

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Recibido: 13 de septiembre de 2020

Aceptado: 5 de abril de 2021

Publicado: 27 de abril de 2021

EL DIÓXIDO DE CARBONO AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN COMO SIGNO PRECOZ Y VALOR PRONÓSTICO DE LA RECUPERACIÓN DE LA CIRCULACIÓN ESPONTÁNEA EN LA PARADA CARDIACA EXTRAHOSPITALARIA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Pedro Ángel Caro-Alonso (1,2,3) y Beatriz Rodríguez-Martín (1,3)

(1) Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de Enfermería, Fisioterapia y Terapia Ocupacional. Toledo. España.

(2) Servicio de Salud de Castilla-La-Mancha. Gerencia de Atención Integrada de Talavera de la Reina. Toledo. España.

(3) University College of Dublin. School of Nursing, Midwifery and Health Systems. UCD Health Sciences Centre. Dublin. Irlanda.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

RESUMEN

Fundamentos: No existe evidencia robusta sobre el nivel máximo de dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO₂) predictor de la recuperación de la circulación espontánea (RCE) tras una parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria. El objetivo de este trabajo fue sintetizar y analizar la evidencia disponible sobre la utilidad de la monitorización de los valores del ETCO₂ en la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria como signo precoz e indicador pronóstico de la RCE.

Métodos: Revisión sistemática, con síntesis narrativa de los resultados, de artículos primarios publicados en inglés o castellano en *Medline*, *CINAHL*, *Web of Science*, *EMBASE*, *Proquest*, *Scopus*, *Cochrane*, *ÍNDICES CSIC* y *CUIDEN* que analizaran la utilidad de la monitorización de los niveles de ETCO₂ como signo de la RCE tras una parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria. Se siguió la declaración PRISMA. El riesgo de sesgo fue evaluado con la Escala Newcastle-Ottawa.

Resultados: 1.011 fueron encontrados, cumpliendo ocho los criterios de inclusión. Los estudios reportaron una asociación entre el aumento abrupto de ETCO₂ y la RCE discrepando en los puntos de corte predictores (un aumento mayor a 10 mmHg y valores iniciales o a los tres minutos mayores de 10 mmHg o 19 mmHg). La calidad metodológica de los estudios fue de moderada a alta.

Conclusiones: Los valores de ETCO₂ se asocian con la RCE en adultos con parada cardiorrespiratoria pudiendo predecir la no supervivencia, por lo que deberían incorporarse a los algoritmos de soporte vital avanzado y a los informes estilo Utstein.

Palabras clave: Adulto, Capnografía, Dióxido de carbono, Paro cardiaco extrahospitalario, Volumen residual, Revisión sistemática.

ABSTRACT

The end-tidal carbon dioxide as an early sign and predictor of the return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest. A systematic review

Background: There is no clear evidence on the maximum level of end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) predictor of the return of spontaneous circulation (RSC) after an out-of-hospital cardiorespiratory arrest. The aims of this work was to synthesise and analyse the available evidence on the usefulness of monitoring values ETCO₂ in an out-of-hospital cardiorespiratory arrest as an early sign and prognostic indicator of the RSC.

Methods: Systematic review, with narrative synthesis of the results, of primary studies published in English or Spanish was conducted in *Medline*, *CINAHL*, *Web of Science*, *EMBASE*, *Proquest*, *Scopus*, *Cochrane*, *ÍNDICES CSIC* and *CUIDEN* of studies that analyse the usefulness of monitoring of the level of ETCO₂ as a sign of the RSC after an out-of-hospital cardiorespiratory arrest. PRISMA declaration was followed. The risk of bias was assessed with the Newcastle-Ottawa Scale.

Results: 1,011 studies were found, eight of which fulfilled the inclusion criteria. The studies reported an association between the abrupt increase in ETCO₂ and RSC to disagree on the predictive cut-off points (an increase than 10 mmHg and initial values or three minutes greater than 10 mmHg or 19 mmHg). The studies were of moderate to high methodological quality.

Conclusions: ETCO₂ values correlate with the RSC in adults with cardiorespiratory arrest and could predict non-survival, so they should be incorporated into advanced life support algorithms and Utstein-style reports.

Key words: Adult, Capnography, Carbon dioxide, Out-of-hospital cardiac arrest, Residual volume, Systematic review.

Correspondencia:

Beatriz Rodríguez-Martín

Universidad de Castilla-La Mancha

Facultad de Ciencias de la Salud

Avd. Real Fábrica de Sedas, s/n

45600 Talavera de la Reina (Toledo), España

Beatriz.RMartin@uclm.es

Cita sugerida: Caro-Alonso PA, Rodríguez-Martín B. El dióxido de carbono al final de la espiración como signo precoz y valor pronóstico de la recuperación de la circulación espontánea en la parada cardiaca extrahospitalaria. Una revisión sistemática. *Rev Esp Salud Pública*. 2021; 95: 27 de abril e202104068.

INTRODUCCIÓN

La parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria (PCR-EH) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo⁽¹⁾. Aunque la desfibrilación precoz y la reanimación cardiopulmonar (RCP) de alta calidad han mejorado la supervivencia^(1,2,3), la supervivencia de una PCR-EH es del 10%, frente al 20% en el caso de paradas cardiorrespiratorias intrahospitalarias⁽⁴⁾.

La RCP pretende alcanzar la recuperación de la circulación espontánea (RCE)⁽⁵⁾, definida como un pulso palpable, una onda arterial continua durante más de 20 minutos sin compresiones torácicas, un ritmo electrocardiográfico espontáneo y organizado y una presión arterial medible⁽¹⁾. La valoración de la RCE incluye la búsqueda de pulso, el análisis del ritmo cardíaco y la evaluación de los niveles de dióxido de carbono (CO₂)⁽⁶⁾.

La capnografía es una monitorización no invasiva de la ventilación a través de un capnograma, que representa de manera gráfica a través de la onda del capnograma los niveles de CO₂ durante todo el ciclo respiratorio, comenzando con la exhalación y mostrando en su extremo final el valor máximo de la presión parcial de dióxido de carbono al final de la espiración (*end-tidal* CO₂ o ETCO₂)⁽⁵⁾. Valor que refleja el flujo sanguíneo pulmonar y el gasto cardíaco. Además, en situaciones en las que la ventilación permanece constante, puede utilizarse como monitorización indirecta de la perfusión pulmonar⁽⁷⁾.

La onda del capnograma representa el valor máximo de ETCO₂ que puede monitorizarse continuamente durante la RCP sin parar las compresiones torácicas⁽⁵⁾. La capnografía es más fiable para valorar la respiración en una parada cardiorrespiratoria que la auscultación o el movimiento del pecho. Existe evidencia

robusta sobre la utilidad de la capnografía para confirmar la correcta posición del tubo endotraqueal en la intubación^(8,9), monitorizar la ventilación durante la sedación⁽⁹⁾ o valorar la efectividad de las compresiones torácicas, siendo óptimas cuando los niveles de ETCO₂ son mayores a 20 milímetros de mercurio (mmHg)⁽⁹⁾. Mientras que hay evidencia controvertida sobre cuál es el valor de ETCO₂ que puede considerarse signo precoz e indicador pronóstico de la RCE^(9,10), o por el contrario, de la no supervivencia^(7,11).

Decidir cuándo terminar la RCP es un desafío para los profesionales sanitarios por la falta de criterios objetivos que ayuden a discriminar que pacientes no van a sobrevivir, siendo necesarios predictores precisos y tempranos que ayuden en la toma de decisiones⁽¹²⁾.

Desde 2005, el *European Resuscitation Council* (ERC) recomienda utilizar la capnografía durante la parada cardiorrespiratoria para decidir cuándo terminar los esfuerzos de reanimación⁽⁶⁾. En 2010, la *American Heart Association* (AHA) recomendó utilizar el valor de ETCO₂ como indicador clínico de la RCE con un nivel de evidencia IIa⁽¹³⁾. En 2005, el *International Liaison Committee on Resuscitation* consensuó que un aumento brusco y mantenido de ETCO₂ mayor a 40 mmHg es un indicador de la RCE⁽¹⁴⁾, apuntando en 2010 que los valores de ETCO₂ ayudan a optimizar las compresiones y guiar el tratamiento con vasopresores durante la parada cardíaca⁽¹⁵⁾.

A pesar de lo anterior, la capnografía está infrutilizada y son escasos los estudios que analizan su efectividad durante la PCR-EH. Revisiones previas han tratado de identificar el valor de ETCO₂ asociado con la RCE incluyendo en sus muestras a pacientes con parada cardiorrespiratoria intra y extrahospitalaria o analizando estudios anteriores a las nuevas recomendaciones de monitorización de ETCO₂

durante la parada cardiorrespiratoria^(7,12,16). Tampoco hay consenso sobre que valores absolutos de ETCO_2 pueden utilizarse como pronóstico durante la parada cardiorrespiratoria^(5,17). Además, la revisión más actualizada solo incluye artículos hasta 2016⁽⁷⁾. Hasta donde conocemos, no hay revisiones que analicen este fenómeno exclusivamente en pacientes con PCR-EH para comprobar si hay diferencias con las paradas cardiorrespiratorias intrahospitalarias.

El objetivo de esta revisión fue sintetizar y analizar la evidencia disponible sobre la utilidad de la monitorización de los valores de ETCO_2 en la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria como signo precoz e indicador pronóstico de la recuperación de la circulación espontánea.

MATERIAL Y MÉTODOS

Revisión sistemática, con síntesis narrativa de los resultados, de estudios que analizan la utilidad de la monitorización de los niveles de ETCO_2 como signo precoz e indicador pronóstico de la RCE tras una parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria. El protocolo de esta revisión ha sido registrado en Prospero (CRD42020145236).

Criterios de elegibilidad, fuentes de información y búsqueda. Revisión sistemática, siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA⁽¹⁸⁾, de estudios publicados en inglés o castellano, desde 2005 hasta 1 junio de 2019, en *Medline (Pubmed)*, *CINAHL*, *Web of Science*, *EMBASE*, *Proquest*, *Scopus*, *Cochrane*, *ÍNDICES CSIC* y *CUIDEN*. Además, se realizó una búsqueda secundaria a través de las referencias de los estudios incluidos.

La **tabla 1** muestra la estrategia de búsqueda electrónica utilizada en las diferentes bases de datos. El proceso de búsqueda y selección de los estudios fue realizado independientemente

por dos investigadores según los criterios de inclusión y exclusión, consensuando posteriormente los resultados. Un tercer investigador medió en los desacuerdos.

Selección de los estudios. Primero se realizó un escaneado por título, posteriormente se revisaron los títulos y resúmenes de los artículos elegibles. Finalmente, se leyeron los textos completos de los artículos que cumplieron los criterios de inclusión.

Para la selección de los artículos se consideraron los siguientes criterios. Criterios de inclusión: i) estudios primarios publicados en inglés o castellano, desde 2005 hasta 1 de junio de 2019, en las bases de datos analizadas, ii) estudios con muestra recogida a partir de 2005 o que especificaran que seguían las recomendaciones de la ERC de 2005 (fecha a partir de la cual se recomienda el uso sistemático de la capnografía durante la parada cardiorrespiratoria), iii) estudios que analizan los valores de ETCO_2 como signo precoz o indicador pronóstico de la RCE y iv) estudios realizados en personas mayores de 18 años con PCR-EH. Criterios de exclusión: i) estudios que incluyeran a población infantil, ii) estudios que analizaran conjuntamente paradas cardiorrespiratorias intrahospitalarias y extrahospitalarias sin presentar los resultados de manera disgregada y iii) estudios con pobre calidad metodológica según la Escala de Newcastle-Ottawa⁽¹⁹⁾.

Proceso de extracción de datos, lista de datos y medidas resumen. Dos investigadores extrajeron los datos independientemente utilizando una plantilla *Excel* que incluyó los datos de la **tabla 2**, consensuando posteriormente los resultados.

Las principales medidas de resultado analizadas fueron la RCE y los valores de ETCO_2 en diferentes momentos tras la intubación y cuando se alcanzó la RCE.

Tabla 1
Estrategia de búsqueda en las bases de datos seleccionadas.

Base de datos	Estrategia de búsqueda
Medline (Pubmed)	<p>("Heart Arrest"[Mesh] OR "Out-of-Hospital Cardiac Arrest"[Mesh] OR ("cardiovascular system"[MeSH Terms] OR ("cardiovascular"[All Fields] AND "system"[All Fields]) OR "cardiovascular system"[All Fields]) OR "cardiovascular"[All Fields]) AND ("heart arrest"[MeSH Terms] OR ("heart"[All Fields] AND "arrest"[All Fields]) OR "heart arrest"[All Fields] OR "arrest"[All Fields])) OR ("heart arrest"[MeSH Terms] OR ("heart"[All Fields] AND "arrest"[All Fields]) OR "heart arrest"[All Fields]) OR ("cardiopulmonary"[All Fields] AND "arrest"[All Fields]) OR "cardiopulmonary arrest"[All Fields]) AND "Adult"[Mesh] AND ("Capnography"[Mesh] OR "Carbon Dioxide"[Mesh] OR (end-tidal[All Fields] AND ("carbon dioxide"[MeSH Terms] OR "carbon"[All Fields] AND "dioxide"[All Fields]) OR "carbon dioxide"[All Fields])) OR end-tidal[All Fields] OR (end-tidal[All Fields] AND CO2[All Fields]) OR ("exhalation"[MeSH Terms] OR "exhalation"[All Fields] OR "expired"[All Fields] OR "death"[MeSH Terms] OR "death"[All Fields]) AND ("carbon dioxide"[MeSH Terms] OR "carbon"[All Fields] AND "dioxide"[All Fields]) OR "carbon dioxide"[All Fields]) OR ETCO2[All Fields] OR PETCO2[All Fields] OR ("carbon dioxide"[MeSH Terms] OR "carbon"[All Fields] AND "dioxide"[All Fields]) OR "carbon dioxide"[All Fields]) OR CO2[All Fields]) AND ("Cardiopulmonary Resuscitation"[Mesh] OR ("cardiopulmonary resuscitation"[MeSH Terms] OR ("cardiopulmonary"[All Fields] AND "resuscitation"[All Fields]) OR "cardiopulmonary resuscitation"[All Fields] OR "cpr"[All Fields])) AND (Return[All Fields] AND spontaneous[All Fields] AND ("blood circulation"[MeSH Terms] OR ("blood"[All Fields] AND "circulation"[All Fields]) OR "blood circulation"[All Fields]) OR "circulation"[All Fields]))</p>
SCOPUS	<p>(heart AND arrest OR out-of-hospital AND cardiac AND arrest OR cardiovascular AND arrest OR cardiopulmonary AND arrest) AND (adult) AND (capnography OR carbon AND dioxide OR end-tidal AND carbon AND dioxide OR end-tidal OR end-tidal AND co2 OR expired AND carbon AND dioxide OR etco2 OR petco2 OR carbon AND dioxide OR CO2) AND (cardiopulmonary AND resuscitation OR cpr) AND (return AND of AND spontaneous AND circulation) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re"))</p>
Web of Science	<p>TOPIC: ((Heart arrest OR cardiac arrest OR cardiovascular arrest OR cardiopulmonary arrest OR out-of-hospital cardiac arrest) AND Adult (Capnography OR end-tidal carbon dioxide OR end-tidal OR end-tidal CO2 OR expired carbon dioxide OR etco2 OR Petco2 OR carbon dioxide OR CO2) AND (Cardiopulmonary resuscitation OR CPR) AND (Return of spontaneous circulation)) Refined by: DOCUMENT TYPES: (ARTICLE OR REVIEW) Timespan: All years. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC.</p>
CINAHL	<p>(Heart arrest OR Heart arrest OR cardiac arrest OR cardiovascular arrest OR cardiopulmonary arrest OR out-of-hospital cardiac arrest) AND adult (Capnography OR end-tidal carbon dioxide OR end-tidal OR end-tidal CO2 OR expired carbon dioxide OR ETCO2 OR PETCO2 OR carbon dioxide OR CO2 OR capnography OR carbon dioxide OR tidal volume) and (Advanced Cardiac Life Support OR Cardiopulmonary resuscitation OR CPR) AND (return of spontaneous circulation)</p>
The Cochrane Library Plus	<p>((Heart Arrest OR Out-of-Hospital Cardiac Arrest OR cardiovascular arrest OR cardiopulmonary arrest) AND (Adult) AND (Capnography OR Carbon Dioxide OR end-tidal carbon dioxide OR end-tidal OR end-tidal CO2 OR expired carbon dioxide OR ETCO2 OR PETCO2 OR carbon dioxide OR CO2) AND (Cardiopulmonary Resuscitation OR CPR) AND (Return of spontaneous circulation)):ti,ab,kw</p>
CUIDEN	<p>((("paro")AND(("cardiaco")AND(("extrahospitalario")AND(("O")AND(("paro")AND(("cardiaco"))))))AND(("Y")AND(("Adulto")AND(("dióxido")AND(("de")AND(("carbone")AND(("O")AND(("capnografía")AND(("O")AND(("capnometría"))))))))AND(("Y")AND(("reanimación")AND(("cardiopulmonar")AND(("O")AND(("resucitación"))))AND(("Y")AND(("retorno")AND(("de")AND(("la")AND(("circulación")AND(("espontanea"))))))))))</p>
ÍnDICES CSIC	<p>(Heart arrest OR cardiac arrest OR cardiovascular arrest OR cardiopulmonary arrest OR out-of-hospital cardiac arrest) AND Adult AND (Capnography OR end-tidal carbon dioxide OR end-tidal OR end-tidal CO2 OR expired carbon dioxide OR ETCO2 OR PETCO2 OR carbon dioxide OR CO2) AND (Cardiopulmonary resuscitation OR CPR) AND (Return of spontaneous circulation) (paro cardiaco extrahospitalario O paro cardiaco) Y Adulto (dióxido de carbono O capnografía O capnometría) Y (reanimación cardiopulmonar O resucitación) Y (retorno de la circulación espontanea)</p>
EMBASE	<p>('heart arrest'/exp OR 'out of hospital cardiac arrest'/exp OR 'cardiopulmonary arrest'/exp) AND (adult OR 'adult'/exp) AND ('capnometry'/exp OR 'end tidal carbon dioxide tension'/exp OR 'carbon dioxide'/exp) AND 'resuscitation'/exp AND 'return of spontaneous circulation'/exp</p>
Proquest	<p>(Heart arrest OR cardiac arrest OR cardiovascular arrest OR cardiopulmonary arrest OR out-of-hospital cardiac arrest) AND Adult AND (Capnography OR end-tidal carbon dioxide OR end-tidal OR end-tidal CO2 OR expired carbon dioxide OR etco2 OR Peico2 OR carbon dioxide OR CO2) AND (Cardiopulmonary resuscitation OR CPR) AND (Return of spontaneous circulation)</p>

Tabla 2
Resumen de las principales características de los estudios analizados.

Autor/es, fecha	País	Emplazamiento	Objetivo	Tipo de diseño	Características de la muestra	Medidas de resultado	Principales resultados	Valor de corte de ETCO ₂ para la RCE	Conclusiones	Resultados Escala Newcastle-Ottawa
Pokorná M, Andřík M, Necas E, 2010 ⁽²⁰⁾	República Checa	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Analizar los cambios en el nivel máximo de ETCO ₂ en el momento de la RCE. Determinar si el aumento en el nivel de ETCO ₂ puede ser utilizado como indicador fiable de la RCE.	Estudio observacional retrospectivo de 2 casos y controles.	108 personas mayores de 18 años con PCR-EH atendidos por los servicios de emergencia extrahospitalaria durante un periodo de 2 años. Casos: pacientes con RCE. Controles: pacientes sin RCE.	- Niveles de ETCO ₂ : promedio, inicial, final, máximo y mínimo, medidos con el sensor CapnoStat Mainsream carbon dioxide (Respiratics Novamatrix). - RCE valorada a través de un pulso central palpable, un ritmo organizado en ECG y una PA medible. - Variables secundarias: edad, sexo, etiología de la PCR, ritmo inicial de la PCR, PCR presenciada o no y calidad de vida.	De los 108 pacientes, 59 alcanzaron la RCE. El nivel medio de ETCO ₂ antes de la RCE fue 26,65 mmHg (DE: 12,00 mmHg) y de 36,60 mmHg tras la RCE (DE: 12,44 mmHg) (p = 0,0001), existiendo un aumento mayor a 10 mmHg en el momento de la RCE. El aumento de los valores de ETCO ₂ antes de la RCE fue significativo (p = 0,0001). La diferencia media en el nivel de ETCO ₂ antes y después de la RCE fue de 9,95 mmHg. Se observó un aumento significativo del nivel de ETCO ₂ en el momento del diagnóstico de RCE, seguido de un rebajamiento. Los niveles medios de ETCO ₂ (promedio, inicial, final, máximo y mínimo) fueron mayores en los pacientes que alcanzaron la RCE.	La recuperación de la circulación espontánea se asocia con valores más altos de ETCO ₂ antes de la RCE. Aumentos bruscos en los valores > 10 mmHg se asocian con la RCE y deben utilizarse como indicador de la RCE. Pero los valores absolutos de ETCO ₂ deben interpretarse con precaución, ya que los niveles absolutos de ETCO ₂ no solo dependen de factores cardiacos, sino también de la ventilación pulmonar, la presencia y la duración de la asfisia, la disminución de la temperatura corporal y la interferencia de la vasoconstricción periférica.	6/9	
Díez-Picazo L, Barroso Matilla S, Chico Córdoba R, Muñoz A, 2010 ⁽²¹⁾	España	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Analizar la eficacia de la monitorización capnográfica en la PCR-EH. Determinar la capacidad de la capnografía y la capnometría para determinar la correcta intubación en la PCR-EH. Analizar si la capnografía detecta precozmente la RCE tras una RCP exitosa. Estudiar el valor pronóstico de la capnometría sobre la capacidad de recuperación del paciente.	Estudio observacional prospectivo.	30 personas mayores de 18 años con PCR-EH no traumática en los que se realizaron las maniobras de RCP avanzada según las recomendaciones de la ERC durante un periodo de un año.	- Niveles de ETCO ₂ : inicial, a los 20 minutos y valor final medido con un capnógrafo de corriente lateral de bajo flujo Microsteam, Oridian. - RCE: valorada por observación directa. - Variables secundarias: edad, sexo, ritmo inicial de la PCR, causa del cese de las maniobras de RCP, supervivencia al ingreso hospitalario.	De los 30 pacientes, ocho alcanzaron la RCE y sobrevivieron al ingreso hospitalario. De los pacientes que alcanzaron la RCE, el 62,5% presentaron un incremento en el nivel de ETCO ₂ > 10 mmHg anterior a la detección de pulso y a que hubiera un cambio en el ECG. Encontrando una asociación positiva entre el incremento en los valores de ETCO ₂ y la RCE (p < 0,05). La presencia de valores < 20 mmHg fue un factor de mal pronóstico para la RCE. El valor de ETCO ₂ final fue mayor en los pacientes recuperados que en los pacientes fallidos (33,5 ± 12,7 mmHg frente a 15,3 ± 11,1 mmHg (p < 0,01), pero no hubo diferencias significativas ni al inicio ni a los 20 minutos. Todos los pacientes recuperados presentaron valores de ETCO ₂ mayores a 20 mmHg tanto a los 20 minutos como al final de las maniobras de RCP.	La capnografía puede detectar precozmente la recuperación de la circulación espontánea. Así, la detección de un evento capnográfico puede ser el primer signo de RCE antes de que lo indique el electrocardiograma o de la aparición del pulso carotídeo. La capnografía tiene utilidad clínica ya que puede ayudar a los equipos de emergencias en la decisión sobre cuando interrumpir las maniobras de RCP. La presencia de valores menores a 20 mmHg es un factor de mal pronóstico para la RCE. A pesar de los resultados de este estudio apuntan que la capnografía puede ser de ayuda en la toma de decisiones clínica durante la PCR-EH, son necesarios estudios con confirmación este hallazgo.	4/9	

DE: desviación estándar; ECG: electrocardiograma; EE: UU.: Estados Unidos; ERC: European Resuscitation Council; ETCO₂: nivel máximo de dióxido de carbono al final de la espiración; kPa: kilopascal; mmHg: milímetros de mercurio; OR: Odds Ratio; PA: presión arterial; PCR: parada cardiorrespiratoria; PCR-EH: parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria; RCE: recuperación de la circulación espontánea; RCP: reanimación cardiopulmonar; ROC: característica operativa del receptor; YPN: valor predictivo negativo; YPP: valor predictivo positivo.

Tabla 2 (continuación)
Resumen de las principales características de los estudios analizados.

Autor/es, fecha	País	Emplazamiento	Objetivo	Tipo de diseño	Características de la muestra	Medidas de resultado	Principales resultados	Valor de corte de ETCO ₂ para la RCE	Conclusiones	Resultados Escala Networkcastle-Ottawa
Eckstein M, Hatch L, Malleck J, McClung C, Henderson SO, 2011 ⁽²²⁾	Estados Unidos.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Evaluar si el valor inicial de ETCO ₂ predice la supervivencia en pacientes con PCR-EH.	Estudio observacional retrospectivo de cohortes.	3.121 personas mayores de 18 años con PCR-EH en los que se hubieran iniciado las maniobras de RCP avanzada.	- Valores de ETCO ₂ inicial y final, medidos con el capnometro integrado en el monitor LifePack 12 Medtronic Corp. - RCE. - Variables secundarias: género, PCR presenciada o no, inicio o no de la RCP por un testigo, uso o no de desfibrilador automático y ritmo inicial (fibrilación ventricular o taquicardia ventricular sin pulso).	La media del valor inicial de ETCO ₂ en todos los pacientes fue de 18,7 mmHg (95% [18,2-19,3]). 695 pacientes (22,4%) alcanzaron la RCE, en los cuales la media inicial de ETCO ₂ fue de 27,6 mmHg (95% [26,3-29,0]). Mientras que en pacientes que no alcanzaron la RCE, la media inicial de ETCO ₂ fue de 16,0 mmHg (95% [15,5-16,5]). Además, las siguientes variables se asociaron significativamente a la RCE: PCR presenciada (OR: 1,51, 95% [1,07-2,12]), valor inicial de ETCO ₂ > 10 mmHg (OR: 4,79, 95% [3,10-4,42]), una disminución de los valores de ETCO ₂ < 25% (OR: 2,82, 95% [2,01-3,97]). Mientras que la combinación de género masculino, falta de reanimación cardiopulmonar, la parada no presenciada, no tener un ritmo inicial de fibrilación ventricular, valores de ETCO ₂ iniciales ≤ 10 mmHg y una disminución de los valores de ETCO ₂ > 25% predijeron la no RCE en el 97% de los casos.	Un valor inicial de ETCO ₂ > 10 mmHg se asoció con la RCE.	Tener un valor inicial de ETCO ₂ > 10 mmHg y la ausencia de una disminución de ETCO ₂ > 25% durante las maniobras de RCP se asociaron significativamente con la RCE en pacientes con PCR-EH. Los valores de ETCO ₂ deben incorporarse como variables importantes en los protocolos relacionados con la toma de decisiones sobre cuando terminar o continuar las maniobras de RCP en pacientes con PCR-EH.	6/9
Lah K, Krizmaric M, Stefek G, 2011 ⁽²⁵⁾	Eslovenia.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Evaluar los cambios en el patrón de ETCO ₂ en pacientes con parada cardiorrespiratoria por asfixia y en pacientes con parada cardiorrespiratoria primaria (rítmos iniciales de fibrilación ventricular o taquicardia ventricular sin pulso).	Estudio observacional prospectivo de cohortes.	325 pacientes con PCR divididos en dos grupos: uno con PCR primaria y otro con PCR por asfixia, en los que se hubieran iniciado las maniobras de RCP avanzada siguiendo las recomendaciones de la ERC de 2005, durante el periodo de tres años en el que se recogieron los datos.	- Valores de ETCO ₂ tras la intubación y cada minuto después de esta medida con el capnometro <i>Capnostream 2060/041 BCI International, Waukesha</i> . - RCE: definido por la presencia de pulso arterial palpable y presión arterial sistólica medible. - Ritmo inicial de la PCR.	De los 325 pacientes, el 55% alcanzó la RCE, de los cuales el 40% ingresaron en el hospital y el 23% sobrevivieron al alta hospitalaria. Los valores iniciales de ETCO ₂ fueron significativamente más altos en el grupo con PCR por asfixia (6,74 ± 4,22 kPa frente a 4,51 ± 2,47 kPa; p = 0,004). En el grupo con PCR por asfixia, no se encontraron diferencias significativas en los valores iniciales de ETCO ₂ en los pacientes que alcanzaron la RCE y los que no la alcanzaron (6,96 ± 3,63 kPa frente a 5,77 ± 4,64 kPa; p = 0,313). En el grupo con PCR primaria los valores iniciales de ETCO ₂ fueron significativamente más altos en aquellos pacientes que alcanzaron la RCE frente a los que no la alcanzaron (4,62 ± 2,46 kPa frente a 3,29 ± 1,76 kPa; p = 0,041). Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en los valores de ETCO ₂ a los 5 minutos tras la intubación en pacientes que habían alcanzado la RCE frente a los que no lo hicieron, tanto en pacientes con PCR primaria como en pacientes con PCR por asfixia. En todos los pacientes que alcanzaron la RCE, el valor inicial de ETCO ₂ fue superior a 1,33 kPa (10 mmHg).	Los valores iniciales de ETCO ₂ son superiores en pacientes con PCR por asfixia primaria. Un valor inicial alto de ETCO ₂ en pacientes con PCR por asfixia no tiene valor pronóstico para la RCE. En cambio, los valores de ETCO ₂ a los 5 minutos tras la intubación pueden pronosticar la RCE tanto en pacientes con PCR primaria, como en pacientes con PCR por asfixia. Los valores de ETCO ₂ son útiles para diferenciar las causas de la parada en pacientes con PCR-EH.	8/9	

DE: desviación estándar; ECG: electrocardiograma; EE, UU.: Estados Unidos; ERC: *European Resuscitation Council*; ETCO₂: nivel máximo de dióxido de carbono al final de la espiración; kPa: kilopascal; mmHg: milímetros de mercurio; OR: *Odds Ratio*; PA: presión arterial; PCR: parada cardiorrespiratoria; PCR-EH: parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria; RCE: recuperación de la circulación espontánea; RCP: reanimación cardiopulmonar; ROC: característica operativa del receptor; VPM: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

Tabla 2 (continuación)
Resumen de las principales características de los estudios analizados.

Autor/es, fecha	País	Emplazamiento	Objetivo	Tipo de diseño	Características de la muestra	Medidas de resultado	Principales resultados	Valor de corte de ETCO ₂ para la RCE	Conclusiones	Resultados Escala Newcastle-Ottawa
Chen J-J, Lee Y-K, Hou S-W, Huang M-Y, Hsu C-Y, Su Y-C, 2015 ⁽²⁾	Taiwán.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Evaluar la frecuencia de la monitorización de ETCO ₂ en pacientes con parada cardiorrespiratoria y evaluar sus efectos en la RCE.	Estudio observacional prospectivo de cohortes.	5.041 personas mayores de 18 años con PCR-EH durante el período de recogida de datos de 10 años.	<p>Variables primarias: - Valores de ETCO₂ medidos con un capnógrafo (no especifican modelo).</p> <p>Variables secundarias: edad, sexo, nivel socioeconómico, ámbito de residencia, institución sanitaria visitada por el paciente, duración de la RCP, intentos de desfibrilación, supervivencia al alta hospitalaria, prevalencia de enfermedades y comorbilidades (medidas con el Índice de Charlson).</p>	83 pacientes en el grupo con monitorización de la ETCO ₂ (1,6%) y 4.958 en el grupo que no recibió monitorización. A pesar de las recomendaciones existentes, la monitorización de ETCO ₂ en pacientes con PCR en Taiwán era todavía baja. Los pacientes en los que se monitorizó el nivel de ETCO ₂ durante la RCP tuvieron una alta probabilidad de alcanzar la RCE (OR 2,38, 95% [1,28-4,42]). No hubo una asociación significativa entre la supervivencia al alta hospitalaria y la monitorización de los valores de ETCO ₂ durante la PCR (OR 0,91, 95% [0,12-6,90]; p = 0,924).	No especifican el valor de corte.	Los pacientes en los que se monitorizan los valores de ETCO ₂ durante una PCR-EH tienen más posibilidades de alcanzar la RCE. A pesar de lo anterior y de las fuertes recomendaciones, la monitorización de los valores de ETCO ₂ es aún baja en Taiwán.	6/9
Poon K, Lui C, Tsui K, 2016 ⁽¹⁷⁾	Hong Kong.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Evaluar el rol de los valores de ETCO ₂ a los 3 minutos para el pronóstico de personas con PCR-EH.	Estudio prospectivo de cohortes.	319 personas mayores de 18 años con parada cardiorrespiratoria no traumática atendidos por los Servicios de emergencia extrahospitalaria durante el período de recogida de datos de un año.	<p>Variables primarias: - Valor de ETCO₂: inicial, cada 3 minutos o cuando hubiera cambios en los valores medido con capnógrafo Nellcor Microstream modelo N85 Medtronic - RCE.</p> <p>Variables secundarias: edad, sexo, lugar de la parada, ritmo inicial en el escenario y en el servicio de urgencias, desfibrilación en la fase prehospitalaria y en el servicio de urgencias, supervivencia a la admisión hospitalaria y en el momento del alta.</p>	De los 319 pacientes, 108 alcanzaron la RCE (34%), de los cuales 97 (90%) sobrevivieron al ingreso hospitalario y 6 (6%) al alta hospitalaria. El ritmo inicial principal fue la asistolia (76%). El 4% de los pacientes con RCE alcanzó valores de ETCO ₂ a los 3 minutos menores o iguales a 10 mmHg, mientras que este porcentaje fue del 31% en pacientes que no alcanzaron la RCE (p < 0,001). El rango de los valores de ETCO ₂ a los 3 minutos de los pacientes sobrevivientes hasta el alta fue de 21 a 56 mmHg. Un valor de ETCO ₂ a los 3 minutos > 10 mmHg fue predictivo de REC (OR: 18,16, 95% [4,79 - 51,32]; p < 0,001). Cuando el paciente cardíaco tuvo valores de ETCO ₂ a los 3 minutos > 10 mmHg, las probabilidades de REC fueron 18 veces mayores que cuando los valores de ETCO ₂ fueron ≤ 10 mmHg. La PCR presenciada y la desfibrilación prehospitalaria fueron otros factores predictivos de REC con OR 3,75 (95% [2,22-8,2], p < 0,001) y 2,22 (95% [1,35-5,26], p < 0,001), respectivamente. En relación con la precisión diagnóstica de los valores de ETCO ₂ > 10 mmHg para la RCE, la sensibilidad fue de 0,95 (95% [0,89 - 0,98]), mientras que la especificidad fue de 0,27 (95% [0,21 - 0,33]). El VPP fue de 0,40 (95% [0,34 - 0,46]), mientras que el VPN fue de 0,92 (95% [0,82 a 0,97]).	Un valor de ETCO ₂ > 10 mmHg a los 3 minutos fue predictivo de la RCE.	Un valor de ETCO ₂ a los 3 min ≤ 10 mmHg se asocia con un mal pronóstico y una baja probabilidad de RCE tras una PCR-EH. La detección de un nivel bajo de ETCO ₂ puede ayudar a reducir la tasa de reanimación prolongada médicamente inútil.	7/9

DE: desviación estándar; ECG: electrocardiograma; EE: UU.: Estados Unidos; ERC: *European Resuscitation Council*; ETCO₂: nivel máximo de dióxido de carbono al final de la espiración; kPa: kilopascal; mmHg: milímetros de mercurio; OR: *Odds Ratio*; PA: presión arterial; PCR: parada cardiorrespiratoria; PCR-EH: parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria; RCE: recuperación de la circulación espontánea; RCP: reanimación cardiopulmonar; ROC: característica operativa del receptor; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

Tabla 2 (continuación)
Resumen de las principales características de los estudios analizados.

Autor/es, fecha	País	Emplazamiento	Objetivo	Tipo de diseño	Características de la muestra	Medidas de resultado	Principales resultados	Valor de corte de ETCO ₂ para la RCE	Conclusiones	Resultados Escala Netwcastle-Ottawa
Singer A, Nguyen R, Ravishankar ST, Schoenfeld E, Thode H, Henry M <i>et al.</i> , 2018 ²⁴	Estados Unidos.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Comparar la validez de los niveles de ETCO ₂ y de la saturación de oxígeno cerebral como predictores de la RCE en pacientes con PCR-EH.	Estudio observacional prospectivo de dos cohortes.	100 personas de 18 o más años con PCR-EH y reanimación igual o mayor a 5 minutos, atendidos por el Servicio de emergencia durante los 3 años de recogida de datos y que tuvieron mediciones de la saturación de oxígeno y de ETCO ₂ .	- Valores de ETCO ₂ cada minuto: medido con el capnógrafo GE Healthcare sensor (Little Chalfont, Reino Unido). - RCE: definida como la presencia de pulso palpable en cualquier parte del cuerpo mayor o igual a 20 minutos. - Monitorización de la oximetría cerebral (saturación de oxígeno cerebral) medida con el monitor Equinox 7600, Novint Medical Plymouth, Mri, EE. UU.	De los 100 pacientes, 46 presentaron asistolia, 40 actividad eléctrica sin pulso y 14 fibrilación ventricular/líquida. 33 pacientes alcanzaron la RCE (33%), de los cuales solo 2 (2%) sobrevivieron al alta. La media (DE) de los valores de ETCO ₂ y de saturación de oxígeno cerebral fue mayor en los pacientes que alcanzaron la RCE frente a los que no la alcanzaron 45,8 (12,2) frente a 36,4 (13,4), p = 0,001 y 42,1 (18,1) frente a 23,8 (15,0), p < 0,001 respectivamente. Los puntos de corte óptimos para la saturación de oxígeno cerebral y los valores de ETCO ₂ fueron del 50% y 19 mmHg respectivamente, siendo los puntos de corte de ETCO ₂ más sensibles que los valores de saturación de oxígeno cerebral (100%, 95%, [87-100] frente a 48%, [31-66]), mientras que los valores de saturación de oxígeno cerebral fueron más específicos (85%, 95%, [74-92] frente a 45%, [33-57]).	Un valor de ETCO ₂ > o igual 19 mmHg.	Los valores de ETCO ₂ y de saturación de oxígeno cerebral predicen la RCE, siendo los valores de ETCO ₂ más sensibles, mientras que la saturación de oxígeno es más específica. Por lo que ambas medidas deben considerarse complementarias. Una mayor oxigenación cerebral durante la reanimación cardiopulmonar se asocia con el RCE y con la supervivencia neurologicamente favorable al alta hospitalaria. Lograr una mayor oxigenación cerebral regional durante la reanimación puede aumentar posibilidades de resultados favorables en una PCR-EH.	5/9
Eliola A, Aramendi E, Irujo U, Alonso E, Lu Y, Chang MP <i>et al.</i> , 2019 ²⁵	Estados Unidos.	Servicios de emergencia extrahospitalaria.	Analizar el valor añadido del nivel de ETCO ₂ para clasificar los ritmos con pulso y sin pulso en las PCR-EH y su potencial para detectar la RCE.	Estudio observacional retrospectivo.	426 pacientes con PCR-EH atendidos por los Servicios de emergencia durante un periodo de recogida de datos de cuatro años.	- Valores de ETCO ₂ : medidos con un capnógrafo al menos cuatro minutos antes de la RCE y 1 minuto después de la RCE y cada minuto tras la RCE. Para las mediciones utilizaron el capnógrafo modular del monitor/desfibrilador Philips HeartSaver Mx. - RCE: definido como pulso palpable en cualquier localización durante cualquier periodo de tiempo.	De los 426 pacientes con PCR-EH, 117 alcanzaron la RCE, mientras que 309 no alcanzaron la RCE. Los valores de ETCO ₂ aumentaron significativamente desde 41 mmHg, 3 minutos antes de la RCE, hasta 57 mmHg, 1 minuto después de RCE. Además, el valor de ETCO ₂ fue significativamente mayor para la PCR con pulso que para la PCR sin pulso (46 mmHg frente a 20 mmHg, p < 0,05). Los valores de ETCO ₂ tuvieron una sensibilidad y especificidad del 96,6% y 94,5% para la detección de casos de RCE. Además, la combinación de monitorización con ECG, ETCO ₂ e impedancia torácica tuvo un área debajo de la curva ROC para la detección del pulso de 0,92.	No incluyeron un valor de corte, aunque los valores de ETCO ₂ fueron mayores en pacientes con RCE.	Los resultados de este estudio muestran el gran potencial de los valores de ETCO ₂ para la identificación de la RCE, mejorando los algoritmos de detección del pulso basados en el ECG y en la impedancia torácica. Además, este estudio muestra que la utilización de los niveles de ETCO ₂ mejora la clasificación de la parada con pulso y sin pulso detectada con el ECG o con la combinación entre el ECG y la impedancia torácica. Incorporar la monitorización de los valores de ETCO ₂ a los algoritmos basados en el registro ECG y en la impedancia torácica aumenta la precisión de los algoritmos para la identificación de los casos de RCE.	6/9

DE: desviación estándar; ECG: electrocardiograma; EE. UU.: Estados Unidos; ERC: European Resuscitation Council; ETCO₂: nivel máximo de dióxido de carbono al final de la espiración; kPa: kilopascal; mmHg: milímetros de mercurio; OR: Odds Ratio; PA: presión arterial; PCR: parada cardiorrespiratoria; PCR-EH: parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria; RCE: recuperación de la circulación espontánea; RCP: reanimación cardiopulmonar; ROC: característica operativa del receptor; VPP: valor predictivo positivo.

Riesgo de sesgo de los estudios. Se evaluó con la Escala de Newcastle-Ottawa para estudios observacionales⁽¹⁹⁾ considerando los estudios con puntuaciones de nueve a siete estrellas como de alta calidad, entre cuatro y seis estrellas de calidad moderada y de una a tres estrellas de pobre calidad y con alto riesgo de sesgo.

Síntesis de resultados. La heterogeneidad de los estudios analizados ($I^2 > 50\%$, $p > 0,05$) impidió efectuar un metaanálisis realizando una síntesis narrativa de los resultados.

RESULTADOS

Selección de estudios. Tras la búsqueda en las bases de datos se obtuvieron 1.005 referencias, seis referencias más fueron localizadas en la búsqueda secundaria, estando 229 duplicadas en varias bases de datos. Tras leer los títulos y resúmenes quedaron 48, excluyéndose 40 tras leer el texto completo. Ocho artículos cumplieron los criterios de inclusión analizándose en la síntesis cualitativa (figura 1).

Características de los estudios incluidos. La tabla 2 recoge las principales características de los estudios incluidos. Ocho estudios observacionales fueron incluidos en esta revisión^(2,17,20-25), siendo cinco estudios de cohortes^(2,17,22,23,24), uno de casos y controles⁽²⁰⁾, un estudio observacional prospectivo⁽²¹⁾ y un estudio observacional retrospectivo⁽²⁵⁾.

El periodo de recogida de datos fue de uno a diez años. La población total incluida en los artículos fue 9.470 pacientes, con tamaños muestrales entre 30⁽²¹⁾ y 5.041 participantes⁽²⁾. Los estudios fueron realizados en Estados Unidos^(22,24,25), República Checa⁽²⁰⁾, España⁽²¹⁾, Eslovenia⁽²³⁾, Taiwán⁽²⁾ y Hong Kong⁽¹⁷⁾. Todos los estudios tuvieron como objetivo determinar si el valor de $ETCO_2$ era un signo precoz o un indicador pronóstico de la RCE en pacientes con PCR-EH^(2,17,20-25).

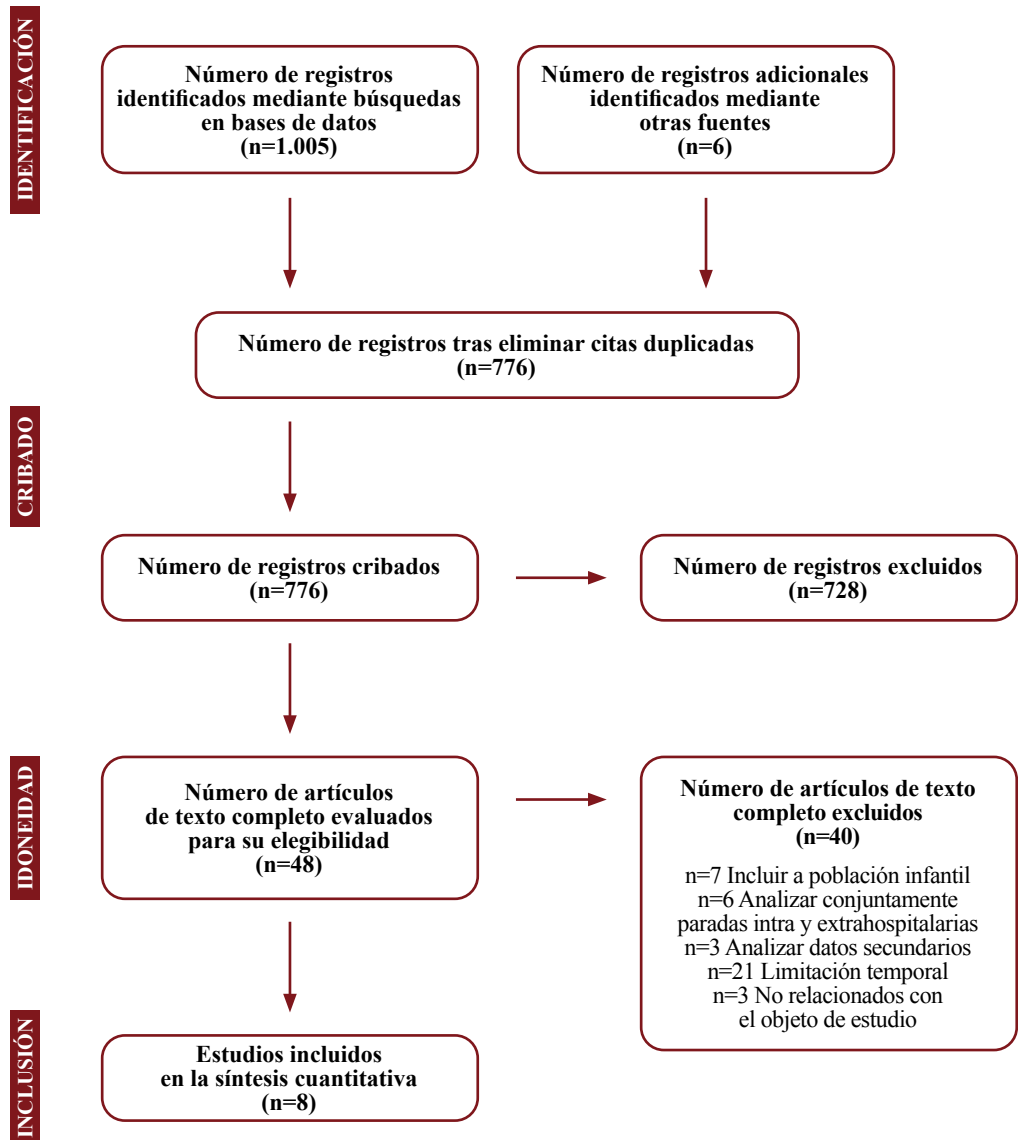
Todos los estudios analizaron como medidas de resultado primarias los valores de $ETCO_2$ y la RCE. Encontramos heterogeneidad en el momento de monitorizar los valores de $ETCO_2$, siendo medidos tras la intubación (valor inicial)^(2,17,20-24), cuatro minutos antes de la RCE⁽²⁵⁾, un minuto después de la RCE⁽²⁵⁾, cada minuto tras la intubación^(23,24,25), cada tres minutos o ante cambios mayores a 10 mmHg⁽¹⁷⁾, a los 20 minutos⁽²¹⁾ o tras la RCE (valor final)^(20,21,22). Además, otro estudio recogió el valor promedio, máximo y mínimo de $ETCO_2$ (20).

Síntesis de los resultados:

– Utilidad de monitorizar los valores de $ETCO_2$ como signo precoz de la RCE: La mayoría de los estudios hallaron una asociación positiva entre el incremento en los valores de $ETCO_2$ y la RCE^(17,20-24). Dos estudios encontraron una asociación entre la RCE y aumentos de $ETCO_2$ mayores a 10 mmHg^(20,21). Otros estudios establecieron el punto de corte en un valor inicial mayor a 10 mmHg^(22,23) con una Odds Ratio (OR) de 4,79⁽²²⁾ o en una disminución de los valores de $ETCO_2$ menor al 25% (OR 2,82)⁽²²⁾. Mientras que un estudio asoció la RCE con valores de $ETCO_2$ a los 3 minutos superiores a 10 mmHg (sensibilidad: 0,95, especificidad: 0,27)⁽¹⁷⁾, otro estudio consideró como punto de corte óptimo 19 mmHg⁽²⁴⁾. En cambio, un valor de $ETCO_2$ menor a 20 mmHg⁽²¹⁾ o menor o igual a 10 mmHg a los 3 minutos fue un factor de un mal pronóstico y de baja probabilidad de alcanzar la RCE⁽¹⁷⁾. Aunque dos estudios no especificaron el punto de corte, se afirmó que los pacientes con monitorizaron de $ETCO_2$ durante una PCE tenían más posibilidades de alcanzar la RCE⁽²⁾ y en otro estudio los valores de $ETCO_2$ tuvieron una alta sensibilidad (96,6%) y especificidad (94,5%) para detectar la RCE⁽²⁵⁾.

Como se apunta en uno de los estudios analizados, los valores absolutos de $ETCO_2$ deben interpretarse con precaución por la posible

Figura 1
Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de estudios.



influencia en dichos valores de la ventilación pulmonar, la presencia y duración de la asfixia, la disminución de la temperatura corporal o la vasoconstricción periférica⁽²³⁾. En este sentido, los valores de ETCO_2 podrían ayudar a discriminar entre la parada cardiorrespiratoria por causa primaria (ritmo inicial de fibrilación ventricular o taquicardia ventricular sin pulso) y por asfixia, siendo superiores en estas últimas⁽²³⁾. Además, aunque este estudio no encontró que los valores iniciales altos de ETCO_2 en pacientes con parada cardiorrespiratoria por asfixia tuvieran valor pronóstico para la RCE, valores altos a partir de los 5 minutos y hasta el final (RCE) si tuvieron valor pronóstico para la RCE independientemente de la causa de la parada⁽²³⁾.

Otros factores predictores de la RCE analizados en algunos de los estudios fueron la parada cardiorrespiratoria presenciada (OR entre 1,51 y 3,75 según estudio)^(17,22), la desfibrilación prehospitalaria (OR 2,22)⁽¹⁷⁾ y una saturación de oxígeno cerebral mayor o igual al 50%⁽²⁴⁾. Mientras que la combinación de género masculino, la ausencia de maniobras de RCP, la parada no presenciada, no tener un ritmo inicial de fibrilación ventricular, los valores iniciales de ETCO_2 menores o iguales 10 mmHg y una disminución de ETCO_2 mayor al 25% predijeron la no RCE en el 97% de los casos⁽²²⁾.

En uno de los estudios, los pacientes con monitorización capnográfica durante la RCP tuvieron una alta probabilidad de alcanzar la RCE (OR 2,38)⁽²⁾, mientras que en otro la combinación de monitorización de ETCO_2 , electrocardiografía e impedancia torácica mejoró la detección de la RCE y la clasificación de la parada⁽²⁵⁾.

– Valor pronóstico de la motorización de los valores de ETCO_2 en la supervivencia de una PCR-EH: En cuanto a la supervivencia al ingreso o al alta hospitalaria, un estudio no

encontró asociación entre la supervivencia al alta y la monitorización de ETCO_2 (OR 0,91)⁽²⁾ y otro estudio reportó que los valores de ETCO_2 fueron mayores en pacientes que sobrevivieron al ingreso hospitalario⁽²¹⁾.

Riesgo de sesgo en los estudios: Según la Escala Newcastle-Ottawa dos estudios tuvieron una alta calidad^(17,23) y seis moderada^(2,20,21,22,24,25).

DISCUSIÓN

Resumen de la evidencia:

– Valores de ETCO_2 como signo precoz de la RCE: Los resultados de los artículos de esta revisión confirman que un aumento abrupto del nivel de ETCO_2 es un factor predictor e indicador pronóstico de la RCE en adultos con PCR-EH, capaz de detectar este evento antes de la aparición de pulso, del registro electrocardiográfico o de una tensión arterial medible.

Los resultados de esta revisión no confirman el punto de corte de ETCO_2 asociado con la RCE, ya que aunque la mayoría de los estudios apuntan aumentos mayores a 10 mmHg en diferentes momentos de la reanimación, los estudios no muestran acuerdo debido a los diferentes métodos empleados, variando entre un aumento abrupto de más de 10 mmHg^(17,21,24), un valor inicial mayor a 10 mmHg^(22,23), valores a los 3 minutos superiores a 10 mmHg⁽¹⁷⁾ o un punto de corte de 19 mmHg⁽²⁴⁾. En cambio, valores de ETCO_2 a los 3 minutos menores o iguales 10 mmHg⁽¹⁷⁾, valores menores a 20 mmHg⁽²¹⁾ y una disminución ETCO_2 mayor al 25%⁽²²⁾ sí se asocia en los estudios analizados con un mal pronóstico y una baja probabilidad de alcanzar la RCE tras una PCR-EH⁽¹⁷⁾. Otros factores asociados con un mayor porcentaje de RCE son la parada cardiorrespiratoria presenciada⁽¹⁷⁻²²⁾, la desfibrilación prehospitalaria⁽¹⁷⁾ y una saturación cerebral de oxígeno mayor o igual al 50%⁽²⁴⁾.

Como ya ha sido apuntado previamente, el aumento abrupto de ETCO_2 puede ser el primer signo de la recuperación de la RCE y de la perfusión sistémica^(7,27-31), siendo especialmente importante cuando la monitorización invasiva no está disponible⁽³⁾.

Las guías de la AHA asocian niveles bajos de ETCO_2 tras 20 minutos de RCP con una probabilidad muy baja de resucitación⁽¹³⁾. Aunque en la mayoría de los estudios analizados los valores de ETCO_2 fueron superiores en pacientes que alcanzaron la RCE, los resultados de esta revisión no confirman el punto de corte de ETCO_2 para la RCE.

De acuerdo con estudios previos^(30,31), los resultados de esta revisión confirman que un aumento mayor a 10 mmHg en los niveles de ETCO_2 se asocia con la RCE^(20,21). Mientras que la asociación de valores de ETCO_2 a los 20 minutos mayores a 14,3 mmHg y la RCE reportada previamente no ha sido confirmada⁽²⁹⁾.

Como ha sido reportado previamente, los resultados de esta revisión muestran controversias sobre el valor de corte ETCO_2 predictor de la RCE⁽³²⁾ debido a que los valores de ETCO_2 fueron recogidos en diferentes momentos o a la inclusión de medidas consideradas poco útiles como la media o el valor máximo de ETCO_2 ^(7,12). Son necesarios estudios de mayor calidad que confirmen el valor de corte^(3,33) y que unifiquen las mediciones.

Monitorizar los niveles de ETCO_2 durante las maniobras de soporte vital avanzado (SVA) aumenta las posibilidades de alcanzar la RCE⁽²⁾. Además, esta revisión aporta que la monitorización conjunta de ETCO_2 , electrocardiografía e impedancia torácica mejora la detección de casos de RCE y la clasificación⁽²⁵⁾, manejo y pronóstico de una PCR-EH⁽²¹⁻²⁹⁾.

Los resultados de esta revisión siguen la línea de las recomendaciones de la AHA sobre el empleo del nivel de ETCO_2 como indicador clínico de la RCE⁽¹⁴⁾ y de estudios previos que apuntan niveles de ETCO_2 mayores cuando se alcanza la RCE^(27,28,29). Los resultados deben interpretarse con precaución ya que los niveles absolutos de ETCO_2 no solo dependen de causas cardiacas, sino también de la ventilación pulmonar, hipotermia, vasoconstricción, el retraso en el inicio de la RCP, la duración de la asfixia^(3,20) o la etiología de la parada^(7,32), como muestra esta revisión⁽²³⁾. En este sentido, el nivel de ETCO_2 es mayor en paradas respiratorias que en paradas cardiacas y es menor cuando la causa es un embolismo pulmonar^(12,32). Además, los valores de ETCO_2 son mayores en pacientes con parada por asfixia que en pacientes con parada primaria⁽²³⁾, ya que en la asfixia el gasto cardíaco continuo antes de la parada provoca una acumulación de CO_2 alveolar, por lo que el valor de ETCO_2 inicial se corresponde con este valor de CO_2 acumulado⁽¹²⁾.

La parada cardiorrespiratoria presenciada es un factor predictor de la RCE en pacientes con PCR-EH^(17,22,29). Además, se añaden otros factores predictores como la desfibrilación prehospitalaria⁽¹⁷⁾ y la saturación de oxígeno mayor o igual al 50%⁽²⁴⁾. En cambio, los estudios de esta revisión no analizan la influencia de iniciar la RCP por un testigo que sí que ha sido confirmada previamente⁽²⁹⁾.

– Valor pronóstico de monitorizar los valores de ETCO_2 en la supervivencia de una PCR-EH: En relación con la supervivencia, estudios previos apuntan que tener un valor final de ETCO_2 (tras la RCE) menor o igual a 14 mmHg puede predecir la muerte del paciente^(29,34), mientras que valores iniciales mayores o iguales de 10 a 20 mmHg se asocian con la supervivencia al alta hospitalaria^(35,36). Además, se considera que

los valores de ETCO_2 a los 20 minutos son los más fiables para predecir la mortalidad, encontrando que valores inferiores a 10 mmHg tras 20 minutos de RCP son incompatibles con la supervivencia⁽²⁹⁾. Nuestros resultados muestran controversias al respecto. Así, un estudio no encuentra asociación entre la monitorización de ETCO_2 y la supervivencia al alta hospitalaria⁽²⁾ y otro estudio halla valores mayores de ETCO_2 en pacientes que sobrevivieron al ingreso hospitalario⁽²¹⁾. Aunque existe evidencia sobre la capacidad de los valores de ETCO_2 para predecir resultados a corto plazo, como la RCE o la supervivencia al ingreso hospitalario, son necesarios más estudios que analicen resultados a largo plazo como la supervivencia al alta hospitalaria o el daño neurológico⁽¹²⁾.

A pesar de las recomendaciones para utilizar la capnografía en la PCR-EH, los equipos no siempre están disponibles y el porcentaje de monitorización de ETCO_2 continúa siendo bajo⁽²⁾. Además, es necesario formar a los profesionales en la correcta interpretación de las ondas de CO_2 ⁽³⁷⁾.

Esta revisión confirma la utilidad de la capnografía para decidir cuándo terminar los esfuerzos de reanimación tras una PCR-EH, pudiendo considerarse el valor de ETCO_2 un marcador fiable para identificar una parada cardíaca irreversible^(17,38) y un potencial predictor de supervivencia o muerte tras la parada^(17,21,39). Los valores inferiores a 10 mmHg se asocian con una mayor mortalidad, por lo que estos valores combinados con otras medidas pueden ayudar a los profesionales a decidir cuándo terminar las maniobras de RCP⁽⁹⁾. Por todo lo anterior, debería incluirse la medición de los valores de ETCO_2 en el registro estandarizado de

la información sobre una parada cardiorrespiratoria (Estilo Utstein)⁽³⁾.

Limitaciones y fortalezas de esta revisión: Debemos considerar las limitaciones propias de las revisiones sistemáticas como el sesgo de publicación o de selección. Incluir solo artículos publicados en inglés y castellano en las bases de datos analizadas durante el periodo establecido es una limitación, ya que se han podido excluir potenciales estudios relevantes. La heterogeneidad en la metodología de los estudios incluidos no permitió realizar un metaanálisis. Además, los estudios observacionales analizados no están exentos de errores y sesgos, así en algunos casos los registros fueron realizados por observación directa de los profesionales pudiendo existir sesgos de selección y medición. Finalmente, debido al reducido número de artículos que cumplieron los criterios de inclusión, es necesario seguir analizando este fenómeno en el ámbito extrahospitalario.

Conclusiones: Existe una evidencia creciente de que el aumento abrupto de los niveles de ETCO_2 es un factor predictor e indicador pronóstico de la recuperación de la circulación espontánea en adultos con PCR-EH, sin existir acuerdo sobre el valor de corte predictor. Debido a su sensibilidad, estos valores pueden predecir la no supervivencia de los pacientes con una PCR-EH, ayudando a decidir cuándo interrumpir los esfuerzos de reanimación médicamente inútil, reduciendo los costos y los dilemas profesionales.

La monitorización de ETCO_2 debe incorporarse en los algoritmos de SVA y en los informes estilo Utstein para la transmisión de información en pacientes con PCR-EH.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jacobs I, Nadkarni V, Bahr J, Berg Rm Billi J-E, Bossaert L *et al.* Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation*. 2004;110(21):3385-3397.
2. Chen JJ, Lee YK, Hou SW, Huang MY, Hsu CY, Su YC. End-tidal carbon dioxide monitoring may be associated with a higher possibility of return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest: a population-based study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015;23:104.
3. Pantazopoulos C, Xanthos T, Pantazopoulos I, Papalois A, Kouskouni E, Iacovidou N. A review of carbon dioxide monitoring during adult cardiopulmonary resuscitation. *Hear Lung Circ*. 2015;24(11):1053-1061.
4. Rea T, Eisenberg M, Becke L, Murray J, Hearne T. Temporal trends in sudden cardiac arrest: a 25-year emergency medical services perspective. *Circulation*. 2003;107(22):2780-2785.
5. Brinkrolf P, Borowski M, Metelmann C, Lukas R, Pidde-Küllenberg L, Bohn A. Predicting ROSC in out-of-hospital cardiac arrest using expiratory carbon dioxide concentration: is trend-detection instead of absolute threshold values the key? *Resuscitation*. 2018;122:19-24.
6. Monsieurs K, Nolan J, Bossaert LL, Greif R, Maconochie I, Nikolaou NI *et al.* European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. 2015;95:1-80.
7. Paiva EF, Paxton JH, O'Neil BJ. The use of end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) measurement to guide management of cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation*. 2018;123:1-7.
8. Scart E, Cook T. Capnography during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2012;83(7):7789-7790.
9. Long B, Koyfman A, Vivirito M. Capnography in the emergency department: a review of uses, waveforms, and limitations. *J Emerg Med*. 2017;53(6):829-842.
10. Deakin C, Morrison L, Morley PT, Callaway CW, Kerber RE, Kronick S *et al.* Part 8: Advanced life support: 2010 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 2010;81 Suppl 1:e93-174.
11. Salen P, O'Connor R, Sierzenski P, Passarello B, Pancu D, Melanson S *et al.* Can cardiac sonography and capnography be used independently and in combination to predict resuscitation outcomes? *Acad Emerg Med*. 2001;8(6):601-615.
12. Touma O, Davies M. The prognostic value of end tidal carbon dioxide during cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation*. 2013;84(11):1470-1479.
13. Link M, Berkow L, Kudenchuk P, Halperin H, Hess E, Moitra V *et al.* Part 7: adult advanced cardiovascular life support: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2015;132(18 Suppl 2):S444-S464.
14. International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. Part4: advanced life support. *Resuscitation*. 2005;67(2-3):213-247.
15. Hazinski M, Nolan J, Billi J, Böttiger B, Bossaert L, de Caen A *et al.* Part 1: executive summary: international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Circulation*. 2010;122(16 Suppl 2):S250-S275.
16. Hartmann SM, Farris RW, DiGennaro JL, Roberts SJ. Systematic review and meta-analysis of end-tidal carbon dioxide values associated with return of spontaneous circulation during cardiopulmonary resuscitation. *J Intensive Care Med*. 2015;30(7):426-435.

17. Poon K, Lui C, Tsui K. Prognostication of out-of-hospital cardiac arrest patients by 3-min end-tidal capnometry level in emergency department. *Resuscitation*. 2016;102:80-84.
18. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Med Clin (Barc)*. 2010;135(11):507-511.
19. Wells G, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M *et al*. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. Disponible en: http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp [consultada el 3/01/2019].
20. Pokorná M, Nečas E, Kratochvíl J, Skřípský R, Andrlík M, Franěk O. A sudden increase in partial pressure end-tidal carbon dioxide (PETCO₂) at the moment of return of spontaneous circulation. *J Emerg Med*. 2010;38:614-621.
21. Díez-Picazo L, Barroso Matilla S, Chico Córdoba R, Muñoz A. Capnography for monitoring response to care after out-of-hospital cardiac arrest. *Emergencias*. 2010;22(5):345-348.
22. Eckstein M, Hatch L, Malleck J, McClung C, Henderson SO. End-tidal CO₂ as a predictor of survival in out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Disaster Med*. 2011;26(3):148-150.
23. Lah K, Križmarić M, Štefek G. The dynamic pattern of end-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation: difference between asphyxial cardiac arrest and ventricular fibrillation/pulseless ventricular tachycardia cardiac arrest. *Crit Care*. 2011;15(1):R13.
24. Singer AJ, Nguyen RT, Ravishankar ST, Schoenfeld ER, Thode HC, Henry MC *et al*. Cerebral oximetry versus end tidal CO₂ in predicting ROSC after cardiac arrest. *Am J Emerg Med*. 2018;36(3):403-407.
25. Elola A, Aramendi E, Irusta U, Alonso E, Lu Y, Chang MP *et al*. *AHR* 2019. Capnography: A support tool for the detection of return of spontaneous circulation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2019;142:153-161
26. Grmec Š, Lah K, Tušek-Bunc K. Difference in end-tidal CO₂ between asphyxia cardiac arrest and ventricular fibrillation/pulseless ventricular tachycardia cardiac arrest in the prehospital setting. *Crit Care*. 2003;7(6):R139-144.
27. Falk JL, Rackow EC, Weil MH. End-tidal carbon dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med*. 1988;318:607-611.
28. Garnett AR, Ornato JP, Gonzalez ER, Johnson EB. End-tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. *JAMA*. 1987;257(4):512-515.
29. Kolar M, Krizmaric M, Klemen P, Grmec S, Miran K, Križmarić M *et al*. Partial pressure of end-tidal carbon dioxide successful predicts cardiopulmonary resuscitation in the field: a prospective observational study. *Crit Care*. 2008;12(5):R115.
30. Pokorná M, Andrlík M, Necas E. End tidal CO₂ monitoring in condition of constant ventilation: a useful guide during advanced cardiac life support. *Prague Med Rep*. 2006;107(3):317-327.
31. Lui CT, Poon K, Tsui K. Abrupt rise of end tidal carbon dioxide level was a specific but non-sensitive marker of return of spontaneous circulation in patient with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2016;104:53-58.
32. Heradstveit BE, Sunde K, Sunde GA, Wentzel-Larsen T, Heltné JK. Factors complicating interpretation of capnography during advanced life support in cardiac arrest—a clinical retrospective study in 575 patients. *Resuscitation*. 2012;83(7):813-818.
33. Rognås L, Hansen T, Kirkegaard H, Tønnesen E. Predicting the lack of ROSC during pre-hospital CPR: should an end-tidal CO₂ of 1.3 kPa be used as a cut-off value? *Resuscitation*. 2014;85(3):332-335.
34. Akinci E, Ramadan H, Yuzbasioglu Y, Coskun F. Comparison of end-tidal carbon dioxide levels with cardiopulmonary resuscitation success presented to emergency department with cardiopulmonary arrest. *Pakistan J Med Sci*. 2014;30(1):16.

35. Ahrens T, Schallom L, Bettorf K, Ellner S, Hurt G, Mara O *et al.* End-tidal carbon dioxide measurements as a prognostic indicator of outcome in cardiac arrest. *Am J Crit Care.* 2001;10(6):391-398.
36. Grmec Š, Krizmaric M, Mally S, Kozelj A, Spindler M, Lesnik B. Utstein style analysis of out-of-hospital cardiac arrest-bystander CPR and end expired carbon dioxide. *Resuscitation.* 2007;72(3):404-414.
37. Kodali B, Urman RD. Capnography during cardiopulmonary resuscitation: current evidence and future directions. *J Emerg Trauma Shock.* 2014;7(4):332-340.
38. Levine R, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med.* 1997;337(5):301-306.
39. Richman PB, Vadeboncoeur TF, Chikani V, Clark L, Bobrow BJ. Independent evaluation of an out-of-hospital termination of resuscitation (TOR) clinical decision rule. *Acad Emerg Med.* 2008;15(6):517-521.