

ACTUALIZACIÓN ENFERMERA

AUTORES

Pedro Gutiérrez Rodríguez
Supervisor Rea Cardíaca-Críticos,
Hospital Universitario de León. SACYL,
España.

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA

✉ Complejo Asistencial
Universitario de León.
Altos de Nava s/n.
24071. León. España.

@ pgutierrezr@saludcastillayleon.es

TÉCNICAS CONTINUAS DE DEPURACIÓN RENAL EXTRACORPÓREA EN EL PACIENTE CRÍTICO: FUNDAMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE TERAPIA

THE CONTINUOUS RENAL REPLACEMENT THERAPIES IN THE CRITICALLY ILL PATIENT: FUNDAMENTALS AND COMPONENTS OF THE THERAPY SYSTEM

RESUMEN

Una complicación que puede aparecer con frecuencia en el cuidado del paciente crítico es la insuficiencia renal aguda (IRA). Su tratamiento es uno de los aspectos que más ha evolucionado en el manejo del paciente crítico en los últimos años. Las técnicas continuas de depuración extracorpórea (TCDE) se han desarrollado fruto de los avances tecnológicos ocasionando mayor rentabilidad depurativa y mayor seguridad, permitiendo ampliar las indicaciones de la misma. En este artículo se repasan las ventajas e indicaciones de las técnicas continuas de depuración, los fundamentos de la depuración de moléculas (diálisis y hemofiltración), las variantes técnicas (ultrafiltración lenta continua -SCUF-, hemofiltración veno-venosa continua -CVVH-, hemofiltración veno-venosa continua -CVVHD- y hemodiafiltración continua -CVVHDF-) y los componentes del sistema (acceso vascular, catéter, filtro, líneas, monitor, anticoagulación y soluciones de reposición).

Diálisis, Hemofiltración, Insuficiencia Renal Aguda
Técnicas Continuas de Depuración Extracorpórea

ABSTRACT

One complication that can occur frequently in critical care is acute renal failure (ARF). Its treatment is one of the most evolved aspects in the management of the critical patient in recent years. The continuous renal replacement therapy (CRRT) have been developed as a result of the technological advances causing greater depurative profitability and greater security, allowing to extend the indications of the same one. This article reviews the advantages and indications of continuous purification techniques, the fundamentals of molecule purification (dialysis and hemofiltration), the technical variants (slow continuous ultrafiltration -SCUF-, continuous venovenous hemofiltration -CVVH-, continuous venovenous hemodialysis -CVVHD- and continuous venovenous hemodiafiltration -CVVHDF-) and the system components (vascular access, catheter, filter, lines, monitor, anticoagulant and replacement solutions)

KEYWORDS

Dialysis, Hemofiltration, Acute Renal Failure,
Continuous Renal Replacement Therapy

Una complicación que puede aparecer con relativa frecuencia en el paciente crítico es la insuficiencia renal aguda (IRA) o fracaso renal agudo (FRA), el cual consiste en un deterioro brusco de la función renal que produce:

- Retención de productos terminales del metabolismo nitrogenado (urea y creatinina).
- Alteraciones hidroelectrolíticas: hiperpotasemia, hiponatremia, hipocalcemia e hiperfosforemia.
- Alteraciones del equilibrio ácido-base.

En estos pacientes, la mortalidad en situaciones IRA es muy alta, del 40 al 70 %, debido a las complicaciones asociadas: la infección, el fallo multiorgánico (FMO) y la enfermedad de base (no por causa de la IRA).

Su tratamiento es uno de los aspectos que más ha evolucionado en el manejo del paciente crítico en los últimos 20 años. El tratamiento usado habitualmente en cualquier enfermo con IRA, la hemodiálisis convencional, presenta problemas cuando se usa en este tipo de pacientes debido a la inestabilidad hemodinámica e hipotensión que provoca con frecuencia,

siendo incapaz en muchas ocasiones de eliminar suficiente cantidad de líquido.

En 1977, Kramer et al. describen la técnica de hemofiltración arteriovenosa continua, que, gracias a la eliminación lenta y continuada de ultrafiltrado, permite un buen control del balance hidroelectrolítico en pacientes con FRA y oliguria, con una buena tolerancia hemodinámica en pacientes críticos.

Desde entonces hasta nuestros días las técnicas continuas de reemplazo renal se han desarrollado fruto de los avances tecnológicos, lo que ha repercutido en una mayor rentabilidad depurativa y en una mayor seguridad para el paciente, permitiendo que las indicaciones se hayan ampliado. Debido a esta ampliación y a las diferentes variantes técnicas, es más adecuado el término **técnicas continuas de depuración extracorpórea** (TCDE).

VENTAJAS EN EL USO DE TCDE

- Soporte renal: Frente a la hemodiálisis, en pacientes críticos, la principal es la mayor estabilidad hemodinámica que permite su utilización en pacientes inestables ya que es un tratamiento lento y continuado que evita los bruscos cambios en la volemia y permite una gran flexibilidad en el manejo hidroelectrolítico y el control metabólico. Por esto se considera la técnica de elección para el tratamiento del FRA en pacientes críticos.
- Efectos “no renales”:
 - Corrección de la acidosis láctica
 - Eliminación neta de fluidos en pacientes hipervolémicos
 - El balance hídrico negativo (de líquido preferentemente intersticial) influye beneficiosamente sobre el edema pulmonar intersticial y la presión hidrostática en la circulación pulmonar, mejorando el intercambio gaseoso.
 - Aclaramiento de sustancias circulantes como los mediadores de inflamación (citoquinas, eicosanoides, anafilotoxinas...) involucrados en la patogénesis del síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA) y el sín-

drome de disfunción multiorgánica (SDMO).

INDICACIONES

- Insuficiencia Renal Aguda (IRA) del paciente crítico, caracterizada por:
 - Disminución súbita de la función excretora renal (diuresis menor de 0.5 ml/kg/h.)
 - Pérdida de capacidad de los riñones para excretar nitrógeno y otros desechos (aumento de la creatinina sérica de al menos 0.5 mg/dl o cifras mayores del 50% sobre el valor basal)
- No sirve para curar la IRA, es solo un método eficiente y seguro de sustitución renal mientras los riñones recuperan su función (reemplazo del filtrado glomerular).
- Indicaciones “no renales”
 - Hipervolemia con o sin insuficiencia renal (estados edemáticos, insuficiencia cardíaca congestiva). Eliminación preferente de líquido del espacio intersticial
 - Shock séptico. La TCDE mejora la función pulmonar y hemodinámica en pacientes sépticos (se produce mejoría en el intercambio gaseoso por disminución de la presión hidrostática y por mejora de las presiones de llenado ventricular)
 - Síndrome de Distrés Respiratorio del Adulto.

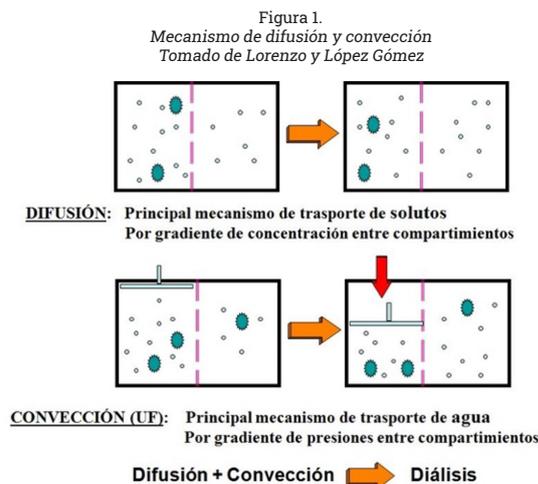
- Síndrome de disfunción multiorgánica. Debido al aclaramiento de sustancias circulantes como los mediadores de inflamación (citoquinas), que condiciona una mejoría hemodinámica y respiratoria contrastada, así como una aparente mejoría evolutiva.
- Intoxicaciones (N-acetil, procaína y litio), la eliminación continua y lenta de tóxicos proporcionada por las técnicas continuas representa una ventaja en el tratamiento de intoxicaciones por drogas con tendencia a presentar “rebote” cuando son aclaradas rápidamente por las técnicas intermitentes. demostrando mayor eficiencia que la hemodiálisis convencional.
- Acidosis láctica, la posibilidad que presentan las técnicas continuas de administrar ingentes cantidades de bicarbonato sin el riesgo de hipernatremia ni sobrecarga de fluidos, ha posibilitado su utilización para el manejo de la acidosis láctica.

FUNDAMENTOS DE LA DEPURACIÓN DE MOLÉCULAS

Se basa en dos mecanismos: difusión (diálisis) y convección (hemofiltración) (**Figura 1**)

Transferencia por difusión (diálisis)

Es la difusión de sustancias a través de una membrana porosa en



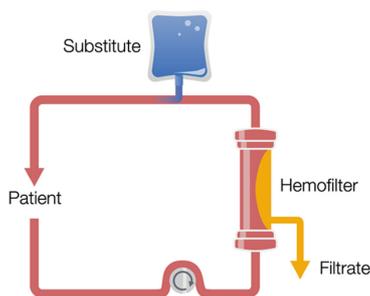


Figura 2.
Hemofiltración venovenosa continua posdilucional (CVVH posdilucional)

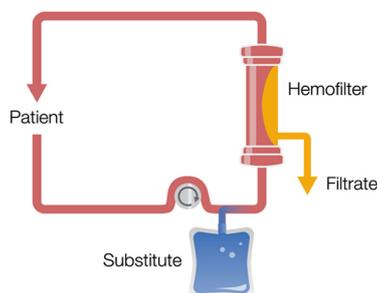


Figura 3.
Hemofiltración venovenosa continua predilucional (CVVH predilucional)

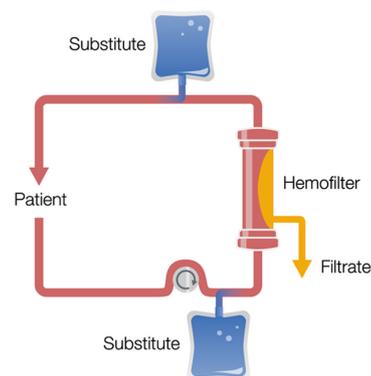


Figura 4.
Hemofiltración venovenosa continua pre-posdilucional (CVVH pre-posdilucional)

presencia de un gradiente de concentración transmembrana.

Los solutos pasan a través de la membrana de forma pasiva, sin paso de solvente (agua), por la diferencia de concentración existente a ambos lados. Se obtiene como resultado el equilibrio de las dos soluciones separadas por la membrana semipermeable.

Para conseguirlo, enfrentamos la sangre del paciente con el líquido de diálisis a contracorriente a lo largo del filtro.

La ley de Fick de la difusión establece que la tasa de difusión es directamente proporcional al producto del gradiente de concentración y el área de la superficie de membrana a través de la cual se produce la difusión. La constante de proporcionalidad es conocida como coeficiente de difusión. El coeficiente de difusión aumenta con la temperatura y disminuye con la viscosidad y el tamaño molecular

Transferencia por Convección ó Ultrafiltración (hemofiltración)

Es el movimiento de solvente a través de una membrana semipermeable en respuesta a un gradiente de presión aplicado a través de la membrana.

Se produce por la diferencia de presión a ambos lados de la membrana. Pasa líquido hacia el lado de menor presión, arrastrando solutos. La permeabilidad de una membrana al agua se indica me-

dante su coeficiente de ultrafiltración, Kuf.

El Kuf se define como el número de mililitros de líquido por hora que serán transferidos a través de la membrana por cada milímetro de mercurio (mmHg) de gradiente de presión transmembrana. La tasa de ultrafiltración es directamente proporcional a la diferencia de presión transmembrana y al área de membrana disponible para la ultrafiltración.

El ultrafiltrado es el líquido extraído de la sangre a través de la membrana de diálisis por este mecanismo.

VARIANTES TÉCNICAS DE TCDE

Las técnicas más utilizadas son la ultrafiltración, hemodiálisis, hemofiltración, hemodiafiltración y diálisis continua de alto flujo.

- ULTRAFILTRACIÓN LENTA CONTINUA (SCUF)
 - El objeto de este tratamiento es la eliminación de exceso de líquido.
 - El aclaramiento se realiza por convección.
 - El filtrado no se reemplaza por una solución de sustitución.
 - Permite el control de fluidos en situaciones de sobrecarga hídrica (ICC resistente al tratamiento convencional).
- HEMOFILTRACIÓN VENO-VENOSA CONTINUA (CVVH) (figuras 2-4)

- Es la técnica continua de reemplazo renal más usada en las unidades de críticos en España.

- Útil en cualquiera de las indicaciones de sustitución renal.

- El mecanismo físico utilizado es la convección, el sistema funciona por diferencia de presiones a ambos lados de la membrana de un filtro de alta permeabilidad.

- Esta modalidad implica la reposición de líquidos para lograr un balance hídrico adecuado. Ésta se puede realizar antes o después del hemofiltro:

- i Cuando se reponen líquidos a través del extremo proximal del hemofiltro se denomina predilución.
- ii Posdilución cuando se hace a través del extremo distal.

• HEMODIÁLISIS CONTINUA (CVVHD) (figura 5)

- Se utiliza la difusión como mecanismo físico de membrana.

- La técnica consiste en hacer pasar dentro del compartimiento no sanguíneo del hemofiltro, a contracorriente del flujo sanguíneo, un flujo continuo de líquido de diálisis. De esta forma conseguimos enfrentar la sangre con el baño de diálisis a través de una membrana de baja permeabilidad.

- Usamos filtros con membranas de baja permeabilidad por lo

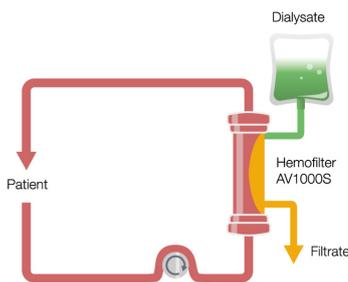


Figura 5.
Hemodiálisis
veno-venosa continua

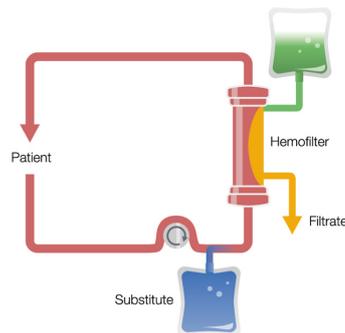


Figura 6.
Hemodiafiltración venovenosa continua
predilucional (CVVHDF predilucional)

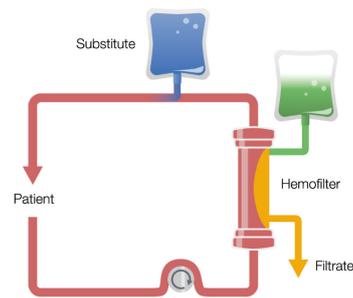


Figura 7.
Hemodiafiltración venovenosa continua
posdilucional (CVVHDF posdilucional)

que es útil para moléculas de pequeño tamaño (urea, creatinina...), mostrándose ineficaz para moléculas grandes.

- La pérdida de agua a través de la membrana es pequeña por lo que no será necesaria la reposición de volumen, correspondiendo el UF producido a la pérdida de peso del paciente.
- HEMODIAFILTRACIÓN CONTINUA (CVVHDF) (figuras 6-7)
 - Combinación de las dos anteriores.
 - Consiste en una hemodiálisis continua donde usamos un filtro con una membrana de alta permeabilidad, por tanto, conseguimos eliminar también moléculas de elevado peso molecular.
 - Al mecanismo de difusión que elimina de forma preferente sustancias de bajo peso molecular, añadimos el mecanismo convectivo que elimina de forma eficaz solutos por encima de 1000 daltons.
 - La alta tasa de ultrafiltración generada en estas membranas hace necesaria la reposición para conseguir un adecuado balance de fluidos.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TCDE

A. Accesos vasculares

Es imprescindible, para poder realizar las técnicas, disponer de un

acceso vascular que proporcione un buen flujo de sangre y una baja resistencia al retorno. La utilización de catéteres de diámetro elevado en venas de grueso calibre asegura un flujo suficiente y disminuyen al máximo las resistencias.

Los accesos venosos que normalmente se utilizan son las venas de ambos lados femorales, yugulares, subclavias y, más raramente, axilares o la vena cava inferior.

El lugar óptimo de inserción vendrá determinado por el riesgo de trombosis e infección y la habilidad técnica del médico que los coloca. La primera opción será la vena femoral o Yugular derecha siendo de segunda elección la vena femoral izquierda. Se deberá evitar en lo posible las subclavias. El calibre ideal es de 13.5 FR.

B. Catéter

El catéter más utilizado es el llamado Shaldon de doble luz en paralelo. La luz arterial y la venosa tienen la misma superficie de sección. El segmento arterial (segmento de salida del paciente hacia la bomba) debe de ser lateral para reducir al máximo la recirculación.

Las características ideales del catéter son:

- Adecuada biocompatibilidad,
- Diámetro interno de 2 mm (cada luz),
- Flexible, pero con rigidez suficiente

para no acodarse ni colapsarse,

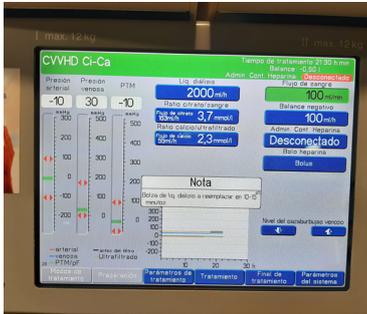
- Presentar un segmento externo pinzable y tener baja trombogenicidad.

En función del acceso venoso elegido y las características antropométricas del paciente el catéter deberá tener una longitud determinada para alcanzar la posición adecuada: punta en aurícula derecha en accesos yugulares y subclavios, y en vena cava inferior para el acceso femoral. Las longitudes más frecuentemente utilizadas son:

- 6-8 cm: para población pediátrica.
- 15-20 cm: Válidos para accesos superiores yugular y subclavios, teniendo en cuenta que los accesos izquierdos requerirán una longitud mayor.
- 20-25 cm: Para accesos femorales.

El catéter se puede girar 180° y también permite utilizar el segmento arterial del catéter como venoso y el segmento venoso del catéter como arterial. No obstante, intercambiar el papel venoso y el arterial de las luces se desaconseja debido a la recirculación que se produce cuando por el extremo arterial del catéter entra la sangre ya dializada, siendo de nuevo depurada y ocasionando una disminución en el aclaramiento de las sustancias.

El diámetro y la longitud del catéter



ter dependerán del tipo de técnica utilizada. Un catéter de gran calibre proporciona una mayor duración y menos interrupciones de tratamiento.

El catéter se mantendrá heparinizado cuando no se utilice, con heparina al 1% y la cantidad que nos indique el catéter teniendo en cuenta que la luz venosa es más larga que la arterial. Prestaremos atención especial al retirar la heparina antes de volver a instaurar la técnica.

La manipulación en todo momento del catéter y sus conexiones se realizarán con la máxima asepsia posible.

C. Filtro

Realiza la función del riñón. Debe estar compuesto por membranas biocompatibles, de alta permeabilidad, baja resistencia e, idealmente, con capacidad de adsorción de sustancias que se deseen depurar.

D. Líneas

Línea Aferente (arterial)

- a. Conduce la sangre desde el catéter hasta el filtro
- b. Se identifica con color rojo.
- c. Previa a la bomba de sangre dispone de:
 - i. Una entrada de fluidoterapia para ocasionales recuperaciones rápidas de volemia y/o lavado del circuito hemático.
 - ii. Una toma de presión arterial o entrada.
- d. A la salida de la bomba de sangre debe tener:
 - i. Un acceso para conectar la anticoagulación.
 - ii. Otro acceso para la reposición prefiltrado (predilución).
- e. La línea arterial finaliza con una conexión estándar al polo arterial o aferente del filtro.

Línea Eferente (venosa)

- f. Conduce la sangre desde el filtro

hasta su retorno al paciente (línea de retorno). De color azul.

- g. Esta línea presenta una conexión estándar al polo venoso o eferente del filtro.
- h. Posteriormente presenta una cámara de expansión, que desarrolla una triple función:
 - i. Por un lado, funcionaría como cámara atrapa-burbujas.
 - ii. Por otro debe disponer de una salida para conectar a un sensor de presión venosa
 - iii. Y una entrada a la cámara para una posible reposición de líquidos (reposición post-filtro).
- i. Antes de llegar al paciente, se coloca dentro de un detector de aire, que es un sistema de seguridad que impide el paso de aire al paciente, clammando la línea y deteniendo el tratamiento.

Línea de Ultrafiltrado

- j. Más correctamente llamada de efluente ya que puede contener también el líquido de diálisis.
- k. Esta línea se debe colocar en el orificio lateral de salida próximo al polo arterial del filtro si se está realizando técnica con diálisis, o en el orificio de salida próximo al polo venoso del filtro, si se está realizando técnica sin diálisis.
- l. Debe presentar un sistema de medición de presión (presión de efluente)

- m. Además de un segmento destinado a un detector de fugas de sangre (sistema de seguridad).
- n. Finaliza en un sistema colector (bolsa) instalable en una balanza.

Líneas de Reposición (Pre- y Post-Filtro)

- o. Conduce el líquido de sustitución al acceso seleccionado:
 - i. en la línea de entrada roja (reposición prefiltrado o predilución)
 - ii. en la de retorno (reposición postfiltrado o posdilución)
- p. La línea pasa por una bomba de

sustitución.

- q. El líquido es calentado (regulación térmica)
- r. Las bolsas de reposición se colocan en una balanza que controla el balance de líquido infundido.

Línea de diálisis.

- s. Debe conectar el líquido de diálisis seleccionado con el orificio lateral próximo al polo venoso del filtro, previo paso por una bomba (para determinar el flujo de diálisis deseado).

E. Monitor de TCDE.

Debe de ser autónoma y con posibilidad de movilización.

Debe disponer de:

a. Cinco bombas para:

- i. Sangre
- ii. Efluente (ultrafiltrado)
- iii. Líquido de Reposición
- iv. Líquido de Diálisis
- v. Anticoagulante.

b. Sensores de presión (cuatro):

- i. Arterial
- ii. Prefiltro
- iii. Postfiltro o de retorno
- iv. Efluente.

c. Sistemas de monitorización del tratamiento.

d. Sistemas de seguridad:

- i. Detector de aire en la línea venosa posterior al atrapa-burbujas con su clamp de seguridad.
- ii. Detector de fugas hemáticas en la línea de efluente. En caso de activarse detecta la rotura de capilares del filtro y el paso de hematíes al efluente.

e. Sistemas de alarma: La máquina deberá activar un sistema de alarma sonora y de alarma visual, así como las posibles causas que condicionan dichas alarmas y las soluciones.

Dentro de alarmas del circuito hemático distinguimos:

- i. Alarma de presión arterial.
- ii. Alarma de presión prefiltro.
- iii. Alarma de presión venosa.
- iv. Alarma de presión transmembrana (PTM)
- v. Alarma de detección de aire, en la línea venosa.
- vi. Alarma de detección de fugas hemáticas, por rotura de capilares.
- vii. Otras alarmas son:
 - 1. Alarmas de detección de puertas de bombas abiertas.
 - 2. Alarmas de los circuitos de sustitución y de diálisis.
- viii. Alarmas relacionadas con el circuito de anticoagulación.
- ix. Alarmas relacionadas con el suministro de red o del estado de la batería.

F. Anticoagulación

El paso de la sangre a través del circuito extracorpóreo produce la activación de las plaquetas, de las proteínas y del complemento de la cascada de coagulación y la reacción inflamatoria de los glóbulos blancos, dando lugar al depósito de fibrina en la superficie de la membrana del dializador, la obstrucción dentro de las líneas y el filtro y la interrupción definitiva del tratamiento. Por esto, se hace necesario el uso de anticoagulación en el circuito durante la terapia, para contrarrestar este mecanismo. Si es insuficiente, el

funcionamiento de la filtración se deteriora y el dializador puede coagularse con la consiguiente pérdida de sangre.

La elección del anticoagulante y su dosis debería ser determinado por las características del paciente. Habitualmente se emplea para este fin, una infusión de Heparina Na, a dosis bajas, dentro del circuito (prefiltro), asumiendo, en muchas ocasiones, el riesgo de complicaciones hemorrágicas en aras de mantener un soporte de TCDE, imprescindible para la supervivencia.

La anticoagulación de la sangre con citrato sódico o ácido cítrico dextrosa (ACD) es una de las últimas novedades. Consiste en la utilización de citrato como líquido de reinfusión prefiltro (predilución) para quelar el calcio en el circuito y así mantener la sangre descoagulada en el mismo. Este efecto se revierte administrando calcio antes de retornar la sangre al paciente.

G. Soluciones de reposición

a. Composición:

- i. electrolitos y bicarbonato (similar al plasma)

b. Función:

- i. Cubrir las pérdidas del UF y corregir la acidosis metabólica

c. Aplicación:

- i. PREFILTRO
- ii. POSTFILTRO

BIBLIOGRAFÍA

1. Consorci Hospital General Universitari de Valencia. Moliner S, Roselló M. Terapias continuas de depuración extrarrenal. Consorci Hospital Universitari de Valencia. SARTD-CH-GUV Sesión de Formación Continuada 2014. [Internet]. [Consultado 4 Oct 2020]. Disponible en: <https://chguv.san.gva.es/-/sesiones-clinicas-2013-2014>
2. Enfermer@ en urgencias y UCI. Técnicas Continuas de Reemplazo Renal (TCRR). [Internet]. [Consultado 4 Oct 2020]. Disponible en: <http://enfermeroemergencias.blogspot.com.es/2015/08/tecnicas-continuas-de-reemplazo-renal.html>
3. Fresenius Medical. MultiFiltrate. [Internet]. [Consultado 4 Oct 2020]. Disponible en: <https://www.freseniusmedicalcare.com.co/es-co/sector-salud/terapias-agudas/multifiltrate/>
4. López-Herce Cid J & Ferrero de la Mano LJ. Manual de técnicas de depuración extrarrenal aguda en niños. Madrid: Ergon; 2013.
5. Lorenzo V, López Gómez JM. Principios físicos en Hemodiálisis. En: Lorenzo V, López Gómez JM (Eds) Nefrología al Día. <http://www.revistanefrologia.com/es-monografias-nefrologia-dia-articulo-principios-fisicos-hemodialis-188>
6. Romero-García M, de la Cueva-Ariza L, Delgado-Hitob P. Actualización en técnicas continuas de reemplazo renal. *Enfermería Intensiva*. 2013; 24(3): 113-119
7. Sánchez-Izquierdo JA, Mauynar J, Prieto E. Manual del Curso XV Práctico sobre TDE para D.E. y M.I.R. Hospital Santiago Apóstol Vitoria-Gasteiz; 2011
8. Sánchez-Izquierdo Riera JA. Insuficiencia renal aguda y técnicas continuas de depuración extracorpórea en la sepsis grave. *Revista Electrónica de Medicina Intensiva*. 2005; Artículo nº C22. Vol 5(1): 31-35. Disponible en: <https://remi.uninet.edu/2005/01/REMIC22.htm>