



## PUNTO DE VISTA

# ¿Cómo y cuándo emplear un dispositivo para eliminación de CO<sub>2</sub>?

## How and when should a CO<sub>2</sub> removal device be used?

R. de Pablo\* y A. Blandino Ortiz

Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Ramón y Cajal, Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS), Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, España

Recibido el 15 de agosto de 2022; aceptado el 18 de agosto de 2022  
Disponible en Internet el 15 de noviembre de 2022



La ventilación mecánica es un procedimiento para salvar la vida de los pacientes con insuficiencia respiratoria grave que, si bien en sí misma no produce la curación del proceso, sí que puede ser perjudicial para quien la recibe. Este daño inducido por el respirador (VILI) se debe minimizar mediante la individualización de la ventilación mecánica<sup>1</sup>. Aunque siempre es complicado dar cifras, las recomendaciones pasan por aplicar un volumen tidal (Vt) de 4-6 ml/kg del peso ideal; delta de presión ( $\Delta P$ ) menos de 15 cmH<sub>2</sub>O; presión meseta de menos de 27 cmH<sub>2</sub>O; energía mecánica menor de 17 J/min y aplicar PEEP según mejor *compliance* estática<sup>2</sup>. Las metas son encontrar una adecuada oxigenación, con la que se asegure un transporte de oxígeno suficiente a los tejidos y la eliminación de CO<sub>2</sub>, evitando la hipercapnia grave, que es un conocido factor asociado a morbimortalidad<sup>3</sup>.

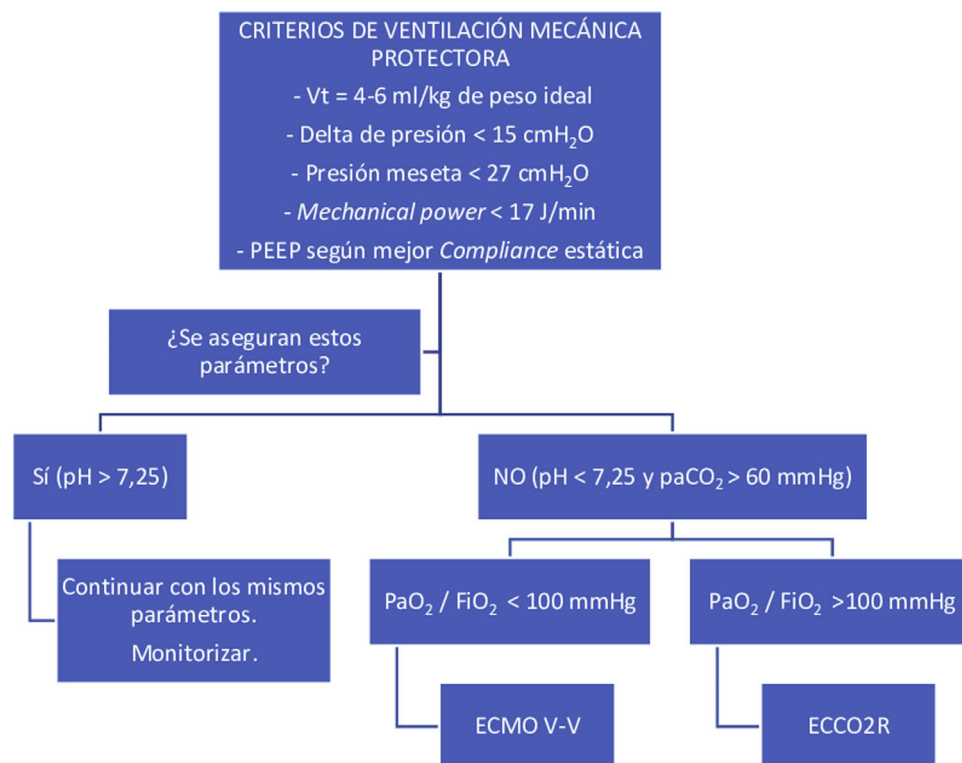
Pero, ¿qué ocurre si no podemos mantener todas estas premisas? Podríamos ajustar el respirador para realizar una ventilación mecánica potencialmente dañina o utilizar un sistema de soporte respiratorio extracorpóreo. Esta última

parece la mejor opción, si bien es verdad que no hay suficiente evidencia en el momento actual para un juicio categórico. El principal estudio en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) para evaluar la eficacia de la oxigenación de membrana extracorpórea venovenosa (ECMO-VV) utilizó 3 criterios para su aplicación. Dos de ellos fueron criterios de oxigenación y, el tercero, de acidosis respiratoria: pH menor de 7,25 con presión parcial de CO<sub>2</sub> mayor de 60 mmHg durante más de 6 h<sup>4</sup>. Los resultados globales mostraron una reducción de la mortalidad global bruta a los 60 días del 11%, si bien esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Cabe destacar aquí que el grupo con un beneficio superior de la técnica fue claramente el que tenía la acidosis respiratoria como criterio de inclusión, con una reducción del 31% en la mortalidad<sup>4</sup>. Este beneficio se ha relacionado con un menor VILI, puesto que se demostró que en este tipo de pacientes hay una disminución del Vt, de la frecuencia respiratoria, de la presión meseta, de la  $\Delta P$  y de energía mecánica<sup>5</sup>.

La eliminación de CO<sub>2</sub> mediante dispositivos extracorpóreos (ECCO<sub>2</sub>R) es más eficiente que la oxigenación del paciente y ello es debido a que, a nivel fisiológico, el contenido de CO<sub>2</sub> para un volumen determinado de sangre venosa es mucho mayor que el contenido de oxígeno. Además, el

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [raul.depablo@uah.es](mailto:raul.depablo@uah.es) (R. de Pablo).



**Figura 1** Propuesta de aplicación de los diferentes dispositivos extracorpóreos en pacientes tratados mediante ventilación mecánica.

ECCO<sub>2</sub>R: extractor extracorpóreo de monóxido de carbono; ECMO-VV: oxigenador de membrana extracorpóreo venovenoso; paCO<sub>2</sub>: presión arterial de monóxido de carbono; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>: ratio entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno; Vt: volumen tidal.

CO<sub>2</sub> es más soluble que el oxígeno, por lo que difunde mejor a través de la membrana del circuito. Para entender el rendimiento de la eliminación de CO<sub>2</sub> en los dispositivos, es importante saber que esta aumentará con los aumentos en el contenido sanguíneo de CO<sub>2</sub>, la presión parcial de CO<sub>2</sub> venoso, el área de superficie de la membrana, así como los aumentos en el gas de barrido y de la sangre que fluye a través de la membrana, con efectos de techo para ambos<sup>5</sup>. Las bases fisiológicas y técnicas, así como los diferentes dispositivos para la eliminación extracorpórea de CO<sub>2</sub>, se detallan en otro número de esta revista<sup>7</sup>.

Se han desarrollado estudios prospectivos a pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica para realizar una ventilación mecánica ultraprotectora y se ha demostrado que es factible, mediante un dispositivo de ECCO<sub>2</sub>R, bajar el Vt de 6 ml/kg a 3 o 4 ml/kg del peso ideal. En general, se puede afirmar que en ninguno de los 3 estudios principales se obtuvieron diferencias significativas en ninguno de los grupos en cuanto a días de ventilación mecánica, estancia en UCI o en el hospital, ni en la mortalidad<sup>8-10</sup> (fig. 1).

Por lo tanto, tras el análisis de estos estudios, se podría concluir que la utilización de ECCO<sub>2</sub>R no parece una opción para todos los pacientes con SDRA moderado. Sin embargo, si nos fijamos en qué pacientes se incluyeron en estos estudios, veremos cómo la mayoría de ellos no parecía tener problemas ventilatorios que resolver. En el estudio REST, la mitad de los pacientes del grupo ECCO<sub>2</sub>R tenían un  $\Delta P$  por debajo de 15 cmH<sub>2</sub>O. Surge aquí otra indicación que es nece-

sario explorar: su utilización en aquellos pacientes en los que no se puede mantener una ventilación protectora y en los que el ECMO-VV ha demostrado ya su eficacia. Nosotros hemos utilizado ECCO<sub>2</sub>R de bajo flujo, no con la intención de eliminar toda la producción de CO<sub>2</sub> del paciente, sino el suficiente como para mantener un pH > 7,25 con  $\Delta P$  < 15 cmH<sub>2</sub>O y frecuencia respiratoria < 30 rpm. Si los pacientes también presentan SDRA grave, se instaura una terapia con ECMO-VV. Sin embargo, si la ratio paO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> es mayor de 100 mmHg, se implantará en el paciente un dispositivo de ECCO<sub>2</sub>R a través de una canulación de 14 F, similar a la utilizada en hemofiltración venovenosa continua.

Con estos criterios, en el momento actual hemos incluido a 34 pacientes con una mediana de pH de 7,17, pCO<sub>2</sub> de 90 mmHg y  $\Delta P$  de 19 cmH<sub>2</sub>O. La terapia ECCO<sub>2</sub>R consiguió sus objetivos en el 50% de los pacientes a las 24 h y en 67% a las 72 h. Las complicaciones principales fueron coagulación del circuito en el 82% de los casos, hemorragias en el 14%, incluyendo casi un 6% de hemorragias cerebrales, y alcalosis mixta en el 20%. La supervivencia global del grupo fue del 60%.

En conclusión, podemos afirmar que el ECCO<sub>2</sub>R es una técnica alternativa al ECMO-VV para tratar la acidosis hiperclorémica, ya que nos asegura una ventilación mecánica ultraprotectora en aquellos pacientes que la necesitan. No estaría indicada para todos los pacientes con SDRA, si bien las indicaciones se pueden ampliar a pacientes con reagudización de EPOC, asma bronquial, fístula broncopul-

ral o destete de ECMO. Es probable que la utilización de ECCO<sub>2</sub>R con bombas que alcancen flujos intermedios de 400-700 mL/m con una membrana de oxigenación de superficie amplia, de al menos 1,8 m<sup>2</sup>, sean la solución ideal para conseguir demostrar el beneficio neto de su utilidad en pacientes con acidosis hipercápnica de cualquier etiología, garantizando una ventilación mecánica que minimice el desarrollo de VILI.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Pelosi P, Ball L, Barbas CS, Bellomo R, Burns KE, Einav S, et al. Personalized mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care*. 2021;25:250.
2. Pintado M-C, de Pablo R, Trascasa M, Milicua J-M, Rogero S, Daguerre M, et al. Individualized PEEP setting in subjects with ARDS: A randomized controlled pilot study. *Respir Care*. 2013;58:1416–23.
3. Nin N, Muriel A, Peñuelas O, Brochard L, Lorente JA, for the VENTILA Group, et al. Severe hypercapnia and outcome of mechanically ventilated patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med*. 2017;43:200–8.
4. Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoué S, Guervilly C, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2018;378:1965–75.
5. Schmidt M, Pham T, Arcadipane A, Agerstrand C, Ohshimo S, Pellegrino V, et al. Mechanical ventilation management during extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome. An International Multicenter Prospective Cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200:1002–12.
6. Schmidt M, Tachon G, Devilliers C, Muller G, Hekimian G, Bréchet N, et al. Blood oxygenation and decarboxylation determinants during venovenous ECMO for respiratory failure in adults. *Intensive Care Med*. 2013;39:838–46.
7. Romay E, Ferrer R. Extracorporeal CO<sub>2</sub> removal: Technical and physiological fundamentals and principal indications. *Med Intensiva*. 2016;40:33–8.
8. Bein T, Weber-Carstens S, Goldmann A, Müller T, Staudinger T, Brederlau J, et al. Lower tidal volume strategy ( $\approx 3$  ml/kg) combined with extracorporeal CO<sub>2</sub> removal versus «conventional» protective ventilation (6 ml/kg) in severe ARDS: The prospective randomized Xtravent-study. *Intensive Care Med*. 2013;39:847–56.
9. Combes A, Fanelli V, Pham T, Ranieri VM, On behalf of the European Society of Intensive Care Medicine Trials Group and the Strategy of Ultra-Protective lung ventilation with Extracorporeal CO<sub>2</sub> Removal for New-Onset moderate to severe ARDS'' (SUPERNOVA) investigators. Feasibility and safety of extracorporeal CO<sub>2</sub> removal to enhance protective ventilation in acute respiratory distress syndrome: The SUPERNOVA study. *Intensive Care Med*. 2019;45:592–600.
10. McNamee JJ, Gillies MA, Barrett NA, Perkins GD, Tunnicliffe W, Young D, et al. Effect of lower tidal volume ventilation facilitated by extracorporeal carbon dioxide removal vs standard care ventilation on 90-day mortality in patients with acute hypoxic respiratory failure: The REST Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2021;326:1013–23.