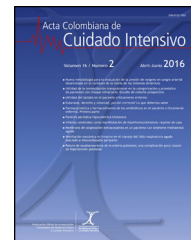




# Acta Colombiana de Cuidado Intensivo

[www.elsevier.es/acci](http://www.elsevier.es/acci)



## REPORTE DE CASO

# Hemodiafiltración y eliminación extracorpórea de CO<sub>2</sub> en un paciente con compromiso pulmonar y renal por sepsis: reporte de caso

David Andrés Ballesteros Castro<sup>a,b,\*</sup>, Daniel Ricardo Santiago Ausecha<sup>a</sup>,  
Andrea Cristina Mantilla Villareal<sup>a,b</sup>, Luis Alexander Peña Lopez<sup>b,c</sup>  
y Luisa Alejandra Maya Caicedo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Nefrología, Hospital Universitario San José, Popayán, Colombia

<sup>b</sup> Universidad del Cauca Popayán, Popayán, Colombia

<sup>c</sup> Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario San José, Popayán, Colombia

Recibido el 11 de octubre de 2023; aceptado el 23 de enero de 2024

### PALABRAS CLAVE

Hemodiafiltración;  
Dióxido de carbono;  
Sepsis;  
Remoción de CO<sub>2</sub>;  
SDRA;  
Lesión renal aguda

### KEYWORDS

Hemodiafiltration;  
Carbon dioxide;  
Sepsis;  
CO<sub>2</sub> removal;  
ARDS;  
Acute kidney injury

**Resumen** El síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) se caracteriza por insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, y ésta se asocia con desenlaces clínicos poco favorables. Tiene una estrecha relación con la lesión renal aguda por diferentes mecanismos, entre ellos el biotrauma. En los pacientes con sepsis es común encontrar estas 2 entidades, por lo que han surgido estrategias de soporte pulmonar y renal. A continuación, presentamos el caso de un paciente masculino de 54 años en postoperatorio de apendicetomía, quien como complicación desarrolla neumonía por aspiración, choque séptico, lesión renal aguda y SDRA, como medidas de soporte requirió la combinando de remoción extracorpórea de CO<sub>2</sub> y terapia de reemplazo renal continua, logrando parámetros de ventilación protectora y resolución progresiva de la disfunción orgánica múltiple.

© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Hemodiafiltration and extracorporeal CO<sub>2</sub> elimination in a patient with pulmonary and renal compromise due to sepsis: Case report

**Abstract** Acute respiratory distress syndrome (ARDS) is characterized by acute hypoxemic respiratory failure and is associated with unfavorable clinical outcomes. It is closely related to acute kidney injury by different mechanisms, including biotrauma. In patients with sepsis, it is common to find these two entities, so pulmonary and renal support strategies have emerged. Here we present the case of a 54-year-old male patient, postoperative appendectomy who as a

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [david.ballesteros.c@gmail.com](mailto:david.ballesteros.c@gmail.com) (D.A. Ballesteros Castro).

<https://doi.org/10.1016/j.acci.2024.01.001>

0122-7262/© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

complication developed aspiration pneumonia, septic shock, acute kidney injury and ARDS, as support measures required the combination of extracorporeal CO<sub>2</sub> removal and continuous renal replacement therapy, achieving protective ventilation parameters and progressive resolution of multiple organ dysfunction.

© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La sepsis es una causa importante de morbimortalidad en los pacientes ingresados en las unidades de cuidado intensivo (UCI). Durante los últimos años la incidencia mundial ha aumentado progresivamente, quizás por el aumento poblacional mayor de los 65 años. La prevalencia y la mortalidad en las UCI colombianas son del 10,8 y 33%, respectivamente<sup>1</sup>. La incidencia del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) en los pacientes adultos con sepsis es del 6-7% en los países occidentales, se asocia con una progresión más rápida y mayor mortalidad hospitalaria<sup>2</sup>. El SDRA puede aparecer como complicación de la sepsis, debido a que ambas comparten fenómenos inflamatorios y disfunción endotelial. Estos mecanismos subyacentes en algunos casos pueden causar lesión renal aguda, la cual puede estar presente en el 14-18% de los pacientes con sepsis en las UCI<sup>3</sup>, y en el 30% de los pacientes que presentan SDRA<sup>4</sup>. Esta asociación al ser más frecuente es explicada por la interacción pulmón-riñón<sup>5</sup>, lo que ha motivado tratamientos novedosos enfocados en el soporte extracorpóreo, como la eliminación extracorpórea de dióxido de carbono (ECCO<sub>2</sub>R) combinada con terapia de reemplazo renal continuo (TRRC)<sup>4</sup>. La experiencia de este tipo de terapia es limitada en Colombia, por lo tanto, nuestro objetivo es compartir la experiencia de un caso de éxito en nuestra institución.

## Caso clínico

Varón de 53 años, agricultor, sin antecedentes previos, ingresa al Hospital Universitario San José de Popayán, remitido de nivel I por cuadro de dolor abdominal tipo cólico, localizado en epigástrico con migración a hemiabdomen inferior, acompañado de náuseas sin emesis y fiebre de 38,9 °C, a la evaluación inicial, taquicárdico, diaforético con signos de irritación peritoneal, en la ecografía abdominal se visualiza estructura tubular ciega en fosa ilíaca derecha, hipoecoica, no compresible, de 11 mm de grosor con aumento focal mal definido de la ecogenicidad de la grasa mesentérica adyacente compatible con apendicitis aguda; llevado a apendicetomía vía laparoscópica, con hallazgo de peritonitis generalizada, convierten a laparotomía encontrando apéndice gangrenada con fecalitos libres en cavidad, compromiso de peritoneo parietal; realizan lavado de cavidad y dejan abdomen abierto con Vialflex® libre en cavidad y otro adherido a piel. Posterior a procedimiento inicial hemodinámicamente estable con adecuado patrón ventilatorio,

aislamiento en cultivo de líquido peritoneal de *E. coli* de patrón usual en manejo con cefalosporinas de tercera generación más nitroimidazol, llevado a nueva revisión quirúrgica en 72 h con hallazgos de peritonitis en cuadrantes inferiores de 300 cc, tejido necrótico peritoneal en la gotera parietal derecha, realizando drenaje de colecciones y dejan sistema de presión negativa, reingresa a servicio de cuidado intermedio, 24 h después deciden iniciar vía oral, presencia de episodios eméticos, inicia manejo anticolinérgico y se indican medidas preventivas para microaspiraciones con cabecera elevada a 40°; sin embargo, persistencia de emesis abundante de contenido alimentario, posterior taquipnea (33 rpm), desaturación de oxígeno (70%) e insuficiencia respiratoria aguda tipo I/II (pO<sub>2</sub>: 52 mmHg, pCO<sub>2</sub>: 54 mmHg y pO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>: 53) con indicación de ventilación mecánica invasiva en modo ventilación controlada por volumen, se realiza radiografía de tórax postintubación con compromiso global de la transparencia pleuropulmonar, áreas de mayor ocupación alveolar a nivel del lóbulo medio derecho y superior e inferior izquierdo, lo que se confirmó en la tomografía de tórax (fig. 1), se solicita valoración por cirugía de tórax para lavado broncoalveolar con extracción de cuerpo extraño alimenticio a nivel de bronquio fuente izquierdo. En su evolución el paciente progresa a estado de choque séptico de origen pulmonar con SOFA score inicial de 17 puntos, compromiso orgánico múltiple (cardiovascular, pulmonar, renal) se clasifica paciente en SDRA severo por criterios de Berlín sin posibilidad de ciclos de pronación por abdomen abierto y riesgo de evisceración, difícil acople a ventilación mecánica invasiva, requirió relajación neuromuscular, por estado de choque descrito requirió incremento de manera empírica de espectro antimicrobiano con carbapenémico más glucopéptido hasta contar con cultivos de secreción bronquial. A pesar del manejo establecido y de los cambios en los parámetros ventilatorios en frecuencia y volumen persistencia de hipercapnia severa pCO<sub>2</sub> 62,7 mmHg con presión meseta elevada, acidosis respiratoria, leucocitosis, aumento de la proteína reactiva, lesión renal aguda KDIGO 2 por lo que se inicia soporte ECCO<sub>2</sub>R con un oxigenador de bajo flujo en serie con hemoadsorción venovenosa continua en la máquina Prismaflex® de Baxter (fig. 2A), inicialmente con filtro oXiris® durante las primeras 12 h de terapia y anticoagulación regional con citrato con un flujo sanguíneo máximo de 120 ml/min (fig. 2B), debido a que no se lograron metas de flujo adecuadas para la membrana de remoción de CO<sub>2</sub>; además, sin permitir ajuste en parámetros ventilatorios se continúa la terapia sin anticoagulación con filtro ST-150 completando en total 72 h de terapia (fig. 2C). El día 14 de

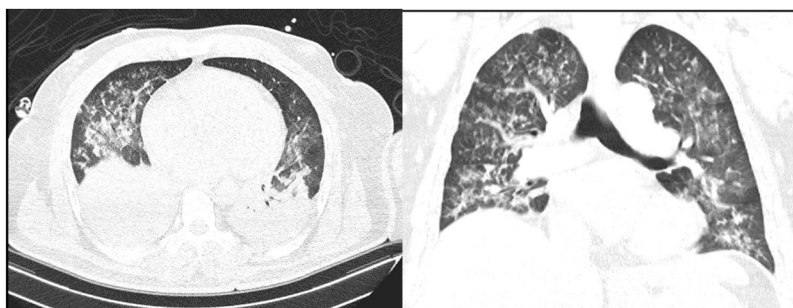


Figura 1 Tomografía de tórax de alta resolución antes del inicio de la terapia.

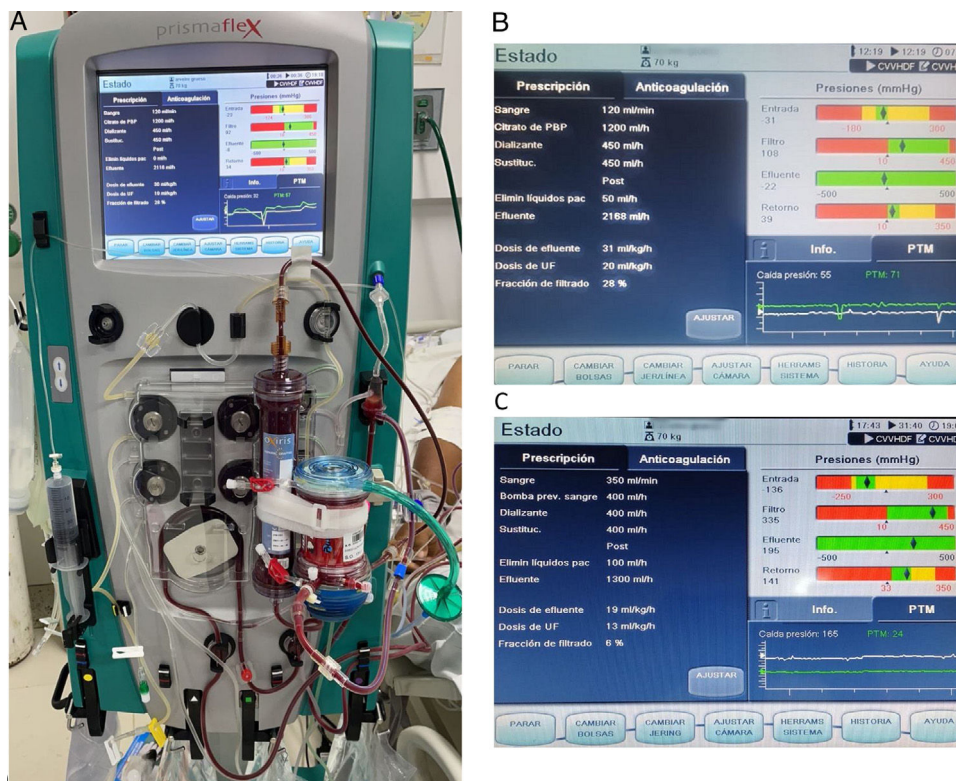


Figura 2 Configuración de la unión en serie del filtro de hemodiafiltración y el cartucho de ECCO2R. A) Montaje en la maquina Prismaflex® de Baxter, el cartucho de ECCO2R se colocó después del filtro oXiris®. B) Programación inicial anticoagulación con citrato. C) Programación sin anticoagulación.

hospitalización se realiza cierre de la cavidad abdominal y drenaje de absceso en pared abdominal con aislamiento de *E. coli* patrón usual y, además, mediante panel de identificación de neumonía se detectó *Acinetobacter baumannii* sensible, se indicó manejo con ceftazidima. El día número 18 de hospitalización el paciente presenta actividad eléctrica sin pulso durante 15 min con reanimación exitosa, continua críticamente enfermo, dosis altas de vasoactivos y oligúrico, requiere iniciar nuevamente terapia de soporte renal continua con filtro ST-150 anticoagulación regional con citrato durante 48 h, evoluciona con deterioro de la función renal, signos de hipervolemia y requiere continuar en hemodiálisis intermitente en 4 ocasiones, presenta recuperación renal y se retira catéter de alto flujo. Finaliza manejo antibiótico para resolver foco neumónico, evoluciona satisfactoriamente y egresa luego de 30 días de hospitalización.

## Discusión

En este reporte de caso, describimos a un paciente críticamente enfermo con SDRA y lesión renal aguda por sepsis, con requerimiento de soporte pulmonar y renal mediante la combinación de ECCO<sub>2</sub>R y TRRC, si bien su uso es poco frecuente, en ciertas condiciones específicas es necesario utilizarlo, por lo que nos motivamos a compartir nuestra experiencia en un centro de tercer nivel de complejidad.

Clínicamente el SDRA se presenta con hipoxemia grave, infiltrados pulmonares bilaterales en la radiografía de tórax, y gran caída de la distensibilidad pulmonar, que se expresa como requerimiento de altas presiones de insuflación durante la ventilación mecánica<sup>6</sup>. Si bien la ventilación mecánica constituye una importante herramienta en el tratamiento de los pacientes en situación de insuficiencia

respiratoria, su aplicación no está exenta de riesgos ni de efectos adversos potencialmente letales, el conjunto de consecuencias pulmonares de la ventilación mecánica se ha denominado lesión pulmonar inducida por el ventilador, esta situación se produce tanto en los pulmones previamente sanos, como en aquellos ya con daño establecido<sup>7</sup>. La ventilación mecánica no solo produce lesión pulmonar, se han descrito cambios hemodinámicos, neurohormonales, alteración de la coagulación y biotrauma, que consiste en que la liberación de mediadores inflamatorios desde el tejido pulmonar dañado, ocasionando lesiones a distancia, especialmente el riñón<sup>5</sup>. Este hecho explicaría por qué la mayoría de los pacientes con SDRA no fallecen en situación de hipoxemia refractaria, sino en situación de insuficiencia orgánica múltiple, y por qué es el fracaso renal agudo asociado al SDRA el principal factor ligado con el riesgo de muerte en este grupo de pacientes<sup>5</sup>.

El soporte respiratorio extracorpóreo lo podemos dividir en la ECCO<sub>2</sub>R y la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)<sup>4</sup>. Este último permite la oxigenación y eliminación de CO<sub>2</sub> de la sangre, pero es compleja, costosa y se limita a hospitales especializados con equipos altamente capacitados; mientras que la ECCO<sub>2</sub>R es una técnica cuyo objetivo es la descarboxilación de la sangre, y así corregir la hipercapnia y la acidosis respiratoria<sup>8</sup>, es menos invasivo y complejo que la ECMO, porque utiliza tasas de flujo sanguíneo significativamente más bajas, por lo tanto, un acceso vascular más pequeño<sup>9</sup>. DECAPsmart<sup>®</sup> hace referencia a una plataforma combinada TRRC-ECCO<sub>2</sub>R para pacientes que requieren soporte pulmonar y renal. La unión de estas terapias requiere una bomba que impulsa el flujo a través del hemofiltro y luego entra a la membrana de fibra hueca de los dispositivos diseñados para la eliminación de CO<sub>2</sub><sup>9</sup>. En nuestro centro, un hospital de tercer nivel sin disponibilidad de un equipo especializado en ECMO, la remoción extracorpórea de CO<sub>2</sub> combinada con TRRC se convierte en una alternativa de tratamiento para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica o SDRA que no responden al manejo inicial y presentan lesión renal aguda.

Los dispositivos para eliminación de CO<sub>2</sub> se dividen en dispositivos de menor extracción como Hemolung<sup>®</sup> emplea una membrana con un área de sección transversal de 0,59 m<sup>2</sup> y funciona con un flujo de sangre extracorpóreo entre 300 y 500 ml/min, Lilliput<sup>®</sup> 2 con una superficie área de membrana 0,67 m<sup>2</sup>. Los dispositivos de mayor extracción como iLA activate<sup>®</sup> y Cardiohelp<sup>®</sup> HLS 5.0 tienen una membrana de 1,30 m<sup>2</sup> y flujos sanguíneos de 800-1.000 ml/min<sup>10</sup>. La eliminación de CO<sub>2</sub> mantiene una relación lineal con el flujo sanguíneo, utilizamos un pulmón de membrana de 0,67 m<sup>2</sup>, en condiciones óptimas elimina el 25% del CO<sub>2</sub> producido<sup>4</sup>, mantener un flujo sanguíneo entre 200-400 ml/min es primordial para llegar a este objetivo. En nuestro caso mantuvimos un flujo promedio entre 300-350 ml/min, con lo que se logró parámetros de ventilación mecánica protectora después de 18 h, con un volumen corriente cercano a 4 ml/kg, presión meseta menor a 25 cmH<sub>2</sub>O, disminución progresiva de la presión de conducción, con mejoría de la hipercapnia y manteniendo el equilibrio ácido base (fig. 3), estos hallazgos se han comprobado en 2 estudios retrospectivos en los que utilizaron ECCO<sub>2</sub>R-TRRC con el sistema PrismaLung<sup>™</sup> (Baxter Gambro Renal, EE. UU.) con una superficie de membrana de 0,32 m<sup>2</sup> insertado después

del hemofiltro<sup>11,12</sup>, aunque los resultados son prometedores sobre el beneficio de ECCO<sub>2</sub>R, en un ensayo clínico en el que compararon Hemolung<sup>®</sup> contra la terapia estándar, no logró demostrar impactar en la mortalidad<sup>13</sup>.

El circuito requiere anticoagulación sistémica con heparina o regional con citrato. Durante las primeras 12 h de terapia se utilizó el hemofiltro oXiris<sup>®</sup> y anticoagulación con citrato lo que limitaba el flujo a 100-120 ml/min, por no lograr la meta de flujo sanguíneo adecuado para la membrana de remoción de CO<sub>2</sub>, se continuó con hemofiltro ST-150 sin anticoagulación, dado que el paciente se encontraba en el postoperatorio de cirugía abdominal, lo que contraindica el uso de anticoagulación sistémica. El hemofiltro ST-150 contiene la membrana AN69, compuesta de sulfonato de sodio que elimina citocinas por su carga negativa. El hemofiltro oXiris<sup>®</sup> emplea un recubrimiento de polietilimina con carga positiva en una membrana AN69 para lograr la adsorción simultánea de citocinas y la eliminación de endotoxinas del torrente sanguíneo<sup>14</sup>. El cambio de hemofiltro pudo haber impactado en la resolución de la sepsis, en el contexto del paciente con infección confirmada por un gram negativo. Se ha demostrado que el uso de oXiris<sup>®</sup> por más de 24 h se asocia con una mayor disminución de citocinas (TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-8 e IFN $\gamma$ ) y endotoxinas<sup>15</sup>, proteína C reactiva y mortalidad a 7 y 14 días, comparado con el grupo de ST-150<sup>16</sup>. En nuestro caso al finalizar la terapia se observó una marcada disminución de la proteína C reactiva, resolución de la leucocitosis y descenso de la creatinina (fig. 3).

El caso presentado es un paciente críticamente enfermo, con compromiso pulmonar y renal severo, a pesar del manejo estándar con líquidos intravenosos, antibiótico y ventilación mecánica con parámetros protectores entre otros, no se lograba una adecuada respuesta, por lo que el soporte extracorpóreo con soporte renal mediante TRRC y soporte pulmonar mediante ECCO<sub>2</sub>R con un pulmón de membrana con una superficie mayor a la utilizada en población similar<sup>11,12</sup>, logró la ventilación ultraprotectora y progresivamente a la resolución del cuadro clínico. Es poco frecuente utilizar la combinación de este tipo de terapia en nuestro medio, nos queda de aprendizaje que el inicio temprano, individualizar el caso y un equipo de trabajo multidisciplinario puede lograr mejores resultados. El uso de este tipo de terapias se ha asociado con un bajo número de complicaciones, requiere equipos menos especializados, y podría ser manejado por personal entrenado en terapias de reemplazo renal continuo<sup>12</sup>.

## Conclusión

La lesión renal aguda secundaria a sepsis y/o SDRA es una condición con alta carga de morbimortalidad, durante el tiempo se han desarrollado diferentes métodos de tratamiento. En este reporte de caso compartimos la experiencia con remoción extracorpórea de CO<sub>2</sub> y TRRC en un paciente con disfunción multiorgánica. El soporte extracorpóreo ha ganado fuerza en los últimos años, y se ha convertido en una alternativa de tratamiento para este tipo de pacientes, en el momento la terapia no tiene estudios fuertes que la respalden, ni recomendación por guías de práctica clínica; sin embargo, se encuentra el auge y su uso debe ser individualizado.

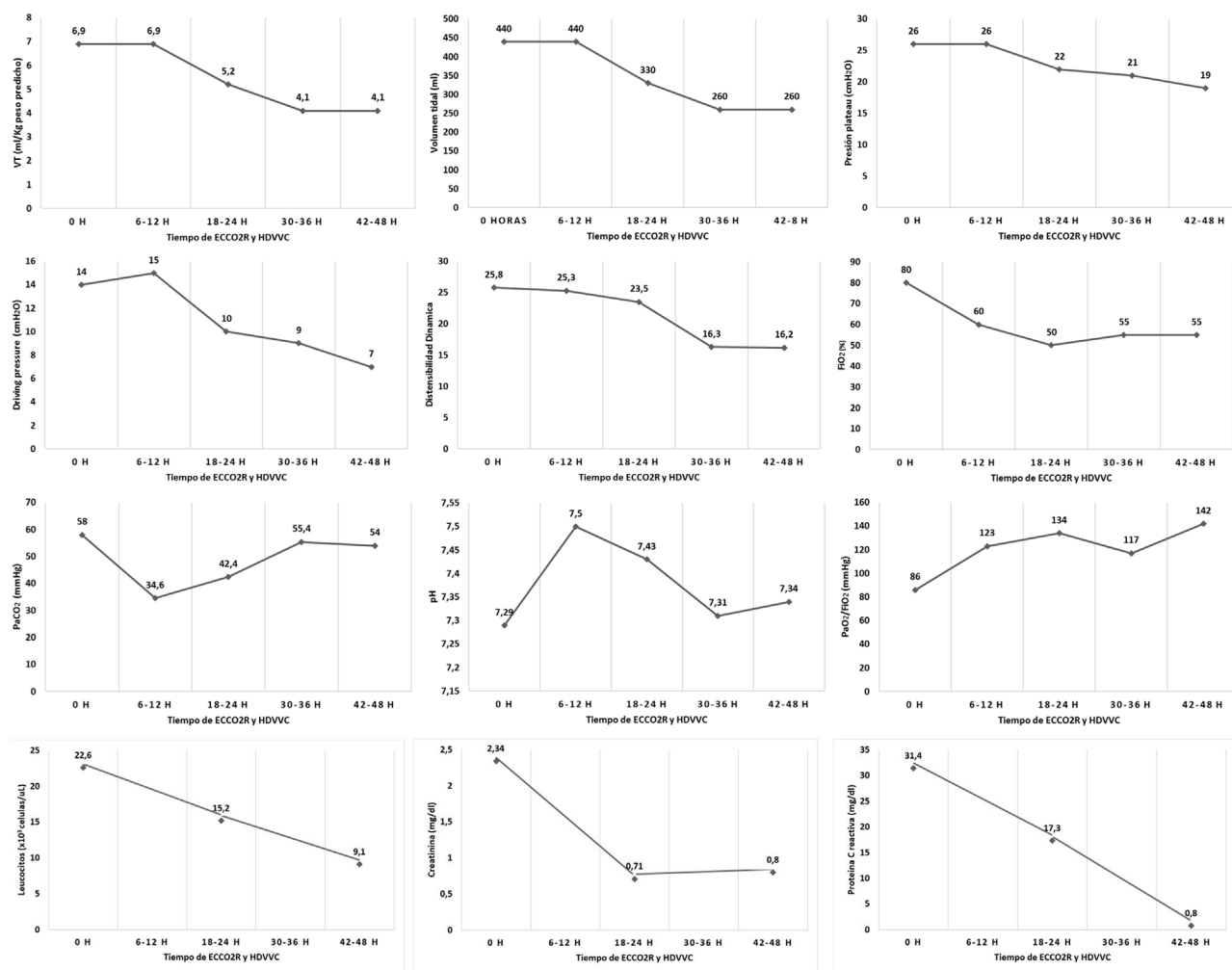


Figura 3 Descripción del comportamiento de gases arteriales, parámetros ventilatorios y de laboratorio durante 48 h de terapia con ECCO2R Y HDVVC.

### Consideraciones éticas

Para el reporte de caso se obtuvo el consentimiento informado por escrito del paciente para la publicación del artículo y aprobación del comité de ética institucional.

### Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

### Conflicto de intereses

No hay conflictos de intereses involucrados en la realización de este artículo.

### Bibliografía

- Ortiz G, Dueñas C, Rodríguez F, Barrera L, de La Rosa G, Dennis R, et al. Epidemiology of sepsis in Colombian intensive care units. *Biomedica*. 2014;34:40-7.
- Kim WY, Hong SB. Sepsis and acute respiratory distress syndrome: Recent update. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*. 2016;79:53-7.
- White KC, Serpa-Neto A, Hurford R, Clement P, Laupland KB, See E, et al. Sepsis-associated acute kidney injury in the intensive care unit: incidence, patient characteristics, timing, trajectory, treatment, and associated outcomes. A multicenter, observational study. *Intensive Care Med*. 2023;49:1079-89.
- Cappadona F, Costa E, Mallia L, Sangregorio F, Nescis L, Zanetti V, et al. Extracorporeal Carbon Dioxide Removal: From Pathophysiology to Clinical Applications; Focus on Combined Continuous Renal Replacement Therapy. *Biomedicines*. 2023;11:142.
- Larrarte C, Tuberquia O, Ortiz G, Ballesteros D, Vargas J, Echeverri J. Relationships between acute kidney injury and acute lung injury. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2016;16:47-53.
- Fumagalli J, Santiago RRS, Teggia Droghi M, Zhang C, Fintelmann FJ, Troschel FM, et al. Lung Recruitment in Obese Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology*. 2019;130:791-803.
- Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-Induced Lung Injury. *N Engl J Med*. 2013;369:2126-36, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMra1208707>.
- Giraud R, Banfi C, Assouline B, de Charrière A, Cecconi M, Bendjelid K. The use of extracorporeal CO<sub>2</sub> removal in acute respiratory failure. *Ann Intensive Care*. 2021;11:43.

9. Omecinski K, Cove M, Duggal A, Federspiel W. Extracorporeal carbon dioxide removal (ECCO<sub>2</sub>R): A contemporary review. *Appl Eng Sci.* 2022;10:100095.
10. Combes A, Fanelli V, Pham T, Ranieri VM, Goligher EC, Brodie D, et al. 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.
11. Nentwich J, Wichmann D, Kluge S, Lindau S, Mutlak H, John SL. Low-flow CO<sub>2</sub> removal in combination with renal replacement therapy effectively reduces ventilation requirements in hypercapnic patients: A pilot study. *Ann Intensive Care.* 2019;9, <http://dx.doi.org/10.1186/s13613-019-0480-4>.
12. Consales G, Zamidei L, Turani F, Atzeni D, Isoni P, Boscolo G, et al. Combined Renal-Pulmonary Extracorporeal Support with Low Blood Flow Techniques: A Retrospective Observational Study (CICERO Study). *Blood Purif.* 2022;51:299–308.
13. 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 Hypoxemic Respiratory Failure: The REST Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2021;326:1013–23.
14. Li Y, Sun P, Chang K, Yang M, Deng N, Chen S, et al. Effect of Continuous Renal Replacement Therapy with the oXiris Hemofilter on Critically Ill Patients: A Narrative Review. *J Clin Med.* 2022;11:6719.
15. Broman ME, Hansson F, Vincent JL, Bodelsson M. Endotoxin and cytokine reducing properties of the oXiris membrane in patients with septic shock: A randomized crossover double-blind study. *PLoS One.* 2019;14, e0220444.
16. Guan M, Wang H, Tang X, Zhao Y, Wang F, Zhang L, et al. Continuous Renal Replacement Therapy With Adsorbing Filter oXiris in Acute Kidney Injury With Septic Shock: A Retrospective Observational Study. *Front Med (Lausanne).* 2022;8:9.