

Revisión

Actualización en el uso de terapias de reemplazo renal continuo (TRRC) en el paciente crítico

Tomás Rodríguez-Yanez¹, Rodrigo Daza-Arnedo², Dairo Rodelo Barrios³, Jhonny Patiño Patiño⁴, Elber Osorio Rodríguez⁵, Esteban Díaz Suárez⁴, Julieth Paola Montes Vargas⁶, Jorge Rico-Fontalvo^{2,7}

¹ Universidad de Cartagena, Colombia, Facultad de Medicina, Medicina Interna, Cartagena, Colombia.

² Asociación Colombiana de Nefrología e Hipertensión Arterial, Bogotá, Colombia.

³ Universidad Simón Bolívar Barranquilla, Colombia, Edición Crítica y Cuidados Intensivos, Barranquilla, Colombia.

⁴ Investigador independiente, Barranquilla, Colombia.

⁵ Grupo de medicina intensiva y cuidados integrales (GRIMICI), Barranquilla, Colombia.

⁶ Universidad de Cartagena, Colombia, Facultad de Medicina, Cartagena, Colombia.

⁷ IPS Nephromedical, Medellín, Colombia.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha de envío:
10/10/2023

Fecha de aprobación:
15/11/2023

Palabras claves:
Lesión renal aguda unidad
cuidados intensivos diálisis
terapias continuas

Autor para
correspondencia.
jorgericof@yahoo.com
(J. Rico)

Keywords:
acute kidney injury intensive
care unit dialysis continuous
therapies

RESUMEN

En los últimos años en pacientes críticos ha existido controversia con las técnicas de terapias de reemplazo renal existente asociado a la modalidad de elección, dosis y tiempo de inicio. Las terapias de reemplazo renal continua (TRRC) surgen como una estrategia sustituta potencial para la hemodiálisis convencional o diálisis peritoneal en pacientes en estado crítico quienes cursan con lesión renal aguda. La TRRC es la opción de tratamiento más adecuada e indicada en pacientes hemodinamicamente inestables. En el presente artículo hacemos una revisión de su uso, indicación y posicionamiento en el paciente crítico.

Update on the use of continuous renal replacement therapy (CRRT) in the critically ill patient

ABSTRACT

In recent years, in critically ill patients, there has been controversy with the continuous renal replacement therapies (CRRT) associated with the modality of choice, dose and start time.

Continuous renal replacement therapies (CRRT) emerge as a potential substitute strategy for conventional hemodialysis or peritoneal dialysis in critically ill patients with acute kidney injury. CRRT is the most appropriate treatment option and indicated in hemodynamically unstable patients. In this article we review its use, indication and positioning in critically ill patients.

Introducción

Desde su concepción original, la terapia de reemplazo renal continua (TRRC) surge como una estrategia sustituta potencial para la hemodiálisis convencional o diálisis peritoneal en pacientes en estado crítico quienes cursan con lesión renal agu-

da (LRA)^{1,2}. La LRA es definida como la pérdida súbita de la capacidad excretora de los riñones³.

Con una incidencia estimada en pacientes en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) entre el 30-70%, con una mortalidad de hasta el 50%⁴. Actualmente, la TRRC es una de las modalidades de tera-

Tabla 1. Técnicas de terapia de remplazo renal continua.

MODALIDAD	HDVVC	HFVVC	HDFVVC	SCUF
Técnica de eliminación de solutos	Difusión	Convección	Difusión y convección	Convección
Tamaño aproximado de las partículas (Dalton)	0-500	1000-100000	0-100000	1000-100000
Flujo dializado ml/min	15-35	0	15-35	0
Flujo sanguíneo ml/min	100-300	200-300	200-300	100-200
Líquido de sustitución L/día	0	22-90	22-44	0
Filtrado L/día	0-4	24-96	24-48	0-5
Permeabilidad de la membrana	Alta	Alta	Alta	Alta
Anticoagulación	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
Objetivo de la terapia	Remover toxinas de bajo peso molecular	Remoción de líquido y toxinas	Remover toxinas de mediano y alto peso molecular y disminuir el exceso de agua	Disminuir el exceso de volumen

Hemodiálisis venovenosa continua (HDVVC); Hemofiltración venovenosa continua (HFVVC); Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC); Ultrafiltración lenta continua (SCUF).

pia de reemplazo renal (TRR) mas frecuentemente empleada a nivel mundial⁵.

Para los años de 1960, nace la preocupación de crear una nueva estrategia de terapia de reemplazo renal dirigida a los pacientes críticamente enfermos, dada la escasa disponibilidad de la hemodiálisis en esa época y su asociación con mayor inestabilidad hemodinámica. Para 1970, Henderson estableció el método de ultrafiltración y convección como estrategia de eliminación de solutos. Sin embargo, fue Kramer en el 1977 quien de forma incidental coloca un catéter arterial y evidencia la disimilitud de presiones y decide usarla en un sistema extracorpóreo para la remoción de líquidos y soluto. Esta técnica llamada hemofiltración arteriovenosa continua (HFAVC) era más tolerada, producía menos hipotensión, no requería de bomba externa, la eliminación de líquido era más fisiológica, pero la remoción de solutos era menos eficaz y tenía más complicación en el acceso arterial⁶. Constituyendo esta primera experiencia el origen de las terapias de reemplazo renal continuo, las técnicas asociadas disponibles actualmente permiten soporte la función simultánea de diferentes funciones de órganos⁷.

Técnicas para TRRC

La evaluación clínica y disposición de la tecnología son esenciales al momento de escoger la estrategia de terapia de remplazo renal continua. Existe gran controversia en cuanto a la modalidad óptima de TRRC en cuidados intensivos, dentro de las variables a considerar se incluyen la disponibilidad de recursos, la experiencia del centro y la tolerancia del paciente que estaría condicionada por su perfil

hemodinámico. Por otro lado, se puede alternar las diferentes modalidades según el comportamiento clínico del paciente y complicaciones o problemas técnicos evidentes durante la terapia⁸. Se pueden combinar varias estrategias de eliminación de solutos según sea el objetivo de la terapia

• Hemofiltración venovenosa continua (HDVVC):

El flujo del dializado es lento (15-35 ml/min) y opuesto al flujo sanguíneo (100-300ml/min), se puede filtrar hasta 4 l/día, la remoción de solutos es por difusión. Es eficaz para eliminación de partículas de bajo peso molecular como los electrolitos y bicarbonato en las primeras 6 horas. Tiene alta permeabilidad por su membrana y la duración de la terapia supera las 24 horas⁹. Esta técnica se prefiere cuando la meta es remover las toxinas de bajo peso molecular.

• Hemodialisis venovenosa continua (HFVVC):

No requiere flujo de dializado, el flujo sanguíneo oscila entre 200-300ml/min, se puede filtrar entre 24-96 l/día, la remoción de líquidos y toxinas es por convección y requiere de una presión en el filtro para que se genere el transporte. Requiere sustitución completa o parcial de las pérdidas del ultrafiltrados ya sea predilucional o posdilucional. Tiene alta permeabilidad por su membrana y la duración de la terapia supera las 24 horas¹⁰.

• Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC):

Mezcla la modalidad de hemodiálisis y hemofiltración. El flujo del dializado 15-35 ml/min es opuesto al flujo sanguíneo que oscila 200-300 ml/min, Requiere sustitución completa o parcial de las pérdidas del ultrafiltrados ya sea predilución o postdilución, la remoción de solutos es por difusión y convección. Es eficaz para eliminación de partículas de mayor peso molecular¹¹. Tiene alta permeabilidad por su membrana y la duración de la terapia supera las 24 horas¹².

- **Ultrafiltración continua lenta (SCUF):**

Emplea la estrategia de ultrafiltración, no requiere flujo de dializado, el flujo sanguíneo oscila entre 100-200ml/min, se puede filtrar hasta 5 l/día, la remoción de solutos es por convección. Tiene alta permeabilidad por su membrana, no requiere líquido de sustitución y la duración de la terapia es variable. Esta modalidad se prefiere cuando la meta es disminuir el exceso de volumen, con mínima o nula remoción de solutos¹³.

Mantenimiento del circuito de TRRC

La circulación del flujo sanguíneo continuo y regulada que se genera durante la terapia de reemplazo renal continua mediante el circuito extracorpóreo y el paciente consta de un acceso vascular, líneas sanguíneas, un filtro y una serie de bombas peristálticas; estas últimas encargadas de la generación de presiones reguladoras de las tasas de flujo sanguíneo y de líquidos necesarios para la terapia, el cual es directamente proporcional a la viscosidad de la sangre en el circuito (determinada por factores como: hematocrito del paciente, el modo de dilución de la terapia elegida, la fracción de filtración y la dosis de TRRC) e inversamente proporcional al radio de las líneas extracorpóreas por donde fluye la sangre^{12,14,15}.

Entre los aspectos que comúnmente generan alteraciones en el flujo sanguíneo dentro del circuito extracorpóreo se pueden encontrar los accesos vasculares con rendimiento defectuoso, condiciones fisiológicas que predisponen a la hiperviscosidad, prescripciones de TRRC incorrectas o alteraciones del circuito, creando cambios de presiones que pueden resultar en un flujo sanguíneo turbulento en distintos segmentos del circuito, transporte inadecuado de agua y solutos, coagulación prematura del filtro y hasta hemólisis dentro del circuito, por lo cual para disminuir el riesgo de eventos adversos, dichos circuitos cuentan con sensores específicos que permiten monitorear las presiones desencadenando una serie de alarmas y mecanismos para

detectar presiones que sobrepasen el umbral predeterminado¹⁶⁻¹⁸.

Prescripción y seguimiento de TRRC

Se ha propuesto que el inicio temprano de la TRR previene el desarrollo de anomalías metabólicas nocivas y sobrecarga de líquidos⁽¹⁹⁾. En pacientes críticamente enfermos con lesión renal aguda, el inicio de la TRRC dentro de las primeras 24 horas presenta un impacto beneficioso en la supervivencia²⁰. Esto se debe a la capacidad de realizar la remoción gradual de solutos y fluidos por periodos de tiempo más extenso y con mayor tolerancia hemodinámica²¹. No obstante, la evidencia disponible cada vez cuestiona más el momento ideal de inicio de la TRR, con tendencia a favorecer el inicio tardío y bajo circunstancias clínicas irreversibles el inicio de esta terapia, se necesitan estudios adicionales que permitan precisar el momento idóneo de inicio de hemodiálisis en pacientes con LRA.

Hasta ahora se ha determinado que la programación del tratamiento con TRRC se establece en 24 horas con una tasa de flujo sanguíneo mucho más lenta en comparación con los métodos de eliminación de solutos y varía según la modalidad difusiva o enfoques convectivos²². La dosificación de la terapia es importante, ya que la dosis sub terapéutica o supra terapéutica se ha relacionado con eventos adversos²³. En la hemofiltración venovenosa continua, la remoción de solutos se da por convección y se correlaciona con el ultrafiltrado, de esta manera se podría usar la cantidad del efluente referido en ml/kg/h para describir la dosificación suministrada²⁴.

El coeficiente de cribado es la relación entre la cantidad de solutos en el ultrafiltrado y el plasma. Cuando las partículas son diminutas como la urea y atraviesan con libertad la membrana su valor es igual a 0 o cercano a 1. Actualmente, se recomienda prescribir una dosis de efluente de 25-30 ml/kg/h para lograr una dosis de 20-25 ml/kg/h, si se usa la urea como subrogado de aclaramiento siendo el coeficiente de cribado de 1 y esta dosificación debe ajustarse a las condiciones clínicas y a los objetivos propuesto de remoción de solutos y fluidos²⁵⁻²⁸. Además, hay que tener en cuenta que existen condiciones que pueden conducir a un desbalance entre la relación entre la dosis prescrita y las dosis administradas como el aumento del catabolismo, el agua corporal, la disfunción del catéter y del filtro²⁹⁻³¹.

En pacientes críticos, utilizar dosis altas (volumen de efluente >35 ml/kg/h) vs dosis estándar <35 ml/kg/h no demostró diferencia en cuanto a morta-

lidad o recuperación de la función renal a 30 días, sin embargo en el grupo que se prescribió dosis alta presentaron complicaciones relacionado como la hipofosfatemia²⁷. Dosis altas se correlacionarían con incremento en los trastornos en electrolitos, requerimiento de enfermería, demandas nutricionales y dificultades para mantener las dosis terapéuticas de medicamentos³².

La hipotensión intra-diálisis es una complicación perjudicial en pacientes hospitalizados dentro de las UCI²². Esta reducción de la presión arterial puede conducir a una pérdida de la autorregulación renal y provocar un retraso en la recuperación de la función renal³³. En la mayoría de situaciones, se debe a un peso objetivo prescrito incorrectamente, combinaciones de fármacos prescritos o neuropatía autonómica³⁴. Para mantener la estabilidad vascular y la perfusión glomerular el uso de la TRRC ha sido la técnica de elección ideal en comparación con otros métodos de eliminación²². Algunas publicaciones han encontrado que su uso ha logrado un menor uso de vasopresores disminuyendo así el riesgo de daño renal y eventos cardíacos adversos³³.

Escenarios clínicos

• Sepsis

La LRA es una complicación grave y frecuente en pacientes con sepsis en estado crítico y se asocia con un mayor riesgo de desenlaces severos^{35,36}. Los mecanismos de daño se asocian a la existencia de niveles elevados de endotoxinas y citocinas [interleucina 6 (IL-6), IL-8, IL-10 y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α)] en la sangre que conllevan a una respuesta inflamatoria exacerbada, isquémica y nefrotóxica lo que favorece a una necrosis tubular aguda renal^{37,38}. Se ha descrito que entre el 15-20% de los pacientes con LRA inducida por sepsis necesitan TRR³⁸. Su uso mejora la corrección de la acidosis metabólica al regular la eliminación del lactato, aniones no medidos y la eliminación de mediadores inflamatorios, entre otros, lo que mejora la tasa de supervivencia²⁰. A pesar de las medidas tomadas en UCI, la mortalidad en pacientes críticos asociada a LRA inducida por sepsis que reciben TRR siguen siendo hasta de un 50 a 60%³⁹.

Por otro lado, en las medidas iniciales en la sepsis, la reanimación hídrica se ha convertido en un pilar importante del manejo de la terapia temprana dirigida por objetivos³⁷. No obstante, la reanimación agresiva temprana con líquidos aumenta el riesgo de sobrecarga hídrica lo que conlleva a consecuen-

cias nocivas incluida la muerte⁴⁰. Además, la permeabilidad microvascular y la fuga capilar generada por la respuesta inflamatoria, aumenta la acumulación de líquido en el intersticio, pérdida de proteínas y edema tisular lo que conduce a la sobrecarga de líquidos³⁷. Para contrarrestar la sobrecarga hídrica existen estrategias que se basan en un manejo conservador, sin embargo, se han encontrado resultados favorables en los pacientes después del inicio de CRRT protegiendo y mejorando la función renal⁴¹.

La TRRC se ha considerado como la modalidad de tratamiento establecida para pacientes críticamente enfermos que están hemodinámicamente inestables³⁸. Con el desarrollo de la técnica de CVVHDF los resultados de la sepsis ha mejorado notablemente⁴². Este modo terapéutico es capaz de eliminar y disminuir las concentraciones de los factores inflamatorios de forma continua controlando la desregulación secundaria a la sepsis⁴³. Su inicio en las primeras horas utilizando una tasa de eliminación 30 a 35 ml/kg/h está relacionado con mejores resultados en pacientes con choque séptico^{20,39}. Sin embargo, los ensayos clínicos sobre el riesgo de supervivencia, eliminación de citocinas, a través del uso de TRRC son escasos y con resultados controvertido⁴⁴⁻⁴⁶.

Una reciente revisión sistemática y meta análisis evaluó los beneficios de la terapia reemplazo renal continuo incluyendo 695 pacientes con sepsis de 14 estudios diferentes. Demostró una reducción en mortalidad a 28 días (OR 0.53, IC95% 0.36 - 0.77, $p=0.001$), así como reducción en la estancia hospitalaria (-1.91, (IC95% -2.56 a -1.26, $p<0.001$)). Sin embargo, los estudios incluidos en muchas ocasiones de baja calidad, heterogeneidad y sesgos lo cual limita la generalización de estos resultados⁴⁷.

• Trastornos Hidroelectrolíticos

Los trastornos hidroelectrolíticos graves en pacientes con injuria renal aguda a menudo requieren terapia de soporte renal⁴⁸. Aunque la hemodiálisis intermitente permanece como la de elección en algunos trastornos, algunas anomalías electrolíticas se tratan mejor con terapias continuas⁴⁹.

La hiponatremia crónica definida como un nivel bajo de sodio sérico durante más de 48 horas, es un problema modesto durante la terapia de soporte renal⁵⁰. Su corrección debe ser lenta, manteniendo una meta de corrección de 4 a 6 mEq/L por día, pero no más de 8 a 12 mEq/L por día(50-52). Esto es necesario para prevenir las secuelas neu-

rológicas secundarias a la desmielinización osmótica⁴⁸. En pacientes con hiponatremia severa la TRRC puede permitir la corrección predecible, lenta y controlada en comparación de pacientes con en comparación con hemodiálisis intermitente⁴⁸. Esto se logra personalizado los circuitos o las sustancias de dializado del TRRC⁵². Sin embargo, a la fecha no hay un consenso sobre la seguridad y los beneficios de esta modalidad en este grupo de pacientes⁴⁹.

Los trastornos secundarios a los niveles elevados de potasio pueden ser mortales debido a la cardiotoxicidad que afecta la conducción cardíaca y generan las arritmias fatales⁵¹. Actualmente se define como una concentración sérica mayor a 7 mmol/L o mayor de 5,5 mmol/L con cambios electrocardiográficos^{48,53}. Aunque la hemodiálisis intermitente es la modalidad preferida para una corrección rápida, la TRRC proporciona un control eficaz de las concentraciones plasmática de potasio⁴⁴.

• Falla cardíaca / sobrecarga de volumen

La injuria renal aguda asociada a la insuficiencia cardíaca aguda es una emergencia clínica y crónica caracterizada por una rápida progresión que amenazan la seguridad del paciente⁵⁴. Después de la injuria inicial causada por el choque cardiogénico y la respuesta neurohormonal secundaria, estos efectos ocasionan el deterioro de la perfusión renal y la LRA⁵⁵. Esto conduce a un desequilibrio de líquidos o electrolitos y la acumulación de metabolitos tóxicos que suprimen aún más la función cardíaca y causan inestabilidad cardiovascular⁵⁶. Estos pacientes suelen tener una respuesta refractaria al tratamiento farmacológico, requiriendo medidas de eliminación renal extracorpóreas⁵⁷. Sin embargo, el momento exacto de inicio de la TRR en este grupo de pacientes sigue siendo controvertido debido a la falta de investigación específica⁵⁸.

Actualmente el uso de TRRC para tratar la sobrecarga hídrica en este grupo de pacientes es creciente⁵⁷. La TRRC puede imitar la producción de orina eliminando lenta y continuamente el agua del plasma⁵⁸. La existencia de escenarios de inestabilidad cardiovascular, LRA y la sobrecarga de líquidos hace que este tipo de TRR represente una alternativa eficaz a la práctica convencional⁵⁶. Su aplicación puede restaurar el daño renal y erradicar metabolitos tóxicos lo que reduce inmediatamente la precarga con una mejora efectiva de los síntomas^{54,59}. Además, se ha descrito que el uso de CVVH podría modular los mediadores inflamatorios liberados

después de la lesión de los cardiomiocitos y mejorar el rendimiento cardíaco⁶⁰.

• Intoxicaciones

Una variedad de xenobióticos, como alcoholes tóxicos, litio, salicilato, ácido valproico y metformina, son dializables, y el uso oportuno de TRR puede evitar complicaciones graves⁴⁴. El objetivo del tratamiento es la eliminación rápida del agente ofensivo, siendo la hemodiálisis de alto flujo el método ideal, incluso en pacientes que son hemodinámicamente inestables⁶¹. Además, la eficacia de remoción depende de las características de la toxina, volumen de distribución y de la modalidad de eliminación⁶². Sin embargo, existen algunos informes donde la TRRC ofrece una opción atractiva particularmente cuando el agente ofensivo se mueve del comportamiento intracelular al extracelular constantemente⁶³. Estos eventos rebote pueden conducir a un efecto tóxico tardío que aumenta el riesgo de desenlaces graves⁶².

Los fenómenos de rebote se presentan usualmente en intoxicaciones agudas y crónicas en sustancias como el litio⁶⁴. En pacientes que reciben hemodiálisis de alto flujo para tratar el envenenamiento el equilibrio lento del litio genera como resultado un aumento de los niveles plasmáticos de 6 a 8 horas después de finalizar la diálisis⁶⁵. Por lo tanto el uso de TRRC puede evitar este fenómeno de rebote lo que evita en muchos casos la necesidad de una segunda sesión de hemodiálisis⁶². No obstante, en algunas situaciones donde existe intoxicaciones de gran volumen de distribución se ha descrito el uso de una hemodiálisis de alto flujo para eliminar la carga intravascular inicial seguida de TRRC para evitar el efecto rebote^{66,67}.

En situaciones de envenenamiento por xenobióticos de alto peso molecular es preferible utilizar la TRRC en una modalidad convectiva⁶⁶. Esto se debe a la capacidad de las membranas de efectuar el transporte masivo para eliminar moléculas de hasta 40,000 Daltons^{67,68}. Aunque no es el método de elección primario en las intoxicaciones agudas, su utilidad debe reservarse a situaciones donde el estado clínico no permite una hemodiálisis de alto flujo o la probabilidad consecuente del fenómeno de rebote⁶¹.

Conclusiones

En los últimos años en pacientes críticos ha

existido controversia con las técnicas de terapias de reemplazo renal existente asociado a la modalidad de elección, dosis y tiempo de inicio. La TRRC es una excelente opción de tratamiento establecida en pacientes hemodinámicamente inestables. Esto se debe a la eliminación gradual de aclaramiento de solutos, control azoemia, corrección hidroelectrolítica y modulación de respuesta inmune que impacta en la disminución de desenlaces clínicos graves. Sin embargo, aun no hay datos congruentes que avalen un mejor rendimiento con otros métodos para aumentar la supervivencia y el retorno de la función renal, en pacientes críticamente enfermos. por lo que se recomienda la realización de estudios clínicos para ampliar y estudiar esta relación. Además, hay que tener en cuenta que el método de elección de la terapia de soporte renal debe guiarse según las necesidades terapéuticas, escenario del paciente y la disponibilidad de insumos operativa de la institución.

Financiación

Los autores reportan que la financiación para este artículo fue con recursos propios.

Conflicto de intereses:

Los autores para este artículo no reportan conflicto de interés.

Contribución de los autores

TRY y RDA: concepción, escritura y ajustes del artículo, análisis de conclusiones. DRB, JPP, EOR, EDS, JPMV: búsqueda bibliográfica, escritura del artículo, realización de tabla. JRF: revisión del artículo, correcciones del artículo y ajustes de redacción.

Bibliografía

1. Ronco C. Evolution of Technology for Continuous Renal Replacement Therapy: Forty Years of Improvements. *Contrib Nephrol.* 2017;189:114-23.
2. Samoni S, Husain-Syed F, Villa G, Ronco C. Continuous Renal Replacement Therapy in the Critically Ill Patient: From Garage Technology to Artificial Intelligence. *J Clin Med.* 29 de diciembre de 2021;11(1):172.
3. Kellum JA, Romagnani P, Ashuntantang G, Ronco C,

Zarbock A, Anders HJ. Acute kidney injury. *Nat Rev Dis Primer.* 15 de julio de 2021;7(1):52.

4. Aitken E, Carruthers C, Gall L, Kerr L, Geddes C, Kingsmore D. Acute kidney injury: outcomes and quality of care. *QJM Mon J Assoc Physicians.* abril de 2013;106(4):323-32.
5. Legrand M, Darmon M, Joannidis M, Payen D. Management of renal replacement therapy in ICU patients: an international survey. *Intensive Care Med.* enero de 2013;39(1):101-8.
6. Kramer P, Schrader J, Bohnsack W, Grieben G, Gröne HJ, Scheler F. Continuous arteriovenous haemofiltration. A new kidney replacement therapy. *Proc Eur Dial Transpl Assoc Eur Dial Transpl Assoc.* 1981;18:743-9.
7. Husain-Syed F, Ricci Z, Brodie D, Vincent JL, Ranieri VM, Slutsky AS, et al. Extracorporeal organ support (ECOS) in critical illness and acute kidney injury: from native to artificial organ crosstalk. *Intensive Care Med.* septiembre de 2018;44(9):1447-59.
8. Valdenebro M, Martín-Rodríguez L, Tarragón B, Sánchez-Briales P, Portolés J. Renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury: 2020 nephrologist's perspective. *Nefrologia.* 2021;41(2):102-14.
9. Brunet S, Leblanc M, Geadah D, Parent D, Courteau S, Cardinal J. Diffusive and convective solute clearances during continuous renal replacement therapy at various dialysate and ultrafiltration flow rates. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* septiembre de 1999;34(3):486-92.
10. Sosa-Medellín MÁ, Luviano-García JA. Continuous renal replacement therapy. Concepts, indications and basic aspects of its program. *Med Interna México.* 25 de abril de 2018;34(2):288-98.
11. Pedrini LA, De Cristofaro V, Pagliari B, Samà F. Mixed predilution and postdilution online hemodiafiltration compared with the traditional infusion modes. *Kidney Int.* noviembre de 2000;58(5):2155-65.
12. Neri M, Villa G, Garzotto F, Bagshaw S, Bellomo R, Cerda J, et al. Nomenclature for renal replacement therapy in acute kidney injury: basic principles. *Crit Care Lond Engl.* 10 de octubre de 2016;20(1):318.
13. Macedo E, Mehta RL. Continuous Dialysis Therapies: Core Curriculum 2016. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* octubre de 2016;68(4):645-57.
14. Ronco C. IRRIVIANS Are Forever. *Blood Purif.* 2015;39(4):I-V.
15. Boyle M, Baldwin I. Understanding the continuous renal replacement therapy circuit for acute renal failure support: a quality issue in the intensive care unit. *AACN Adv Crit Care.* 2010;21(4):367-75.
16. Villa G, Neri M, Bellomo R, Cerda J, De Gaudio AR, De Rosa S, et al. Nomenclature for renal replacement therapy

- and blood purification techniques in critically ill patients: practical applications. *Crit Care Lond Engl.* 10 de octubre de 2016;20(1):283.
17. Guirao Moya A, Esteban Sánchez ME, Fernández Gaute N, Murga González A, Vergara Diez L, Martínez García MP, et al. [Pressure monitoring in continuous renal replacement therapy]. *Enferm Intensiva.* 2010;21(1):28-33.
 18. Zhang L, Tanaka A, Zhu G, Baldwin I, Eastwood GM, Bellomo R. Patterns and Mechanisms of Artificial Kidney Failure during Continuous Renal Replacement Therapy. *Blood Purif.* 2016;41(4):254-63.
 19. Lewington AJP. Renal replacement therapy in the critically ill patient with acute kidney injury. *Hemodial Int.* 2007;11(s2):S39-43.
 20. Yoon BR, Leem AY, Park MS, Kim YS, Chung KS. Optimal timing of initiating continuous renal replacement therapy in septic shock patients with acute kidney injury. *Sci Rep.* 19 de agosto de 2019;9(1):11981.
 21. Clark WR, Leblanc M, Ricci Z, Ronco C. Quantification and Dosing of Renal Replacement Therapy in Acute Kidney Injury: A Reappraisal. *Blood Purif.* 2017;44(2):140-55.
 22. Davies HT, Leslie GD. Intermittent versus continuous renal replacement therapy: a matter of controversy. *Intensive Crit Care Nurs.* octubre de 2008;24(5):269-85.
 23. Gotch FA, Sargent JA, Keen ML. Whither goest Kt/V? *Kidney Int Suppl.* agosto de 2000;76:S3-18.
 24. Ronco C, Bellomo R, Homel P, Brendolan A, Dan M, Piccinni P, et al. Effects of different doses in continuous veno-venous haemofiltration on outcomes of acute renal failure: a prospective randomised trial. *Lancet Lond Engl.* 1 de julio de 2000;356(9223):26-30.
 25. Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012;120(4):c179-184.
 26. Bagshaw SM, Chakravarthi MR, Ricci Z, Tolwani A, Neri M, De Rosa S, et al. Precision Continuous Renal Replacement Therapy and Solute Control. *Blood Purif.* 2016;42(3):238-47.
 27. Fayad AI, Buamscha DG, Ciapponi A. Intensity of continuous renal replacement therapy for acute kidney injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 4 de octubre de 2016;10(10):CD010613.
 28. Vásquez Jiménez E, Anumudu SJ, Neyra JA. Dose of Continuous Renal Replacement Therapy in Critically Ill Patients: A Bona Fide Quality Indicator. *Nephron.* 2021;145(2):91-8.
 29. Paganini EP. Dialysis is not dialysis is not dialysis! Acute dialysis is different and needs help! *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* noviembre de 1998;32(5):832-3.
 30. Kanagasundaram NS, Greene T, Larive AB, Daugirdas JT, Depner TA, Garcia M, et al. Prescribing an equilibrated intermittent hemodialysis dose in intensive care unit acute renal failure. *Kidney Int.* diciembre de 2003; 64(6):2298-310.
 31. Carson RC, Kiaii M, MacRae JM. Urea clearance in dysfunctional catheters is improved by reversing the line position despite increased access recirculation. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* mayo de 2005; 45(5):883-90.
 32. Ahmed AR, Obilana A, Lappin D. Renal Replacement Therapy in the Critical Care Setting. *Crit Care Res Pract.* 2019;2019:6948710.
 33. Augustine JJ, Sandy D, Seifert TH, Paganini EP. A randomized controlled trial comparing intermittent with continuous dialysis in patients with ARF. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* diciembre de 2004;44(6): 1000-7.
 34. Shawwa K, Kompotiatis P, Jentzer JC, Wiley BM, Williams AW, Dillon JJ, et al. Hypotension within one-hour from starting CRRT is associated with in-hospital mortality. *J Crit Care.* diciembre de 2019;54:7-13.
 35. Karkar A, Ronco C. Prescription of CRRT: a pathway to optimize therapy. *Ann Intensive Care.* 6 de marzo de 2020;10(1):32.
 36. Cho AY, Yoon HJ, Lee KY, Sun IO. Clinical characteristics of sepsis-induced acute kidney injury in patients undergoing continuous renal replacement therapy. *Ren Fail.* noviembre de 2018;40(1):403-9.
 37. Kim IY, Kim S, Ye BM, Kim MJ, Kim SR, Lee DW, et al. Effect of fluid overload on survival in patients with sepsis-induced acute kidney injury receiving continuous renal replacement therapy. *Sci Rep.* 16 de febrero de 2023;13(1):2796.
 38. Bagshaw SM, George C, Bellomo R, ANZICS Database Management Committee. Early acute kidney injury and sepsis: a multicentre evaluation. *Crit Care Lond Engl.* 2008;12(2):R47.
 39. Romagnoli S, Ricci Z, Ronco C. CRRT for sepsis-induced acute kidney injury. *Curr Opin Crit Care.* diciembre de 2018;24(6):483-92.
 40. Marx G. Fluid therapy in sepsis with capillary leakage. *Eur J Anaesthesiol.* junio de 2003;20(6):429-42.
 41. Hall A, Crichton S, Dixon A, Skorniakov I, Kellum JA, Ostermann M. Fluid removal associates with better outcomes in critically ill patients receiving continuous renal replacement therapy: a cohort study. *Crit Care Lond Engl.* 1 de junio de 2020;24(1):279.
 42. Tian H, Sun T, Hao D, Wang T, Li Z, Han S, et al. The optimal timing of continuous renal replacement therapy for patients with sepsis-induced acute kidney injury. *Int Urol Nephrol.* octubre de 2014;46(10):2009-14.
 43. Ronco C, Tetta C, Mariano F, Wratten ML, Bonello M, Bordoni V, et al. Interpreting the mechanisms of continuous renal replacement therapy in sepsis: the peak concentration hypothesis. *Artif Organs.* septiembre de 2003;27(9):792-801.

44. Tandukar S, Palevsky PM. Continuous Renal Replacement Therapy: Who, When, Why, and How. *Chest*. marzo de 2019;155(3):626-38.
45. Kim IY, Kim S, Ye BM, Kim MJ, Kim SR, Lee DW, et al. Procalcitonin decrease predicts survival and recovery from dialysis at 28 days in patients with sepsis-induced acute kidney injury receiving continuous renal replacement therapy. *PLoS One*. 2022;17(12):e0279561.
46. Premuzic V, Basic-Jukic N, Jelakovic B, Kes P. Differences in CVVH vs. CVVHDF in the management of sepsis-induced acute kidney injury in critically ill patients. *J Artif Organs Off J Jpn Soc Artif Organs*. diciembre de 2017;20(4):326-34.
47. Wang G, He Y, Guo Q, Zhao Y, He J, Chen Y, et al. Continuous renal replacement therapy with the adsorptive oXiris filter may be associated with the lower 28-day mortality in sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Lond Engl*. 9 de julio de 2023;27(1):275.
48. Yessayan L, Yee J, Frinak S, Szamosfalvi B. Continuous Renal Replacement Therapy for the Management of Acid-Base and Electrolyte Imbalances in Acute Kidney Injury. *Adv Chronic Kidney Dis*. mayo de 2016;23(3):203-10.
49. Fall P, Szerlip HM. Continuous renal replacement therapy: cause and treatment of electrolyte complications. *Semin Dial*. 2010;23(6):581-5.
50. Chen S, Yee J, Chiaramonte R. Safely correct hyponatremia with continuous renal replacement therapy: A flexible, all-purpose method based on the mixing paradigm. *Physiol Rep*. enero de 2023;11(1):e15496.
51. Mujahidin, Teuku Y, N DA. Continuous Renal Replacement Therapy: A Review. *J Anesthesiol Clin Res*. 2020;1(2):63-77.
52. Rosner MH, Connor MJ. Management of Severe Hyponatremia with Continuous Renal Replacement Therapies. *Clin J Am Soc Nephrol CJASN*. 7 de mayo de 2018;13(5):787-9.
53. Houzé P, Baud FJ, Raphalen JH, Winchenne A, Moreira S, Gault P, et al. Continuous renal replacement therapy in the treatment of severe hyperkalemia: An in vitro study. *Int J Artif Organs*. febrero de 2020;43(2):87-93.
54. Yu G, Tao S, Jin Y, Li W, Hu Z, Fang X. Ultrasound dynamic monitoring of IVCD to guide application of CRRT in patients with renal failure combined with acute heart failure. *Sci Rep*. 18 de agosto de 2022;12(1):14041.
55. Braüse M, Deppe CE, Hollenbeck M, Ivens K, Schoebel FC, Grabensee B, et al. Congestive heart failure as an indication for continuous renal replacement therapy. *Kidney Int*. 1 de noviembre de 1999;56:S95-8.
56. Sharma A, Hermann DD, Mehta RL. Clinical benefit and approach of ultrafiltration in acute heart failure. *Cardiology*. 2001;96(3-4):144-54.
57. Rempher KJ. Continuous renal replacement therapy for management of overhydration in heart failure. *AACN Clin Issues*. noviembre de 2003;14(4):512-9.
58. Gao L, Bian Y, Cao S, Sang W, Zhang Q, Yuan Q, et al. Development and Validation of a Simple-to-Use Nomogram for Predicting In-Hospital Mortality in Patients With Acute Heart Failure Undergoing Continuous Renal-Replacement Therapy. *Front Med*. 2021;8:678252.
59. Zhang M, Li J. Continuous Renal Replacement Therapy for Hypertension Complicated by Refractory Heart Failure: An Analysis of Safety and Nursing Highlights. *Comput Math Methods Med*. 2022;2022:7951744.
60. Premuzic V, Basic-Jukic N, Jelakovic B, Kes P. Continuous Venovenous Hemofiltration Improves Survival of Patients With Congestive Heart Failure and Cardiorenal Syndrome Compared to Slow Continuous Ultrafiltration. *Ther Apher Dial Off Peer-Rev J Int Soc Apher Jpn Soc Apher Jpn Soc Dial Ther*. junio de 2017;21(3):279-86.
61. Holubek WJ, Hoffman RS, Goldfarb DS, Nelson LS. Use of hemodialysis and hemoperfusion in poisoned patients. *Kidney Int*. noviembre de 2008;74(10):1327-34.
62. Kim Z, Goldfarb DS. Continuous renal replacement therapy does not have a clear role in the treatment of poisoning. *Nephron Clin Pract*. 2010;115(1):c1-6.
63. Cabrera VJ, Shirali AC. We use Continuous Renal Replacement Therapy for Overdoses and Intoxications. *Semin Dial*. julio de 2016;29(4):275-7.
64. Leblanc M, Raymond M, Bonnardeaux A, Isenring P, Pichette V, Geadah D, et al. Lithium poisoning treated by high-performance continuous arteriovenous and venovenous hemodiafiltration. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found*. marzo de 1996;27(3):365-72.
65. Beckmann U, Oakley PW, Dawson AH, Byth PL. Efficacy of continuous venovenous hemodialysis in the treatment of severe lithium toxicity. *J Toxicol Clin Toxicol*. 2001;39(4):393-7.
66. Bunchman TE, Ferris ME. Management of toxic ingestions with the use of renal replacement therapy. *Pediatr Nephrol Berl Ger*. abril de 2011;26(4):535-41.
67. Mirrakhimov AE, Barbaryan A, Gray A, Ayach T. The Role of Renal Replacement Therapy in the Management of Pharmacologic Poisonings. *Int J Nephrol*. 30 de noviembre de 2016;2016:e3047329.
68. Forni LG, Hilton PJ. Continuous hemofiltration in the treatment of acute renal failure. *N Engl J Med*. 1 de mayo de 1997;336(18):1303-9.