










# Umbral crítico de administración en pacientes con trauma severo y reanimación endovascular: ¿Un concepto útil?

## Critical Administration Threshold in severe trauma patients and endovascular resuscitation: A useful concept?

Natalia Padilla, MD<sup>1</sup> , Yaset Caicedo, MD<sup>1</sup> , José Julián Serna, MD<sup>2</sup> ,  
Fernando Rodríguez-Holguín, MD<sup>2</sup> , Alexander Salcedo, MD<sup>2,3</sup> ,  
Fredy Ariza, MD, MSc<sup>4</sup> , Daniela Burbano, MD<sup>5</sup> , Philip Leib, MD<sup>1</sup> ,  
Alberto García, MD, MSc<sup>2,3</sup> 

- 1 Centro de Investigaciones Clínicas (CIC), Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.
- 2 División de Cirugía de Trauma y Emergencias, Departamento de Cirugía, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.
- 3 Universidad del Valle, Cali, Colombia. Universidad ICESI, Cali, Colombia.
- 4 Departamento de Anestesiología, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.
- 5 Escuela de Cirugía General, Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

### Resumen

**Introducción.** Se describe la utilidad del umbral crítico de administración (CAT por su denominación en inglés) como herramienta para la reanimación hemostática en pacientes con trauma severo y oclusión endovascular aórtica.

**Métodos.** Revisión retrospectiva de pacientes adultos con hemorragia por trauma, con o sin oclusión endovascular aórtica (REBOA), atendidos entre enero de 2015 y junio de 2020, en un centro de trauma nivel I en Cali, Colombia. Se registraron variables demográficas, severidad del trauma, estado clínico, requerimiento transfusional, tiempo hasta CAT+ y CAT alcanzado (1, 2 ó 3).

**Resultados.** Se incluyeron 93 pacientes, se utilizó REBOA en 36 y manejo tradicional en 57. El grupo REBOA presentó mayor volumen de sangrado (mediana de 3000 ml, RIC: 1950-3625 ml) frente al grupo control (mediana de 1500 ml, RIC: 700-2975 ml) ( $p < 0,001$ ) y mayor cantidad de glóbulos rojos transfundidos en las primeras 6 horas (mediana de 5, RIC: 4-9);  $p = 0,015$  y en las primeras 24 horas (mediana de 6, RIC: 4-11);  $p = 0,005$ . No hubo diferencias estadísticamente significativas en número de pacientes CAT+ entre grupos o tiempo hasta alcanzarlo. Sin embargo, el estado CAT+ durante los primeros 30 minutos de la cirugía fue mayor en grupo REBOA (24/36, 66,7 %) frente al grupo control (17/57, 29,8 %;  $p = 0,001$ ), teniendo este mayor tasa de mortalidad intrahospitalaria frente a los pacientes CAT-.

Fecha de recibido: 22/03/2023 - Fecha de aceptación: 05/05/2023 - Publicación en línea: 13/08/2023

Correspondencia: Carlos A. Ordoñez, División de Cirugía de Trauma y Emergencias, Departamento de Cirugía, Fundación Valle del Lili, Carrera 98 No. 18 - 49, Cali, código postal 760032, Colombia. Teléfono: 602-3319090. Dirección electrónica: [ordonezcarlosa@gmail.com](mailto:ordonezcarlosa@gmail.com), [carlos.ordonez@fvl.org.co](mailto:carlos.ordonez@fvl.org.co)

Citar como: Padilla N, Caicedo Y, Serna JJ, Rodríguez-Holguín F, Salcedo A, Ariza F, Burbano D, Leib P, García A, Ordoñez CA. Umbral crítico de administración en pacientes con trauma severo y reanimación endovascular: ¿Un concepto útil? Rev Colomb Cir. 2024;39:113-21. <https://doi.org/10.30944/20117582.2369>

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>

**Conclusión.** El umbral crítico de administración es una herramienta útil en la reanimación hemostática de pacientes con trauma y REBOA, que podría predecir mortalidad precoz.

**Palabras clave:** heridas y lesiones; hemorragia; aorta; procedimientos endovasculares; oclusión con balón; reanimación cardiopulmonar; transfusión sanguínea.

## Abstract

**Introduction.** The objective is to describe the utility of the Critical Administration Threshold (CAT) as a tool in hemostatic resuscitation in patients with severe trauma and REBOA.

**Methods.** Retrospective review between January 2015 and June 2020 of adult patients with hemorrhage secondary to trauma with or without REBOA in a level I trauma center in Cali, Colombia. Demographic variables, trauma severity, clinical status, transfusion needs, time to CAT+ and number of CAT achieved (1, 2 or 3) were recorded.

**Results.** Ninety-three patients were included, in which REBOA was used in 36 and traditional management in 57. The REBOA group had a higher bleeding volume (3000 ml), IQR: 1950-3625 ml vs the control group (1500 ml, IQR: 700-2975 ml) ( $p < 0.001$ ) and a higher rate of PRBC units transfused in the first 6 hours (median 5, IQR: 4-9);  $p = 0.015$  and in the first 24 hours (median 6, IQR: 4-11);  $p = 0.005$ . There were no statistically significant differences in the number of CAT+ patients between groups or time to CAT+. However, CAT+ status during the first 30 minutes of surgery was higher in the REBOA Group (24/36, 66.7%) vs. the control group (17/57, 29.8%;  $p = 0.001$ ), having this group a higher in-hospital mortality rate vs. CAT- patients.

**Conclusion.** CAT is a useful tool in the hemostatic resuscitation of patients with trauma and REBOA that could predict early mortality.

**Keywords:** wounds and injuries; hemorrhage; aorta; endovascular procedures; balloon occlusion; cardiopulmonary resuscitation; blood transfusion.

## Introducción

El choque hemorrágico es la principal causa prevenible de morbilidad y mortalidad en pacientes con trauma severo<sup>1</sup>. Las estrategias de manejo iniciales incluyen la hipotensión permisiva, la cirugía de control de daños (CCD) y la reanimación hemostática<sup>2</sup>. En la actualidad, la reanimación hemostática busca restaurar una proporción fisiológica de hemocomponentes sanguíneos, siguiendo una proporción de 1:1:1 de glóbulos rojos empaquetados (GRE), plasma fresco congelado (PFC) y plaquetas<sup>3,4</sup>. Sin embargo, las necesidades de hemocomponentes pueden variar en función de los demás esfuerzos de reanimación, el control de la hemorragia y la respuesta fisiológica del paciente.

La transfusión masiva (TM) se define como la transfusión de más de 10 unidades de GRE en 24 horas<sup>5-7</sup>. Este es un indicador de mayores

requerimientos de reanimación en un paciente con choque hemorrágico. La definición tiene limitaciones en la práctica clínica por ser una valoración retrospectiva de los requerimientos de reanimación durante las primeras 24 horas, a pesar de que los pacientes con transfusión masiva tienen mayor riesgo de mortalidad. El Umbral Crítico de Administración (o *Critical Administration Threshold* - CAT - como se denomina en inglés) es un concepto que valora la relación entre el volumen y el tiempo en que se ha administrado la transfusión. El CAT+ se define como la transfusión de 3 unidades de GRE en un periodo de 60 minutos<sup>5-7</sup>.

Los recientes avances tecnológicos han abierto las puertas a un nuevo concepto denominado Reanimación Endovascular y Manejo del Trauma (*Endovascular Resuscitation and Trauma Management*, EVTm), que incluye una

amplia variedad de técnicas endovasculares y herramientas mínimamente invasivas para lograr metas de reanimación y control del sangrado<sup>8</sup>. El balón de oclusión endovascular de la aorta (*Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta*, REBOA) ha despertado un gran interés entre los cirujanos de trauma de todo el mundo por su capacidad de lograr una estabilidad hemodinámica temporal<sup>9,10</sup>.

Durante la reanimación con oclusión endovascular de la aorta, la perfusión sanguínea se concentra hacia el cerebro y corazón. Después de logrado el control temporal de la fuente del sangrado, el REBOA puede ser cambiado a otra zona de oclusión para permitir la perfusión de otros órganos. La oclusión endovascular de la aorta en el paciente de trauma puede estar o no asociada con cambios en la administración y frecuencia de componentes sanguíneos. Aún se desconocen el impacto de la interacción en la respuesta del paciente de factores como la perfusión selectiva de órganos, el tiempo de isquemia, el tiempo para el control de la fuente de sangrado, la variación fisiológica de la respuesta al choque y la coagulopatía.

El objetivo de este estudio fue describir la utilidad del Umbral Crítico de Administración (CAT) como herramienta de la reanimación hemostática en pacientes con trauma severo en quienes se utilizó el balón de oclusión endovascular de la aorta (REBOA).

## Métodos

### *Diseño y entorno del estudio*

Se hizo una revisión retrospectiva de todos los pacientes adultos con trauma que sufrieron hemorragia torácica no compresible, con o sin colocación de REBOA, atendidos entre enero de 2015 y junio de 2020, en Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia, un centro regional de trauma de nivel I. También se incluyeron pacientes con choque refractario o paro cardiorrespiratorio.

### *Intervenciones*

Se implementó un algoritmo institucional para estandarizar la toma de decisiones por parte del

cirujano de trauma tratante<sup>9,11</sup>. El algoritmo comienza cuando un paciente con trauma llega al servicio de urgencias, donde se siguen los principios del *Advanced Trauma Life Support* (ATLS)<sup>12</sup> y se obtiene rápidamente un acceso vascular arterial. Se activa el protocolo de transfusión masiva (PTM) institucional según la puntuación del *Assessment of Blood Consumption* (ABC) score<sup>13</sup> o criterio médico.

Todos los REBOA se colocaron de acuerdo con nuestro protocolo institucional de manejo del REBOA, que se lleva a cabo por dos equipos separados que trabajan simultáneamente, donde uno coloca e infla el REBOA mientras el otro realiza la intervención quirúrgica necesaria para lograr el control de la hemorragia.

### *Variables*

Los datos demográficos de los pacientes, el curso clínico, las condiciones de los procedimientos y los resultados clínicos se obtuvieron de nuestro Registro FVL-REBOA y Registro de Trauma. Las variables incluidas fueron la edad, el sexo, el mecanismo de trauma, la gravedad de la lesión, los signos vitales y los exámenes de laboratorio al ingreso, el abordaje quirúrgico y los desenlaces clínicos como la mortalidad, la duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y la duración total de la estancia hospitalaria.

Se evaluó la necesidad de reanimación con glóbulos rojos empaquetados (GRE), plasma fresco congelado (PFC) y plaquetas durante las primeras 24 horas. Se analizaron los registros de transfusión de los pacientes para determinar cuántas veces fue un paciente CAT+ en las primeras 24 horas. Además, se clasificaron los pacientes según las veces que cumplieron los criterios de CAT así: CAT-1 (transfusión de 3 unidades de GBRE en 60 minutos), CAT-2 (transfusión de 3 unidades de GBRE en 60 minutos realizada dos veces) y CAT-3 (transfusión de 3 unidades de GBRE en 60 minutos realizada tres veces o más). También se registró el tiempo transcurrido hasta conseguir el CAT (antes del quirófano, durante los primeros 30 minutos tras el quirófano, durante la primera hora tras el quirófano o intraoperatorio).

### **Análisis estadístico**

Las variables categóricas se resumieron como frecuencias absolutas y relativas y se compararon mediante la prueba de Chi cuadrado o la prueba exacta de Fisher. Las variables continuas se describieron con medianas y rangos intercuartílicos (RIC) y se compararon mediante la prueba t de Student's o U de Mann Whitney según el tipo de distribución.

Se realizó un emparejamiento por *propensity score* 1:2, mediante el método del vecino más próximo, para comparar los resultados entre el REBOA y el manejo tradicional (grupo control), debido al posible sesgo de selección y a las variables de confusión en la aleatorización. Se utilizó una amplitud de calibre de 0,2 en la desviación estándar agrupada del modelo de regresión logística. Este modelo incluyó las variables: edad, índice de severidad del trauma (ISS), presión arterial sistólica al ingreso y unidades de GRE en las primeras 24 horas. El modelo de propensity score estaba bien calibrado (Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test,  $p = 0,069$ ) y bien discriminado ( $c$ -statistic = 0,892) con una evaluación de emparejamiento y solapamiento de las variables.

La significancia estadística se definió como un valor de  $p$  de dos colas menor de 0,05. Todos los análisis se realizaron en el programa R-Language versión 4.0.3.

### **Resultados**

Se incluyeron 93 pacientes, en 36 de ellos se utilizó el REBOA y en 57 se hizo el manejo tradicional (grupo emparejado); además, 33 (91,7 %) pacientes fueron manejados con cirugía de control del daño abdominal. Setenta y nueve (85 %) pacientes eran hombres, con una mediana de edad de 31 años (RIC: 22-44) y 64 (69 %) sufrieron trauma penetrante (Tabla 1). El ISS general tuvo una mediana de 26 (RIC: 25-35), que para el grupo REBOA fue de 25 (RIC: 25-30) y para el grupo control de manejo tradicional fue de 29 (RIC: 25-35), sin diferencias estadísticamente significativas. El grupo REBOA tuvo un mayor volumen de sangrado (mediana 3000 ml, RIC: 1950-3625) frente al

grupo control (mediana 1500 ml, RIC: 700-2975;  $p < 0,001$ ). La mortalidad intrahospitalaria fue del 21,5 % ( $n=20$ ), sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos.

### **Requerimientos de reanimación**

A pesar del modelo de *propensity score*, el grupo REBOA tuvo una mayor tasa de unidades de GRE transfundidas en las primeras 6 horas (mediana de 5 unidades, RIC: 4-9) frente al grupo control (mediana de 4, RIC: 2-6;  $p=0,015$ ) y en las primeras 24 horas (mediana de 6, RIC: 4-11) frente al grupo control (mediana de 4, RIC: 2-6;  $p=0,005$ ). En cuanto a la estrategia de transfusión, la tasa de transfusión masiva no fue diferente entre los dos grupos (grupo REBOA 10/36, 27,8 % vs. grupo control 9/57, 15,8 %;  $p=0,257$ ).

Treinta (83,3%) pacientes del grupo REBOA fueron CAT+ en comparación con 39 (64,8%) del grupo de manejo tradicional. De ellos, 17 (47,2 %) tenían CAT-2 y 8 (22,2 %) CAT-3 en el grupo REBOA. El estado CAT+ se alcanzó antes del quirófano en 13/36 (36,1 %) del grupo REBOA en comparación con 11/57 (19,3 %) del grupo control ( $p=0,118$ ). De forma similar, se alcanzó el estado CAT+ en el intraoperatorio en 26/36 (72,2 %) del grupo REBOA frente a 36/57 (63,2 %) del grupo de manejo tradicional ( $p=0,498$ ), pero el estado CAT+ durante los primeros 30 minutos de la cirugía fue mayor en el grupo REBOA (24/36, 66,7 %) en comparación con el grupo control (17/57, 29,8 %;  $p = 0,001$ ) (Tabla 2).

Los pacientes con REBOA y CAT+ durante los primeros 30 minutos de la cirugía índice tuvieron una mayor tasa de mortalidad a las 72 horas y de mortalidad intrahospitalaria (9/24, 37,5 %) frente a los pacientes CAT- (0/12;  $p=0,16$ ). No hubo diferencias estadísticamente significativas en otras variables entre los grupos (Tabla 3).

### **Discusión**

A pesar del papel central de la transfusión de hemoderivados en pacientes con trauma grave, el concepto tradicional de TM sigue siendo deficiente. Se ha demostrado que la mortalidad aumenta con el número de unidades de GRE transfundidas

**Tabla 1.** Características clínicas de los pacientes incluidos en el estudio, intervenciones y resultados.

	REBOA (n = 36)	Manejo tradicional (n=57)	p
Edad, años, mediana (RIQ)	34 (23 - 46)	31 (22 - 41)	0,59
Hombres, n (%)	31 (86,1)	48 (84,2)	1
Trauma penetrante, n (%)	21 (58,3)	43 (75,4)	0,13
Herida por proyectil de arma de fuego	19/21	32/43	0,19
Herida por arma cortopunzante	2/21	11/43	
Trauma cerrado, n (%)	15 (41,7)	14 (24,6)	0,13
Accidente de tránsito	11/15	13/14	0,39
Caída	4/15	1/14	
Signos vitales al ingreso			
Presión arterial sistólica, mmHg, mediana (RIQ)	73 (60 - 91)	75 (60 - 95)	0,87
Frecuencia cardiaca, lpm, mediana (RIQ)	110 (92 - 128)	103 (90 - 130)	0,71
Escala de coma de Glasgow, mediana (RIQ)	14 (13 - 15)	15 (13 - 15)	0,84
Injury severity score, mediana (RIQ)	25 (25 - 30)	29 (25 - 35)	0,46
Cabeza - AIS > 3	4 (7)	0	0,02
Tórax - AIS > 3	7 (19,4)	13 (22,8)	0,7
Abdomen - AIS > 3	32 (88,9)	46 (80,7)	0,29
Datos de laboratorio al ingreso			
Hemoglobina, mg/dl, mediana (RIQ)	9,5 (6,9 - 12,1)	10,9 (8 - 12,8)	0,34
Lactato, mmol/L, mediana (RIQ)	5,6 (4,35 - 10,9)	5,5 (3,1 - 8,3)	0,12
Requisitos de reanimación			
GRE, unidades a las 6 horas, mediana (RIQ)	5 (4 - 9)	4 (2 - 6)	0,01
PFC, unidades a las 6 horas, mediana (RIQ)	4 (3 - 6)	4 (1 - 4)	0,02
Plaquetas, unidades a las 6 horas, mediana (RIQ)	6 (0 - 6)	0 (0 - 6)	0,06
GRE, unidades a 24 horas, mediana (RIQ)	6 (4 - 11)	4 (2 - 6)	0,005
PFC, unidades a las 24 horas, mediana (RIQ)	6 (4 - 10)	4 (2 - 6)	0,003
Plaquetas, unidades a las 24 horas, mediana (RIQ)	6 (0 - 12)	0 (0 - 6)	0,03
Cristaloides, ml, a las 24 horas, mediana (RIQ)	6000 (3715 - 7500)	4234 (2950 - 6300)	0,06
Intervenciones quirúrgicas			
Pérdida de sangre, ml, mediana (RIQ)	3000 (1950-3625)	1500 (700-2975)	<0,001
Control del daños abdominal, n (%)	33 (91,7)	31 (54,4)	<0,001
Control de daños torácico, n (%)	2 (5,6)	4 (7,0)	1
Resultados clínicos			
Mortalidad a las 72 horas n (%)	8 (22,2)	7 (12,3)	0,16
Mortalidad hospitalaria n (%)	8 (22,2)	12 (21,1)	0,36
Duración de la estancia en Unidad de Cuidados Intensivos, días, mediana (RIQ)	7 (4 - 18)	8 (3 - 16)	0,91
Duración de la estancia hospitalaria, días, mediana (RIQ)	11 (5 - 23)	10 (5 - 27)	0,61

\* REBOA: *Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta* (balón de oclusión endovascular de la aorta); RIQ: rango intercuartílico; AIS: *abbreviated injury scale*; GRE: glóbulos rojos empaquetados; PFC: plasma fresco congelado. Fuente: Propia de los autores.

**Tabla 2.** Estrategias de transfusión para cada grupo.

Estrategia de transfusión	REBOA (n = 36)	Manejo tradicional (n=57)	p
Transfusión masiva, n (%)	10 (27,8)	9 (15,8)	0,25
CAT-1, n (%)	30 (83,3)	39 (68,4)	0,17
CAT-2, n (%)	17 (47,2)	13 (22,8)	0,001
CAT-3, n (%)	8 (22,2)	6 (10,5)	0,01
CAT+ antes de manejo quirúrgico n (%)	13 (36,1)	11 (19,3)	0,11
CAT+ durante los primeros 30 min tras manejo quirúrgico n (%)	24 (66,7)	17 (29,8)	0,001
CAT+ durante la primera 1 hora tras manejo quirúrgico n (%)	24 (66,7)	27 (47,4)	0,10
CAT+ intraoperatoria, n (%)	26 (72,2)	36 (63,2)	0,49
Puntuación ABC (+) al ingreso, n (%)	29 (80,6)	49 (86)	0,68

\* REBOA: *Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta* (balón de oclusión endovascular de la aorta); CAT: *Critical Administration Threshold* (Umbral Crítico de Administración). Fuente: Propia de los autores.

**Tabla 3.** Subanálisis del grupo REBOA con CAT+ durante los primeros 30 minutos de la cirugía.

	REBOA		p
	CAT 30 min (+) (n = 24)	CAT 30 min (-) (n=12)	
Edad, años, mediana (RIQ)	32 (21 - 46)	36 (25 - 45)	0,82
Signos vitales al ingreso			
Presión arterial sistólica, mmHg, mediana (RIQ)	72 (60 - 88)	77 (62 - 100)	0,22
Frecuencia cardiaca, lpm, mediana (RIQ)	107 (88 - 122)	118 (102 - 132)	0,17
Escala de coma de Glasgow, mediana (RIQ)	14 (13 - 15)	0	0,14
Índice de severidad del trauma (RIQ)	25 (25 - 28)	27 (25 - 36)	0,10
Datos iniciales de laboratorio			
Hemoglobina, mg/dl, mediana (RIQ)	9,4 (6,1-12,1)	9,8 (7,5 - 12)	0,53
Lactato, mmol/L, mediana (RIQ)	5,6 (3,8-11,6)	5,5 (4,6 - 8,1)	1
Intervención quirúrgica			
Pérdida de sangre, ml, mediana (RIQ)	3000 (2000-4000)	2500 (1650-3000)	0,26
Control del daños abdominal, n (%)	21 (87,5)	12 (100)	0,53
Control de daños torácico, n (%)	1 (4,2)	1 (8,3)	1
Resultados clínicos			
Mortalidad a las 72 horas, n (%)	9 (37,5)	0	0,01
Mortalidad hospitalaria, n (%)	9 (37,5)	0	0,01
Duración de la estancia en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)	8 (5 - 23)	11 (6 - 19)	0,94
Duración de la estancia hospitalaria	11 (7 - 33)	17 (11 - 24)	0,44

\* REBOA: *Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta* (balón de oclusión endovascular de la aorta); CAT: *Critical Administration Threshold* (Umbral Crítico de Administración); RIQ: rango intercuartílico; lpm: latidos por minuto. Fuente: Propia de los autores.



en 24 horas, pero no existe un efecto límite en 10 unidades, o en algún otro valor<sup>14</sup>. La TM es una herramienta retrospectiva que no tiene ningún papel en la identificación precoz de los pacientes con trauma severo y su relevancia sigue siendo poco conocida<sup>15</sup>. Por eso, han surgido múltiples definiciones alternativas debido a la falta de capacidad para discriminar rápidamente a los pacientes críticos que presentan una hemorragia masiva<sup>16-18</sup>.

Savage et al.<sup>5-7</sup> introdujeron el concepto de CAT, que se centra en el volumen total de sangre transfundido y en la tasa de transfusión. El CAT puede calcularse en tiempo real y reduce el sesgo de supervivencia de la TM tradicional, que excluía a los pacientes que morían antes de alcanzar la definición. Por lo tanto, el CAT puede identificar rápidamente a los pacientes de trauma con lesiones severas que tienen mayor probabilidad de muerte.

Cuando se comparan las diferentes definiciones de TM, la definición tradicional tiene un rendimiento inferior en comparación con otras definiciones de TM que predicen el fallo multiorgánico y ligeramente inferior en lo que respecta a la mortalidad<sup>19</sup>. Tal vez porque en la definición tradicional se incluyen pacientes que están relativamente estables al ingreso y fueron transfundidos más tarde en el transcurso del día, mientras que la mayoría de las nuevas definiciones consisten en un intervalo de tiempo más corto con menor número de GRE, y se centran más en la tasa de transfusión que en el volumen total. La ventaja de estas definiciones es que tienen en cuenta a los pacientes críticos con una reanimación inicial agresiva debido a una hemorragia masiva.

Por otro lado, el REBOA es una herramienta endovascular dinámica que intenta evitar el colapso hemodinámico a través de la oclusión aórtica manteniendo la perfusión coronaria y cerebral. Su colocación y manejo continuo requieren un cirujano de trauma experto y bien entrenado<sup>11</sup>. Durante los últimos años, el REBOA ha demostrado ser una medida hemostática potencial que disminuye la mortalidad global; sin embargo, el impacto del REBOA en la reanimación hemostática no se ha documentado suficientemente. Bukur

et al.<sup>20</sup> examinaron el registro AORTA durante 5 años y encontraron que este registro tenía varias limitaciones, entre ellas que no se disponía de información sobre la transfusión de hemoderivados. A pesar de ello, llegaron a la conclusión de que la mortalidad por REBOA disminuyó durante el periodo de estudio en un 22 % anual. Por lo tanto, nuestro estudio pretende ser el primero en caracterizar la relación entre las definiciones de transfusión (TM y CAT) y la colocación de REBOA en pacientes con trauma grave.

Joseph et al.<sup>21</sup> hicieron un análisis retrospectivo de la base de datos ACS-TQIP de 2015-2016, una de las mayores bases de datos de pacientes con trauma de Estados Unidos, que incluía a todos los pacientes en quienes se utilizó el REBOA en la hora siguiente al ingreso en más de 740 hospitales. Sus medidas de resultados secundarios fueron los requisitos de transfusión a las 4 y 24 horas después de la lesión y no hallaron diferencias entre los pacientes sometidos y no sometidos a REBOA.

Según nuestros resultados, el grupo REBOA tuvo un mayor volumen de sangrado, una mayor tasa de unidades de GRE transfundidas y una mayor necesidad de cirugía de control de daños abdominal en comparación con el grupo de manejo tradicional. Estas asociaciones podrían explicarse por la reanimación más agresiva en los pacientes sometidos a REBOA siguiendo los principios de control de daños, siendo un sesgo de selección donde factores como el mayor volumen de sangrado debido a la hemorragia activa puede ser la razón por la que los cirujanos decidieron usar el REBOA y realizar control de daños en esos pacientes. Por otro lado, los pacientes del grupo REBOA y CAT+ tuvieron una mayor mortalidad intrahospitalaria que los pacientes con REBOA y CAT-, aunque no existían diferencias estadísticamente significativas en las constantes vitales al ingreso o en la gravedad del traumatismo. Por lo tanto, un CAT+ podría ser un predictor de mortalidad precoz.

Reconocemos las limitaciones de este estudio. Los datos de nuestro Registro FVL-REBOA y del Registro de Trauma son introducidos de forma retrospectiva en la base de datos y presentan

situaciones inherentes con datos faltantes y precisión temporal. Además, hay factores que influyen en la decisión de transfundir a los pacientes con trauma severo, como cambios rápidos en la condición clínica, el juicio y la experiencia del cirujano de trauma, o la disponibilidad de hemocomponentes, entre otros. Para evaluar respuestas y plantear nuevas hipótesis en torno a velocidades de transfusión es necesario proponer diferentes estudios en relación a estas limitaciones.

## Conclusión

El CAT es una herramienta simple, que elimina sesgos y aporta exactitud a la reanimación hemostática de pacientes con trauma severo. Los pacientes con REBOA tenían mayor severidad de trauma, sangrado y requerimiento de cirugía de control de daños, en consecuencia, presentaron en más ocasiones un estado CAT+ en los primeros 30 minutos y mayor mortalidad. Por lo anterior, se considera que el CAT podría ser útil en el ambiente clínico como predictor de mortalidad precoz en pacientes con trauma en quienes se utilizó el REBOA.

## Cumplimiento de normas éticas

**Consentimiento informado:** Este artículo se acoge a la normativa para la investigación en salud de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. Este estudio fue aprobado por el comité de ética institucional y la junta de revisión institucional (Protocolo 778-2014).

**Conflictos de interés:** Los autores declararon que no tienen conflictos de intereses.

**Uso de inteligencia artificial:** los autores declararon que no utilizaron tecnologías asistidas por inteligencia artificial (IA) (como modelos de lenguaje grande, chatbots o creadores de imágenes) en la producción de este trabajo.

**Fuentes de financiación:** el presente estudio fue financiado con los recursos de los autores.

## Contribución de los autores

- Concepción y diseño del estudio: Natalia Padilla, Carlos A. Ordoñez, Alberto F. García, Alexander Salcedo, José Julián Serna, Yaset Caicedo, Daniela Burbano, Fredy Ariza.

- Construcción de la base de datos y validación de datos: Carlos A. Ordoñez, Alberto F. García.
- Diligenciamiento de la base de datos: Yaset Caicedo, Natalia Padilla, Philip Leib, Alberto F. García, Carlos A. Ordoñez, Natalia Padilla, Daniela Burbano.
- Análisis estadístico y discusión de resultados: Natalia Padilla, Yaset Caicedo, Alexander Salcedo, Fernando Rodríguez-Holguín, José Julián Serna, Carlos A. Ordoñez, Fredy Ariza.
- Redacción del manuscrito: Natalia Padilla, Daniela Burbano, Yaset Caicedo, Alexander Salcedo, Philip Leib, Carlos A. Ordoñez, Alberto F. García.
- Revisión crítica del manuscrito y aprobación final: Carlos A. Ordoñez, Alberto F. García, Natalia Padilla, C Serna, Yaset Caicedo, Alexander Salcedo, Fernando Rodríguez-Holguín, José Julián Serna, Philip Leib, Fredy Ariza.

## Referencias

- 1 Evans JA, van Wessem KJP, McDougall D, Lee KA, Lyons T, Balogh ZJ. Epidemiology of traumatic deaths: Comprehensive population-based assessment. *World J Surg*. 2010;34:158-63. <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0266-1>
- 2 Rotondo MF, Zonies DH. The damage control sequence and underlying logic. *Surg Clin North Am*. 1997;77:761-77. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(05\)70582-X](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(05)70582-X)
- 3 Cannon 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>
- 4 Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, Fox EE, Wade CE, Po-dbielski 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>
- 5 Savage SA, Sumislawski JJ, Croce MA, Zarzaur BL. Using critical administration thresholds to predict abbreviated laparotomy. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77:599-603. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000301>
- 6 Savage SA, Zarzaur BL, Croce MA, Fabian TC. Redefining massive transfusion when every second counts. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;74:396-402. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31827a3639>
- 7 Savage SA, Sumislawski JJ, Zarzaur BL, Dutton WP, Croce MA, Fabian TC. The new metric to define large-volume hemorrhage: Results of a prospective study of the criti-



- cal administration threshold. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;78:224-30.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000502>
- 8 Madurska MJ, Ross JD, Scalea TM, Morrison JJ. State-of-the-art Review—Endovascular resuscitation. *Shock.* 2021;55:288-300.  
<https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001636>
  - 9 Ordoñez CA, Rodríguez F, Parra M, Herrera JP, Guzmán-Rodríguez M, Orlas C, et al. Resuscitative endovascular balloon of the aorta is feasible in penetrating chest trauma with major hemorrhage: Proposal of a new institutional deployment algorithm. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020;89:311-9.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002773>
  - 10 DuBose JJ, Scalea TM, Brenner M, Skiada D, Inaba K, Cannon J, et al. The AAST prospective Aortic Occlusion for Resuscitation in Trauma and Acute Care Surgery (AORTA) registry: Data on contemporary utilization and outcomes of aortic occlusion and resuscitative balloon occlusion of the aorta (REBOA). *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81:409-19.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001079>
  - 11 Ordoñez CA, Parra MW, Serna JJ, Rodríguez-Holguin F, García A, Salcedo A, et al. Damage control resuscitation: REBOA as the new fourth pillar. *Colomb Med (Cali).* 2020;51:e4014353.  
<https://doi.org/10.25100/cm.v51i4.4353>
  - 12 ATLS Subcommittee; American College of Surgeons' Committee on Trauma; International ATLS working group. Advanced trauma life support (ATLS®): the ninth edition. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74:1363-6.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31828b82f5>
  - 13 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 Acute Care Surg.* 2009;66:346-52.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181961c35>
  - 14 Stanworth SJ, Morris TP, Gaarder C, Goslings JC, Maegele M, Cohen MJ, et al. Reappraising the concept of massive transfusion in trauma. *Crit Care.* 2010;14:R239.  
<https://doi.org/10.1186/cc9394>
  - 15 Sharpe JP, Weinberg JA, Magnotti LJ, Croce MA, Fabian TC. Toward a better definition of massive transfusion: Focus on the interval of hemorrhage control. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73:1553-7.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182660119>
  - 16 Mitra B, Cameron PA, Gruen RL, Mori A, Fitzgerald M, Street A. The definition of massive transfusion in trauma: a critical variable in examining evidence for resuscitation. *Eur J Emerg Med.* 2011;18:137-42.  
<https://doi.org/10.1097/MEJ.0b013e328342310e>
  - 17 Vaslef SN, Knudsen NW, Neligan PJ, Sebastian MW. Massive transfusion exceeding 50 units of blood products in trauma patients. *J Trauma.* 2002;53:291-6.  
<https://doi.org/10.1097/00005373-200208000-00017>
  - 18 Moren AM, Hampton D, Diggs B, Kiraly L, Fox EE, Holcomb JB, et al. Recursive partitioning identifies greater than 4 U of packed red blood cells per hour as an improved massive transfusion definition. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79:920-4.  
<https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000830>
  - 19 Burbano D, Chica J, Orlas CP, Ariza F, Manzano R, Salazar C, et al. Performance of multiple massive transfusion definitions in trauma patients. *Panam J Trauma Crit Care Emerg Surg.* 2020;9:61-6.  
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10030-1275>
  - 20 Bukur M, Gorman E, DiMaggio C, Frangos S, Morrison JJ, Scalea TM, et al. Temporal changes in REBOA utilization practices are associated with increased survival: an analysis of the AORTA registry. *Shock.* 2021;55:24-32.  
<https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001586>
  - 21 Joseph B, Zeeshan M, Sakran JV, Hamidi M, Kulvatunyou N, Khan M, et al. Nationwide analysis of Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in civilian trauma. *JAMA Surg.* 2019;154:500-8.  
<https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.0096>