REUE | Original

$ETCO_2$ prehospitalario en el paciente traumático como predictor de *shock* hemorrágico, transfusión masiva y mortalidad

Lorena Pérez Martos[1], Leire Zaraín Obrador[2], Francisco de Paula Delgado Moya[3], María Bringas Bollada[4], Iván Huercio Martínez[5], Ervigio Corral Torres[1]

OBJETIVO. Analizar la capacidad predictiva precoz del $ETCO_2$ en el paciente traumático intubado a nivel prehospitalario, para determinar la existencia o no de *shock* hemorrágico (SH). Evaluar si valores bajos de $ETCO_2$ se relacionan con necesidad de concentrados de hematíes (CH) y mortalidad.

MATERIAL Y MÉTODOS. Estudio observacional retrospectivo de una cohorte de pacientes traumáticos intubados, atendidos por un servicio de emergencias extrahospitalarias entre 2021 y 2024. Se diferenciaron dos grupos, pacientes con SH y sin *shock* hemorrágico (NSH).

RESULTADOS. Se estudiaron 108 pacientes: edad media de 40,34 años y 74,1% de hombres. Cuarenta y ocho pacientes con NSH y 60 pacientes con SH. Se observó asociación significativa entre $ETCO_2$ y SH: $ETCO_2$ inicial 43,50 mmHg en NSH frente a 33,42 mmHg en SH, $p < 0,001$ y OR de 0,79 (0,70-0,88). Se calculó el índice de Youden, obteniendo como punto de corte para SH un $ETCO_2$ de 37,5 mmHg. Asociación significativa entre $ETCO_2$ y mortalidad: $ETCO_2$ de 39,63 mmHg en supervivientes *vs* 29,79 mmHg en fallecidos, $p < 0,001$. Se objetivó una correlación negativa significativa (Corrrelación de Pearson –0,35, $p < 0,001$) entre $ETCO_2$ y la necesidad de CH.

CONCLUSIONES. Los pacientes con SH presentan valores prehospitalarios de $ETCO_2$ significativamente más bajos. Valores bajos de $ETCO_2$ se asocian a necesidad de CH y mortalidad.

Palabras clave: $ETCO_2$. *Shock* hemorrágico. Trauma. Medicina prehospitalaria. Transfusión sanguínea.

Prehospital $ETCO_2$: Predictor of hemorrhagic shock, massive transfusion, and mortality in trauma patients

OBJECTIVE. To analyze the early predictive capacity of prehospital end-tidal carbon dioxide (ETCO2) in intubated trauma patients to determine the presence or absence of hemorrhagic shock (HS). Additionally, to assess whether low ETCO2 values are associated with the need for red blood cell (RBC) transfusion and mortality.

MATERIALS AND METHODS. We conducted a retrospective observational study using a prospective database and went on to analyze a cohort of intubated trauma patients attended by an out-of-hospital emergency service from 2021 through 2024. Patients were categorized into 2 groups: those with HS and those without it (NHS). Prehospital and hospital criteria were established for HS diagnosis. A univariate analysis was performed using the Student's t test for all independent variables. Binary logistic regression was conducted on variables with statistical significance.

RESULTS. A total of 108 patients were studied (mean age of 40.34 years; 74.1% men). A total of 48 patients were categorized as NHS, and 60 as HS. A significant association was observed between $ETCO_2$ and HS: initial $ETCO_2$ was 43.50 mmHg in NHS vs 33.42 mmHg in HS ($P < .001$, OR, 0.79 [0.70-0.88]). The Youden index was calculated, identifying a cut-off point for HS at an $ETCO_2$ of 37.5 mmHg. Additionally, a significant association was found between $ETCO_2$ and mortality: $ETCO_2$ was 39.63 mmHg in survivors vs 29.79 mmHg in non-survivors ($P < .001$). A significant negative correlation was identified between $ETCO_2$ and RBC transfusion requirements (Pearson correlation: -0.35; $P < .001$).

CONCLUSIONS. Patients with HS have significantly lower prehospital $ETCO_2$ values. Low $ETCO_2$ values are associated with RBC transfusion needs and increased mortality.

Keywords: $ETCO_2$. Hemorrhagic shock. Trauma. Prehospital medicine. Blood transfusion.

Filiación de los autores: [1]SAMUR-Protección Civil, Madrid, España. [2]Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España. [3]Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid, España. [4]Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Clínico San Carlos, Madrid, España. [5]Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario La Paz, Madrid, España.
Correspondencia: Lorena Pérez Martos. Rondas de las Provincias 7, 28011 Madrid, España.
E-mail: perezmlo@madrid.es
Información del artículo: Recibido: 27-2-2025. Aceptado: 26-3-2025. *Online:* 1-4-2025.
Editor responsable: Rafael Castro Delgado.
DOI: 10.55633/s3me/REUE019.2025

© SEMES

Introducción

Los traumatismos graves representan una importante carga para la salud pública mundial, siendo la hemorragia postraumática y la coagulopatía asociada las principales causas de muerte prevenible[1]. Hasta un 40% de las muertes en trauma son debidas a *shock* hemorrágico (SH)[2]. Por ello el diagnóstico precoz del SH, así como la predicción de necesidades de hemoderivados y gravedad de los pacientes son fundamentales para intentar disminuir la morbimortalidad asociada a estos eventos, ya desde el contacto inicial con el paciente en el ámbito prehospitalario.

Desde hace décadas, gran parte de los esfuerzos en la investigación en el paciente traumático han ido orientados a la búsqueda de predictores de SH e indicadores de gravedad[3] para mejorar su manejo y priorización, así como para realizar el traslado a un centro hospitalario útil y realizar una información precoz desde la escena, que les permita estar preparados.

Se han descrito marcadores de sangrado, hipoperfusión y gravedad como la hemoglogina (Hb), el hematocrito (Hto), el lactato[4] y el déficit de bases (EB)[5], que nos permiten aproximarnos *in situ* al diagnóstico de SH. Centrados en esta búsqueda que nos posibilite predecir precozmente el SH, con la dificultad que esto conlleva a nivel prehospitalario donde muchas veces solo se dispone de parámetros hemodinámicos[6] que no siempre son fiables, sobre todo en estadios iniciales, se ha valorado la relación entre el dióxido al final de la espiración ($ETCO_2$) y el SH[7].

Fisiológicamente, el $ETCO_2$ es la concentración máxima de dióxido de carbono (CO_2) al final de la espiración. El $ETCO_2$ es una medida tanto de ventilación (eliminación alveolar de CO_2), como de perfusión (transporte de CO_2 a través del sistema vascular) y de metabolismo (producción celular de CO_2). Es conocida la relación existente entre el $ETCO_2$ y el gasto cardiaco[8]. En condiciones estables de ventilación pulmonar y producción sistémica de CO_2, el $ETCO_2$ refleja el flujo sanguíneo pulmonar por lo que su variación se puede utilizar para estimar el gasto cardiaco: la caída de los valores de $ETCO_2$ nos orienta a una disminución en el gasto cardiaco y el aumento del $ETCO_2$ nos indica un incremento de este.

Ello ha posibilitado que su uso en la monitorización durante la parada cardiaca no se limite solo a la evaluación del correcto emplazamiento del tubo endotraqueal[9] (TET), sino que también se utilice para controlar la calidad de las compresiones torácicas y la recuperación de la circulación espontánea, al estimar de forma no invasiva el gasto cardiaco. Teniendo en cuenta que el $ETCO_2$ puede ser un monitor de perfusión y de gasto cardiaco, la capnografía se puede emplear para valorar estados de *shock*[10] y en concreto de SH. Existen estudios que avalan la asociación de un $ETCO_2$ bajo y el SH empleando tanto cánula nasal como sensor de $ETCO_2$ en el TET. Un estudio reciente de Bulger *et al.*[11] mostraba que los pacientes con SH presentan $ETCO_2$ más bajos a nivel prehospitalario. Pero la literatura en este ámbito es limitada.

El objetivo primario de este estudio consiste en describir la capacidad del $ETCO_2$ como predictor de SH, siendo otros objetivos la posibilidad de predecir la necesidad de uso de hemoderivados, así como de la mortalidad de estos pacientes desde el nivel prehospitalario.

Material y métodos

Pacientes y diseño del estudio

Estudio observacional retrospectivo a través de una base de datos prospectiva continua (que incluye el seguimiento hospitalario) de pacientes traumáticos que requirieron aislamiento de la vía aérea, atendidos por el servicio de emergencias prehospitalarias SAMUR-Protección Civil, cuya labor se desarrolla en la ciudad de Madrid, asistidos entre el 15 de julio de 2021 y el 9 de junio de 2024. Los pacientes fueron trasladados como Código Trauma[12] a los centros hospitalarios de referencia para el trauma grave incluidos en dicho código. Se excluyeron los pacientes menores de 18 años, los pacientes en los que no se empleó capnografía tras la intubación, pacientes quemados, así como los que habían sufrido parada cardiorrespiratoria traumática (PCRT).

Los pacientes incluidos en el estudio se dividieron en dos grupos, pacientes con SH y sin él. Para definir la presencia de SH, se estableció la necesidad de presentar al menos un criterio en el medio prehospitalario y al menos otro criterio del medio hospitalario. Se consideraron criterios prehospitalarios: BE < –6 y lactato > 4, pH < 7,20, Hb inicial < 12, descenso de Hb ≥ 2 puntos o E-FAST positiva para líquido libre abdominal. Se establecieron los siguientes criterios a nivel hospitalario: presencia de una prueba de imagen que mostrase sangrado, necesidad de cirugía urgente para control de hemorragia o empleo de concentrados de hematíes (CH) en las primeras 24 horas.

La medición prehospitalaria del $ETCO_2$ se realizó con el monitor/desfibrilador Corpuls® (Corpuls, Kaufering, Alemania), mediante descarga directa a la historia electrónica. En el análisis se obtuvieron las mediciones iniciales y finales de $ETCO_2$. En todos los pacientes se canalizó un acceso vascular y se obtuvo una muestra de sangre venosa en los primeros 2 minutos de la asistencia que fue analizada con el dispositivo *point-of-care* $EPOC_2$ (Epocal Incl., Otawa, Canadá), obteniendo los valores analíticos necesarios para el estudio.

Análisis estadístico

Los resultados iniciales analizados fueron la capacidad predictiva que posee el $ETCO_2$ de detectar SH, así como la relación existente entre éste y la necesidad de transfusión de CH y la mortalidad.

Se recogieron variables demográficas como la edad, el sexo y el mecanismo lesional. Además, a nivel prehospitalario se obtuvieron los valores de las siguientes constantes vitales: frecuencia cardiaca, tensión arterial sistólica y tensión arterial media (todos ellos valores iniciales y finales), Escala de coma de Glasgow y frecuencia respiratoria. Se registró también el resultado de la prueba E-FAST. Por último, se recogieron variables analíticas: pH, lactato, déficit de bases, PCO_2, Hb, Hto y glucemia, obtenidas en la

© SEMES

primera muestra sanguínea en los primeros 120 segundos de la intervención. En algunos casos se obtuvo una segunda muestra sanguínea durante el traslado al centro hospitalario.

A nivel hospitalario se recogieron los siguientes datos: E-FAST, resultado de prueba de imagen, necesidad de intervención quirúrgica para control de hemorragia, uso de CH, transfusión masiva (MT) definida como la utilización de 10 o más CH en las primeras 24 horas, empleo de drogas vasoactivas, éxitus y duración del ingreso.

Se consideró como variable dependiente la existencia de SH, así como la variable de mortalidad. Tanto el $ETCO_2$, como el resto de parámetros metabólicos y hemodinámicos citados, se consideraron variables independientes a analizar.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables epidemiológicas con índice de tendencia central (media), dispersión (desviación estándar –DE–) y porcentaje.

Se realizó un primer análisis univariable utilizando la t de Student con todas las variables independientes respecto a la variable resultado y con chi cuadrado para las variables cualitativas y la correlación de Pearson para la comparación de dos variables cuantitativas. Posteriormente, con aquellas variables con significación estadística en el estudio univariable, se realizó una regresión logística binaria, evaluando la asociación independiente con SH, valorándose la *odds ratio* (OR) y su rango. Se calculó el tamaño del efecto mediante la d de Cohen. Se valoró la robustez del modelo de regresión mediante la R^2 de Nagelkerke. Se consideró significación estadística los valores de $p < 0,05$. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 28.

Este estudio observacional se inició tras la aprobación por el Comité Ético de la Investigación con Medicamentos del Hospital Clínico San Carlos (Ref. 24/473-E).

Resultados

De los 191 pacientes traumáticos intubados reclutados inicialmente, la cohorte final fue de 108 al ser descartados 88 pacientes: 22 por haber sufrido PCRT, 7 por tener una edad inferior a 18 años, 32 por no disponer de datos prehospitalarios de $ETCO_2$, un paciente por ser finalmente una crisis comicial y 21 por no disponer de datos completos ya fuera a nivel prehospitalario u hospitalario (Figura 1).

La edad media de los 108 pacientes fue de 40,34 años (DE:15,4). La mayoría de los pacientes estudiados fueron hombres, representando un 74,1% del total. El mecanismo lesional más frecuente en un 32,4% de la muestra, fue la precipitación, seguido del accidente de moto en un 21,3% y el atropello en un 16,7%. El tiempo medio de asistencia en la escena fue de 37 minutos y 35 segundos. Respecto a la mortalidad, 19 pacientes fallecieron (17,6%). Las medias de los signos vitales y los parámetros analíticos se muestran en la Tabla 1.

De los 108 pacientes diferenciamos dos grupos, según los criterios mencionados anteriormente: 48 pacientes que no presentaban *shock* hemorrágico (NSH) y 60 pacientes con SH (44,4% y 55,6% respectivamente).

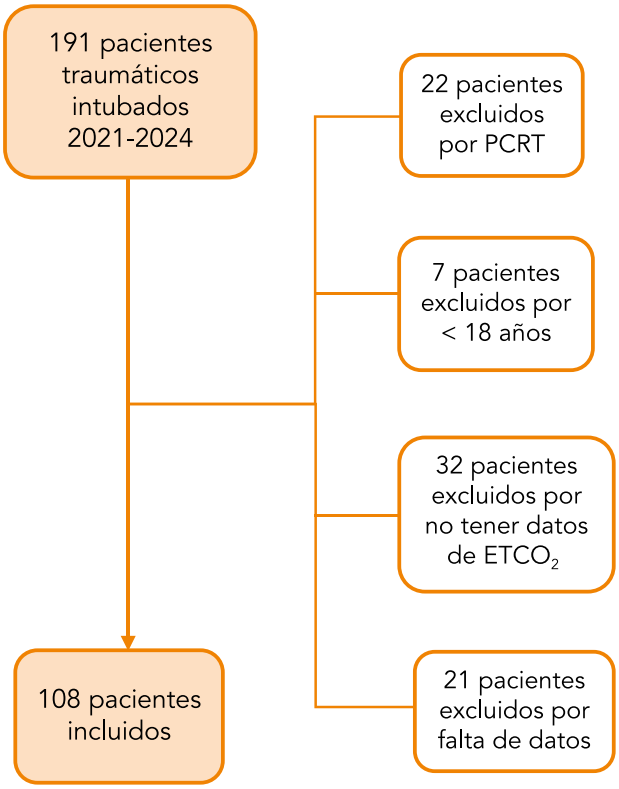

Figura 1. Diagrama de flujo de pacientes y criterios de exclusión.
PCRT: parada cardiorrespiratoria traumática.

En la valoración de la asociación del SH con la variable principal a estudio, el $ETCO_2$, hubo una clara asociación estadísticamente significativa en el análisis univariable. Se obtuvo un $ETCO_2$ inicial de 43,50 mmHg en NSH frente a 33,42 mmHg en presencia de SH, $p < 0,001$. Así mismo, se pudo observar una diferencia estadísticamente significativa en el $ETCO_2$ final: 45,74 mmHg en NSH frente a 35,95 mmHg en SH, $p < 0,001$ (Tabla 2). Además, se midió el tamaño del efecto calculando la d de Cohen tanto para el $ETCO_2$ inicial como final, obteniendo 1,38 y 0,95 respectivamente, lo que nos indica un tamaño de efecto grande (> 0,80), destacable principalmente para el $ETCO_2$ inicial. Los pacientes con SH tuvieron valores iniciales y finales de $ETCO_2$ significativamente más bajos que aquellos que no tenían SH.

También en el análisis univariable, al analizar la asociación de SH con las constantes vitales iniciales, se observaron diferencias estadísticamente significativas en: tensión arterial sistólica; 132,37 mmHg en NSH *vs* 107,72 mmHg en SH, $p < 0,001$, tensión arterial media; 100,44 mmHg en NSH *vs* 83,72 mmHg en SH, $p = 0,001$ y saturación de oxígeno; 93,4% en NSH *vs* 89,17% en SH, $p = 0,008$. Se calculó la d de Cohen obteniendo 0,78, 0,63 y 0,51 respectivamente, es decir, se obtuvo una magnitud de efecto mediano siendo superior la de la tensión arterial sistólica inicial.

Continuando con el análisis univariable para valorar la asociación de SH con otros parámetros metabólicos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en:

© SEMES

Tabla 1. Características demográficas, lesionales y clínicas de los pacientes.

	N = 108 n (%)
Edad años [media (DE)]	40,34 (15,4)
Sexo	
Hombre	80 (74,1)
Mujer	28 (25,9)
Mecanismo lesional	
Accidente de tráfico	6 (5,6)
Atropello	18 (16,7)
Accidente de moto	23 (21,3)
Accidente de bicicleta	2 (1,9)
Caída	1 (0,9)
Agresión	2 (1,9)
Herida por arma blanca	10 (9,3)
Herida por arma de fuego	1 (0,9)
Precipitación	35 (32,4)
Arrollado de metro y/o tren	8 (7,4)
Otros	2 (1,8)
Constantes vitales iniciales [media (DE)]	
Frecuencia cardiaca	102,04 (27,1)
Sat O_2	91,07 (8,5)
Escala Coma de Glasgow	9,58 (4,6)
Tensión arterial sistólica	118,63 (33,6)
Tensión arterial media	91,15 (27,8)
Parámetros analíticos iniciales [media (DE)]	
PH	7,25 (0,1)
Lactato (mmol/L)	5,1 (2,8)
Exceso de Bases (mmol/L)	–4,1 (5,2)
PCO_2 (mmHg)	50,7 (13,01)
Hemoglobina (g/dL)	15,1 (2,3)
Hematocrito (%)	44,5 (6,6)
HCO_3 (mmol/L)	22,7 (3,7)
Glucemia (mg/dL)	149, 8 (62,4)
Parámetros analíticos finales [media (DE)]	
PH	7,18 (0,1)
Lactato (mmol/L)	4,9 (3,7)
Exceso de Bases (mmol/L)	–11,5 (34,4)
PCO_2 (mmHg)	56,4 (16,6)
Hemoglobina (g/dL)	13,3 (2,8)
Hematocrito (%)	38,8 (8)
HCO_3 (mmol/L)	22,4 (4,1)
Glucemia (mg/dL)	179,7 (96,3)
Intervención quirúrgica	
Sí	51 (47,2)
No	57 (52,8)
Concentrados de hematíes [media (DE)]	3,21 (6,02)
Transfusión masiva	
Sí	14 (13)
No	94 (87)
Éxitus	
Sí	19 (17,6)
No	89 (82,4)

DE: desviación estándar; $SatO_2$: saturación de oxígeno; PCO_2: presión parcial de CO_2.

Tabla 2. Asociación entre $ETCO_2$ y *shock* hemorrágico

	Shock hemorrágico Media (DE)	No *shock* hemorrágico Media (DE)	P	OR (IC 95%)
$ETCO_2$ inicial	33,42 (7,9)	43,5 (6,3)	< 0,001	0,79 (0,70-0,88)
$ETCO_2$ final	35,95 (10,9)	45,74 (9,3)	< 0,001	0,72 (0,57-0,91)

OR: *Odds ratio;* IC: intervalo de confianza.

Tabla 3. Asociación entre $ETCO_2$ y *shock* hemorrágico

	Shock hemorrágico Media (DE)	No *shock* hemorrágico Media (DE)	P
Frecuencia cardiaca	103,63 (32,4)	100,04 (18,6)	0,49
Tensión arterial sistólica	107,72 (33,1)	132,27 (29,2)	< 0,001
Tensión arterial media	83,72 (27,9)	100,43 (24,9)	0,001
$SatO_2$	89,19 (9,6)	93,4 (6,3)	0,008
GCS	9,27 (4,6)	9,98 (4,5)	0,43
PH	7,21 (0,1)	7,31 (0,1)	< 0,001
Lactato (mmol/L)	6,12 (3,1)	3,84 (1,6)	< 0,001
Exceso de bases (mmol/L)	–5,6 (6,1)	–2,23 (3)	< 0,001
PCO_2 (mmHg)	52,98 (14,1)	47,88 (11,1)	0,04
Hemoglobina (g/dL)	14,56 (2,5)	15,84 (1,9)	0,004
Hematocrito (%)	42,88 (6,9)	46,74 (5,6)	0,002
HCO_3 (mmol/L)	21,67 (4,1)	24,05 (2,7)	< 0,001
Glucemia (mg/dL)	162,75 (76,9)	153,75 (30,8)	0,009

DE: desviación estándar; $SatO_2$: saturación de oxígeno; GCS: Escala de Coma de Glasgow; PCO_2: presión parcial de CO_2.

EB (mmol/L); –2,24 (NSH) *vs* –5,60 (SH), p < 0,001, Hb (g/dL); 15,84 (NSH) *vs* 14,56 (SH), p = 0,004, lactato (mmol/L); 3,84 (NSH) *vs* 6,14 (SH), p < 0,001, PCO_2 (mmHg); 47,88 (NSH) *vs* 52, 98 (SH), p = 0,04 y pH; 7,31 (NSH) *vs* 7,21 (SH), p < 0,001, Hto; 46,74% (NSH) *vs* 42,88% (SH), p = 0,002, HCO_3 (mmol/L); 24,05 (NSH) *vs* 21,67 (SH), p < 0,001 y glucemia (mg/dL); 133,55 (NSH) *vs* 162,75 (SH), p = 0,009 (Tabla 3). Además, se calculó la d de Cohen obteniendo un tamaño de efecto grande para el pH (0,81) y el lactato (0,89).

En el modelo de regresión logística binaria, el $ETCO_2$ inicial y final se configuran como una variable independiente asociada a SH. Así, el $ETCO_2$ inicial presenta una OR 0,79 (0,70-0,88), p < 0,001 y el modelo de regresión se puede considerar robusto (R^2 de Nagelkerke de 0,69). El $ETCO_2$ final muestra una OR 0,72 (0,57-0,91), p < 0,006 y un R^2 de Nagelkerke de 0,75. También se identifica como variable independiente asociada a SH la tensión arterial sistólica inicial (Tabla 4).

En la evaluación de la predicción del SH se valoró la curva ROC para cuatro variables. Se obtuvo un área bajo la curva (AUC) para el $ETCO_2$ inicial de 0,84 frente a un AUC de pH 0,73, tensión arterial sistólica 0,71, y EB 0,69. Se calculó el índice de Youden, obteniendo como punto de corte de mayor sensibilidad y especificidad para SH un $ETCO_2$ de 37,5 mmHg (Figura 2).

Se analizó la relación entre $ETCO_2$ inicial y mortalidad, observándose diferencias significativas entre los pacientes que sobrevivieron y los pacientes fallecidos en el hospital. Así puede observarse que el $ETCO_2$ inicial en los pacientes que sobrevivieron fue de 39,63 mmHg frente al $ETCO_2$ de 29,79 mmHg en los fallecidos, p < 0,001. Se obtuvo un tamaño de efecto grande con una d de Cohen de 1,23. Los pacientes que fallecieron tuvieron $ETCO_2$ iniciales significativamente más bajas que los pacientes no fallecidos. También se valoró la relación existente entre parámetros metabólicos y mortalidad, observando diferencias significativas en: pH 7,27 NSH *vs* 7,18, p < 0,001; PCO_2 (mmHg) 48,97 NSH *vs* 58,70 SH, p < 0,001; Hb (g/dL) 15,48 NHS *vs* 13,51 SH, p < 0,001 y Hto (%) 45,57 NHS *vs* 40,11 SH, p < 0,001.

© SEMES

Tabla 4. Asociación entre el *shock* hemorrágico con constantes vitales y parámetros metabólicos iniciales que tuvieron mayor efecto en el análisis univariable (regresión logística binaria)

	Shock hemorrágico Media (DE)	No *shock* hemorrágico Media (DE)	P	OR (IC 95%)
TAS	107,72 (33,1)	132,27 (29,2)	0,02	0,97 (0,95-0,99)
Sat O_2	89,19 (9,6)	93,4 (6,3)	0,64	0,98 (0,89-1,07)
Lactato (mmol/L)	6,12 (3,1)	3,84 (1,6)	0,15	1,3 (0,90-1,95)
EB (mmol/L)	–5,6 (6,1)	–2,23 (3)	0,49	1,1 (0,87-1,35)

OR: *Odds ratio*. IC: intervalo de confianza; $SatO_2$: saturación de oxígeno; TAS: tensión arterial sistólica; EB: exceso de bases.

Por otro lado, se analizó la asociación existente entre la necesidad de CH y el valor inicial de $ETCO_2$, observando una correlación negativa estadísticamente significativa (Correlación de Pearson –0,35, $p < 0,001$). En relación a dicha cuestión se estudió la asociación de parámetros metabólicos y necesidad de CH observando asociación significativa con el lactato ($p < 0,001$), el bicarbonato ($p < 0,002$) y la glucemia ($p < 0,02$). Además, se demostró en nuestra cohorte una relación entre valores iniciales bajos de $ETCO_2$ y MT, siendo esta asociación estadísticamente significativa. Los pacientes que no necesitaron MT tuvieron una $ETCO_2$ de 39,05 mmHg (94 pacientes, DE: 8,5) frente a los pacientes que se sometieron a MT, que presentaron una $ETCO_2$ de 30,14 mmHg (14 pacientes, DE: 6,26), $p < 0,001$, con una d de Cohen de 1,07.

Finalmente se valoró también, la relación existente del Índice de *Shock* (IS) con la mortalidad y la MT, sin encontrar asociación estadísticamente significativa.

Discusión

Algunas de las relaciones valoradas en este estudio, se han descrito ya (relación entre el $ETCO_2$ en el paciente traumático y el SH, la mortalidad y la necesidad de administrar hemoderivados)[13-15], pero muchos de estos artículos se han desarrollado en servicios de urgencias hospitalarias, con la consiguiente demora en la obtención de los primeros valores de $ETCO_2$. Sólo algunas de estas relaciones del $ETCO_2$ también han sido reflejadas a nivel prehospitalario[16], pero sin tener en cuenta algunos de los parámetros contenidos en nuestro estudio. Otra de las especificidades de este trabajo, es que ha sido realizado por un servicio de emergencias prehospitalarias que opera en un ámbito exclusivamente urbano, con unos tiempos de respuesta particularmente cortos. Los equipos médicos de este servicio trabajan siguiendo unos procedimientos asistenciales que incluyen, entre otros, el manejo del trauma grave y la vía aérea, lo que estandariza y homogeniza la asistencia de los pacientes. Todo ello, permite tener unos parámetros metabólicos a partir de una muestra sanguínea obtenida con el primer acceso venoso antes de la administración de fármacos y fluidos en la reanimación y unos valores de $ETCO_2$ inmediatamente después de la intubación.

Otro concepto a tener en cuenta es el del *shock* oculto, un evento no fácilmente reconocible en la escena[17], ya que los signos hemodinámicos tradicionales se mantienen aparentemente normales, como la tensión arterial sistólica[18], que no comienza a disminuir hasta estadios avanzados de *shock*[19] cuando el organismo ya no puede compensar la pérdida hemática. Es objetivo fundamental de los Servicios de Emergencias (SEM) el reconocer de forma temprana la existencia del SH. Para ello existen parámetros metabólicos[20] como el lactato, el EB o la Hb, pero estos pueden no estar disponibles en todos los SEM.

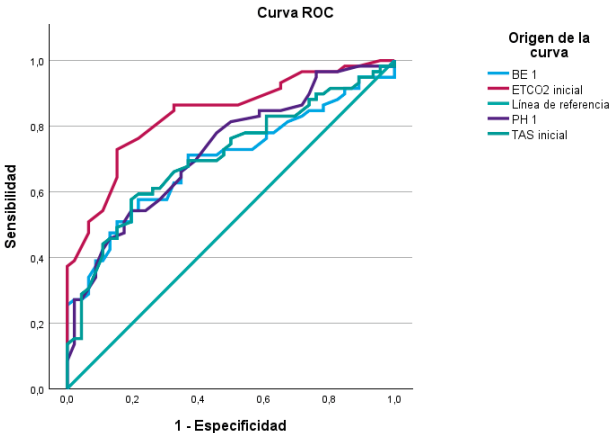

Figura 2. Curva ROC de los parámetros con mayor asociación a *shock* hemorrágico.
BE: exceso de bases; TAS: tensión arterial sistólica.

Por ello, el $ETCO_2$ se configura como una alternativa sencilla, viable y efectiva, que ya está implantada en la mayoría de SEM, siendo una medida no invasiva que se obtiene fácilmente en pacientes intubados.

Es importante destacar que en nuestro trabajo se ha demostrado que valores más bajos de $ETCO_2$ se asocian con SH con una significación estadística superior y una mayor magnitud de efecto que el resto de parámetros hemodinámicos clásicos e incluso que los parámetros metabólicos. En comparación con estudios previos, llama la atención que el EB, en la regresión logística binaria, no se pudo identificar como un parámetro asociado a la predicción de SH.

La precocidad con la que se toman los primeros valores de $ETCO_2$ en nuestra muestra, dan todavía más valor a la capacidad de este parámetro como herramienta efectiva en el manejo del trauma en las primeras fases. Un parámetro que, sumado a otros ya descritos, podría ayudar a reconocer precozmente el SH y dirigir los esfuerzos terapéuticos de forma más orientada ya desde el primer contacto con el paciente a nivel prehospitalario, posibilitando también una correcta priorización en la elección del traslado a un centro útil, de forma que se acorten los tiempos para ejecutar los procesos necesarios (diagnóstico por imagen, cirugía, etc.) tan cruciales para disminuir la mortalidad de este proceso.

Hemos observado en este estudio la relación existente entre valores bajos de $ETCO_2$ y la necesidad de hemoderivados, en línea a lo descrito en la literatura[21,22]. Así mismo, hemos constatado la asociación entre valores bajos de $ETCO_2$ inicial y MT. Una predicción precoz de necesidad de hemoderivados e incluso una activación temprana del protocolo de MT, va a permitir la activación de los proce-

© SEMES

dimientos hospitalarios del departamento de urgencias que recibirá al paciente.

Por otro lado, en este trabajo se ha observado la capacidad predictora del $ETCO_2$ en cuanto a mortalidad, en concordancia a lo descrito por Childress *et al.*[15].

Es interesante destacar que no se encontró una asociación significativa entre un parámetro clásico como el IS[23] (relación entre frecuencia cardiaca y tensión arterial sistólica) y la mortalidad y la MT.

Esto da todavía más valor a esa potencial superioridad del $ETCO_2$ y otros marcadores metabólicos sobre los parámetros hemodinámicos tradicionales en la detección de la gravedad del paciente traumático.

Teniendo en cuenta las limitaciones que implica un estudio observacional, retrospectivo y unicéntrico (un único SEM aunque varios hospitales receptores) podemos concluir que los pacientes con SH presentan de forma precoz, en el escenario prehospitalario, valores de $ETCO_2$ significativamente más bajos que aquellos que no presentan SH.

Además, los valores más bajos de $ETCO_2$, objetivados a nivel prehospitalario, se asocian con necesidad de hemoderivados, MT y mortalidad.

Como presumíamos en la hipótesis inicial, es posible que el $ETCO_2$ pueda llegar a constituir una herramienta de importancia en el diagnóstico precoz de SH y en la identificación del paciente traumático grave en los SEM.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de interés en relación con el presente artículo.

Financiación: Los autores declaran la no existencia de financiación en relación con el presente artículo.

Responsabilidades éticas: Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los pacientes, acuerdo de publicación y cesión de derechos de los datos a la Revista Española de Urgencias y Emergencias.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Faria I, Thivalapill N, Makin J, Puyana JC, Raykar N. Bleeding, Hemorrhagic Shock, and the Global Blood Supply. Crit Care Clin. 2022;38:775-93.
3. Paladino L, Sinert R, Wallace D, Anderson T, Yadav K, Zehtabchi S. The utility of base deficit and arterial lactate in differentiating major from minor injury in trauma patients with normal vital signs. Resuscitation. 2008;77:363-8.
4. Vandromme MJ, Griffin RL, Weinberg JA, Rue LW, Kerby JD. Lactate Is a Better Predictor than Systolic Blood Pressure for Determining Blood Requirement and Mortality: Could Prehospital Measures Improve Trauma Triage? J Am Coll Surg. 2010;210:861-7, 867-9.
5. Ibrahim I, Chor WP, Chue KM, Tan CS, Tan HL, Siddiqui FJ, et al. Is arterial base deficit still a useful prognostic marker in trauma? A systematic review. Am J Emerg Med. 2016;34:626-35.
6. Bruijns SR, Guly HR, Bouamra O, Lecky F, Lee WA. The value of traditional vital signs, shock index, and age-based markers in predicting trauma mortality. J Trauma Acute Care Surg. 2013;74:1432-7.
7. Stone ME, Kalata S, Liveris A, Adorno Z, Yellin S, Chao E, et al. End-tidal CO2 on admission is associated with hemorrhagic shock and predicts the need for massive transfusion as defined by the critical administration threshold: A pilot study. Injury. 2017;48:51-7.
8. Sipmann FS, Giralt JAS, Tusman G. Monitoring CO2 kinetics as a marker of cardiopulmonary efficiency. Curr Opin Crit Care. 2024;30:251-9.
9. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, et al. The Effectiveness of Out-of-Hospital Use of Continuous End-Tidal Carbon Dioxide Monitoring on the Rate of Unrecognized Misplaced Intubation Within a Regional Emergency Medical Services System. Ann Emerg Med. 2005;45:497-503.
10. López-Izquierdo R, Zalama-Sánchez D, Rodrigo Enríquez DSG, Ana Ramos R, Laura Fadrique M, Mario Rodil M, et al. Utility of non-invasive monitoring of exhaled carbon dioxide and perfusion index in adult patients in the emergency department. Am J Emerg Med. 2024;79:85-90.
11. Bulger N, Harrington B, Krieger J, Latimer A, Arbabi S, Counts CR, et al. Prehospital end-tidal carbon dioxide predicts hemorrhagic shock upon emergency department arrival. J Trauma Acute Care Surg. 2021;91:457-64.
12. SAMUR-PC. Manual de procedimientos. (Consultado 20 Diciembre 2024). Disponible en: https://www.madrid.es/ UnidadesDescentralizadas/Emergencias/Samur-PCivil/Samur/ApartadosSecciones/01_AcercaSAMURProteccionCivil/Ficheros/ ManualdeProcedimientos_SAMUR.pdf
13. Portelli Tremont JN, Caldas RA, Cook N, Udekwu PO, Moore SM. Low initial in-hospital end-tidal carbon dioxide predicts poor patient outcomes and is a useful trauma bay adjunct. Am J Emerg Med. 2022;56:45-50.
14. Al-Aomar S, AlSamhori JF, Alzghoul H, Al-Ghraibeh H, Al-Majali G, Tarras S, et al. Evaluating the utility of end-tidal CO2 as a predictor of mortality in trauma victims: A systematic review and meta-analysis. Am J Surg. 2025;240:116130.
15. Childress K, Arnold K, Hunter C, Ralls G, Papa L, Silvestri S. Prehospital End-tidal Carbon Dioxide Predicts Mortality in Trauma Patients. Prehosp Emerg Care. 2018;22:170-4.
16. Bryant MK, Portelli Tremont JN, Patel Z, Cook N, Udekwu P, Reid T, et al. Low initial pre-hospital end-tidal carbon dioxide predicts inferior clinical outcomes in trauma patients. Injury. 2021;52:2502-7.
17. Van Rein EAJ, Van Der Sluijs R, Voskens FJ, Lansink KWW, Houwert RM, Lichtveld RA, et al. Development and Validation of a Prediction Model for Prehospital Triage of Trauma Patients. JAMA Surg. 2019;154:421.
18. Guyette FX, Meier EN, Newgard C, McKnight B, Daya M, Bulger EM, et al. A comparison of prehospital lactate and systolic blood pressure for predicting the need for resuscitative care in trauma transported by ground. J Trauma Acute Care Surg. 2015;78:600-6.
19. Committee on Trauma, American College of Surgeons. ATLS Advanced Trauma Life Support–Student Course Manual. 10th ed.; 2018.
20. Corral Torres E, Hernández-Tejedor A, Millán Estañ P, Valiente Fernández M, Bringas Bollada M, Pérez Díaz D, et al. Prognostic value of metabolic parameters measured by first responders attending patients with severe trauma: associations with the New Injury Severity Score and mortality. Emergencias. 2023;35:90-6.
21. Wilson BR, Bruno J, Duckwitz M, Akers N, Jeanmonod D, Jeanmonod R. Prehospital end-tidal CO2 as an early marker for transfusion requirement in trauma patients. Am J Emerg Med. 2021;45:254-7.
22. Day DL, Terada KEF, Vondrus P, Watabayashi R, Severino R, Inn H, et al. Correlation of Nasal Cannula End-Tidal Carbon Dioxide Concentration With Need for Critical Resources for Blunt Trauma Patients Triaged to Lower-Tier Trauma Activation. J Trauma Nurs. 2020;27:88-95.
23. Vang M, Østberg M, Steinmetz J, Rasmussen LS. Shock index as a predictor for mortality in trauma patients: a systematic review and meta-analysis. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022;48:2559-66.

© SEMES