



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACIÓN EXTRARRENAL

	REALIZADO	REVISADO	APROBADO
FECHA	Mayo 2020	Junio 2020	
NOMBRE	Maria José Santiago Lozano Jesús López-Herce Cid Lorena Bermúdez Barrezueta	Sylvia Belda Hofheinz	
CARGO	^{1,2} Médico Adjunto UCIP Hospital General Universitario Gregorio Marañón ³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid	¹ Médico Adjunto UCIP. Hospital 12 de Octubre	Grupo de Trabajo Renal
REVISION	Mayo 2020 (habitualmente 3 años desde realización)		



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

Justificación del protocolo

Este protocolo resume los aspectos más importantes de las técnicas de depuración extrarrenal continua (TDEC) pero no es suficiente para la realización con seguridad de la misma. Al tratarse de una técnica de alta complejidad aconsejamos la realización de un curso específico de formación.

Índice

1. Introducción
2. Indicaciones
3. Material
4. Funcionamiento
5. Programación de los flujos
6. Monitorización, controles y alarmas
7. Complicaciones clínicas y técnicas
8. Seguridad
9. Ajuste de fármacos
10. Guía rápida
11. Bibliografía



1. INTRODUCCIÓN

Entre un 2 a 10% de los niños ingresados en unidades de cuidados intensivos pediátricos (UCIP) presentan daño renal agudo y aproximadamente un 5% precisan técnicas de depuración extrarrenal. Las técnicas de depuración extrarrenal continua (TDEC) son el método más utilizado para el tratamiento del fracaso renal agudo en niños en estado crítico (1,2).

Las TDEC se basan en el intercambio de solutos y agua entre dos compartimentos separados por una membrana semipermeable. Utilizan mecanismos de difusión (paso de solutos por gradiente de concentración), convección o ultrafiltración (paso de agua y solutos por gradiente de presión) y adsorción (fijación de moléculas a la membrana).

Actualmente las TDEC utilizadas son venovenosas: la sangre atraviesa el circuito empujada por una bomba y pasa por un filtro de baja resistencia que permite la filtración de agua, electrolitos, urea, creatinina y solutos no unidos a proteínas con peso molecular menor de 50.000 daltons. Las proteínas y células sanguíneas no se filtran.

Las modalidades de TDEC son:

1. Ultrafiltración venovenosa continua: se extrae, de forma lenta, agua y electrolitos sin reponer los mismos. Se utiliza solo en pacientes con hipervolemia y/o insuficiencia cardiaca, y en la cirugía cardiaca tras la salida de la bomba extracorpórea.

2. Hemofiltración venovenosa continua (HFVVC): se extrae agua y electrolitos, y se reponen los mismos con un líquido de reposición o reinfusión antes del paso de la sangre por el filtro. Se utiliza en pacientes con insuficiencia renal y/o hipervolemia.

3. Hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC): a la hemofiltración se añade la infusión de líquido de diálisis a contracorriente por la cámara externa del filtro. Además de extraer líquido y solutos por diferencia de presión, lo hace por diálisis (diferencia de concentración). Se utiliza en pacientes con insuficiencia renal, hipercatabólicos, con fallo multiorgánico ó alteraciones electrolíticas severas.

4. Hemodiálisis venovenosa continua (HDVVC): es igual a la hemodiafiltración pero no se administra líquido de reinfusión solo líquido de diálisis. Se utiliza en pacientes con insuficiencia renal sin hipervolemia.



Actualmente el sistema más utilizado para la realización de TDEC en niños es el monitor PRISMAFLEX, con el que se pueden realizar todas las técnicas de depuración extrarrenal mencionadas, además de plasmafiltración o intercambio terapéutico de plasma, para lo que se requiere filtros especiales.

2. INDICACIONES

- Insuficiencia renal aguda oligoanúrica. No existe consenso sobre el valor de urea o creatinina para iniciar la TDEC. Recomendamos en el paciente crítico en situación aguda no sobrepasar una urea de 150 mg/dl. Los valores para indicar la técnica en pacientes crónicos son más elevados (3)
- Hipervolemia refractaria a tratamiento diurético. Se ha descrito que sobrecargas mayores del 20% aumentan la mortalidad y se ha sugerido que el inicio precoz de las TDEC puede mejorar el pronóstico. (4).
- Insuficiencia cardiaca refractaria a tratamiento médico.
- Alteraciones electrolíticas graves: hiperkalemia, hipocalcemia, hipercalcemia, hipernatremia, hiponatremia, hipermagnesemia, acidosis metabólica.
- Sepsis y fallo multiorgánico. Se ha propuesto utilizar filtros especiales con mayor tamaño de poro para la eliminación de mediadores de la inflamación y otros con capacidad adsorbtiva de sustancias como las endotoxinas, pero la experiencia en niños es muy pequeña (5).
- Tratamiento del síndrome de lisis tumoral y rabdomiolisis.
- A la salida de bomba tras la cirugía cardiaca mediante circulación extracorpórea.
- Intoxicaciones por sustancias dializables (ácido acetil salicílico (AAS), litio, alcoholes, aminoglucósidos, teofilina, fenobarbital).
- Fallo hepático agudo. Pudiendo asociarse a un sistema de depuración MARS para eliminar también las sustancias unidas a la albúmina.
- Descompensación aguda de enfermedades metabólicas congénitas como la hiperamoniemia.

CONTRAINDICACIONES



No existe ninguna contraindicación absoluta.

3. MATERIAL

Vías

Vía venosa central: subclavia, yugular o femoral. Dependerá de la situación y características del paciente. Se deben medir y canalizar con control ecográfico. La vena yugular es la que produce menos trombosis pero es más difícil de fijar y mantener en pacientes no relajados; la vena femoral tiene menor tasa de complicaciones en la canalización pero mayor riesgo de trombosis y de problemas de aspiración y retorno; la vena subclavia es la de mejor fijación y mantenimiento, aunque tiene mayor riesgo de canalización sobre todo en pacientes con coagulopatía.

Catéteres

Para conseguir un flujo sanguíneo adecuado es necesario utilizar catéteres cortos y de gran calibre. Utilizar un catéter de doble luz. En los neonatos y lactantes pequeños pueden utilizarse dos catéteres de una luz colocados en venas diferentes.

< 5 kg: 5 FR doble luz; o dos catéteres de 4 FR en dos localizaciones, o un catéter de tipo arterial de 20-18 G.

5 – 15 kg: Un catéter de doble luz de 6.5 – 7 Fr

> 15 kg: Un catéter de doble luz de 8 – 11 Fr

Se recomienda colocar una llave de 3 pasos en cada una de las líneas para poder comprobar la permeabilidad del catéter durante la terapia.

Circuitos y filtros

Los circuitos vienen montados con el filtro. El circuito es el mismo para los diferentes tipos de filtros y su volumen de purgado aproximado es de 50 ml.

Los circuitos y filtros son específicos para cada monitor de depuración. La superficie de los filtros se selecciona según el peso del paciente. Tabla 1.



Con el monitor que actualmente se utiliza en nuestro país (PRISMAFLEX®) se pueden utilizar los filtros HF20, M60 Y M100 para terapia de reemplazo renal continua y los dos filtros de plasmafiltración (TPE1000 y 2000).

Tabla 1. Indicaciones de filtros según el peso del paciente

PESO	FILTRO (PRISMAFLEX®)	SUPERFICIE	VOLUMEN FILTRO	VOLUMEN TOTAL
<12 kg	HF20	0,2 m ²	17 ml	60 ml
> 12 kg	M60	0,6 m ²	50 ml	93 ml
> 40-50 kg	M100	0,9 m ²	67 ml	152 ml
< 25 kg	TPE 1000	0,15 m ²	23 ml	71 ml
> 25 kg	TPE 2000	0,35 m ²	41 ml	125 ml

MONITOR DE DEPURACIÓN EXTRARRENAL

Bombas o monitores de depuración extrarrenal: tienen de 1 a 6 bombas.

- **Bomba de sangre:** regula el flujo sanguíneo. Rango: 10 a 450 ml/min. Cambios de 5 en 5 ml/min.
- **Bomba de sustitución o reinfusión (infusión del líquido de reposición):** Rango de 100 a 2000 ml en SCUF (ultrafiltración) CVVHD (hemodiálisis) y CVVHDF (hemodiafiltración) y hasta 4500 ml/h en CVVH (hemofiltración). Cambios de 10 en 10 ml/h. Puede pautarse 0 ml/h.
- **Bomba de infusión del líquido de diálisis:** Rango de 0 a 2500 ml. Cambios de 50 en 50 ml/h.
- **Bomba de efluente para regular el ultrafiltrado:** La regula el aparato según el balance negativo deseado.
- **Bomba de jeringa:** tradicionalmente utilizada para la infusión de heparina. Actualmente algunos monitores (PRISMAFLEX®) permiten poner la perfusión de calcio para la terapia de anticoagulación con citrato.
- **Bombas adicionales: como la bomba de solución PBP (PRISMAFLEX®):** es una bomba previa a la bomba de sangre (PBP “*pump before pump*”). Sirve para infundir líquido de reposición (generalmente citrato). Rango: 10 a 180 ml/min. Cambios de 5 en 5 ml/min.



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TÉCNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

LÍQUIDOS DE REPOSICIÓN Y DIÁLISIS

Actualmente existen líquidos que sirven para ambos usos, lo que mejora la seguridad del paciente. Existen varios tipos de líquidos que varían en su composición para adaptarse al paciente. En la tabla 2 se muestra la composición de los más utilizados. En el paciente pediátrico pequeño recomendamos añadir en los líquidos glucosa (para evitar la hipoglucemia; añadir 125 mg/dL) y potasio (salvo hiperpotasemia, añadir hasta 4 mEq/L). En las tablas 3 y 4 se presentan las modificaciones que pueden realizarse para adaptarse al paciente crítico pediátrico. Estas modificaciones siempre deben realizarse antes de conectar la bolsa al circuito, por un puerto diferente de la bolsa y agitando bien la misma previamente a la conexión.

Son diferentes si se realiza la técnica anticoagulando el circuito con citrato o con heparina. Recomendamos utilizar la anticoagulación con citrato como método inicial de anticoagulación (6,7), en todos los pacientes con TDEC, salvo que tengan una alteración importante de la función hepática (elevación de transaminasas 10 veces lo normal o alteración de la función de síntesis) o requieran anticoagulación sistémica por otra razón (por ejemplo pacientes con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). La anticoagulación con citrato es regional evitando las complicaciones de la anticoagulación sistémica.

- **Anticoagulación con citrato** (figuras 1 y 2). En el texto nos referimos al sistema PRISMAFLEX®. Preparar los siguientes líquidos:

Los líquidos administrados antes del filtro no pueden contener calcio.

- a) Bomba PBP (balanza blanca): líquido que contiene el citrato (para antagonizar el calcio en el circuito) y que es también la reposición o sustitución prefiltro: Regiocit®.
- b) Bomba de reposición (balanza morada): Byphocyl® (pequeña cantidad para reposición en postfiltro para evitar la coagulación de la cámara atrapaburbujas).
- c) Bomba de diálisis (balanza verde): Byphocyl®.
- d) Bomba de jeringa 50 ml: gluconato cálcico al 10% (puro, sin diluir). Preparar también una alargadera para facilitar la conexión al paciente. El calcio se puede conectar a otra vía central del paciente, que es el método de elección (figura 1) o al retorno (figura 2). Se puede utilizar también cloruro cálcico.



- **Anticoagulación con heparina** (figura 3):

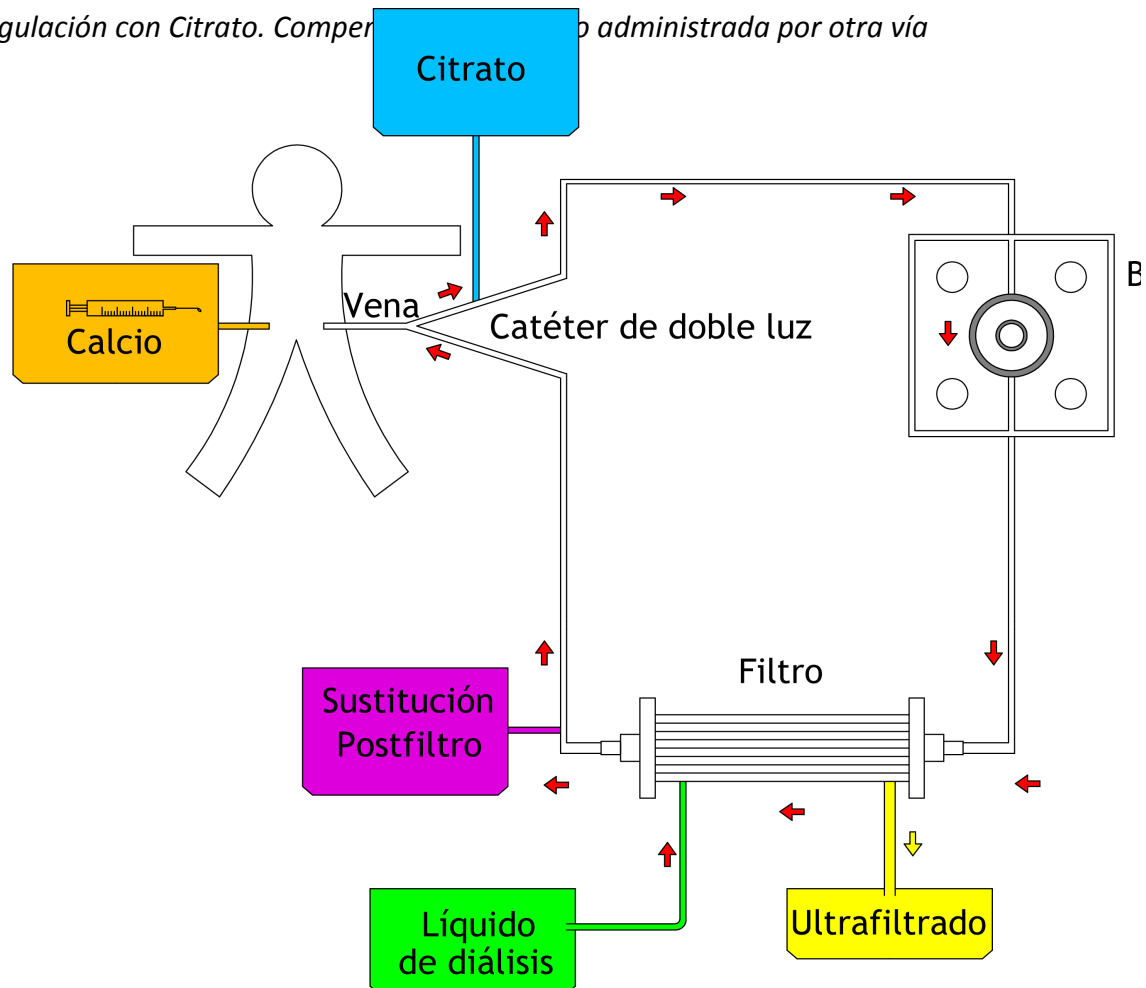
a) Bomba de reposición: Phoxilium® (de elección salvo hiperfosforemia o riesgo de lisis tumoral, en ese caso utilizar HemosolBO®).

b) Bomba de diálisis: Phoxilium®.

c) Bomba de jeringa: perfusión de Heparina inicio a 10 UI/kg/h para obtener un tiempo de coagulación activado (ACT) postfiltro que debe estar entre 180-200 segundos.

Además se puede preparar un bolo de 20 U/kg para administrar en la cápsula prefiltro al conectar al paciente (opcional).

Figura 1. Anticoagulación con Citrato. Compensación de calcio administrada por otra vía central.





SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

Figura 2. Anticoagulación Citrato. Compensación del calcio administrada en el retorno.

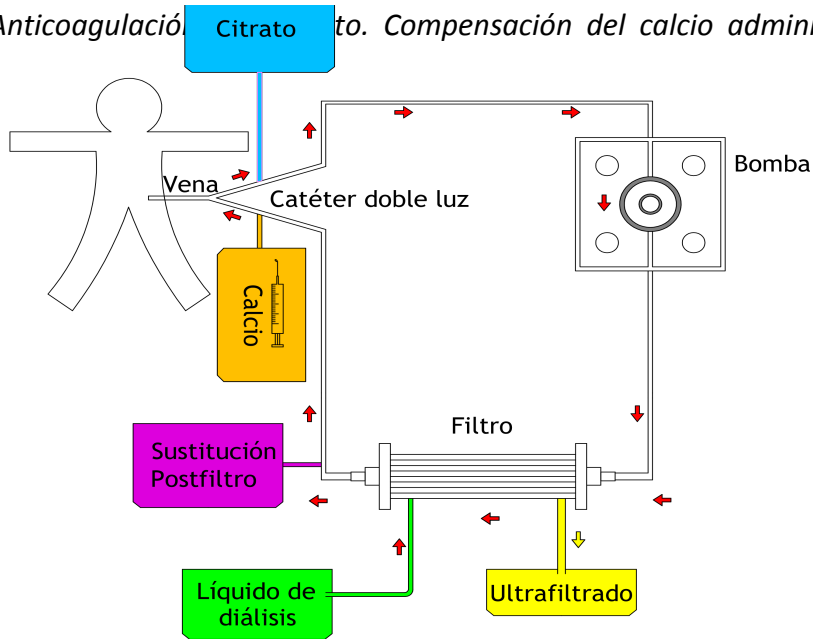


Figura 3. Circuito con anticoagulación con heparina.

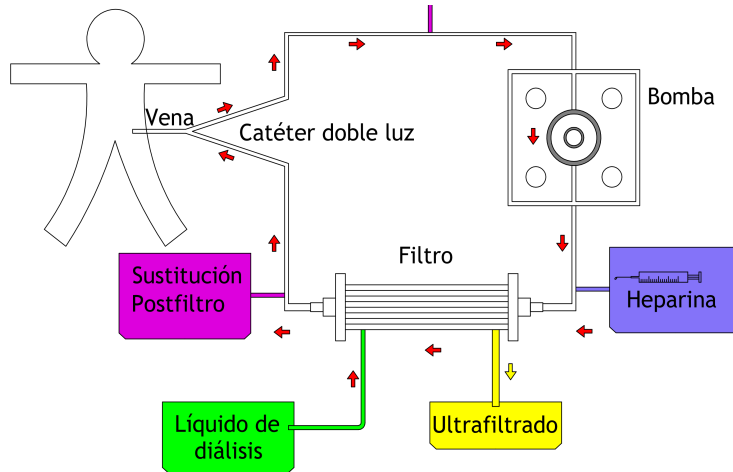


Tabla 2. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS LÍQUIDOS UTILIZADOS EN TDEC.



	REGIOCIT®	BYPHOZYL®	PHOXILIUM®	Hemosol BO®
Volumen ml	5000	5000	5000	5000
Na mmol/L	140	140	140	140
K mmol/L	0	4	4	0
Cl mmol/L	86	122	106	109.5
Ca mmol/L	0	0	1,25	1,75
Magnesio mmol/L	0	0,75	0,6	0,5
HCO ₃	0	22	30	32
Lactato	0	3	0	3
Glucosa mg/dl	0	0	0	0
Fosfato mmol/L	0	1	1,2	0
Citrato mmol/L	18			
Vía administración	En bomba previa al filtro.	Sustitución y diálisis sin calcio.	Sustitución y diálisis.	Sustitución y diálisis.
Indicación	Anticoagulante y líquido de reposición y sustitución prefiltro.	Adecuado para diálisis y sustitución en técnica con citrato.	Adecuado para sustitución y diálisis en técnica con heparina.	Adecuado para sustitución y diálisis en técnica con heparina. No contiene fosfato.

Tabla 3. REGIOCIT. COMPOSICIÓN FINAL DESEADA DE LAS BOLSAS Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE IONES.



PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

REGIOCIT®	COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO	COMPOSICIÓN FINAL DESEADA	AÑADIR POR LITRO	TOTAL EN 5 LITROS	COMENTARIO	MAXIMOS
Na mmol/L	140	=	Nada de forma habitual.		El fosfato monosódico y el bicarbonato añaden sodio a los líquidos.	No sobrepasar 150 mEq/L. (NaCl 20% 3 ml/L).
K mmol/L	0	4 mEq/L	Cloruro potásico 2 Molar= 2 ml/L.	10 ml	Añadir si el potasio del paciente es <5,5 mmol/L. Si no se añade, realizar control a las 2 horas del inicio de la técnica.	2,5 ml/L= 5 mEq/L.
Cl mmol/L	86	El potasio añade cloro	No de forma habitual		El potasio añade cloro.	
Ca mmol/L	0	nunca	nunca	nunca	Se compensa posteriormente con la perfusión de calcio.	
Magnesio mmol/L	0	0,6 mmol/L (1,4 mg/dl)	1 ml/L Sulfato de Magnesio: [0,6 mmol (14,8 mg)= 1 ml (1,4 mg/dl)].	5 ml	Si magnesio <2,5 mg/dl. Todos los lactantes suelen necesitarlo. Niños mayores puede compensarse oralmente.	Máximo 1,5 ml/L= 1mmol/L (concentración final 2,43 mg/dL).
HCO3	0	=	no	no	Citrato produce alcalosis leve en pocas horas. Si acidosis severa previa administrar bolo al paciente.	Añadir máximo 10 mmol/L y revisar en 6 horas.
Glucosa mg/dl	0	125 mg/dl	2,5 ml de glucosa al 50%	12,5 ml	Añadir siempre al menos 1,5 ml/L (75 mg/dL).	No se aumenta.
Fosfato mmol/L	0	0,8 mmol/L (2,48 mg/dl)	Fosfato monosódico 0,8 ml/L	4 ml	no añadir si el fosfato >7 o si el paciente tiene riesgo de síndrome de lisis tumoral	Máximo 1,5 ml/L (4,65 mg/dl)
Citrato mmol/L	18					

**Tabla 4. BYPHOZYL. COMPOSICIÓN FINAL DESEADA DE LAS BOLSAS Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE IONES.**

BYPHOZYL®	COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO	COMPOSICIÓN FINAL DESEADA	AÑADIR POR LITRO	TOTAL EN 5 LITROS	COMENTARIO	MAXIMOS
Na mmol/L	140	=	No de forma habitual.		El fosfato monosódico y el bicarbonato añaden sodio a los líquidos.	No sobrepasar 150 mEq/L. (NaCl 20% 3ml/L)
K mmol/L	4	=	no	no		Cloruro potásio 2 M 0,5 ml/L (composición final: 5 mEq/L.
Cl mmol/L	122	El potasio añade cloro	No de forma habitual		El potasio añade cloro	
Ca mmol/L	0	nunca	nunca	nunca	Se compensa posteriormente con la perfusión de calcio.	
Magnesio mmol/L	0,75 mmol/L (1,75 mg/dl).	=	no	no	Normalmente no se precisa.	Máximo Sulfato de Magnesio: 0,5 ml/L= (concentración final 2,45 mg/dl).
HCO ₃	22	=	no	no	Citrato produce alcalosis en pocas horas. Si acidosis severa previa administrar al paciente.	Añadir máximo 10 mmol/L y retirar en unas horas.
Glucosa mg/dl	0	125 mg/dl	2,5 ml de glucosa al 50%	12,5 ml	Añadir siempre al menos 1,5 ml/L (75 mg/dl)	
Fosfato mmol/L	1 (3,1 mg/dl)	=		no	no	Máximo Fosfato monosódico 0,5 ml/L (4,65 mg/dl)
Lactato	3					



4. FUNCIONAMIENTO

1º Canalizar la vía y comprobar el funcionamiento de las luces. Colocar llaves de tres pasos.

2º Purgar el circuito con 1 litro de suero salino heparinizado (5.000 UI/L), comprobando cuidadosamente que no queden burbujas de aire en el filtro y circuito. Seguir las indicaciones de purgado de la casa comercial.

3º Programar inicialmente sólo:

- 1- Un flujo de sangre bajo: 10-20 ml/min en pacientes <10 kg; 30-40 ml/min en pacientes >10 kg.
- 2- El método de anticoagulación (citrato o heparina):
 - Heparina: inicio a 10 UI/Kg/h.
 - Citrato: inicio a 2,5 mmol/L.

4º Conectar la línea de calcio (sólo en anticoagulación con citrato): en otra vía central del paciente (de elección) o en la llave de tres pasos de la luz de retorno. Seleccionar: "Compensación de la pérdida de calcio": 100%.

5º Métodos de conexión (12):

a) Conectar al paciente la línea arterial y venosa a la vez. Hay que tener en cuenta que el circuito y el filtro tienen suero fisiológico con heparina 5000 U/L y se le pasarán aproximadamente:

60 ml de suero heparinizado (300 U de heparina) cuando se utiliza el HF20

100 ml de suero heparinizado (500 U de heparina) con el Multiflow 60

150 ml de suero heparinizado (750 U de heparina) con el M100

Esta cantidad de heparina hay que descontarla del bolo de heparina inicial.

b) Volver a cebar el filtro con albúmina al 5%. Indicado en:

- Neonatos y lactantes pequeños
- Pacientes con alteración hemodinámica que tienen mayor riesgo de hipotensión con la conexión.
- Pacientes que van a realizar anticoagulación con citrato porque no requieren administración de heparina.



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

Iniciar la técnica

6º Bolo de heparina (sólo en anticoagulación con heparina): poner el bolo de heparina en la conexión antes del filtro al llegar la sangre al filtro.

7º Definir flujos: tras los primeros 3-5 minutos aumentar progresivamente hasta el flujo de sangre deseado y programar líquido de sustitución, diálisis y extracción.

8º Colocar el calentador del hemofiltro.

5. PROGRAMACIÓN DE FLUJOS

- **Flujo de sangre:** depende del tamaño del paciente y del filtro. Entre 3-10 ml/kg/min. Como referencia: Neonatos: 10-20 ml/min. Lactantes: 20-40 ml/min. Niños < 20 kg: 50-100 ml/min. Niños > 20 kg: 100-150 ml/min. Cuando el filtro se inserta en un circuito de ECMO el flujo será el más elevado para el filtro utilizado. En anticoagulación con citrato usamos flujos de sangre en el límite inferior del rango.

- **Flujo de extracción:** según el balance negativo deseado horario.

- **Flujo de sustitución:** puede administrarse prefiltro o postfiltro. Debido a la posibilidad de coagulación de la cámara atrapaburbujas recomendamos elegir la sustitución postfiltro, programando en general un flujo de 20 a 40 ml/kg/h. A mayor volumen mayor depuración.

El citrato, por su alto volumen, funciona también como líquido de sustitución prefiltro. En ese caso sólo es necesario añadir 20-50 ml/hora en postfiltro para evitar la coagulación de la cámara atrapaburbujas.

- **Diálisis:** se debe usar diálisis (hemodiafiltración) para depurar los solutos pequeños, con 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.



6. MONITORIZACIÓN, CONTROLES Y ALARMAS

- **Monitorización:** frecuencia cardiaca, respiratoria, ECG. Valorar también la necesidad de presión arterial invasiva y presión venosa central. Control de la temperatura y del calentador. Debe explorarse al paciente valorando signos de deshidratación o hiperhidratación. El balance de líquidos debe ser horario, comprobando en el monitor la correcta extracción de líquidos del paciente.
- **Controles iniciales de la anticoagulación** (en el puerto postfiltro con una jeringa no heparinizada y una aguja de insulina):
 - 1- Heparina: Tiempo de coagulación activado (ACT) postfiltro a las 4 horas de la conexión. ACT 180-200 segundos.
 - 2- Citrato: se realiza calcio iónico postfiltro. A las 2 horas del inicio. Mantener entre 0,25-0,35 mmol/L. Ajustar según tabla 5
- **Gasometría del paciente:** realizar cada 8 horas en todos los pacientes control del equilibrio ácido-base y electrolitos (Na, K, Cl, Ca). En anticoagulación con citrato: calcio iónico (mantener en niveles normales 1,1-1,4 mmol/L): para regular la perfusión de calcio intravenoso sobre todo si se ha realizado una modificación en la velocidad del citrato. Ver tabla 6
- **Controles periódicos generales:** según el estado del paciente inicialmente cada 12 horas y posteriormente y el funcionamiento de la técnica de: equilibrio ácido base, electrolitos (Na, K, Cl, Ca, calcio iónico, P, y magnesio) hemograma, función renal, albúmina y estudio de coagulación del paciente (prefiltro).
- **Control de la diálisis:** creatinina y urea durante la técnica para ajustar la diálisis.



Tabla 5. Regulación de la concentración de citrato según los niveles de calcio iónico postfiltro.

Calcio iónico postfiltro	Actitud con la Concentración de citrato	Valorar	Nuevo control
< 0,25 mmol	Disminuir 0,3 mmol/L.	Dosis mínima 1,5 mmol/L.	En dos horas.
0,25-0,35 mmol	Seguir igual.		Seguir pauta habitual.
0,35-0,45 mmol	Subir 0,3 mmol/L.		Seguir pauta habitual.
> 0,45 mmol	Subir 0,5 mmol/L. Valorar disminuir la compensación si el calcio iónico del paciente es >1 mmol/L.	Dosis máxima lactantes 3,5 mmol/L. Dosis máxima niños 4 mmol/L.	En dos horas.

Tabla 6. Ajuste de la perfusión de calcio intravenoso

Calcio iónico del paciente mmol/L	Actitud con la Compensación	Valorar	Control
< 0,8	Subir un 20 %. Si calcio iónico <0,6: administrar además un bolo intravenoso lento al paciente.	Posible error: Comprobar la jeringa de calcio. Bajar el flujo de citrato si el control de calcio iónico postfiltro es < 0,35.	En una hora.
0,8-0,89	Subir un 10%		En una hora
1-1,29	Mantener igual	Si la compensación actual es >110% valorar disminuir.	Seguir pauta habitual
1,3-1,5	Bajar un 10%		Seguir pauta habitual
>1,5	Bajar un 20%	Error en la administración	En una hora

CONTROLES Y ALARMAS DE LOS MONITORES DE TDEC

- **Presión arterial o de entrada:** mide y avisa de los problemas para extraer la sangre del paciente (coagulación, acodamiento, mala posición del catéter o el circuito).
- **Presión venosa o de retorno:** mide y avisa de los problemas para retornar la sangre al paciente (coagulación, acodamiento, mala posición del catéter o el circuito, o coágulos en la cámara cazaburbujas).



- **Presión de caída del filtro:** es la diferencia entre la presión previa al filtro y la presión de retorno. Aumenta cuando el filtro se va coagulando o cuando el flujo sanguíneo y/o volumen de reposición son excesivos para el tamaño del filtro.
- **Presión transmembrana:** mide la presión que soporta la membrana del filtro. Aumenta cuando el filtro se va coagulando, cuando los poros de la membrana están saturados o cuando se le está exigiendo al filtro un volumen de ultrafiltrado mayor del que puede conseguir con el flujo de sangre programado.
- **Presión y volumen de ultrafiltrado:** mide y avisa de la presión necesaria para extraer líquido e indirectamente de la coagulación del filtro.
- **Fracción de Filtración (FF)** es la cantidad de suero que ultrafiltramos del total de plasma que pasa por el filtro. $FF = [(Flujo\ efluente - F\ diálisis) / F\ sanguíneo * 60 * (1 - Htco) + Sustitución\ prefiltrado\ (incluye\ citrato)]$. Se recomienda controlar y mantener por debajo del 20% para evitar la coagulación del filtro (sobre todo en anticoagulación con heparina).
- **Aire en el circuito:** avisa, para automáticamente la bomba y cierra el paso de sangre al paciente, cuando existe aire en el circuito venoso más allá de la cámara cazaburbujas.
- **Sangre en ultrafiltrado:** avisa de la presencia de sangre en el líquido ultrafiltrado por rotura de microfibrillas. Da falsas alarmas con la presencia de aire u otras sustancias (bilirrubina) que colorean el ultrafiltrado.

7. COMPLICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE DEPURACIÓN EXTRARRENAL

- **Técnicas:**
 - Mal funcionamiento del acceso vascular (succión de la pared del vaso alrededor del catéter, acodamiento, coagulación).
 - Coagulación del circuito y/o del filtro: debido a flujo sanguíneo bajo, interrupciones frecuentes del funcionamiento, aire en el filtro o anticoagulación insuficiente.
 - Desconexión con sangrado.
 - Embolia aérea.
- **Clínicas (12,13):**



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

- Hemorragia (al canalizar la vía, por desconexión accidental, por trombopenia por consumo en el filtro o por efecto de la heparina).
- Trombosis
- Hipovolemia en la conexión. Para evitarla se puede precebar con coloides (mejor) o sangre, o expandir por otra vía en el momento de la conexión.
- Anemia por cambios repetidos de filtros
- Alteraciones en balance hídrico (hipo o hipervolemia) y electrolitos por errores en el balance.
- Hipotermia: se debe utilizar un calentador asociado al circuito en la línea de retorno al paciente, calentar los líquidos y/o calentar externamente al paciente.
- Infección.

COMPLICACIONES DE LA ANTICOAGULACIÓN CON CITRATO (7)

- Alcalosis metabólica: generalmente leve. En general no es causa de suspensión del tratamiento.
- Intoxicación por citrato: muy infrecuente. Debe sospecharse si el paciente tiene hipocalcemia refractaria y acidosis. Este se puede producir por dosis elevadas de citrato en pacientes con insuficiencia hepática severa que no pueden metabolizarlo. Para evitarla se debe monitorizar el cociente: $\text{calcio total (mg/dl)} / [\text{calcio iónico (mmol/L)} \times 4]$. Cuando este cociente es mayor de $> 2,8$ debe sospecharse que el calcio está siendo quelado por un acúmulo excesivo de citrato. Se recomienda disminuir la dosis de citrato, estudiar la función hepática y suspender la técnica si el calcio iónico del paciente persiste bajo.
- Hipocalcemia: definida como un calcio iónico en el paciente $< 0,8$ mmol/L. Se debe comprobar que no hay ningún problema con la jeringa del calcio: que pierda calcio por la conexión, que esté dando errores de flujo, que se haya cargado de forma incorrecta. Se debe volver a cambiar la jeringa de calcio y comprobar que funciona correctamente. Para corregir la hipocalcemia, aumentar un 20 % la compensación de calcio. Además, si el calcio iónico es menor de 0,6, administrar un bolo intravenoso lento al paciente



(gluconato cálcico al 10% 0,5 mEq/kg hasta un máximo de 10 ml diluido al medio con glucosa al 5% a pasar en una hora). También se debe comprobar si se está administrando demasiado citrato. Bajar el flujo de citrato si el control de calcio iónico postfiltro es $< 0,35$ (aunque está en rango) y realizar un nuevo control en una hora.

- Presión prefiltro elevada: hay que tener en cuenta que el flujo de sangre que pasa por el filtro es la suma del flujo de sangre real del paciente (que es el programado) más la perfusión de citrato, porque la PBP infunde el citrato antes de la bomba de sangre. Si las necesidades de citrato son elevadas esto puede producir un aumento de la presión prefiltro al intentar pasar mucho líquido por un filtro pequeño. Se puede valorar en esos casos disminuir el flujo de sangre (si el paciente está bien dializado).
- Presión transmembrana elevada: como el volumen de solución citrato para anticoagular es elevado, y ese mismo volumen debe ser eliminado por el filtro en general la presión transmembrana y la fracción de filtración con la anticoagulación con citrato son elevadas, pero esto no supone un mal funcionamiento del sistema ni indican que el filtro se esté coagulando.

8. SEGURIDAD

Se debe garantizar la correcta formación de todos los profesionales implicados y desarrollar sistemas de verificación que garanticen que coincida lo prescrito y lo administrado al paciente. La enseñanza mediante simulación ayuda a desarrollar esta formación y aprender a solucionar problemas técnicos que en ocasiones son tardíamente detectados por el monitor.

9. AJUSTE DE FÁRMACOS EN TDEC

Al inicio de la técnica se deben revisar TODOS los fármacos del paciente. La dosificación de fármacos en pacientes con TDEC debe tener en cuenta sus características farmacocinéticas, el



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

filtro utilizado y la dosis de la terapia, la inmadurez metabólica de los niños y las alteraciones por la situación crítica. La mayoría de los fármacos tienen un peso molecular bajo < 1.000 daltons y atraviesan la membrana del filtro.

En general:

- 1- Los fármacos en perfusión continua como vasoactivos y sedantes: se pueden ajustar por el efecto clínico. No suele ser preciso modificarlos.
- 2- Los fármacos con aclaramiento renal $>30\%$: administrar la dosis de carga inicial normal (igual que los pacientes sin fallo renal) y posteriormente:
 - a. Medición de niveles plasmáticos: en todos los fármacos con aclaramiento renal $>30\%$ cuyos niveles puedan ser medidos. Especialmente en aquellos con rango terapéutico estrecho como los antibióticos.
 - b. Si no pueden realizarse niveles: se deben usar los ajustes derivados de los estudios clínicos o, si éstos no existen, utilizar la dosis estándar utilizada en pacientes con fallo renal para aclaramiento entre 10-50 ml/min de FGE.



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

10. Bibliografía

- 1.- Basu RK, Kaddourah A, Goldstein SL; AWARE Study Investigators. Assessment of a renal angina index for prediction of severe acute kidney injury in critically ill children: a multicentre, multinational, prospective observational study. *Lancet Child Adolesc Health*. 2018 Feb;2(2):112-120.
- 2.- Vinsonneau, C., Allain-Launay, E., Blayau. Renal replacement therapy in adult and pediatric intensive care. *Annals of intensive care*. 2015; 5: 1-19.
- 3.- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Inter Suppl*. 2013; 3: 1–150.
- 4.- Sutherland SM, Zappitelli M, Alexander SR, et al. Fluid overload and mortality in children receiving continuous renal replacement therapy: the prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Am J Kidney Dis*. 2010;55(2):316-325.
- 5.- Bellomo R, Kellum JA, Ronco C, et al. Acute kidney injury in sepsis. *Intensive Care Med*. 2017;43(6):816-828.
- 6.- Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract*. 2012;120(4):c179-c184.
- 7.- Fernández SN, Santiago MJ, López-Herce J, et al. Citrate anticoagulation for CRRT in children: comparison with heparin. *Biomed Res Int*. 2014;2014:786301.
- 8.- John JC, Taha S, Bunchman TE. Basics of continuous renal replacement therapy in pediatrics. *Kidney Res Clin Pract*. 2019;38(4):455-461.
- 9.- Ricci Z, Goldstein SL. Pediatric Continuous Renal Replacement Therapy. *Contrib Nephrol*. 2016;187:121-130.
- 10.- Karkar A, Ronco C. Prescription of CRRT: a pathway to optimize therapy. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):32.
- 11.- Fayad AI, Buamscha DG, Ciapponi A. Intensity of continuous renal replacement therapy for acute kidney injury. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;10(10):CD010613.



SECIP

SOCIEDAD Y FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS

PROTOCOLO DE TECNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL

12.- Fernández S, Santiago MJ, González R, et al. Hemodynamic impact of the connection to continuous renal replacement therapy in critically ill children. *Pediatr Nephrol.* 2019;34(1):163-168.

13.- Santiago MJ, López-Herce J, Urbano J, Solana MJ, del Castillo J, Ballesteros Y, Botrán M, Bellón JM. Complications of continuous renal replacement therapy in critically ill children: a prospective observational evaluation study. *Critical Care* 2009,13:R184.