supervivencia se mantuvo alta, cercana al 100 % para

volúmenes bajos (0-40 mL/kg). Sin embargo, a partir de este punto, se observó una caída escalonada, alcanzando niveles inferiores al 20 % en pacientes que recibieron volúmenes mayores a 150 mL/kg. En general, la gráfica muestra una tendencia inversa entre el volumen de transfusión y la probabilidad de supervivencia: a mayor volumen de transfusión, menor probabilidad de supervivencia.

Discusión

La resucitación de control de daños incluye, entre sus principios fundamentales, la reanimación hemostática^{16,29,30}. Los protocolos de activación de TM han demostrado mejorar los desenlaces clínicos; sin embargo, contar con escalas de predicción que permitan identificar a los pacientes con exanguinación masiva es crucial para lograr estos resultados.

En la población adulta con lesiones traumáticas, se han descrito múltiples sistemas de predicción basados en la combinación de variables hemodinámicas, características del mecanismo de trauma, hallazgos de laboratorio e imagenológicos³¹⁻³³. En el trauma pediátrico, se han adaptado algunos

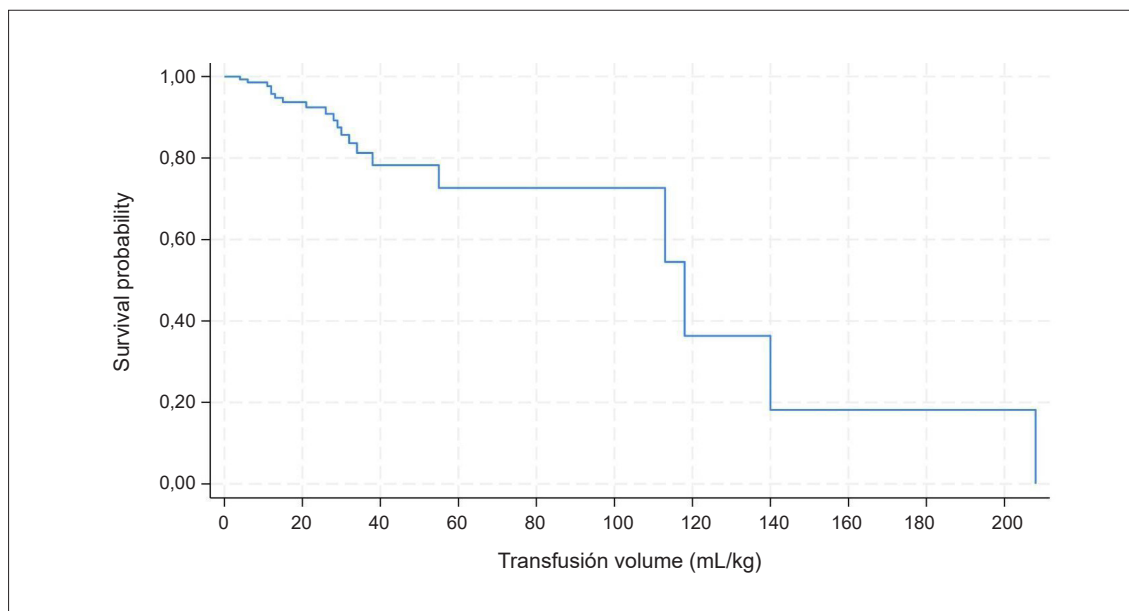


Figura 7. Curva de supervivencia con relación al volumen transfusional.

Fuente: propia de los autores.

de estos modelos para predecir la necesidad de transfusión masiva, destacándose variables como el índice de choque ajustado por edad³⁴. Este estudio presenta un nuevo modelo que permite estimar la probabilidad de requerir transfusión masiva en los pacientes pediátricos con lesiones de origen traumático, utilizando variables de severidad del trauma, así como parámetros hemodinámicos y neurológicos.

Nuestros análisis mostraron que la presencia de lesiones severas en el tórax o en el abdomen son factores independientes asociados con la necesidad de TM en pacientes pediátricos con trauma. El AIS define como trauma severo aquellas lesiones con una puntuación mayor o igual a cuatro, que corresponden a los hallazgos imagenológicos o intraoperatorios de avulsión o ruptura de órganos intracavitarios, o transección de vasos arteriales o venosos que generan una hemorragia significativa³⁵. Estas lesiones pueden manifestarse como hemotórax o hemoperitoneo masivo, detectados mediante la evaluación enfocada con ultrasonido en trauma (FAST) o tomografía computarizada, como se ha descrito previamente con la adaptación del modelo ABC de adultos en el paciente pediátrico traumatizado^{33,36,37}.

La variable rSIG, derivada del inverso del IS multiplicado por el GCS, fue descrita para la predicción de transfusión masiva en adultos por primera vez en 2018³⁸ y se ha evidenciado que es más precisa que el IS para predecir mortalidad intrahospitalaria y coagulopatía asociada al choque en esta población³⁹. En nuestro estudio, rSIG resultó ser un predictor de TM independiente importante, que demostró ser un factor protector significativo en el modelo de predicción. Este hallazgo sugiere que valores más bajos de rSIG —resultado de un índice de shock más elevado y una puntuación de Glasgow más baja— se asocian con una mayor probabilidad de requerir TM, lo cual refleja la gravedad del estado hemodinámico y neurológico en niños con trauma. En el contexto pediátrico, donde la interpretación de los signos vitales puede ser más compleja debido a las diferencias fisiológicas según la edad, el rSIG surge como una herramienta útil para la identificación

temprana de pacientes que requerirán reanimación hemostática.

El modelo de predicción creado resalta la importancia de evaluar la severidad del trauma y las variables hemodinámicas y neurológicas en la identificación temprana de pacientes en riesgo de necesitar intervenciones asociadas a la reanimación de control de daños. Otros modelos se han desarrollado con variables como el índice de choque ajustado para la edad en conjunto con elementos paraclínicos para establecer estados de coagulopatía^{36,40}, pero la necesidad de estos exámenes puede aumentar los tiempos de decisión. Nuestro enfoque se basa en variables clínicas de rápida obtención, lo que permite una evaluación inmediata en escenarios de emergencia. Además, la incorporación de factores relacionados con la severidad del trauma representa un aspecto novedoso y es consecuente con la naturaleza del trauma penetrante de nuestra región.

En lo que respecta al perfil transfusional en nuestra cohorte, se detectó un patrón de transfusión desbalanceado, caracterizado por una predominancia en la administración de glóbulos rojos. Diversos estudios han aportado evidencia y recomendaciones sobre los principios de la reanimación hemostática en adultos, especialmente en relación con las proporciones ideales de componentes sanguíneos durante la transfusión^{11,41,42}. En este contexto, se ha propuesto un modelo de transfusión temprana balanceada que contempla ratios proporcionales (como 1:1:1) en la administración de glóbulos rojos, plasma y plaquetas^{43,44}. Sin embargo, al intentar adaptar este concepto a la población pediátrica, la evidencia disponible presenta resultados mixtos y todavía no existe un consenso claro^{45,46}. Se discuten diferentes enfoques, incluyendo ratios de 1:1:1 o incluso 2:1:1, pero aún se requiere más investigación para determinar la estrategia más efectiva en este grupo de pacientes, considerando las particularidades fisiológicas y hemodinámicas propias de este grupo etario.

Además, en nuestro estudio la curva de supervivencia en función del volumen de transfusión evidenció una clara tendencia inversa entre ambos

parámetros. Para volúmenes dentro del rango del umbral de transfusión masiva, la probabilidad de supervivencia se mantuvo elevada. No obstante, se observó un descenso abrupto en la supervivencia en pacientes que recibieron volúmenes superiores. Aunque en la población adulta se han establecido límites que definen la futilidad de esta intervención, en el contexto del trauma pediátrico no se ha identificado aún una relación clara entre el volumen de transfusión y la mortalidad⁴⁷⁻⁴⁹.

Nuestros hallazgos podrían estar influenciados por múltiples factores. Por un lado, el volumen transfundido podría actuar como un marcador indirecto de la severidad del trauma y del estado de hipovolemia severa; lo que, a su vez, podría reflejar un compromiso avanzado de coagulopatía. Es conocido que la TM puede generar alteraciones metabólicas y electrolíticas, coagulopatía por dilución y sobrecarga de líquidos, lo que puede llevar a una falla orgánica múltiple y a resultados clínicos adversos, incluso en casos en que la hemorragia ha sido controlada^{50,51}.

Este estudio resalta la importancia de contar con herramientas específicas y adaptadas a la población pediátrica que permitan una identificación temprana de los pacientes en riesgo de requerir TM. La incorporación de variables clínicas disponibles de forma inmediata, como el rSIG y la identificación de lesiones severas en el tórax o el abdomen, permite construir modelos predictivos que no solo optimizan la toma de decisiones en escenarios críticos, sino que también pueden contribuir a una administración más racional y efectiva de los hemocomponentes. Aunque persiste una brecha significativa en la evidencia que guíe la reanimación hemostática pediátrica, nuestros resultados aportan evidencia local relevante y subrayan la necesidad de continuar desarrollando y validando modelos pediátricos que integren, no solo criterios clínicos y de severidad, sino también prácticas transfusionales estandarizadas, con el fin de mejorar los desenlaces clínicos y optimizar los recursos.

Limitaciones

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los

resultados. Debido al diseño observacional del estudio, no es posible establecer relaciones causales entre las variables analizadas y la necesidad de transfusión masiva, sino únicamente asociaciones. Además, el hospital donde se llevó a cabo la investigación no es el único centro de trauma en la ciudad, por lo que la población expuesta a la intervención de interés (TM) no representa la totalidad de los pacientes pediátricos traumatizados. Por ello, se realizó un cálculo de tamaño de muestra consecuente con la realización de un modelo predictivo; además, se realizó un proceso de validación con *bootstrapping* que demostró la estabilidad y el desempeño del modelo.

Cabe destacar que esta constituye la primera cohorte sudamericana que aborda específicamente el tema de la transfusión en el trauma pediátrico, lo que le confiere valor epidemiológico. La población estudiada presenta características particulares, como altos índices de violencia, con un predominio de trauma penetrante en comparación con el trauma cerrado, lo cual difiere del comportamiento reportado en estudios previos en otras regiones. Estas diferencias pueden influir en la pertinencia y aplicabilidad de nuestros hallazgos.

Conclusión

Los resultados de nuestro estudio muestran que las lesiones severas en el tórax o en el abdomen son factores independientes asociados con la necesidad de transfusión masiva en pacientes pediátricos que sufren lesiones por trauma. Además, una variable derivada del inverso del IS multiplicado por el GCS resultó ser un predictor importante. El modelo de predicción creado con estas variables resalta la importancia de evaluar lesiones graves y parámetros hemodinámicos y neurológicos en la identificación temprana de pacientes en riesgo de necesitar intervenciones asociadas a la reanimación de control de daños, como la reanimación hemostática. Por otro lado, evidencia la necesidad de implementar protocolos estandarizados de transfusión masiva para promover transfusiones balanceadas y facilitar la evaluación del impacto de esta intervención en la población pediátrica.

Cumplimiento de normas éticas

Consentimiento informado: Se trata de un estudio retrospectivo de riesgo mínimo según lo estipulado por la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, por lo que no se requirió el diligenciamiento del consentimiento informado.

Conflictos de interés: Los autores declararon que no tienen conflictos de interés por reportar.

Uso de Inteligencia Artificial: Los autores declararon que no se hizo uso de tecnologías asistidas por inteligencia artificial para la realización del estudio o la redacción del manuscrito.

Fuentes de financiación: Se trata de una investigación institucional retrospectiva, sin fuente de financiación externa.

Contribución de los autores:

- Diseño y concepción del estudio: Laura Ordoñez-Arenas, Alberto F. García, Ana de los Ríos, Sergio Alzate-Ricaurte, Mateo Betancourt.
- Adquisición de datos: Laura Ordoñez-Arenas, Alberto F. García, Ana de los Ríos, Sergio Alzate-Ricaurte, Mateo Betancourt, Nathalia Fajardo, Daniela Botero.
- Análisis e interpretación de datos: Laura Ordoñez-Arenas, Alberto F. García, Ana de los Ríos, Sergio Alzate-Ricaurte, Mateo Betancourt, Nathalia Fajardo, Daniela Botero.
- Redacción del manuscrito: Laura Ordoñez-Arenas, Alberto F. García, Ana de los Ríos.
- Revisión crítica: Laura Ordoñez-Arenas, Alberto F. García, Ana de los Ríos, Sergio Alzate-Ricaurte, Mateo Betancourt, Nathalia Fajardo, Daniela Botero.

Referencias

- 1 Ward JL, Azzopardi PS, Francis KL, Santelli JS, Skirbekk V, Sawyer SM, et al; GBD 2019 Adolescent Mortality Collaborators. Global, regional, and national mortality among young people aged 10–24 years, 1950–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2021;398:1593-1618. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01546-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01546-4). Erratum in: *Department of Error. Lancet*. 2022;399:802. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00320-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00320-8)
- 2 Adeloye D, Bowman K, Chan KY, Patel S, Campbell H, Rudan I. Global and regional child deaths due to injuries: An assessment of the evidence. *J Glob Health*. 2018;8:021104. <https://doi.org/10.7189/jogh.08.021104>
- 3 Krug EG, Dahlberg LL, Mercy JA, Zwi AB, Lozano R, eds. *World report on violence and health*. Geneva: World Health Organization; 2002. 346 p. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9241545615>
- 4 Rubiano AM, Vera DS, Montenegro JH, Carney N, Clavijo A, Carreño JN, et al. Recommendations of the Colombian Consensus Committee for the management of traumatic brain injury in prehospital, emergency department, surgery, and intensive care (beyond one option for treatment of traumatic brain injury: A stratified protocol [BOOTStraP]). *J Neurosci Rural Pract*. 2020;11:7-22. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1701370>
- 5 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. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005075>
- 6 León HE. Aspectos epidemiológicos del trauma en Colombia. *Archivos de Medicina*. 2009;9:55–62. <https://doi.org/10.30554/archmed.9.0.1502.2004>
- 7 Wen LS, Sadeghi NB. Treating gun violence with a public health approach. *Am J Med*. 2020;133:883-4. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.02.041>
- 8 Shook JE, Chun TH, Conners GP, Conway EE, Dudley NC, Fuchs SM, et al. Management of pediatric trauma. *Pediatrics*. 2016;138:e20161569. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1569>
- 9 Herbert HK, Hyder AA, Butchart A, Norton R. Global health: Injuries and violence. *Infect Dis Clin North Am*. 2011;25:653-68. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2011.06.004>
- 10 Shroyer MC, Griffin RL, Mortellaro VE, Russell RT. Massive transfusion in pediatric trauma: Analysis of the National Trauma Databank. *J Surg Res*. 2017;208:166-72. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.09.039>
- 11 Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, Fox EE, Wade CE, Podbielski JM, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;313:471-82. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.12>
- 12 Sequeira J, Nellis ME, Karam O. Epidemiology of bleeding in critically ill children. *Front Pediatr*. 2021;9:699991. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.699991>
- 13 Cleves D, Gómez C, Dávalos DM, García X, Astudillo RE. Pediatric trauma at a general hospital in Cali, Colombia. *J Pediatr Surg*. 2016;51:1341-5. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2016.01.008>
- 14 World Health Organization. Global health estimates: Leading causes of death. The Global Health Observatory. 2025. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghle-leading-causes-of-death>
- 15 Herrera-Toro N, Flórez-Arango N. Hernias traumáticas de la pared abdominal en pediatría: Serie de tres casos.

- Rev Colomb Cir. 2022;37:632-9.
<https://doi.org/10.30944/20117582.2174>
- 16 Holcomb JB, Jenkins D, Rhee P, Johannigman J, Mahoney P, Mehta S, et al. Damage control resuscitation: Directly addressing the early coagulopathy of trauma. *J Trauma*. 2007;62:307-10.
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3180324124>
 - 17 Spinella PC, Holcomb JB. Resuscitation and transfusion principles for traumatic hemorrhagic shock. *Blood Rev*. 2009;23:231-40.
<https://doi.org/10.1016/j.blre.2009.07.003>
 - 18 Pickett PM, Tripi PA. Massive transfusion protocols in pediatric trauma. *Int Anesthesiol Clin*. 2011;49:62-7.
<https://doi.org/10.1097/AIA.0b013e3181f955d8>
 - 19 Vogenberg FR. Predictive and prognostic models: Implications for healthcare decision-making in a modern recession. *Am Health Drug Benefits*. 2009;2:218-22.
 - 20 Brockamp T, Nienaber U, Mutschler M, Wafaisade A, Peiniger S, Lefering R, et al. Predicting on-going hemorrhage and transfusion requirement after severe trauma: A validation of six scoring systems and algorithms on the TraumaRegister DGU. *Crit Care*. 2012;16:R129.
<https://doi.org/10.1186/cc11432>
 - 21 Guerrero-Velasco R, Muñoz VH, Concha-Eastman A, Pretel-Meneses AJ, Gutiérrez-Martínez MI, Santaella-Tenorio J. Homicide epidemic in Cali, Colombia: A surveillance system data analysis, 1993–2018. *Am J Public Health*. 2021;111:1292-9.
<https://doi.org/10.2105/AJPH.2021.306254>
 - 22 Concato J, Peduzzi P, Holford TR, Feinstein AR. Importance of events per independent variable in proportional hazards analysis. I. Background, goals, and general strategy. *J Clin Epidemiol*. 1995;48:1495-501.
[https://doi.org/10.1016/0895-4356\(95\)00510-2](https://doi.org/10.1016/0895-4356(95)00510-2)
 - 23 Peduzzi P, Concato J, Kemper E, Holford TR, Feinstein AR. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *J Clin Epidemiol*. 1996;49:1373-9.
[https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(96\)00236-3](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(96)00236-3)
 - 24 Kua JPH, Ong GYK, Ng KC. Physiologically-guided balanced resuscitation: An evidence-based approach for acute fluid management in paediatric major trauma. *Ann Acad Med Singap*. 2014;43:595-604.
 - 25 Neff LP, Cannon JW, Morrison JJ, Edwards MJ, Spinella PC, Borgman MA. Clearly defining pediatric massive transfusion: Cutting through the fog and friction with combat data. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015;78:22-9.
<https://doi.org/10.1097/TA.000000000000488>
 - 26 Association for the Advancement of Automotive Medicine. *Abbreviated Injury Scale 2015 Dictionary*. Chicago, IL: Association for the Advancement of Automotive Medicine; 2015. Disponible en:
<https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/>
 - 27 Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The injury severity score: A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974;14:187-96.
 - 28 Topjian AA, Raymond TT, Atkins D, Chan M, Duff JP, Joyner BL, et al. Part 4: Pediatric basic and advanced life support: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2020;142(16_suppl_2):S469-S523.
<https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000901>
 - 29 Russell RT, Leeper CM, Spinella PC. Damage-control resuscitation in pediatric trauma: What you need to know. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023;95:472-80.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004081>
 - 30 Lammers DT, Holcomb JB. Damage control resuscitation in adult trauma patients: What you need to know. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023;95:464-71.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004103>
 - 31 Yücel N, Lefering R, Maegele M, Vorweg M, Tjardes T, Ruchholtz S, et al. Trauma Associated Severe Hemorrhage (TASH)-Score: Probability of mass transfusion as surrogate for life threatening hemorrhage after multiple trauma. *J Trauma*. 2006;60:1228-37.
<https://doi.org/10.1097/01.ta.00000220386.84012.bf>
 - 32 Carsetti A, Antolini R, Casarotta E, Damiani E, Gasparri F, Marini B, et al. Shock index as predictor of massive transfusion and mortality in patients with trauma: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27:85.
<https://doi.org/10.1186/s13054-023-04386-w>
 - 33 Nunez TC, Voskresensky IV, Dossett LA, Shinall R, Dutton WD, Cotton BA. Early prediction of massive transfusion in trauma: Simple as ABC (assessment of blood consumption)? *J Trauma*. 2009;66:346-52.
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181961c35>
 - 34 Acker SN, Ross JT, Partrick DA, Tong S, Bensard DD. Pediatric specific shock index accurately identifies severely injured children. *J Pediatr Surg*. 2015;50:331-4.
<https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.08.009>
 - 35 Loftis KL, Price J, Gillich PJ. Evolution of the Abbreviated Injury Scale: 1990–2015. *Traffic Injury Prevention*. 2018;19(supl 2):S109-S113.
<https://doi.org/10.1080/15389588.2018.1512747>
 - 36 Phillips R, Shahi N, Acker SN, Meier M, Shirek G, Stevens J, et al. Not as simple as ABC: Tools to trigger massive transfusion in pediatric trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2022;92:422-7.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000003412>
 - 37 Acker SN, Hall B, Hill L, Partrick DA, Bensard DD. Adult-based massive transfusion protocol activation criteria do not work in children. *Eur J Pediatr Surg*. 2017;27:32-5.
<https://doi.org/10.1055/s-0036-1587587>

- 38 Kimura A, Tanaka N. Reverse shock index multiplied by Glasgow coma scale score (rSIG) is a simple measure with high discriminant ability for mortality risk in trauma patients: An analysis of the Japan Trauma Data Bank. *Crit Care*. 2018;22:87.
<https://doi.org/10.1186/s13054-018-2014-0>
- 39 Lee YT, Bae BK, Cho YM, Park SC, Jeon CH, Huh U, et al. Reverse shock index multiplied by Glasgow coma scale as a predictor of massive transfusion in trauma. *Am J Emerg Med*. 2021;46:404-9.
<https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.10.027>
- 40 Stevens J, Reppucci ML, Meier M, Phillips R, Shahi N, Shirek G, et al. Pre-hospital and emergency department shock index pediatric age-adjusted (SIPA) "cut points" to identify pediatric trauma patients at risk for massive transfusion and/or mortality. *J Pediatr Surg*. 2022;57:302-7.
<https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.09.053>
- 41 Borgman MA, Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Repine T, Beekley AC, et al. The ratio of blood products transfused affects mortality in patients receiving massive transfusions at a combat support hospital. *J Trauma*. 2007;63:805-13.
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181271ba3>
- 42 del Junco DJ, Holcomb JB, Fox EE, Brasel KJ, Phelan HA, Bulger EM, et al. Resuscitate early with plasma and platelets or balance blood products gradually: Findings from the PROMMTT study. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(1 Suppl 1):S24-30.
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31828fa3b9>
- 43 Meneses E, Boneva D, McKenney M, Elkbuli A. Massive transfusion protocol in adult trauma population. *Am J Emerg Med*. 2020;38:2661-6.
<https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.07.041>
- 44annon JW, Khan MA, Raja AS, Cohen MJ, Como JJ, Cotton BA, et al. Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;82:605-17.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001333>
- 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(1S Suppl 1):S2-S10.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000003805>
- 46 Russell R, Bauer DF, Goobie SM, Haas T, Nellis ME, Nishijima DK, et al. Plasma and platelet transfusion strategies in critically ill children following severe trauma, traumatic brain injury, and/or intracranial hemorrhage: From the transfusion and anemia expertise initiative-control/ avoidance of bleeding. *Pediatr Crit Care Med*. 2022;23(13 Suppl 1 1S):e14-e24.
<https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000002855>
- 47 Matthay ZA, Hellmann ZJ, Callcut RA, Matthay EC, Nunez-Garcia B, Duong W, et al. Outcomes after ultra-massive transfusion in the modern era: An Eastern Association for the Surgery of Trauma multicenter study. *J Trauma Acute Care Surg* 2021;91:24-33.
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000003121>
- 48 Morris MC, Niziolek GM, Baker JE, Huebner BR, Hanseman D, Makley AT, et al. Death by decade: Establishing a transfusion ceiling for futility in massive transfusion. *J Surg Res* 2020;252:139-46.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.03.004>
- 49 Reppucci ML, Pickett K, Stevens J, Phillips R, Recicar J, Annen K, et al. Massive transfusion in pediatric trauma-does more blood predict mortality? *J Pediatr Surg*. 2022;57:308-13.
<https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.09.051>
- 50 Hardy JF, de Moerloose P, Samama CM. The coagulopathy of massive transfusion. *Vox Sang*. 2005;89:123-7.
<https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2005.00678.x>
- 51 Hendrickson JE, Shaz BH, Pereira G, Atkins E, Johnson KK, Bao G, et al. Coagulopathy is prevalent and associated with adverse outcomes in transfused pediatric trauma patients. *J Pediatr*. 2012;160:204-209.e3.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.08.019>