

TERAPIAS DE REEMPLAZO RENAL CONTINUO

AUTORES: Tito Resendez, Jorge Roque Espinosa

INDICE

1. Introducción
2. Mecanismos básicos de transporte
 - convección
 - difusión
 - adsorción
3. Solutos
4. Indicaciones
5. Modalidades de TRRC
 - Dosis de efluente
 - Ultrafiltración lenta continua (ULC)
 - Hemofiltración venovenosa continua (HFVVC)
 - Hemodiálisis venovenosa continua (HDVVC)
 - Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC)
6. Prescripción de TRRC
 - Flujo de sangre
 - Flujo de pbp (bomba previa de sangre)
 - Flujo de diálisis
 - Flujo de sustitución
 - Flujo de extracción
 - Flujo de extracción
 - Cambio de filtro
 - Líquidos de reposición y diálisis
7. Figuras
8. Referencias

1-INTRODUCCION

Las terapias de reemplazo renal continuo (TRRC) son un advenimiento relativamente nuevo en las áreas de terapia intensiva pediátrica y han cobrado auge en las mismas, sobre todo desde principios de este siglo. El caso de Latinoamérica no es una excepción, pues ha adoptado los conocimientos y experiencias de países desarrollados del norte del continente (USA y Canadá) así como de Europa. En la actualidad se ha logrado gran experiencia con las TRRC en países como Brasil, Chile, Argentina, Colombia y México. No es del interés de este capítulo hablar sobre falla renal aguda (que es una de las principales indicaciones de las TRRC) pues existe un capítulo específico para esta. Nos enfocaremos en los aspectos básicos de función de estas terapias, así como en sus indicaciones y forma de prescribirlas.

Se entiende por **terapias de reemplazo renal continuo** a un conjunto de estrategias extracorpóreas y continuas que permiten reemplazar varias de las funciones del riñón (equilibrio del medio interno, eliminación de residuos nitrogenados, eliminación de tóxicos endógenos y exógenos) (1). Es posible implementarlas desde recién nacidos eutróficos hasta adolescentes de gran tamaño y superficie corporal.

Las TRRC funcionan sencillamente a expensas de los mecanismos básicos de cualquier método dialítico, como lo son la difusión y la convección, y gracias a las membranas utilizadas en estos procedimientos se agrega un mecanismo más que es el de Adsorción, los cuales describiremos más adelante. Es menester señalar que todas estas terapias se llevan a cabo por medio de un método mecanizado, con sofisticadas máquinas que implementan un software que permite programar cuanto “sacar” y cuanto “meter” de líquidos en un paciente. Nada de esto sería posible si no obtenemos la sangre a través de un catéter colocado en alguna vena de grueso calibre (femoral, yugular interna o subclavia), que nos permita la extracción adecuada de la misma. La colocación del catéter dependerá del tamaño y situación clínica del niño enfermo. La sangre extraída se hace pasar a través de un filtro con membrana semipermeable en donde se llevan a cabo los movimientos de solutos y líquidos a expensas de los mecanismos señalados. El movimiento de las partículas a través de la membrana semipermeable dependerá del tamaño de estas y de su concentración en sangre, así como de la interrelación de los siguientes mecanismos.

2-MECANISMOS BASICOS DE TRANSPORTE

2.1 Convección

La convección es definida como el movimiento de moléculas a través de una membrana semipermeable debido a un gradiente de presión. El agua del plasma mueve las partículas a través del filtro y las “empuja” a través de la membrana, removiendo las de tamaño mediano. El gradiente de presión en el espacio extracelular es aumentado por un gradiente de presión positiva (presión hidrostática) o la presión oncótica generada por los solutos no permeables (albumina, por ejemplo). El fluido removido es referido como el “ultrafiltrado” (en similitud a la orina que es el “ultrafiltrado” natural del riñón)

2.2 Difusión

La difusión es definida como el movimiento de solutos de un área de mayor concentración a otra de menor concentración. En este mecanismo el solvente se mueve por un fenómeno de concentración. El soluto gradualmente pasa a través de la membrana del área de mayor concentración de sales al área de menor concentración de estas, hasta que se distribuye uniformemente. El agua del plasma y los solutos son removidos por difusión y ultrafiltración y son desechados como un efluente del circuito.

2.3 Adsorción

Es el mecanismo por el cual se remueven solutos de la sangre por su unión en la membrana, literalmente se quedan pegados a ella. La adsorción de los solutos a la membrana ocurre como resultado a las propiedades químicas de esta. Estas propiedades adsorptivas pueden estar influenciadas por cargas eléctricas o por la afinidad de la membrana a llenarse de moléculas, similar a como una esponja se llena de agua. La superficie de adsorción permite que las moléculas grandes pasen a través de la membrana para así adherirse a la superficie de esta y de esta manera quedarán eliminadas de la circulación.

3-SOLUTOS

Los solutos son todas aquellas moléculas que se encuentran en el agua plasmática y que dependiendo de su tamaño son susceptibles de removerse. Actualmente se clasifican los solutos de la siguiente forma: 1) solutos pequeños: <300 Da. Por ejemplo: urea, creatinina, aminoácidos. 2) moléculas medianas: 500 a 5.000 Da. Por ejemplo: vancomicina, vitamina B 12, inulina. 3)

proteínas de bajo peso molecular: 5.000 a 50.000 Da. Por ejemplo: citoquinas. 4) proteínas grandes: >50.000. Por ejemplo: albúmina

4-INDICACIONES

Ya que las TRRC combinan los principios depurativos de convección (guiado por gradiente de presión hidrostática), de difusión (guiado por gradientes de concentración) y/o de adsorción (guiado por gradiente de afinidad iónica o hidrofóbica) es posible disponer de un amplio espectro de indicaciones, tanto de origen renal como de origen extra renal. Otro argumento a considerar es que los pacientes pediátricos críticamente enfermos tienden a desarrollar falla renal de grado variable que se asocia a mayor morbimortalidad durante su periodo de hospitalización (5).

Entre las indicaciones de origen renal se puede mencionar:

- Sobrecarga de volumen igual o superior a 10-20%.
- Oliguria que no responde a diuréticos.
- Requerimientos ventilatorios en ascenso, especialmente si se relacionan a sobrecarga de volumen
- Necesidad de aportar nutrición adecuada, especialmente cuando está limitada por restricción de volumen o anomalías electrolíticas.
- Necesidad de aportar grandes volúmenes en medicamentos o productos derivados sanguíneos en un paciente con sobrecarga de volumen, considerar sobre 10% de sobrecarga de volumen para indicar TRRC
- Nitrógeno ureico sanguíneo entre 80 y 100 mg/dL.
- Alteraciones metabólicas de riesgo vital (por ejemplo, hiperpotasemia secundaria a lisis tumoral) refractarias a manejo médico.

En el caso de la sobrecarga de volumen de entre 10 a 20% comienza el mayor riesgo de morbimortalidad en pacientes críticamente enfermos, pero el momento preciso de indicación de TRRC debe ser analizado caso a caso considerando la patología de base, la función renal, el desarrollo de falla orgánica múltiple o agravamiento del paciente, la experiencia del centro hospitalario, los accesos vasculares disponibles, disponibilidad de recurso de cuidados de enfermería entre otros elementos, pero siempre teniendo presente que mientras más precoz sea instalada la TRRC mejor será el pronóstico. (6)

Entre las indicaciones no renales o extra renales se pueden mencionar:

- Errores congénitos del metabolismo graves (Ejemplo: aquellas que cursan con hiperamonemia).

- Shock séptico
- Pancreatitis aguda.
- Síndrome de lisis tumoral.
- Intoxicaciones (por toxinas dializables).
- Insuficiencia cardíaca congestiva.
- Encefalopatía hepática.
- Hipotermia.

En el caso de la sepsis, hay evidencia no concluyente del beneficio de TRRC en pacientes con shock séptico grave, y su uso en estos casos ha mostrado resultados promisorios, aunque no significativos especialmente en adultos. Está claro que aporta un beneficio en el caso de pacientes con shock séptico con sobrecarga de volumen, que logra una mejor y más rápido equilibrio ácido base y electrolítico, que permite mediante la extracción de volumen del paciente generar espacio para aportar nutrición precozmente, transfusiones de hemoderivados, medicamentos y reanimación con fluidos. Su papel como una terapia inmunomoduladora es discutida, aunque hay varias teorías que apoyan esta función, como la que señala que permite el retiro de la circulación sanguínea de citoquinas y toxinas (5). Figura 1.

El momento de definir el inicio es lo más precoz posible. Especialmente considerar en pacientes con sobrecarga de volumen, lactantes graves y pacientes en ECMO. (6)

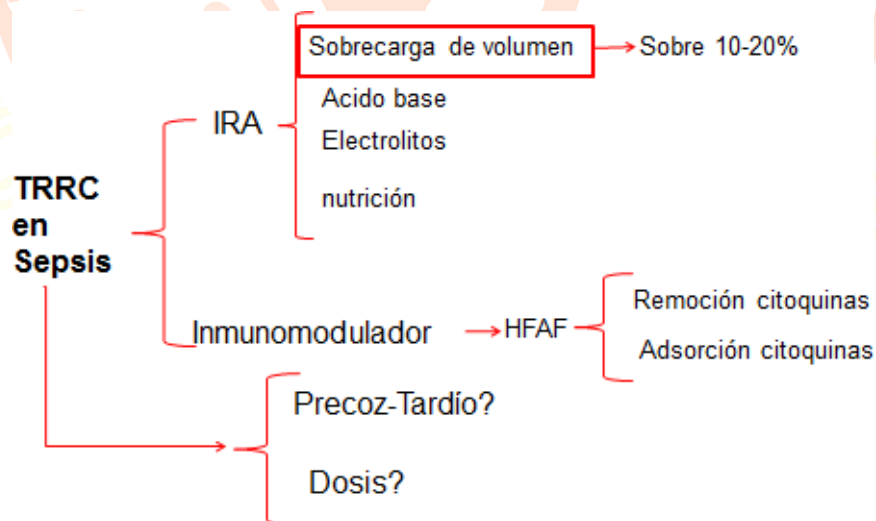


Figura 1. Rol de la TRRC en la sepsis.

5-MODALIDAD DE TRRC

Existen en el mercado diversos dispositivos o maquinas que realizan TRRC en niños, algunas incluso pueden usarse en periodo de recién nacidos, como por ejemplo la Prisma Flex de Baxter® (Figura 2)

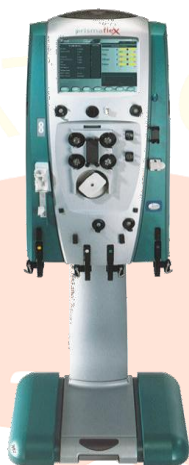


Figura 2. Maquina Prisma Flex de Baxter, permite diversas modalidades de TRRC en niños desde recién nacidos en adelante.

Las modalidades de TRRC son:

1. **Ultrafiltración lenta continua (ULC):** permite extracción de ultrafiltrado (volumen) lento desde la circulación sanguínea a través del filtro, sin ningún tipo de reposición o diálisis, y es útil en casos de sobrecarga de volumen con función renal adecuada, pero con inadecuada respuesta a diuréticos. Figura 3

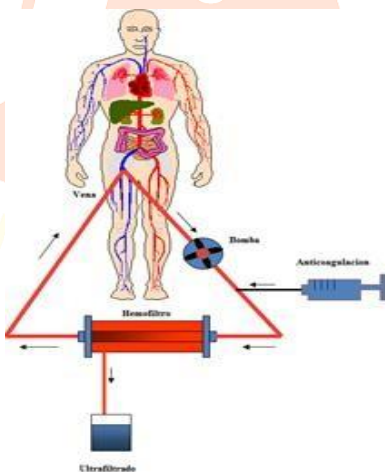


Figura 3 Esquema simple de Ultrafiltración Lenta Continua, donde no se administra solución de reposición en el circuito de TRRC.

2. **Hemofiltración venovenosa continua (HFVVC):** permite extracción de ultrafiltrado desde la circulación sanguínea y depuración de solutos mediante convección, a través del filtro, con solución de reposición pre o post filtro. Figura 4

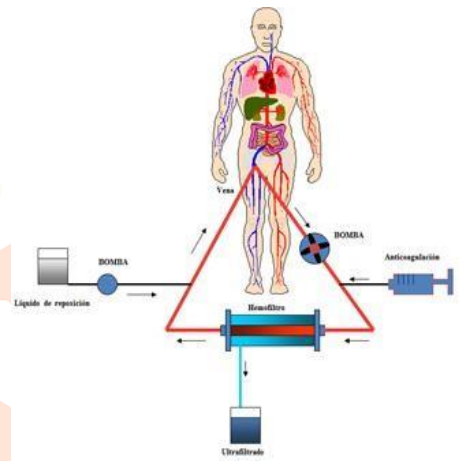


Figura 4 Esquema de Hemofiltración venovenosa continua (HFVVC), en este ejemplo con solución de reposición post filtro.

3. **Hemodiálisis venovenosa continua (HDVVC):** permite extracción de ultrafiltrado desde la circulación sanguínea y depuración de solutos mediante difusión, a través del filtro. Se agrega una solución de diálisis contracorriente al filtro, lo que permite extracción de solutos por mecanismo de difusión. Figura 5

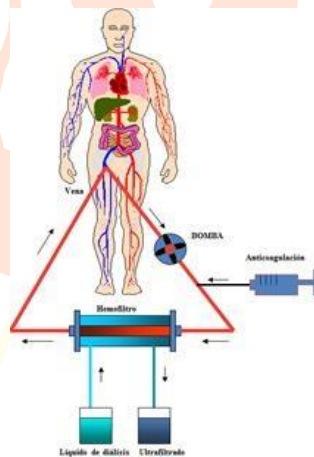


Figura 5 Hemodiálisis venovenosa continua (HDVVC), en este ejemplo con flujo de líquido de diálisis contracorriente

4. **Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC):** permite extracción de ultrafiltrado y depuración de solutos mediante convección y difusión a la vez. Figura 6

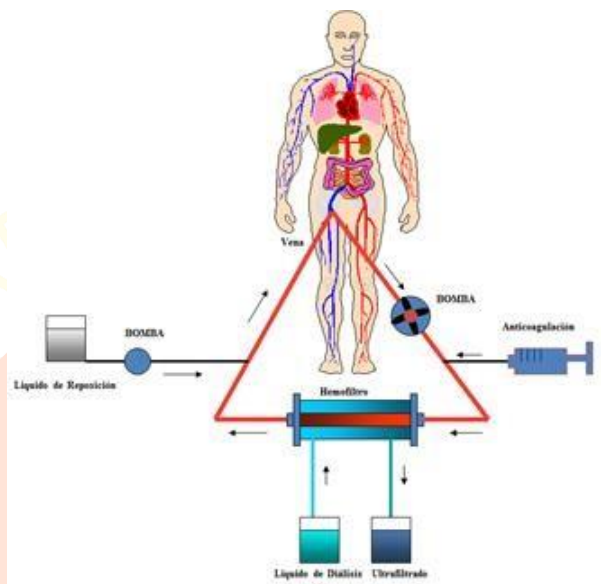


Figura 6 –Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC).

La elección de una u otra modalidad depende de las necesidades del paciente en ese momento, remoción de volumen (necesidad de balance hídrico negativo) y/o extracción de solutos. En general las técnicas más convectivas pueden remover moléculas de tamaño medio, por ejemplo, citoquinas en el Shock séptico, mientras que la modalidad difusiva remueve moléculas pequeñas (electrolitos, urea).

6- PRESCRIPCIÓN DE TRRC

Una vez elegida la modalidad, se debe proceder a dejar las indicaciones técnicas de la TRRC, para lo cual sugerimos usar una hoja de indicaciones donde quede escrito muy bien cuáles son los parámetros que desea el equipo tratante aplicar en la TRRC. Figura 7 (Anexo).

1. **Dosis de efluente:** Se refiere a la dosis de efluente que se usa en cada caso, y que varía de acuerdo con la modalidad empleada. Se mide en ml/kg/hora. La máquina la calcula, y entrega en pantalla el valor. Pero se puede calcular, y es el resultado de la suma del flujo de la Bomba previa de sangre (PBP) + Líquido Dializante + Líquido Reposición + Eliminación de líquidos, dividido por el

peso del paciente cada hora. Dosis renal entre 25 y 35 ml/kg/h (2 litros/hr/1.73 m²) y dosis de alto flujo sobre 50 ml/kg/h en diferentes esquemas.

Si consideramos el tiempo real que el paciente está en TRRC, deberíamos mantener un efluente de 10-20% mayor del calculado, debido a que muchas veces el procedimiento no cumple 24 horas, si no que se ve interrumpido por exámenes de imágenes, problemas de la técnica, cambio de filtro, etc., lo que recibe el nombre tiempo perdido sin TRRC.

2. Flujo de bomba de sangre: Recomendaciones: 3 - 10 ml/kg/min. Máximo en adultos < 200 ml/min. Más específico sería Neonatos: 10-20 ml/kg (flujo mínimo 30-50 ml/min); Lactantes: 20-40 ml/min; Niños < 20 kg: 50-100 ml/min; Niños > 20 kg: 100-150 ml/min.

3. Flujo Bomba PBP (Bomba previa Sangre) en la maquina Prisma Flex: Flujo mínimo 30 ml/hr hasta 8000 ml/hr. El flujo de la bomba de PBP debe ser menor al flujo de la bomba de sangre. Usualmente se inicia entre 60 y 100 ml/h.

4. Flujo del líquido de Diálisis (Dializante): 30 a 50 ml/kg/hr. Flujos entre 300 y 1000 ml/h según la edad y peso del paciente, el filtro utilizado y los niveles sanguíneos de urea y creatinina.

5. Flujo del líquido de sustitución (Sustitución): entre 25 y 35 ml/kg (líquido de sustitución en PRE o POST dilución). Pre-filtro disminuye riesgo de coagulación del filtro. Post filtro favorece la mayor remoción de mediadores y la reposición de sustitución no se filtra.

Se sugiere usar como primera elección la PBP como sustitución pre-filtro sumado a una sustitución post filtro de 50 ml/minuto para evitar que se coagule la cámara atrapa burbujas

6. Extracción de líquido del paciente. Debe estimarse en base a: Pérdida de líquido del paciente deseada (ml/hr) + Entradas de líquido al paciente que no son de la TRRC (ml/h) - Salida de líquido que no son de TRRC © (ml/hr) = Tasa de extracción de líquido del paciente (ml/h) a establecer.
Ejemplo: BH negativo que planifico (generalmente 1-2 ml/kg/h en paciente estable) + diuresis que se estima debería tener + lo que deseo extraer ingresado (transfusiones, nutrición, otros volúmenes) – egresos (deposiciones, pérdidas insensibles y otras) = extracción en ml/h (ideal es hacer el cálculo para 24 h).

Al inicio del procedimiento, la extracción neta la primera hora puede ser cero (isovolumétrico) hasta que se logre estabilidad hemodinámica. También se puede partir a menor velocidad e ir aumentando velocidad cada 10 min hasta llegar a velocidad planificada.

7. Flujo de anticoagulación con heparina:

Preparar solución de heparina a dilución: 2.5 U/kg/ml (1ml=2.5 U/kg)

Heparina: el flujo mínimo de la bomba de heparina debe ser 2 ml/hr.

Bolo inicial de Heparina: 10-20 U/kg

Perfusión de heparina: 2,5 – 20 U/kg/h. En los niños pequeños se parte de 2,5 y en los mayores desde 5 U/kg/hr.

Control con tiempo de coagulación activado (ACT) entre 180 a 210 por horario. Toma de muestra en el paciente o post filtro. En pacientes con coagulopatía o riesgo de sangramiento se puede bajar el límite inferior a 160.

Control ACT pre-filtro mide coagulación del filtro, mide casi la entrada de infusión de heparina pura, una vez cada 12 horas más o menos según funcionamiento del filtro.

Puede no ser necesario usar heparina en algunos casos con coagulopatía. Valorar caso a caso

8. Cambio de filtro: los filtros se pueden cambiar de forma programada cada 24-72 h o cuando haya signos de coagulación del filtro (aumento de la presión transmembrana y presión de caída del filtro). Los cambios programados permiten elegir la mejor hora para realizarlos y reinfundir la sangre del circuito al paciente.

9. Líquidos de reposición y de diálisis: el líquido de reposición y de diálisis debe tener una concentración de electrolitos parecida a la sangre con mayor cantidad de bicarbonato: Na 140 mEq/L, Cl 105 mEq/L, Calcio: 3,5 mEq/L, Magnesio: 1,5 mEq/L, lactato o bicarbonato 35 mEq/L y K: 0 a 4 mEq/L, según la concentración de potasio sérico. Soluciones sin lactato proporcionan mejor control de acidemia y mejor estabilidad hemodinámica. No hay mejor sobrevida o recuperación de función renal según el buffer que usemos, en ausencia de acidosis láctica.

Existen líquidos específicos de reposición y diálisis para TRRC. En caso de necesidad el líquido de reposición se puede preparar en la UCIP con suero fisiológico: 685 ml, bicarbonato de Na 8,4%: 35 ml, gluconato de calcio 10 %: 7 ml, K Cl 10% 2,5 ml, sulfato magnésico 25 % 0,8 ml, glucosa 50 %: 2,5 ml y agua destilada, 265 ml. En caso de hiperkalemia no se incluye K en esta solución.

En los pacientes con shock, insuficiencia hepática u otras patologías que produzcan hiperlactacidemia es preferible utilizar un líquido en que se sustituya el lactato por bicarbonato

Anexo

Figura 7. Hoja de indicaciones de TRRC en UCI de pediatría.

Hoja de Registro de TRRC

Fecha: _____

Nombre de Paciente: _____
 Edad: _____
 N° de Ficha: _____
 Peso: _____ Kg Talla: _____ Cm.
 Sobre carga de volumen calculada: _____ %

Modalidad de TRRC: UFIC HFVV HDW HDFW

Filtro a usar: _____
 Solución de Diálisis o Reposición a usar: _____

Flujo Bomba de sangre (Qb) : _____ ml/min
 Recomendaciones: 3- 10 ml/kg/min. Máximo en adultos 180 ml/min.
 • Neonatos: 10-20 ml/kg
 • Lactantes: 20-40 ml/min
 Niños < 20 kg: 50-100 ml/min
 Niños > 20 kg: 100-150 ml/min

Flujo del líquido de Diálisis (Qd) : _____ ml/hr
 30 a 50 ml/kg/hr. Flujos entre 300 y 1000 ml/h según la edad y peso del paciente, el filtro utilizado y los niveles sanguíneos de urea y creatinina

Flujo Bomba Previa de sangre (PBP) : _____ ml/hr
 Flujo mínimo 30 ml/hr. Hasta 8000 ml/hr. El flujo de la PBP debe ser menor al flujo de la bomba de sangre. Usualmente se inicia entre 60 y 100 ml/hr.

Flujo del líquido de Reposición (Qr) : _____ ml/hr
 Pre Post filtro
 25 y 35 ml/kg (líquido de sustitución en PRE o POST dilución).
 Pre filtro disminuye riesgo de coagulación del filtro.

Dr. _____ E.U. _____

Ejemplo de prescripción de la Terapia:
 HDFVVC, con filtro M60, Qb 50ml/min, Qd 100ml/hr, Solución de diálisis Hemosol 80, Qr pre filtro 300ml/hr, Qr post filtro 100ml/hr, Solución de reposición Hemosol 80, Heparina 100 unit/hr, UF

Post filtro favorece la mayor remoción de mediadores y la reposición de sustitución no se filtra.
 Se sugiere usar como primera elección la PBP como sustitución pre filtro sumado a una sustitución post filtro de 50 ml/minuto para evitar que se coagule la cámara atrapa burbujas

Extracción de líquido del paciente (UF): _____ ml/hr

Debe estimarse en base a:
 Pérdida deseada de líquido del paciente (ml/hr)
 + Entradas de líquido (infusiones, parenteral, transfusiones, enteral, etc) (ml/hr)
 - Salida de líquido (diuresis, ostomías, diarrea, drenajes, etc) (ml/hr)
 Tasa de extracción de líquido del paciente (ml/hr)

Dosis Efluente: _____ ml/kg/hr
 La máquina la calcula sola, y entrega en pantalla el valor. Es el resultado de la suma de la Bomba previa de sangre (PBP) + Liq. Dializante + Liq. Sustitución (o de reemplazo) + Eliminación de líquidos, dividido por el peso del paciente cada hora.
 Dosis renal entre 25 y 35 ml/kg/h (2 litros/hr/1.73 m2) y dosis de alto flujo sobre 50 ml/kg/h.

Flujo de anticoagulación con heparina: _____ ml/hr

Preparar solución de heparina a dilución: 2.5 U/kg/ml (1ml=2.5 U/kg)
 Heparina: el flujo mínimo de la bomba de heparina debe ser 2 ml/hr.
 Perfusión de heparina: 5 – 20 U/kg/h.

8- REFERENCIAS

1. García-Roig C. Arch.argent.pediatr 2003; 101(1) / 44-53
2. Clark WR, Ronco C. Renal replacement therapy in acute renal failure: solute removal mechanisms and dose quantification. Kidney Int 1998; 53 (Suppl 66):S133-S137
3. Santiago MJ, López-Herce J, Urbano J, Solana MJ, del Castillo J, Ballesteros Y, Botrán M, Bellón JM (2010) Clinical course and mortality risk factors in critically ill children requiring continuous renal replacement therapy. Intensive Care Med 36:843–849.

4. Bridges B, Askenazi D, Smith J, Goldstein S. Pediatric Renal Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. *Blood Purif* 2012; 34: 138-148.
5. Ronco C1, 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*. 2003 Sep;27(9):792-801.
6. Ricci Z, Ronco C. Renal Replacement Therapy in the critically ill: getting it right. *Curr opin crit care* 2012; 18: 607-612.

