



Guías ELSO (“Extracorporeal Life Support Organization”) para el Manejo de Sobrecarga de Volumen, Insuficiencia Renal Aguda y Electrolitos.

Brian C Bridges, Archana Dhar, Kollengode Ramanathan, Heidi J. Steflik, Matthieu Schmidt y Kiran Shekar

Revisores: Ali Ait Hssain, Cecil Levy, Graeme MacLaren, Thomas Mueller.

Traducción al español: Leonardo Soane

Revisores: Barbara Cardenas, Rene D. Gomez

Descargo de responsabilidades: Esta guía para el manejo de fluidos y electrolitos de los pacientes tratados con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) fue diseñada para uso educativo, para generar conocimiento de los médicos y otros profesionales de la salud, para la evaluación y el tratamiento de pacientes en ECMO. Describe lo que se cree que es una práctica útil y segura del paciente en ECMO, pero no es necesariamente un consenso de recomendaciones. El objetivo de estas guías clínicas es ayudar a los médicos a tomar una decisión informada respecto a sus pacientes. Sin embargo, la adherencia a las guías no garantiza el éxito de los resultados. En la actualidad, los profesionales de la salud deben tomar sus propias decisiones terapéuticas respecto al cuidado del paciente, caso a caso, luego de consultarlos, utilizando su juicio clínico, conocimiento y experiencia. Estas guías no reemplazan el criterio de los médicos u otros profesionales de la salud en el diagnóstico y tratamiento de determinados pacientes. Estas guías no pretenden y no deben interpretarse como la creación de un estándar de atención, o considerarse que incluyen todos los métodos apropiados de cuidado o excluyen otros métodos de atención razonablemente dirigidos a obtener el mismo resultado. El juicio final debe ser realizado por el médico, otros profesionales de la salud y el paciente a la luz de todas las circunstancias presentadas por el paciente individual, y la variabilidad conocida y el comportamiento biológico de la condición clínica. Estas pautas reflejan los datos en el momento en que las guías se diseñaron. Los resultados de estudios posteriores u otra información podrían generar revisión de las recomendaciones actuales, en base a la nueva información, pero la ELSO no presenta la obligación de proporcionar actualizaciones. En ningún caso la ELSO será responsable por cualquier decisión o acción tomada en base a la información proporcionada por estas guías.

Palabras clave: Insuficiencia renal aguda, neonato, pediátrico, adulto, Oxigenación por membrana extracorpórea, sobrecarga hídrica, diuréticos, terapia de reemplazo renal.

Las guías “Extracorporeal Life Support Organization” (ELSO) para el manejo de fluidos y electrolitos han sido escritas para presentar un consenso para la atención clínica de pacientes neonatales, pediátricos y adultos asistidos con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Estas guías fueron escritas para complementar las recomendaciones para el soporte del paciente en ECMO, descritos en la 5ta edición del libro Rojo de ELSO. Nuestro panel representa a un grupo internacional de médicos ECMO, y nuestro objetivo es proporcionar un enfoque basado en la evidencia para el manejo de la insuficiencia renal aguda (IRA), sobrecarga hídrica (SH), e intervenciones que incluyen el uso de diuréticos y terapia de reemplazo renal (TRR).

Manejo de fluidos y electrolitos en pacientes neonatales y pediátricos en ECMO.

La SH es una complicación frecuente en ECMO.¹⁻³ Globalmente, para definir el balance positivo hídrico, no está determinado un umbral estricto en la población neonatal y pediátrica. “The American College of Critical Care Medicine” define una sobrecarga de volumen mayor al 10% como un umbral clave en el que hay que actuar en pacientes neonatales y pediátricos con shock séptico.⁴ Dicho umbral superior al 10% de SH, se asocia independientemente a múltiples eventos adversos, incluyendo mayor duración de asistencia en ECMO y aumento de mortalidad en pacientes neonatos y pediátricos.¹⁻³ En pacientes asistidos en ECMO, la SH se ha asociado con problemas de oxigenación, aumento de la duración de asistencia en ECMO, y mortalidad.² Además, una vez que se estableció la SH, la corrección de la misma a menos del 10% no se ha asociado a un aumento de sobrevida, por lo que es fundamental la prevención, y una estrategia para el manejo temprano agresivo de fluidos.²

Tradicionalmente, los métodos para calcular el balance de fluidos, a partir de la medición de entrada y salida de volumen, se han utilizado para estimar el porcentaje de SH. Sin embargo, el cálculo exacto de ingresos y egreso de líquido puede ser difícil de cuantificar, particularmente en pacientes pediátricos y neonatos con egresos mixtos en pañal. Para cuantificar con mayor precisión los egresos, se puede utilizar el cateterismo con sonda vesical. Sin embargo, se debe considerar el riesgo de infecciones urinarias en los pacientes con implante prolongado de catéteres vesicales. El peso corporal diario se ha utilizado como un sustituto para determinar SH, y las determinaciones de SH basadas en el peso tienen buena correlación con los métodos de balance de fluidos, con un valor predictivo similar en pacientes pediátricos en la unidad de cuidados intensivos.⁵ Sin embargo, el método más utilizado para determinar SH en niños críticamente enfermos fue determinado por Goldstein y col.⁶, según la siguiente fórmula:

$$\%SH = \frac{\text{Ingreso de flúidos (L)} - \text{Egreso de Fluidos (L)}}{\text{Peso al ingreso a la Terapia Intensiva (Kg)}} \times 100$$

Peso al ingreso a la Terapia Intensiva (Kg)

Nuevamente, debido a que la corrección del 10% excedente de SH no se ha asociado con mejoría de la sobrevida, prevenir la SH > 10% es crucial. Las estrategias de manejo para minimizar la SH en pacientes asistidos con ECMO se encuentran enumeradas en la **Tabla 1**.

Insuficiencia renal aguda

Etiología: La IRA es otra complicación frecuente que presentan los neonatos y pacientes pediátricos asistidos en ECMO.⁷⁻⁸ La causa de IRA en ECMO es multifactorial. La IRA podría relacionarse a múltiples condiciones asociadas a la terapia extracorpórea. Antes del inicio del ECMO, estos pacientes habitualmente están expuestos a sepsis, isquemia, insuficiencia cardíaca o respiratoria, inestabilidad hemodinámica, drogas vasoactivas, y medicación nefrotóxica. Todos estos factores determinan que el paciente sea de alto riesgo para presentar IRA.⁹ Otros factores que pueden contribuir, son la cascada inflamatoria activada por la interacción con el circuito de ECMO, y factores directamente relacionados con el ECMO como el “shear stress” de los glóbulos rojos y la hemólisis. La falla concomitante de otros órganos y complicaciones como son los eventos neurológicos, trombosis, infecciones, sangrados, y coagulopatía, pueden también contribuir a la injuria renal. El inicio de la asistencia en ECMO, sumado a los ajustes posteriores de las drogas vasoactivas, pueden causar rápidas fluctuaciones hemodinámicas, que afectan el flujo sanguíneo renal, llevando a IRA asociada a injuria por reperfusión. La SH antes y durante la asistencia en ECMO contribuye y empeora la IRA.³

Definición: Ante la falta de una definición estandarizada de IRA, existe una amplia variación en la incidencia reportada de IRA en ECMO, que varía entre el 30% y el 85%.¹⁰⁻¹² En una publicación del grupo de investigación KIDMO, el 60% de los neonatos y pacientes pediátricos asistidos en ECMO desarrollaron IRA utilizando la definición de incremento de la creatinina basal, y 74% utilizando la definición de incremento de la creatinina basal y/o la necesidad de terapia de reemplazo renal.⁸ La IRA en ECMO se asocia independientemente con el aumento en la duración de asistencia en ECMO, y con mayor mortalidad en neonatos y pacientes pediátricos.⁷⁻⁸ En los últimos 20 años han aparecido en la literatura múltiples definiciones de IRA y sistemas de clasificación, incluyendo RIFLE (“risk, injury, failure, loss, end-stage renal disease”), AKIN (“Acute Kidney Injury Network”), y más recientemente KDIGO (“Kidney Disease: Improving Global Outcomes”).¹³⁻¹⁵ Actualmente KDIGO es el sistema de estadificación disponible más contemporáneo y avalado por expertos, para el diagnóstico y reporte de IRA en neonatos y pacientes pediátricos. En el Registro Internacional de ELSO, las complicaciones renales se clasifican de la siguiente manera: Creatinina plasmática entre 1.5 – 3.0 mg/dl (0.13 – 0.27 mmol/L), creatinina > 3.0 mg/dl (>0.27 mmol/L), y el requerimiento de

terapia de reemplazo renal. El porcentaje de corridas de ECMO con complicaciones renales reportadas se enumeran por edad e indicación en la **Tabla 2 y 3**.¹⁶

Evaluación: Una vez diagnosticada, se debe realizar una historia clínica y un examen físico detallado para determinar la causa de la IRA. Se recomienda para ello la participación de un equipo multidisciplinario. El ECMO en sí mismo es un reconocido factor de riesgo para la IRA en neonatos y paciente pediátricos, como lo es también la hipoperfusión secundaria a procesos patológicos como la sepsis y la enfermedad cardíaca. Se debe considerar una evaluación inicial con análisis de orina, y ecografía con doppler de vasos renales para descartar anomalías renales congénitas, uropatía obstructiva, y trombosis de la vena renal. Se debe evaluar y mantener una adecuada presión arterial media para perfundir los riñones. La espectroscopía infra-roja renal (NIRS) podría ser un método útil, no invasivo para monitoreo de pacientes neonatos y pediátricos asistidos en ECMO. La evaluación cuidadosa y continua del estado de volumen, incluyendo peso corporal, signos vitales y balance hídrico por medio de los ingresos y egresos, es necesaria ya que la SH es muy común y se asocia con aumento de mortalidad en estos pacientes. Se requiere una revisión exhaustiva de la medicación crónica para identificar y eventualmente eliminar las drogas nefrotóxicas, priorizando aquellas no nefrotóxicas. El monitoreo seriado de electrolitos es necesario durante la IRA. Las alteraciones electrolíticas, como la hiperkalemia y la hiponatremia, son frecuentes en los niños críticamente enfermos.

Manejo de sobrecarga hídrica e insuficiencia renal aguda

Lamentablemente, los agentes terapéuticos específicos para el tratamiento de la IRA son limitados, y el cuidado es primariamente de sostén. Las opciones terapéuticas para la SH y la IRA en neonatos y pacientes pediátricos en ECMO incluyen restricción hídrica, diuréticos, y terapia de reemplazo renal continua (TRRC). Si bien los bolos intermitentes de furosemida son una práctica común en varias instituciones, como también lo es la infusión continua de diuréticos como furosemida o bumetanida; existe poca información que permita guiar la práctica. Recientemente, investigadores han desarrollado “la prueba de provocación con furosemida” utilizando una dosis única de furosemida para desafiar y evaluar la integridad tubular renal: la diuresis escasa luego de la dosis única de furosemida, sería un predictor de IRA progresiva.¹⁷ En esta ocasión debería considerarse la restricción de volumen, en lugar de progresar a diuréticos en infusión continua, y la TRRC podría ser necesaria.

La TRRC se utiliza frecuentemente en ECMO. En una encuesta publicada por el grupo de estudio KIDMO, el 23% de los entrevistados reportaron no utilizar TRRC en ECMO. Sin embargo, la mayoría de los centros utilizaron TRRC en pacientes en ECMO para el manejo de la SH, IRA, y las alteraciones electrolíticas.¹⁸ El tiempo al inicio de TRRC sigue siendo controversial. Como la necesidad de TRRC en neonatos y pacientes pediátricos en ECMO se asocia independientemente con mayor mortalidad, los médicos prefieren utilizarla únicamente ante una SH abrumadora o en

caso de anuria.⁷ Sin embargo, el inicio precoz de TRRC podría cumplir un rol, ya que optimizando el momento y la indicación de la TRRC podría tener un impacto positivo en la sobrevida, a través de un mejor manejo del balance de fluidos.^{2,3,19} Con este objetivo en mente, algunos centros utilizan precozmente la TRRC con la mayoría de sus pacientes en ECMO. En un reporte multicéntrico reciente, la utilización de TRRC temprana, definida como el inicio de TRRC en el día 0 o 1 del ECMO, no se asoció con mortalidad en ECMO o mortalidad intrahospitalaria.²⁰

Indicaciones para la terapia de reemplazo renal en Oxigenación por Membrana Extracorpórea.

La experiencia y conocimiento específico de cada centro con terapia de reemplazo renal (TRR) en ECMO actualmente impulsa las decisiones para iniciar la terapia. Las guías internacionales ELSO recomiendan “volver el volumen de fluido extracelular al normal (peso seco) y mantenerlo allí”.²¹ Existen múltiples estudios que sugieren que la TRR temprana para prevenir SH podría mejorar los resultados, y justificarían una mayor investigación. Diversos estudios destacaron la SH acumulada y su asociación con una mayor mortalidad, estancia hospitalaria y duración de la ventilación mecánica.^{1, 22-24} La SH acumulada y la imposibilidad de alcanzar nuevamente el peso seco se asocian a mayor mortalidad y duración prolongada de asistencia en ECMO.^{5,25} Una disminución en el balance hídrico se asocia con una mejoría de la función pulmonar, y el tiempo hasta el destete del soporte de ECMO.²⁶

Consideraciones técnicas para la terapia de reemplazo renal en Oxigenación por Membrana Extracorpórea.

Las opciones para la TRR en ECMO incluyen la diálisis peritoneal, hemodiálisis intermitente y TRRC. La TRRC se utiliza habitualmente en las unidades de terapia intensiva (UTIs) para brindar un método eficiente de reemplazo renal y manejo de fluidos, asegurando la estabilidad hemodinámica. La TRRC consiste en un amplio rango de técnicas. Existen múltiples modalidades basadas en la permeabilidad de la membrana, método de aclaramiento (“clearance”) molecular y la duración del tratamiento y el equipamiento utilizado. Los estudios previos demostraron una amplia variación en la práctica con respecto a la TRR en ECMO.¹⁸ Como no hay estudios comparativos entre dichas técnicas, la práctica se basa habitualmente según la experiencia local de cada centro. Existen tres métodos mayores para realizar TRRC en ECMO: 1) Acceso independiente para la TRRC, 2) Colocación de un hemofiltro en el circuito del ECMO, y 3) Colocación de un dispositivo de CRRT en el circuito del ECMO.

Acceso independiente para la terapia de reemplazo renal.

La TRR puede realizarse a través de un acceso venoso independiente del circuito del ECMO. Sin embargo, esto requiere la colocación del acceso previo al implante del ECMO, o intentar la

punción vascular en un paciente en ECMO anticoagulado. En neonatos y pacientes pediátricos que requieren ECMO, determinar el acceso vascular adecuado es habitualmente desafiante. Una vez que el paciente está asistido en ECMO, el circuito extracorpóreo puede utilizarse como plataforma en la cual otras formas de dispositivos de soporte de órganos pueden conectarse, sin exponer al paciente críticamente enfermo a riesgos de colocación de un acceso vascular adicional.

Colocación de un hemofiltro en el circuito del Oxigenador por membrana extracorpórea.

La colocación de un hemofiltro en el circuito del ECMO es una técnica utilizada para realizar TRRC, y tiene la ventaja de ser relativamente simple y barato.¹⁸ El hemofiltro se coloca habitualmente luego de la bomba para proveer flujo sanguíneo anterógrado y antes del oxigenador para atrapar cualquier burbuja de aire o coágulo introducido en el circuito. Con el hemofiltro y la creación de una derivación (“shunt”) en el circuito, hay una discrepancia entre el flujo medido y el flujo que es entregado al paciente (lo que indica el flujo sanguíneo del hemofiltro). Debería colocarse un flujímetro ultrasónico en la rama de retorno del circuito del ECMO para determinar el flujo real entregado al paciente.

Algunos centros utilizan esta técnica para proporcionar solo una ultrafiltración lenta y continua, y otros centros utilizan el hemofiltro en el circuito junto con líquidos de reemplazo renal o diálisis. (**Figura 1**). Dado que estos hemofiltros están diseñados para su uso con sistemas de alta presión, las características de la fibra hacen que el clearance difusivo sea menos efectivo que en las membranas convencionales. El hemofiltro tiene el potencial de generar grandes cantidades de ultrafiltrado, y esto generalmente se regula mediante una bomba de infusión estándar endovenosa conectada al puerto efluente del hemofiltro. Estas bombas endovenosas habitualmente presentan un flujo máximo de 1 L/hora. Se ha demostrado que el uso de un hemofiltro en el circuito y una bomba endovenosa proporciona un manejo de fluidos menos preciso, comparado con un dispositivo de TRRC conectado al circuito de ECMO.²⁷ Existen varios métodos para determinar la cantidad de líquido que se elimina. Es común la medición del volumen real de ultrafiltrado eliminado por peso, o a través de un dispositivo de medición volumétrica.

Colocación de un dispositivo de terapia de reemplazo renal continua en el circuito del Oxigenador por membrana extracorpórea.

El dispositivo de TRRC se puede conectar a la rama venosa del circuito del ECMO antes de la bomba cuando se utiliza una del estilo cabeza de rodillo (“roller pump”). (**Figura 2**) Si se utiliza una bomba centrífuga, se prefiere conectar el dispositivo de TRRC luego de la bomba por el riesgo de ingreso de aire en el circuito de ECMO. (**Figura 3**) Independientemente del tipo de bomba utilizada, se recomienda devolver la sangre del dispositivo de TRRC al sector del circuito del ECMO pre membrana para asegurarse que cualquier burbuja de aire o trombo se envíe a la membrana en lugar del paciente. La vida útil más larga del filtro se logró con este método, en comparación con

la TRRC a través de un acceso venoso independiente.²⁸ El software está disponible para algunos dispositivos de TRRC para permitir el acceso de presión positiva o para ajustar los límites de alarma de acceso en el rango positivo para facilitar el uso de TRRC en el circuito con el ECMO.

Implicancias a largo plazo de la terapia de reemplazo renal continua durante la Oxigenación por membrana extracorpórea.

Hay escasa evidencia disponible que haya evaluado el impacto renal a largo plazo del uso de TRRC en niños asistidos en ECMO. Sin embargo, un gran estudio unicéntrico demostró que en ausencia de enfermedad renal primaria, no hay evolución a enfermedad renal crónica luego de la utilización de TRRC en neonatos y pacientes pediátricos en ECMO.²⁹

Manejo de fluidos y electrolitos en pacientes adultos con Oxigenación por membrana extracorpórea.

Sobrecarga hídrica

La administración y eliminación de fluidos en pacientes adultos en ECMO es una práctica frecuente. Las razones para la SH en pacientes adultos críticamente enfermos asistidos en ECMO son multifactoriales.

Aunque el proceso patológico subyacente que contribuye a la insuficiencia severa cardiopulmonar puede requerir la administración de grandes volúmenes de líquidos endovenosos durante la reanimación inicial, puede ser necesario también la transfusión de sangre o expansiones para mantener un adecuado flujo sanguíneo del ECMO. Los fluidos utilizados para la administración de fármacos pueden contribuir en gran medida a los ingresos diarios y al balance positivo. Está demostrado que los pacientes que requieren soporte en ECMO y desarrollan IRA y SH presentan mayor mortalidad. La euvolemia puede lograrse usando diuréticos para la eliminación de líquidos, y la TRRC puede ser utilizada para aquellos pacientes refractarios a los diuréticos o con insuficiencia renal manifiesta.

El manejo de vasopresores y la fluidoterapia suele ser en base a criterios de valoración clínicos, como es el mantenimiento de una presión arterial media de más de 60 – 65 mm Hg. La hipovolemia intravascular, el “chicoteo (chattering)” del circuito del ECMO y la hiperlactacidemia habitualmente requieren resucitación con volumen. Es importante que las presiones de drenaje del ECMO (P1) se monitoricen regularmente, teniendo en cuenta que si son excesivamente negativas predisponen a un mayor grado de hemólisis, lo que debería evitarse. Estudios observacionales han demostrado que un balance de fluidos positivo en el día 3 se ha asociado a menor sobrevida de pacientes en ECMO.³⁰⁻³² El balance negativo acumulado y la media de balance más negativo se asocian fuertemente con una mejora en la distensibilidad pulmonar en pacientes adultos en ECMO VV y TRRC.³³

Insuficiencia renal aguda y terapia de reemplazo renal.

Existe una amplia variabilidad en la incidencia reportada de IRA en ECMO, debido a las diferencias en los entornos clínicos, subgrupos de pacientes, modos de ECMO, y el uso de criterios diagnósticos que definen la IRA. Los estudios unicéntricos que utilizaron la definición RIFLE han demostrado que la incidencia de IRA en adultos en ECMO es de alrededor de 78% en pacientes con insuficiencia respiratoria¹² y 81% en aquellos postcardiotomía.³⁴

Indicaciones y momento de la terapia de reemplazo renal en pacientes con Oxigenación por membrana extracorpórea.

La SH y la IRA son las indicaciones más frecuentes de TRR en ECMO. La TRR ha sido utilizada también para prevenir SH, tratar disionías, y para eliminar toxinas ingeridas accidental o intencionalmente. Si bien los centros han utilizado los criterios RIFLE, AKIN y KDIGO para el inicio de TRR en pacientes adultos con IRA, el uso de TRR para SH es más abstracto y se realiza habitualmente en pacientes con IRA menos severa que son refractarios a la terapia diurética estándar. El inicio temprano de TRRC ha demostrado ser beneficioso en neonatos asistidos en ECMO³⁵; sin embargo, no hay evidencia similar en pacientes adultos en ECMO. Se demostró que los pacientes adultos con IRA y shock séptico no tuvieron diferencia significativa de la mortalidad a 90 días entre los asignados a una estrategia temprana (<12 horas) para el inicio de la TRR frente a los de una estrategia diferida (>48 horas).³⁶ Como principio rector, se debe considerar la TRR en pacientes adultos en ECMO con SH refractaria a la terapia diurética y en situaciones donde la IRA causa trastornos metabólicos que impiden las posibilidades de recuperación de la insuficiencia cardiorrespiratoria.

Aspectos técnicos de las adaptaciones del circuito para la terapia de reemplazo renal.

La diálisis intermitente, la diálisis sostenida de baja eficiencia (DSBE), y todas las modalidades de TRRC incluyendo la hemofiltración, hemodiálisis, hemodiafiltración, y ultrafiltración pueden realizarse en ECMO. La TRR puede iniciarse utilizando un sistema paralelo, en el cual el acceso vascular y el circuito separado aseguran de no interferir con el flujo del ECMO. Sin embargo, los riesgos de colocar un catéter de diálisis en un paciente anticoagulado siempre están presentes, además de existir la limitación de los sitios de acceso por las cánulas de ECMO adicionales. La utilización de un hemofiltro en línea puede ser costo efectivo, requiere menos recursos y es fácil de configurar. El implante en línea de un dispositivo de TRRC comercialmente disponible en el circuito de ECMO puede brindar un excelente control del balance de fluidos y aclaramiento de solutos, que es superior al hemofiltro en línea. Sin embargo, esta configuración requiere una

comprensión profunda de las presiones del circuito para realizar una TRRC segura. Las presiones del circuito de ECMO pueden ser muy negativas antes de la bomba centrífuga (de -40 a -100 mm Hg), y marcadamente positivas entre la bomba y el oxigenador, mientras que los dispositivos de TRRC están programados para funcionar con presiones venosas positivas bajas de 0 a 20 mm Hg. Esto podría conducir a alarmas permanentes en ambos circuitos y complicaciones relacionadas con atrapamiento aéreo y flujo turbulento. Como se mencionó previamente en la sección pediátrica, en un circuito de ECMO con una bomba centrífuga, se recomienda fuertemente que el dispositivo de TRRC se pueda colocar post bomba para prevenir el atrapamiento aéreo dentro del circuito, y que el retorno del dispositivo de TRRC esté conectado pre oxigenador / post bomba para prevenir embolia aérea o envío de trombos hacia el paciente.

Dosificación de la terapia de reemplazo renal en Oxigenación por membrana extracorpórea.

La dosis de TRR se basa en la tasa de intercambio por contracorriente o el flujo de la solución efluente que contiene glucosa y electrolitos en el rango fisiológico. Sin embargo, extrapolando de la literatura de cuidados críticos, generalmente se recomienda una dosis de efluente de 20-25 ml/kg/hora para pacientes en ECMO para la eliminación estándar de solutos. El flujo sanguíneo en el circuito de TRR se mantiene habitualmente entre 100 y 250 ml/minuto. Para la diálisis intermitente, la prescripción depende de la valoración del nefrólogo o intensivista con un enfoque similar a otros pacientes críticos. Para la DSBE, se utiliza generalmente la duración de al menos 6 horas con una tasa de flujo sanguíneo de 200 ml/minuto y una tasa de dializado de 300 ml/minuto.

Recuperación renal luego de la Oxigenación por membrana extracorpórea y la terapia de reemplazo renal.

Los pacientes que requieren ECMO y TRR son habitualmente más enfermos y tienen mayor riesgo de mortalidad.³⁷ Existe una disparidad entre la mortalidad descrita en los estudios unicéntricos y el registro ELSO. Mientras que los estudios unicéntricos han reportado tasas de mortalidad superiores al 75% en adultos que requieren TRR y ECMO,³⁸ el registro internacional ELSO reporta tasas de supervivencia del 49% para adultos respiratorios y 32% para pacientes adultos cardíacos en ECMO que necesitan TRR.¹⁶ También se conoce que la TRRC durante los primeros 3 días del inicio del ECMO fue un predictor independiente de mortalidad a 90 días.³¹ Los resultados son peores en los pacientes asistidos en ECMO con IRA dialítica que en aquellos con IRA pero que no requirieron diálisis.^{35,39} En contraste, en otros estudios la mortalidad en la unidad de terapia intensiva no estuvo significativamente influenciada por la necesidad de TRR cuando se ajustó a confundidores.⁴⁰ En un estudio de pacientes asistidos en ECMO por síndrome de distress respiratorio, la necesidad de TRR antes del implante de ECMO se asoció independientemente con el aumento de la mortalidad, pero la necesidad de TRR durante la asistencia no se asoció al aumento significativo de la misma.⁴¹ Un estudio recientemente publicado de adultos que

requirieron ECMO y TRR determinó que los pacientes que requirieron TRR por más de 7 días presentaron una sobrevida a largo plazo similar a los pacientes que recibieron TRR durante menos días. Sin embargo, se observó un mayor riesgo de enfermedad renal terminal, dependencia del ventilador, y tasas de reinternación en aquellos que recibieron TRR por más de 7 días, lo que implica que la enfermedad renal crónica y la diálisis a largo plazo podrían ser posibles secuelas en aquellos pacientes adultos que necesitan mayor duración de TRR en ECMO.³⁸

Conclusión

El ECMO se está utilizando para un número creciente de pacientes e indicaciones. Mientras que cada centro tiene sus propios equipos, experiencias y prácticas, es imperativo que la comunidad internacional ELSO continúe colaborando para proporcionar un enfoque práctico y centrado en el paciente para abordar la morbilidad y mortalidad asociada a la IRA y SH.

Resumen

- **La SH y la IRA son frecuentes en pacientes neonatales, pediátricos y adultos asistidos en ECMO.**
- **La SH y la IRA se asocian a un aumento de morbilidad y mortalidad en pacientes asistidos en ECMO.**
- **Mientras que algunos pacientes en ECMO tendrán SH que responda adecuadamente a la terapia diurética, en aquellos no respondedores, debería considerarse el inicio temprano de TRR.**
- **La TRR en conjunto con el ECMO permite la eliminación de solutos, corrección de disionías y la prevención y el tratamiento de la SH.**
- **El circuito de ECMO provee una plataforma en la cual se puede conectar un hemofiltro en línea o un dispositivo de TRR. Esto elimina la necesidad de realizar accesos adicionales para la terapia de soporte renal.**

Referencias

1. Mallory PP, Selewski DT, Askenazi DJ, et al: Acute kidney injury, fluid overload, and outcomes in children supported with extracorporeal membrane oxygenation for a respiratory indication. *ASAIO J* 66: 319–326, 2020.
2. Selewski DT, Cornell TT, Blatt NB, et al: Fluid overload and fluid removal in pediatric patients on extracorporeal membrane oxygenation requiring continuous renal replacement therapy. *Crit Care Med* 40: 2694–2699, 2012.
3. Selewski DT, Askenazi DJ, Bridges BC, et al: The impact of fluid overload on outcomes in children treated with extracorporeal membrane oxygenation: A Multicenter Retrospective Cohort Study. *Pediatr Crit Care Med* 18: 1126–1135, 2017.
4. Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, et al: American College of Critical Care Medicine Clinical Practice Parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. *Crit Care Med* 45: 1061–1093, 2017.
5. Selewski DT, Cornell TT, Lombel RM, et al: Weight-based determination of fluid overload status and mortality in pediatric intensive care unit patients requiring continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* 37: 1166–1173, 2011.
6. Goldstein SL, Currier H, Graf Cd, Cosio CC, Brewer ED, Sachdeva R: Outcome in children receiving continuous venovenous hemofiltration. *Pediatrics* 107: 1309–1312, 2001.
7. Askenazi DJ, Ambalavanan N, Hamilton K, et al: Acute kidney injury and renal replacement therapy independently predict mortality in neonatal and pediatric noncardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation. *Pediatr Crit Care Med* 12: e1–e6, 2011.
8. Fleming GM, Sahay R, Zappitelli M, et al: The incidence of acute kidney injury and its effect on neonatal and pediatric extracorporeal membrane oxygenation outcomes: A multicenter report from the kidney intervention during Extracorporeal Membrane Oxygenation Study Group. *Pediatr Crit Care Med* 17: 1157–1169, 2016.
9. Maslach-Hubbard A, Furlong-Dillard J: Chapter 12: Renal replacement therapy for patients requiring ECMO support. in Sethi SK, Raina R, McCulloch M, Bunchman TE (eds), *Critical Care Pediatric Nephrology and Dialysis: A Practical Handbook*. Singapore, Springer Nature, 2019, pp. 121-135.
10. Aubron C, Cheng AC, Pilcher D, et al: Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: A 5-year cohort study. *Crit Care* 17: R73, 2013.
11. Zwiers AJ, de Wildt SN, Hop WC, et al: Acute kidney injury is a frequent complication in critically ill neonates receiving extracorporeal membrane oxygenation: A 14-year cohort study. *Crit Care* 17: R151, 2013.
12. Lin CY, Chen YC, Tsai FC, et al: RIFLE classification is predictive of short-term prognosis in critically ill patients with acute renal failure supported by extracorporeal membrane oxygenation. *Nephrol Dial Transplant* 21: 2867–2873, 2006.

13. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al; Acute Kidney Injury Network: Acute Kidney Injury Network: Report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 11: R31, 2007.
14. Akcan-Arikan A, Zappitelli M, Loftis LL, Washburn KK, Jefferson LS, Goldstein SL: Modified RIFLE criteria in critically ill children with acute kidney injury. *Kidney Int* 71: 1028–1035, 2007.
15. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl* 2: 1-138, 2012.
16. Extracorporeal Life Support Organization: ECLS Registry Report: International Summary. October 2021.
17. Rewa OG, Bagshaw SM, Wang X, et al: The furosemide stress test for prediction of worsening acute kidney injury in critically ill patients: A multicenter, prospective, observational study. *J Crit Care* 52: 109–114, 2019.
18. Fleming GM, Askenazi DJ, Bridges BC, et al: A multicenter international survey of renal supportive therapy during ECMO: The Kidney Intervention During Extracorporeal Membrane Oxygenation (KIDMO) group. *ASAIO J* 58: 407–414, 2012.
19. Murphy HJ, Eklund MJ, Hill J, et al: Early continuous renal replacement therapy during infant extracorporeal life support is associated with decreased lung opacification. *J Artif Organs* 22: 286–293, 2019.
20. Gorga SM, Sahay RD, Askenazi DJ, et al: Fluid overload and fluid removal in pediatric patients on extracorporeal membrane oxygenation requiring continuous renal replacement therapy: A multicenter retrospective cohort study. *Pediatr Nephrol* 35: 871–882, 2020.
21. Extracorporeal Life Support Organization: ELSO Guidelines: General Guidelines for all ECLS Cases 2017. <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/97000963d6cusersshyerdocumentselsoguidelinesfortrainingandcontinuingeducationofecmospecialists.pdf>. Accessed December 26, 2019.
22. Sutherland SM, Zappitelli M, Alexander SR, et al: Fluid overload and mortality in children receiving continuous renal replacement therapy: The prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Am J Kidney Dis* 55: 316–325, 2010.
23. Goldstein SL, Somers MJ, Baum MA, et al: Pediatric patients with multi-organ dysfunction syndrome receiving continuous renal replacement therapy. *Kidney Int* 67: 653–658, 2005.
24. Flores FX, Brophy PD, Symons JM, et al: Continuous renal replacement therapy (CRRT) after stem cell transplantation. A report from the prospective pediatric CRRT Registry Group. *Pediatr Nephrol* 23: 625–630, 2008.
25. Blijdorp K, Cransberg K, Wildschut ED, et al: Haemofiltration in newborns treated with extracorporeal membrane oxygenation: A case-comparison study. *Crit Care* 13: R48, 2009.
26. Anderson HL 3rd, Coran AG, Drongowski RA, Ha HJ, Bartlett RH: Extracellular fluid and total body water changes in neonates undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr Surg* 27: 1003–1007, 1992.

27. Symons JM, McMahon MW, Karamlou T, Parrish AR, McMullan DM: Continuous renal replacement therapy with an automated monitor is superior to a free-flow system during extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 14: e404–e408, 2013.
28. Santiago MJ, Sánchez A, López-Herce J, et al: The use of continuous renal replacement therapy in series with extracorporeal membrane oxygenation. *Kidney Int* 76: 1289–1292, 2009.
29. Paden ML, Warshaw BL, Heard ML, Fortenberry JD: Recovery of renal function and survival after continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation. *Pediatr Crit Care Med* 12: 153–158, 2011.
30. Kim H, Paek JH, Song JH, et al: Permissive fluid volume in adult patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation treatment. *Crit Care* 22: 270, 2018.
31. Schmidt M, Bailey M, Kelly J, et al: Impact of fluid balance on outcome of adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med* 40: 1256–1266, 2014.
32. Staudacher DL, Gold W, Biever PM, Bode C, Wengenmayer T: Early fluid resuscitation and volume therapy in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *J Crit Care* 37: 130–135, 2017.
33. McCanny P, Smith MW, O’Brien SG, Buscher H, Carton EG: Fluid balance and recovery of native lung function in adult patients supported by venovenous extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy. *ASAIO J* 65: 614–619, 2019.
34. Askenazi DJ, Selewski DT, Paden ML, et al: Renal replacement therapy in critically ill patients receiving extracorporeal membrane oxygenation. *Clin J Am Soc Nephrol* 7: 1328–1336, 2012.
35. Ostermann M, Connor M Jr, Kashani K: Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: Why, when and how? *Curr Opin Crit Care* 24: 493–503, 2018.
36. Barbar SD, Clere-Jehl R, Bourredjem A, et al; IDEAL-ICU Trial Investigators and the CRICS TRIGGERSEP Network: Timing of renal-replacement therapy in patients with acute kidney injury and sepsis. *N Engl J Med* 379: 1431–1442, 2018.
37. Kielstein JT, Heiden AM, Beutel G, et al: Renal function and survival in 200 patients undergoing ECMO therapy. *Nephrol Dial Transplant* 28: 86–90, 2013.
38. Kuo G, Chen SW, Fan PC, et al: Analysis of survival after initiation of continuous renal replacement therapy in patients with extracorporeal membrane oxygenation. *BMC Nephrol* 20: 318, 2019.
39. Mitra S, Ling RR, Tan CS, Shekar K, MacLaren G, Ramanathan K: Concurrent use of renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation support: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Med* 10: E241, 2021.
40. Antonucci E, Lamanna I, Fagnoul D, Vincent JL, De Backer D, Silvio Taccone F: The impact of renal failure and renal replacement therapy on outcome during extracorporeal membrane oxygenation therapy. *Artif Organs* 40: 746–754, 2016.

41. Haneya A, Diez C, Philipp A, et al: Impact of acute kidney injury on outcome in patients with severe acute respiratory failure receiving extracorporeal membrane oxygenation. Crit Care Med 43: 1898–1906, 2015

Tablas

Tabla 1. Prevención de sobrecarga de fluidos en pacientes asistidos en ECMO

Variable	Manejo Clínico
Balance de fluidos	<ul style="list-style-type: none"> - Ingresos y Egresos estrictos con evaluación clínica al menos cada 12 horas. - Determinar y evaluar las metas de balance neto de líquidos cada 12 horas, con el objetivo de lograr balance neutro o negativo. - Peso diario
Ingreso de fluidos	<ul style="list-style-type: none"> - Minimizar los líquidos endovenosos innecesarios, medicaciones y hemoderivados. - Concentrar las infusiones endovenosas de medicamentos.
Egreso (orina)	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivo de diuresis > 0.5 – 1 ml/kg/hora para pacientes que no están en terapia de reemplazo renal.* - Considerar el implante de sonda vesical.
Nutrición	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar preferentemente nutrición enteral, en lugar de parenteral, siempre que sea posible.
Hipoalbuminemia	<ul style="list-style-type: none"> - Considerar infusión de albúmina cuando está con valores < 2.5 g/dl.

*Según la situación clínica y los objetivos del balance de fluidos, es posible que sea necesario ajustar las metas de diuresis para cumplir con los objetivos del balance.

ECMO, Oxigenación por membrana extracorpórea.

Tabla 2. Octubre de 2021. Registro ELSO de complicaciones renales entre 2016 y 2020, Indicación respiratoria

	Respiratorio neonatal	Respiratorio pediátrico	Adulto respiratorio
Cr 1.5 – 3.0	3.4%	5.3%	11.1%
Cr > 3.0	0.3%	1.6%	5.2%
Terapia de reemplazo renal	24.9%	29.6%	26.8%

ELSO, Extracorporeal Life Support Organization

Tabla 3. Octubre de 2021. Registro ELSO de complicaciones renales entre 2016 y 2020, Indicación cardíaca

	Cardíaco neonatal	Cardíaco pediátrico	Adulto Cardíaco
Cr 1.5 – 3.0	3.8%	6.3%	14.1%
Cr > 3.0	0.6%	1.9%	7.5%
Terapia de reemplazo renal	30.3%	29.6%	27.5%

ELSO, Extracorporeal Life Support Organization

Figuras

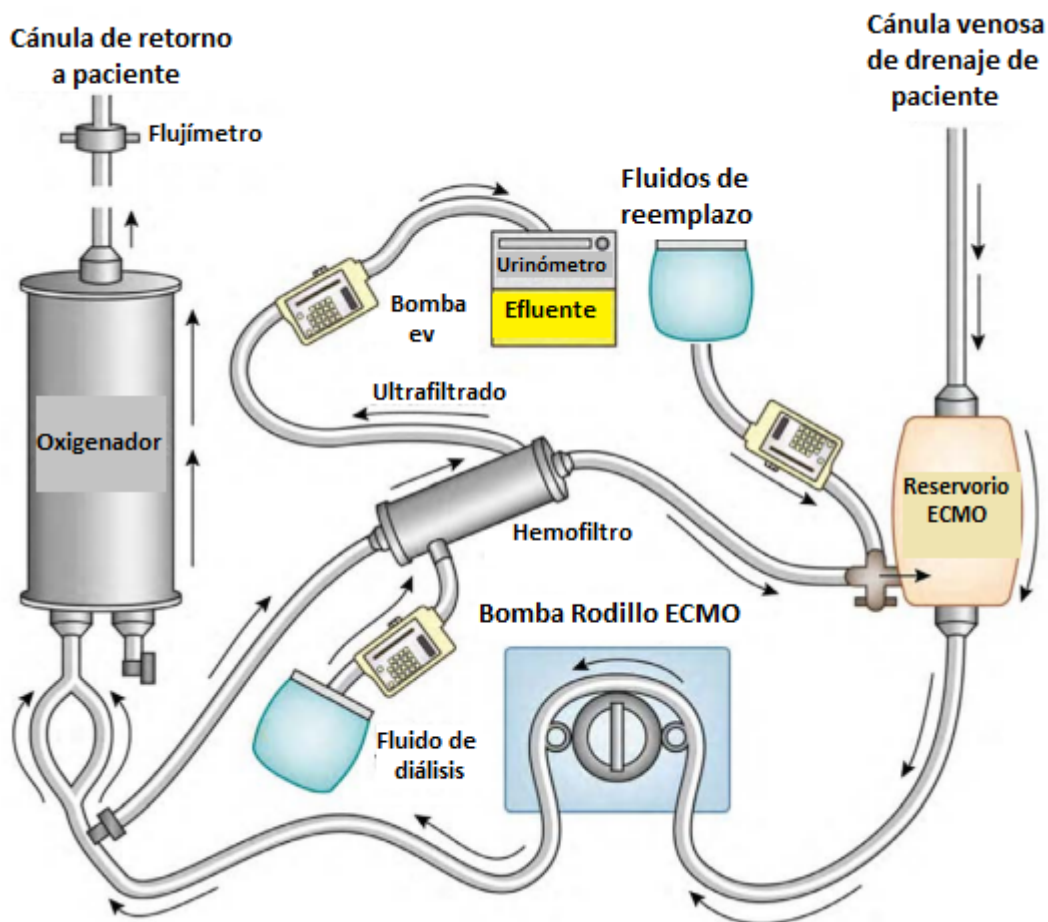


Figura 1: La sangre es derivada a un hemofiltro que está en línea con el circuito del ECMO. La producción de ultrafiltrado es regulada por una bomba de fluidos endovenosos. Los líquidos de reemplazo renal o los fluidos de diálisis pueden utilizarse en conjunto con el hemofiltro para proveer una eliminación adicional de solutos. Figura originalmente publicada en Askenazi y col. CJASN 2012;7: 1328-1336. Reproducida con permiso. ECMO, Oxigenador por membrana extracorpórea.

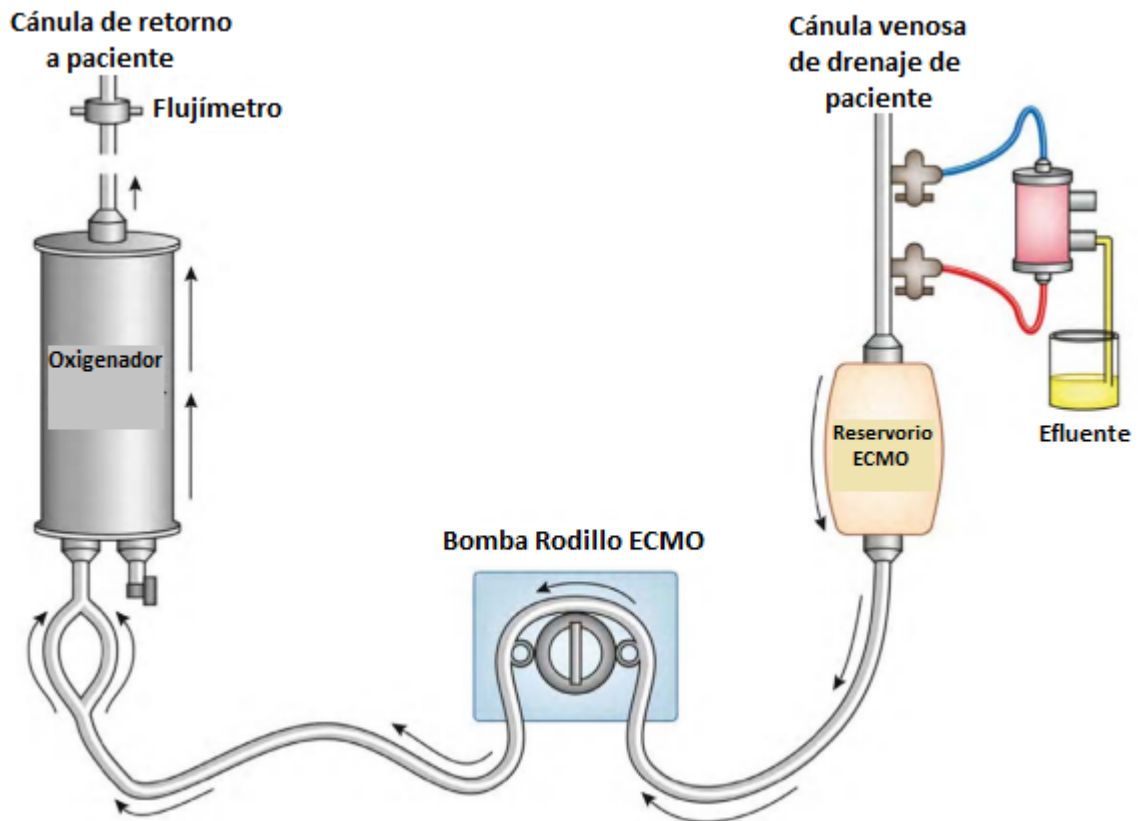


Figura 2. Un dispositivo de TRRC disponible comercialmente se conecta al circuito de ECMO con una bomba de tipo rodillo. Figura originalmente publicada en Askenazi y col. CJASN 2012; 7: 1328-1336. Reproducida con permiso. TRRC, Terapia de reemplazo renal continual; ECMO, Oxigenador por membrana extracorpórea.

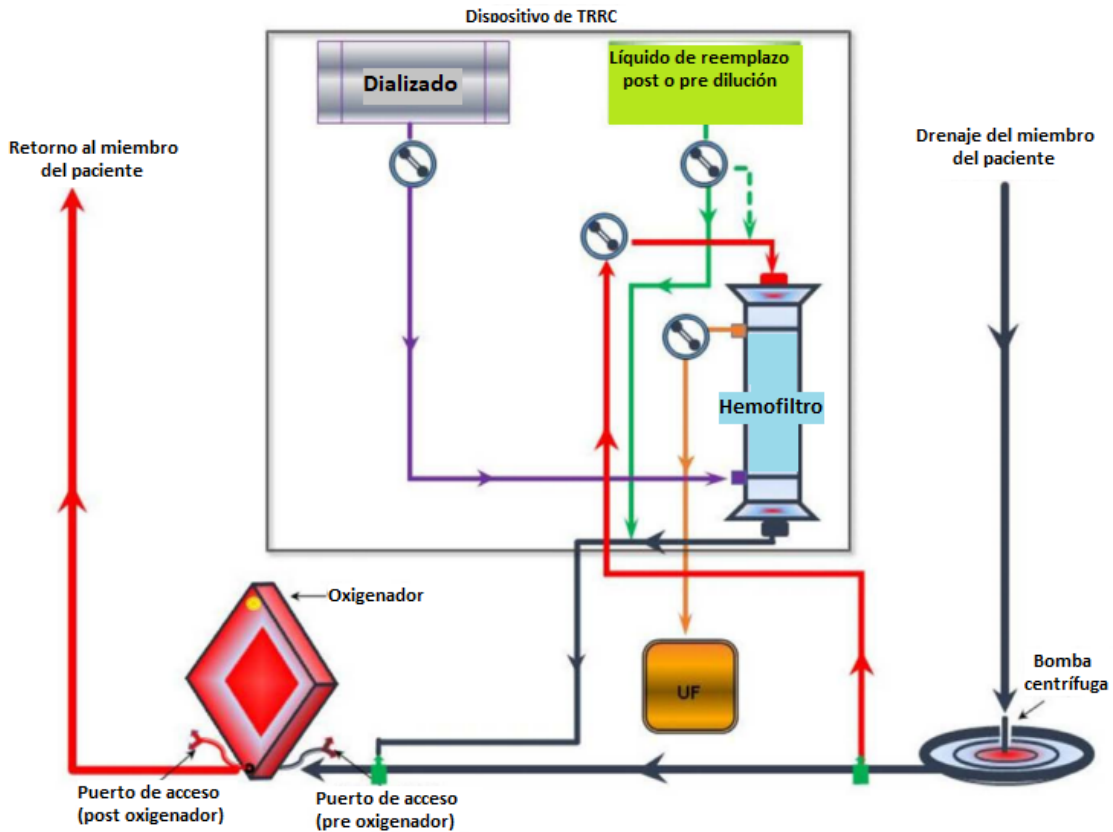


Figura 3. Un dispositivo de TRRC disponible comercialmente se conecta al circuito de ECMO con una bomba centrífuga. Figura originalmente publicada en Seczynska y col. *Ther Apher Dial.* 2014; 18(6): 523-534 (reproducida con permiso). TRRC, Terapia de reemplazo renal continuo; ECMO, Oxigenador por membrana extracorpórea.