



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Terapias de reemplazo renal continuo en terapia intensiva

Dr. Pedro J. Riera F.*, Dr. César Pru**

Unidad de Cuidados Intensivos, Unidad de Diálisis Hospital Privado "Centro Médico de Caracas", San Bernardino, Caracas

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia renal aguda (IRA) es una patología frecuente en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con una tasa de mortalidad mayor del 50 % y de estos pacientes más de la mitad necesitan de la terapia de reemplazo renal como parte crucial del tratamiento⁽¹⁾. En el paciente con enfermedad crítica la IRA puede estar asociada a otras patologías que pudieran aumentar la probabilidad de muerte de manera exponencial, es aquí donde la terapia de reemplazo renal continuo (TRRC) como tratamiento de sustitución de la función renal es una modalidad oportuna y eficaz para contrarrestar la injuria renal.

A finales de la década de los años 70, específicamente en 1977 se publica el primer reporte de pacientes tratados con TRRC; es Peter Kramer quien demuestra que la hemofiltración arterio-venosa continua (HFAVC) es una modalidad segura y efectiva en el tratamiento de la falla renal aguda^(2,3). Desde entonces se han desarrollado y perfeccionado distintas técnicas de reemplazo de la función renal como alternativas de las hasta entonces conocidas hemodiálisis intermitente y diálisis peritoneal.

En el paciente con enfermedad grave es imprescindible mantener un estatus hemodinámico óptimo ya que mínimos cambios en estos parámetros se pueden traducir en consecuencias significativas para los diferentes órganos y sistemas, en lo que respecta a los pacientes críticamente enfermos una disminución en la perfusión renal como resultado de cambios hemodinámicos es el mecanismo más comúnmente implicado de la prolongación de la injuria renal⁽⁴⁾. Las modalidades de soporte renal intermitente producen fluctuaciones importantes en

el flujo sanguíneo sistémico y especialmente a nivel renal por lo que se pudiera esto traducir en una disminución de la tasa de filtración glomerular acentuando aún más la injuria renal; por el contrario las modalidades de soporte renal continuo por tratarse de un modalidad continua y si se quiere lenta producen pequeñas fluctuaciones del flujo sanguíneo con un mínimo daño y mejor recuperación de la función renal en los pacientes que sobreviven a la IRA.

En nuestro país existe muy poca experiencia en el manejo de las TRRC debido a que no contamos con la tecnología adecuada; pero con el conocimiento y los recursos apropiados es posible la realización de estas terapias para así poder brindar una atención óptima y mejorar la sobrevida de estos pacientes⁽⁵⁾.

El objetivo de esta revisión es brindar al lector una sencilla y concreta la información necesaria para un conocimiento integral de las TRRC, así como también profundizar un poco en la hemofiltración.

Principios generales de las TRRC

La TRRC tiene como objetivo principal la remoción de solutos y fluidos del compartimiento intravascular de manera lenta y continua. Esto se lleva a cabo en base a cuatro principios: a) Convección, b) Difusión y c) Adsorción⁽⁵⁾.

La convección (CV) consiste en la remoción de solutos desde los capilares del filtro mediante su arrastre por el ultrafiltrado a través de una membrana de muy alta permeabilidad.

La difusión (D) consiste en el paso de solutos de un compartimiento a otro a través de una membrana gracias a un gradiente de concentraciones; se lleva a cabo al infundir una solución electrolítica en el compartimiento extracapilar de los filtros, estableciendo así un gradiente de concentración entre ambos.

La adsorción (AD) no es más que la remoción de un soluto al penetrar en las paredes del filtro una vez que pasa a través de la luz de los capilares del hemofiltro y depositarse allí.

Las TRRC son todas aquellas modalidades de sustitución de la función renal que pueden combinar los distintos principios anteriormente descritos

*Médico Internista. Residente de Posgrado de Medicina Crítica
Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Médico de Caracas.

** Médico Internista, Nefrólogo.

Jefe de la Unidad de Diálisis del Centro Médico de Caracas.

Dirección: Dr. Pedro J. Riera

Unidad de Cuidados Intensivos

Hospital Privado "Centro Médico de Caracas"

San Bernardino, Caracas 1010.

Email:

Centro Médico 2006;51(1-2):22-27

(difusión, convección y adsorción) que son programados para realizarlo durante las 24 horas del día; para así poder llevar a cabo su objetivo que es el de retirar del organismo los solutos y líquidos necesarios para mantener la homeostasis.

Modalidades de TRRC

Hemofiltración arterio-venosa continua (HFAVC): se lleva a cabo principalmente a través de CV, se vale de la presión arterial media del paciente para impulsar la sangre que sale a través de una cánula arterial y llega por una línea al hemofiltro de donde luego retorna por una vena del paciente. La UF es controlada por la fuerza gravitacional variando la altura desde la bolsa de recolección del ultrafiltrado.

Hemofiltración veno-venosa continua (HFVVC): a diferencia de la anterior se usa un catéter de doble lumen en una vena de buen calibre, preferiblemente yugular interna o femoral. Requiere una bomba externa para impulsar la sangre a través del hemofiltro, se puede conocer y variar el flujo sanguíneo. La UF se controla induciendo succión en el compartimiento extracapilar del hemofiltro mediante una bomba; también requiere una cámara venosa en la línea de retorno con un detector de aire a fin de evitar embolismos gaseosos; es más segura que la anterior ya que descarta las complicaciones de la canulación del sistema arterial.

Hemodiafiltración arterio-venosa continua (HFAVC) o veno-venosa continua (HCFVVC): básicamente combina los dos métodos antes mencionados con difusión, haciendo pasar por el compartimiento extracapilar del hemofiltro una solución de diálisis en contracorriente a un menor flujo que la sangre. La diferencia principal con respecto a la HFVVC es su costo que es más elevado

debido al uso de la solución de diálisis.

Hemodiálisis veno-venosa lenta continua: utiliza el circuito veno-venoso y la bomba de propulsión externa; como principio la UF y difusión con líquido dializador a contracorriente.

Ultrafiltración lenta continua: es aquella que tiene como objetivo la remoción de líquidos sin su reemplazo, es utilizada en estados de sobrecarga de volumen.

En terapia intensiva la hemofiltración (HF) es el procedimiento más realizado como parte del tratamiento de la insuficiencia renal aguda en el paciente críticamente enfermo y de esta, la HFVVC es la que se realiza en nuestra institución, por lo que será la que mencionaremos con más detalle. En la HFVVC cuando la sangre sale del paciente y pasa por los capilares del hemofiltro se encuentra con una presión negativa en el compartimiento extracapilar, que es generada por una bomba peristáltica, la cual produce una diferencia de presiones entre los compartimientos denominada gradiente de presión transmembrana que ultrafiltra una cantidad importante de agua que a su vez arrastra una carga determinada de solutos; esa cantidad de ultrafiltrado y solutos es reemplazada en su totalidad o de manera parcial por una solución electrolítica (solución de reemplazo), dicha solución puede ser administrada antes del hemofiltro por lo que se llamará hemofiltración predilucional o después del hemofiltro llamándose hemofiltración posdilucional (ver Figura 1). De esta manera podemos extraer una cantidad conocida de volumen en la unidad de tiempo y reemplazarla parcialmente, si queremos depletar al paciente, o totalmente en un paciente sin sobrecarga de volumen pero con trastornos metabólicos importantes.

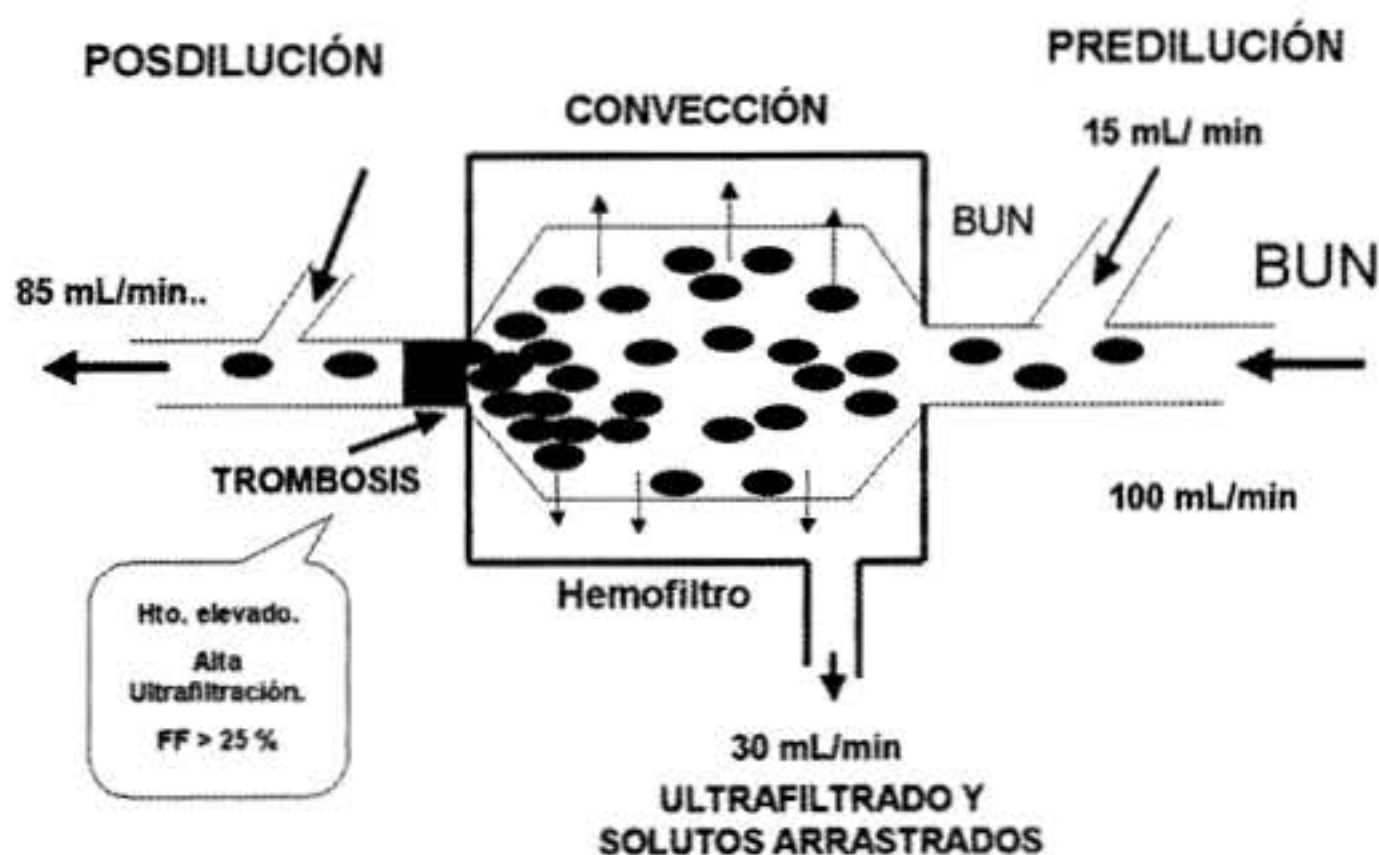


Figura 1. Principio de la hemofiltración con predilución o posdilución. Tomado de referencia 5.

Hemofiltros

Son dispositivos que permiten el paso a través de su membrana a líquidos y solutos, están hechos fundamentalmente de polisulfona, poliamida y poliacrilonitrilo. Su estructura es similar a la de un filtro para hemodiálisis, pero a diferencia de ellos los capilares de sus membranas tienen una alta permeabilidad debido a su alto coeficiente de ultrafiltración y muy baja resistencia al paso de sangre. Son muy biocompatibles y no producen marginación leucocitaria ni activación del complemento⁽⁵⁾, como sucede con las membranas para hemodiálisis. Por otra parte no impiden el paso de solutos de peso molecular inferior a 100 Daltons (urea, creatinina, sodio, potasio, calcio iónico y muchas drogas no ligadas a proteínas plasmáticas) pero son impermeables a la albúmina y a otros solutos mayores de 50 000 Daltons.

En nuestro país son pocos los que se pueden conseguir; pero lo más importante es que en el adulto es deber utilizar hemofiltros que tenga una superficie de membrana igual o mayor a 1,2 m², porque de utilizar los de menor superficie no se le ofrecerá un tratamiento óptimo al paciente⁽¹⁰⁾.

Solución de reemplazo

Existen muchas soluciones de reemplazo publicadas en la literatura, a pesar de esto en el país no existe una solución de reemplazo patentada para la TRRC; en el Centro Médico de Caracas el Departamento de Farmacia preparan la solución que es utilizada en nuestra institución. Es importante mencionar que esta solución debe ser preparada de una manera totalmente estéril para evitar así la contaminación del paciente.

Acceso vascular

Según el tipo de TRRC será el acceso vascular (arterio-venoso o veno-venoso), tomando en cuenta que deben acceder al sistema por vasos de gran calibre con técnica de Seldinger guiado por ultrasonido o como rutinariamente se lleva a cabo a través de referencias anatómicas.

Si va a usarse HFAVC se deberá estar seguro de la permeabilidad del sistema arterial a través del examen físico exhaustivo y/o con ultrasonido Doppler, una vez colocado el catéter (con mayor frecuencia el sistema femoral derecho o izquierdo) deben evaluarse los pulsos continuamente para diagnosticar de manera precoz signos de oclusión arterial. Si se va usar HFVVC se deben canalizar venas femorales o yugulares internas utilizando catéteres doble lumen de 11,5 Fr y de 15 a 36 cm de longitud según el acceso a utilizar, con preferencia los de mayor longitud para acceso femoral izquierdo⁽⁵⁾. Una vez colocados el o los catéteres debe verificarse su permeabilidad y adecuada localización con estudio radiológico de tórax en el caso de acceso yugular, además vigilar continuamente su funcionamiento para evitar la trombosis del sistema y la falla de la terapia.

Dosis de las TRRC

Se han publicado muchos estudios que han evaluado la dosis adecuada de hemofiltración, desde 25 mL/kg/hora hasta 35-40 mL/kg/hora. En un estudio aleatorizado y controlado, Ronco y col. demostraron que a mayor dosis en la TRRC durante las 24 horas (>30 mL/kg/hora) mejor sobrevida y recuperación precoz de la función renal^(8,10). En un estudio reciente

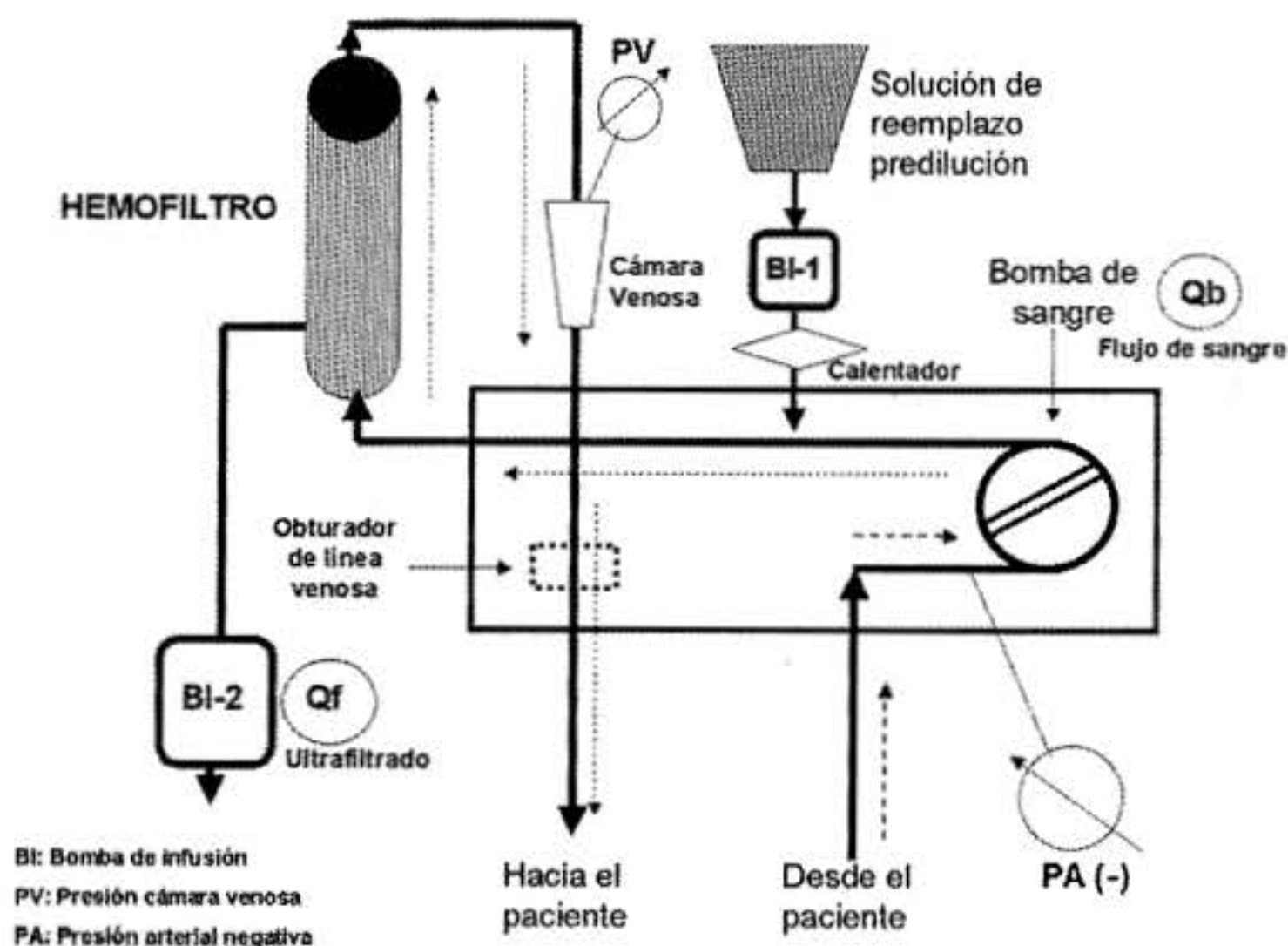


Figura 2. Hemofiltración veno-venosa continua con predilución. Tomado de Referencia 5.

donde evaluaron pacientes en *shock* séptico, demostraron que una dosis de hemofiltración de 45 mL/kg/hora (hemofiltración isovolumétrica de alto volumen) durante 6 horas y luego dosis de 30 a 35 mL/kg/hora por las 18 horas restantes se asoció a un destete temprano de ventilación mecánica, un destete precoz de vasopresores, mejor oxigenación y por último mejor sobrevida a los 28 días⁽⁹⁾.

Indicaciones de la TRRC

La terapia de reemplazo renal continuo está indicada en todo paciente con insuficiencia renal aguda con sus complicaciones como lo son: sobrecarga de volumen que no responde a diuréticos, acidosis metabólica severa, hiperkalemia refractaria, encefalopatía y pericarditis urémica; todas estas situaciones en el contexto de un paciente con enfermedad crítica e inestable hemodinámicamente en donde las terapias intermitentes parecen proveer menor sobrevida^(7,15). Sin embargo, puede utilizarse con otros fines tales como:

1. Sobredosis de algunos medicamentos en conjunto con filtros de carbón activado.
2. Insuficiencia hepática, con mejor efectividad al asociarlos con soluciones de diálisis con albúmina.
3. Pacientes con falla renal y aumento de presión endocraneana, debido a que las terapias intermitentes producen hipertensión endocraneana.
4. Pacientes con *shock* séptico, preferiblemente de manera precoz utilizando hemofiltración con altos volúmenes como se mencionó anteriormente y con membranas que permitan una alta permeabilidad (solutos > 30 000 Daltons), ya que se ha demostrado la remoción de mediadores inflamatorios, predominantemente el factor de necrosis tisular permitiendo una rápida recuperación de la función renal^(11,12).
5. Hemofiltración profiláctica en protocolo para prevención de nefropatía inducida por contraste en pacientes con insuficiencia renal crónica previa (creatinina > 2 mg/dL)^(13,14).

Complicaciones de la TRRC

En términos generales la TRRC es un procedimiento seguro, siempre y cuando se realice en un ambiente adecuado con un personal médico y de enfermería que conozca los principios que rigen dicho tratamiento, por lo que su capacitación formal y frecuente debe preceder a la utilización del equipo, para así lograr el máximo provecho de la terapia minimizando las complicaciones y su costo.

Las complicaciones de la TRRC pueden ser de orden técnico relacionadas al circuito extracorpóreo o de orden médico las cuales pueden comprometer la vida del paciente; aunque éstas pueden mencionarse por separado desde el punto de vista clínico deben ser vistas de manera integral por estar íntimamente relacionadas.

La complicación más frecuente es el desbalance de líquidos y electrolitos el cual se produce por el

paso constante de electrolitos y líquidos a través de la membrana del hemofiltro, que nos obliga a mantener una vigilancia estricta para su tratamiento adecuado. La segunda en frecuencia es la hipotermia por el paso de sangre por un circuito extracorpóreo sin sistema de calentamiento adecuado y además de la administración de una solución de reemplazo a bajas temperaturas, situación que puede ser corregida al colocar la solución de reemplazo en sistemas de calentamiento apropiados. La tercera complicación más frecuente es la trombosis del sistema o de los accesos vasculares que pueden producir émbolos que viajen por el árbol vascular y producir obstrucción que comprometa la vida (embolismo pulmonar u obstrucción arterial), los cuales pueden ser evitados por la implementación de sistemas de anticoagulación pero con la consiguiente probabilidad de producir hemorragias en el paciente, exigiendo un control más estricto de los perfiles de coagulación. En la literatura se han publicado diversos sistemas de anticoagulación entre los que se pueden mencionar heparina no fraccionada, heparinas de bajo peso molecular, citrato, prostaciclina, entre otras^(4,6,7); nuestra experiencia nos ha permitido concluir que el sistema a utilizar debe ser lo más inocuo posible así como de fácil administración y monitorización de acuerdo a las posibilidades de cada centro y su propia experiencia⁽⁵⁾. De esto podemos decir que el sistema de heparina no fraccionada es discretamente complejo ameritando una dosis inicial de 2 000 Uds seguido de una infusión de 500 Uds/hora a través de la línea arterial para mantener un PTT de la línea arterial entre 40 y 45 seg así como un PTT en la línea venosa mayor de 65 seg, con ajustes de la velocidad de infusión según los controles seriados de PTT, aumentándola en dosis de 100 Uds/hora si el PTT es menor del rango mencionado o disminuyéndolo si este aumenta; sugiriendo controles cada 4 horas del PTT para los ajustes necesarios en el momento adecuado. Otro sistema usado en nuestro centro es la solución fisiológica que administrada en bolos cada cierto período de tiempo permite el arrastre de pequeños coágulos formados en el sistema; esto implica la infusión de cantidades importantes de líquidos al paciente lo que justificaría un ajuste en la ultrafiltración en cada situación en particular. En muchos pacientes críticos los trastornos de la coagulación asociado a su enfermedad han permitido el no administrar ninguno los sistemas antes mencionados evitando así la probabilidad de sangrado⁽⁵⁾. A medida que se ha llevado a cabo al HFVVC en nuestro centro se ha utilizado de manera rutinaria la combinación de bolos de solución fisiológica, hemofiltración predilucional y la no administración de anticoagulantes como método de prevención de la trombosis del sistema logrando una vida media del filtro de 24 horas permitiendo brindar una terapia sencilla y segura⁽⁵⁾. Existen otras complicaciones que por no ser frecuentes no dejan de ser importantes y de manera general son mencionadas en el Tabla 1.

Tabla 1

Solución de reemplazo utilizada para HFVVC en el Centro Médico de Caracas

• Solución NaCl 0,45 % sin dextrosa	1 000 mL
• Bicarbonato de sodio al 5 %	59 mL
• Solución NaCl al 20 %	12 mL
• Cloruro de calcio al 2 %	2 mL

Tomado de: Medicina Crítica, Estado del Arte. Sociedad Venezolana de Medicina Crítica. 2006;17:499-515.

Tabla 2

Complicaciones de la TRRC

1. Infección del catéter o del sitio de inserción.
2. Sangrado en sitio de inserción del catéter.
3. Mal funcionamiento del catéter.
4. Trombosis arterial, si se usa HFAVC.
5. Trombosis del hemofiltro.
6. Embolismo aéreo.
7. Sobrecarga o depleción de volumen.
8. Trombocitopenia asociada a heparina.
9. Contaminación de la solución de reemplazo.
10. Alcalosis e hipocalcemia si se usa citrato como anticoagulante.
11. Trastornos electrolíticos y ácido-base.
12. Hipotermia
13. Hipoglicemia
14. Sangrado por efecto de anticoagulación.
15. Errores en la dosificación de medicamentos.

Tomado de Medicina Crítica, Estado del Arte. Sociedad Venezolana de Medicina Crítica. 2006;17:499-515.

Factores a tener en cuenta

Se deben ajustar las dosis de los medicamentos que presentan eliminación renal, para esto se recomienda tomar como base la dosis para una filtración glomerular entre 10 y 50 mL/min según los diferentes reportes bibliográficos autorizados a nivel mundial^(16,17).

Otro parámetro en tomar en cuenta es la relación de UF/P (Ultrafiltrado /Plasma) que no es otra cosa que la relación entre la concentración de un soluto en el ultrafiltrado y su concentración en plasma y que mientras más se acerque a 1 su depuración será igual a la ultrafiltración alcanzada; es importante comentar que si esta es menor de 0,6 la probabilidad de trombosis del hemofiltro será elevada y por ende la pérdida del sistema.

Un tercer factor a tener en cuenta es la fracción de filtración (FF) que nos permite determinar la probabilidad de trombosis del hemofiltro; esta FF se calcula a través de una relación entre el volumen de ultrafiltrado (Qf) y el flujo del plasma (Qp) que pasa por el hemofiltro en una unidad de tiempo, expresado en porcentaje ($FF = Qf/Qp$). Donde Qf no es más que

la cantidad de líquido ultrafiltrado en una hora que y se expresa en mL/min; así como el Qp es el flujo del plasma que pasa por el hemofiltro por unidad de tiempo. Este Qp se calcula mediante la siguiente fórmula: $Qp = Qb \times (1 - \text{Hematocrito} / 100)$. Donde Qb es el flujo de sangre que es programado en el hemofiltro y se expresa igualmente en mL/min. Con todos los datos anteriores para un hematocrito determinado podemos inferir la posibilidad de trombosis del sistema si este se encuentra por encima del 25 % tomando en cuenta que los valores que esperamos lograr para un funcionamiento óptimo es entre 20 % y 25 %⁽⁵⁾. Otro factor a tener en cuenta es el estado nutricional; todo paciente críticamente enfermo se encuentra en estado catabólico y de hipermetabolismo por lo que debe reponerse de manera adecuada todos los nutrientes que necesite, aun más en TRRC se ha demostrado la pérdida de aminoácidos, glucosa, vitaminas, oligoelementos e inclusive ácidos orgánicos en cantidad significativa a través de la membrana del hemofiltro por lo que su restitución a través de nutrición por vía parenteral o enteral debe realizarse en cantidad y calidad adecuada con todas las precauciones pertinentes en lo que respecta al aporte calórico y proteico; por otra parte la gran pérdida de líquidos que se pueden producir con estas terapias permite la fácil administración de sus requerimientos calóricos a través de las diferentes fórmulas con que contamos en el mercado sin obstaculizar el balance hídrico ni permitir la sobrecarga de volumen.

CONCLUSIÓN

La TRRC hoy en día ofrece un tratamiento flexible, efectivo y seguro a todos los pacientes críticamente enfermos en los que la falla renal aguda es resistente al tratamiento médico convencional logrando disminuir significativamente la mortalidad, y además su utilización en otras situaciones como opción terapéutica o como método de prevención para evitar el deterioro de la función renal, le ofrece al personal médico de cuidados intensivos una posibilidad real de mejorar la calidad de vida de sus pacientes.

Por otra parte, como todo procedimiento invasivo, la TRRC conlleva un riesgo por se que pudiera ser contraproducente para el paciente. Con esto quiero insistir que debe ser realizado por personal entrenado y supervisado por personal médico especializado.

Por último, es importante destacar que así como el inicio temprano de la TRRC es fundamental para disminuir la morbi-mortalidad como así lo demuestran estudios a nivel mundial, la suspensión de esta modalidad de soporte renal en el momento indicado permite una mayor probabilidad de éxito en el tratamiento.

REFERENCIAS

1. O'Reilly P, Totwani A. Renal Replacement therapy III: IHD, CRRT, SLED. *Critical Care Clinics*, 2005;21(2).
2. Kramer P, Wigger W, Rieger J, et al. Arteriovenous hemofiltration: A new and

-
- simple method for treatment of over-hydrated patients resistant diuretics. *Klin Wochenschr.* 1977;55:1121-1122.
3. Burchardi H. History and development of continuous renal replacement techniques. *Kidney Int.* 1998;53:120.
 4. Palevsky PM, Baldwin I, Davenport A, Goldstein S, Paganini E. Renal replacement therapy and the kidney: Minimizing the impact of renal replacement therapy on recovery of acute renal failure. *Current Opinion in Critical Care.* 2005;11:548-554.
 5. Pru CE. Terapias de reemplazo continuo de la función renal (trrc) y sus posibilidades actuales en Venezuela. En: Besso J, España JV, Martínez Pino JL, Guercioni M, editores. Sociedad Venezolana de Medicina Crítica. Medicina Crítica. Estado del Arte. Caracas: Editorial Ateproca;2006. p.499-515.
 6. O'Reilly P, Tolwani A. Renal Replacement therapy III: IHD, CRRT, SLED. *Critical Care Clin.* 2005;21(2).
 7. Kellum J, Mehta R, Angus D, Palevsky P, Ronco C. The First International Consensus Conference on Continuous Renal Replacement Therapy. *Kidney Int.* 2002;62:1855-1863.
 8. Ronco C, Bellomo R, Hotel P, et al. Effects of different doses in continuous veno-venous haemofiltration on outcome of acute renal failure: A prospective randomised trial. *Lancet.* 2000;356:26-30.
 9. Pasquale P, Mauricio D, Stefano R, Rizzieri, et al. Early isovolaemic haemofiltration in oliguric patients with septic shock. *Intensive Care Medicine.* New York: January 2006;32Iss 1:80.
 10. Ronco C, Bellomo R, Kellum J. Continuous replacement therapy: Opinion and evidence. *Advances in Renal Replacement Therapy.* 2002;9(1):229-244.
 11. Bellomo R. Continuous hemofiltration as blood purification in sepsis. *New Horizons.* 1995;3:732-737.
 12. Silvester W. Mediator removal with CRRT: Complement and cytokines. *Am J Kidney Dis.* 1997;30(Suppl):38-43.
 13. Marezi G, Marana I, Lauri G, Assanelli E, et al. The prevention of radiocontrast-agent-induced nephropathy by haemofiltration. *N Engl J Med.* 2003;349(14):1333-1340.
 14. Klarenbach S, Pannu N, Tonelli M. Cost-effectiveness of hemofiltration to prevent contrast nephropathy in patients with chronic kidney disease. *Critical Care Medicine.* 2006;34(4).
 15. Jacka MJ, Ivancinova X, Gibney RTN. Continuous renal replacement therapy improves renal recovery from acute renal failure. *Can J Anesth.* 2005;52:327-332.
 16. Gilbert DN, Moellering RC, Elioupolus GM, Sande MA. The Sanford guide to antimicrobial therapy. Antimicrobial Therapy Inc. 2005.
 17. Aronoff G. Drugs prescribing in renal failure. 4ª edición. American College Physicians. 1999.
-