

# Técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosa en neonatos y niños críticamente enfermos

J. López-Herce Cid, A. Carrillo Alvarez, E. Panadero Carlavilla, C. Sánchez Sánchez, R. Moral Torrero, A. Bustinza Arriortúa

**Resumen. Objetivos:** Analizar la eficacia de las técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosa con bomba en neonatos y niños críticamente enfermos.

**Pacientes y métodos:** Se analizaron 10 episodios de insuficiencia renal aguda en 9 pacientes de edades comprendidas entre 7 días y 2 años y peso entre 2,9 y 13 kg tratados con técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosa (hemofiltración o hemodiafiltración), mediante la aplicación de una bomba BSM-32-IC (Hospal) y filtros Miniflow de 0,04 m<sup>2</sup> y FH22 de 0,2 m<sup>2</sup>.

**Resultados:** Se utilizaron flujos sanguíneos entre 15 y 40 ml/min, consiguiendo un flujo de ultrafiltración medio de 190 ± 61 ml/hora. La técnica se mantuvo entre 5 y 58 horas, con una duración media de los filtros de 16 ± 14 horas. En 3 episodios se suspendió la técnica por recuperación de la función renal. Todos los pacientes toleraron adecuadamente la técnica y no se produjeron complicaciones secundarias importantes (isquemia arterial moderada de la extremidad por canalización arterial en 1 paciente, alteraciones electrolíticas en 3, hipotermia en 1 y necesidad de transfusión de plaquetas en 5). Fallecieron 7 pacientes por shock y fallo multiorgánico sin relación con la técnica de depuración.

**Conclusiones:** Las técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosa son útiles en el tratamiento de los niños críticamente enfermos, y pueden utilizarse en neonatos a término y niños pequeños.

*An Esp Pediatr 1998;49:39-45.*

**Palabras clave:** Técnicas de depuración extrarrenal continua; Hemofiltración; Hemodiafiltración; Insuficiencia renal aguda; Cuidados intensivos; Niños; Neonatos.

## CONTINUOUS VENO-VENOUS RENAL REPLACEMENT THERAPIES IN CRITICALLY ILL NEONATES AND CHILDREN

**Abstract. Objective:** The objective of this study was to analyze the efficacy of continuous veno-venous renal replacement therapies in neonates and children.

**Patients and methods:** We analyzed 10 episodes of acute renal failure in 9 patients, between 7 days and 2 years of age and weighing between 2.9 and 13 kg, treated with continuous veno-venous renal replacement therapies (hemofiltration or hemodiafiltration) by using a BSM-32-IC (Hospal) monitor and two types of hemofilters, Miniflow of 0.04 m<sup>2</sup> (Hospal) and FH22 of 0.2 m<sup>2</sup> (Gambro).

**Results:** We used a blood flow between 15 and 40 ml/min and obtained an ultrafiltration rate of 190 ± 61 ml/hour. The mean life of the hemofilters was 16 ± 14 hours, with the duration of the technique

between 5 and 58 hours. In three episodes the technique was ended because of normalization of renal function. All patients tolerated continuous renal replacement therapies without important secondary effects (one patient had moderate ischemia of the leg because of erroneous arterial catheterization, 3 patients had electrolyte alterations, 1 patient had hypothermia and 5 patients needed platelet transfusions). Seven patients died because of shock and multiple organ failure which was not related to the technique.

**Conclusions:** Continuous veno-venous renal replacement therapies are useful in the treatment of critically ill children. Veno-venous techniques can be used in term neonate and infants.

**Key words:** Continuous renal replacement therapies. Hemofiltration. Hemodiafiltration. Acute renal failure. Intensive care. Children. Neonate.

## Introducción

Entre un 2 a 10% de los niños ingresados en unidades de cuidados intensivos pediátricos y neonatales sufren insuficiencia renal aguda<sup>(1)</sup>. Las causas de insuficiencia renal en la infancia han cambiado en las últimas décadas, siendo en el momento actual, la insuficiencia renal aguda postquirúrgica, sobre todo tras circulación extracorpórea, la sepsis con fallo multiorgánico, el shock, el síndrome hemolítico urémico, la asfixia perinatal, y los traumatismos los factores etiológicos más importantes<sup>(1-4)</sup>. Menos frecuentes son el postoperatorio de trasplantes renales, la hipovolemia debida a hemorragia, quemaduras o deshidratación, la glomerulonefritis aguda, la administración de quimioterapia en tumores linfoproliferativos, y el tratamiento con aminoglicósidos.

En el tratamiento del fracaso renal agudo en la infancia se pueden utilizar tres métodos de depuración extrarrenal: la diálisis peritoneal, la hemodiálisis y las técnicas de depuración extrarrenal continua (TDEC). La elección de la técnica de depuración extrarrenal dependerá en cada paciente, de la patología responsable de la insuficiencia renal aguda, de la afectación hemodinámica y respiratoria, de las posibilidades y medios técnicos, y de la experiencia del equipo médico con cada una de las técnicas.

A pesar de que la diálisis peritoneal es un método eficaz para el tratamiento de la insuficiencia renal aguda en la infancia, la repercusión sobre la función respiratoria y hemodinámica, y el peor rendimiento en los pacientes con bajo gasto cardíaco debido a la disminución de perfusión de la membrana peritoneal, limitan su utilización en los pacientes pediátricos con grave compromiso cardiorrespiratorio<sup>(5,6)</sup>. La hemodiálisis es la técnica que consigue

Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Universidad Complutense de Madrid.

*Correspondencia:* Jesús López-Herce. c/ Puenteceures 1.B 1º B. Madrid 28029

*Recibido:* Octubre 1997

*Aceptado:* Marzo 1998

un mayor aclaramiento de urea y creatinina y una mayor depuración de líquidos, pero la necesidad de accesos vasculares de gran calibre y el riesgo de hipovolemia, que es muy mal tolerada por los pacientes críticamente enfermos<sup>(7)</sup>, limitan su utilización exclusivamente a los niños mayores sin repercusión hemodinámica. Desde que Kramer en 1977<sup>(8)</sup> describió la hemofiltración arteriovenosa continua, las técnicas de depuración extrarrenal continua se han convertido en el método dialítico más utilizado en pacientes críticos, tanto adultos<sup>(9,10)</sup>, como pediátricos<sup>(11-13)</sup>.

Todas las técnicas de depuración extrarrenal continua (TDEC)<sup>(14)</sup> (ultrafiltración continua (SCUF), hemofiltración arteriovenosa continua (HAVC) o venovenosa continua (HVVC), hemodiafiltración arteriovenosa (HDFAVC) o venovenosa (HDFVVC), y hemodiálisis arteriovenosa continua (HDAVC) o venovenosa continua (HDVVC), pueden ser utilizadas en niños, aunque por su tamaño y volumen sanguíneo existen limitaciones para su aplicación práctica. La experiencia en adultos ha demostrado que las TDEC venovenosas con bomba son superiores a las técnicas arteriovenosas, siendo el método utilizado actualmente en la mayoría de unidades de cuidados intensivos de adultos<sup>(9,10)</sup>. En niños la inexistencia de bombas y circuitos sanguíneos adecuados para los pacientes más pequeños ha limitado la utilización de las técnicas venovenosas. Recientemente han sido introducidas en nuestro país 3 bombas para depuración extrarrenal continua que pueden utilizarse en neonatos y lactantes pequeños. El objetivo de nuestro trabajo es presentar la experiencia preliminar con TDEC venovenosa con bomba en neonatos a término y niños pequeños.

## Pacientes y métodos

Desde mayo a septiembre de 1997 hemos tratado con TDEC venovenosas 10 episodios de insuficiencia renal aguda en 9 niños críticamente enfermos (5 niñas y 4 niños). La edad de los niños osciló entre 7 días y 2 años, siendo 4 de ellos menores de 1 mes, y el peso entre 2,9 y 13 kg (6 pacientes pesaban menos de 5 kg). En 7 pacientes la insuficiencia renal aguda ocurrió en el postoperatorio de cirugía cardíaca, en uno secundaria a sepsis meningocócica y en una niña por tratamiento antineoplásico de un tumor de Wilms estadio IV (Tabla I). La indicación de la TDEC venovenosa fue en todos los pacientes una insuficiencia renal aguda y/o hipervolemia severa. En un episodio (paciente 1) la TDEC venovenosa se inició tras un período inicial de hemofiltración arteriovenosa continua, y en el resto de los casos, como técnica inicial de depuración extrarrenal, todos los pacientes estaban sometidos a ventilación mecánica y presentaban inestabilidad hemodinámica importante requiriendo infusión de fármacos inotrópicos a dosis elevadas (dopamina entre 3 y 40 µg/kg/min todos los niños, adrenalina entre 0,5 y 12 µg/kg/min 5 pacientes, noradrenalina entre 2 y 3 µg/kg/min 2 niños, y milrinona entre 0,4 y 0,7 µg/kg/min 5 niños). En todos los pacientes se solicitó a los padres consentimiento informado antes de iniciar la técnica.

Como acceso vascular se utilizó en todos los pacientes la vena femoral, canalizada mediante técnica de Seldinger con un ca-

Tabla I Edad, peso, diagnósticos y cirugía de los 9 pacientes

Nº	Edad	Peso	Diagnósticos	Cirugía
1	3 m	4,5	D-TGA	Corrección fisiológica
2	15 d	2,9	Interrupción istmo aórtico	Conducto aórtico
3	15 m	8,5	Tumor de Wilms	No
4	2 a	13	Sepsis meningocócica	No
5	8 m	6	Cardiopatía compleja	Recambio válvula mitral
6	5 m	4,7	Comunicación interventricular	Corrección
7	7 d	3,4	Coartación aorta	Corrección
8	12 d	3,2	D-TGA	Ampliación de comunicación interauricular
9	15 d	3,6	Cardiopatía compleja	Cerclaje de arteria pulmonar

*D-TGA: D-Trasposición de grandes arterias*

téter de poliuretano de doble luz de 6,5 French de calibre y 10 cm de longitud, con 3 orificios laterales conectados a una luz y 1 orificio distal conectado a la otra luz (Hemoaccess, Hospal). El fabricante recomienda utilizar la luz conectada a los orificios laterales como vía de salida de la sangre del paciente ("vía arterial") y el orificio distal como vía de retorno de la sangre ("vía venosa"). Nosotros las hemos invertido en la mayoría de los pacientes, utilizando el orificio distal como vía de salida de sangre (arterial), tras comprobar que en algunos casos la bomba producía una presión negativa excesiva que colapsaba la vena femoral contra los orificios laterales sin conseguir el drenaje de la sangre. Al utilizar el orificio distal como "vía arterial" se solucionó el problema en todos los pacientes.

En todos los pacientes se utilizó el monitor BSM-32-IC (Hospal), que dispone de una bomba de sangre, una bomba para infusión de líquido de diálisis o líquido de reposición, jeringa para infusión de heparina, y alarmas con control automático de presión prefiltro, presión venosa, presión de coagulación del filtro y detector de aire en cámara de recogida venosa. Se han utilizado circuitos neonatales específicos para el monitor BSM-32-IC (Hospal), que precisan un volumen de purgado de 33 ml, y como filtros, el Miniflow 10 (Hospal) con una superficie de 0,04 m<sup>2</sup> y un volumen de purgado de 3,5 ml y el FH22 (Gambro) con una superficie de 0,2 m<sup>2</sup> y un volumen de purgado de 11 ml. (Tabla II). Para el inicio de la técnica se purgó el circuito con suero salino 0,9% heparinizado con 5.000 U/L y se preparó concentrado de hematías y/o albúmina al 5%. Antes de la conexión del circuito se administró un bolo de heparina de 20 a 50 U/kg, excepto en los pacientes con coagulopatía severa. Posteriormente se conectó la "vía arterial" (de salida de sangre) a una de las luces del catéter del paciente y se inició el procedimiento con un flujo san-

Tabla II Filtros utilizados, flujo sanguíneo y flujo de ultrafiltración

Paciente	Filtro	Número de filtros	Flujo sangre ml/min	Volumen ultrafiltrado ml/h
1	MINIFLOW FH22	3	20-30	251
1*	FH22	1	30	272
2	MINIFLOW	1	30	82
3	MINIFLOW	1	40	130
4	FH22	1	20 - 30	215
5	FH22	3	20 - 30	255
6	FH22		25 - 30	208
7	FH22	1	20 - 30	191
8	FH22	1	20 - 30	164
9	FH22 MINIFLOW	2	15 - 30	137

\* 2º episodio de insuficiencia renal aguda

guíneo de 30 ml/min. Una vez purgado el circuito y el filtro con la sangre del paciente se conectó la vía venosa de retorno. En ningún caso purgamos el filtro con sangre de banco. Si el inicio de la TDEC producía disminución de la tensión arterial por hipovolemia se realizó expansión con concentrado de hematíes y/o albúmina.

El flujo sanguíneo se mantuvo en todos los pacientes entre 15 y 40 ml/min, modificándolo según el volumen de líquido de ultrafiltrado deseado. En 9 episodios se realizó hemofiltración venovenosa continua (HVVC), utilizando la administración del líquido de reposición previa al filtro. Como fluido de reposición se preparó un líquido con sodio 140 mEq/L, cloro 105 mEq/L, bicarbonato 30 a 40 mEq/L, (en forma de CNa 105 mEq/l y bicarbonato 25 a 35 mEq/L), calcio 3,5 mEq/L, magnesio 1,5 mEq/L, y potasio entre 0 a 4 mEq/L, dependiendo de su valor sérico. (A las concentraciones utilizadas se pueden unir calcio y bicarbonato sin riesgo de precipitación). En la mayoría de los casos para la administración de líquido de reposición se utilizó una bomba volumétrica distinta a la del monitor BSM-32-IC, debido a que permite controlar mejor el volumen de líquido de reposición administrado (la bomba del aparato sólo permite un flujo de reposición mínimo de 100 ml/h). En un caso se realizó hemodiafiltración venovenosa continua (HDFVVC) con administración de líquido de diálisis a 600 ml/h con la otra bomba del monitor BSM32. La cámara de recogida de ultrafiltrado se colocó entre 40 y 70 cm por debajo del filtro. No se utilizó ningún sistema para regular la salida de líquido de ultrafiltrado. La anticoagulación se realizó mediante administración de heparina continua antes del filtro de 5 a 10 U/kg/h para mantener un tiempo de tromboplastina activado del doble del control (Tabla III). En los pacientes con coagulopatía severa no se administró heparina durante la TDEC.

Tabla III Anticoagulación administrada y complicaciones

Paciente	Heparina U/kg/h	Complicaciones	Transfusiones Durante la técnica
1	5 - 10	Alcalosis metabólica (L. de reposición con excesivo CO <sub>3</sub> H)	Hematíes Plaquetas (trombopenia previa)
2	5	NO	NO
3	0	NO	Plaquetas (trombopenia previa)
4	0	NO	Hematíes Plaquetas (C.I.D. previa)
5	10	Hiponatremia Hipocloremia Hipocalemia	Plaquetas (C.I.D. previa) Hematíes
6	10	NO	Plaquetas (trombopenia previa)
7	10	Hiponatremia Hipocalcemia Hipocalemia	Hematíes Plaquetas (trombopenia previa)
8	NO	NO	NO
9	0 - 10	Vascular (*) Trombopenia Hipotermia	NO

\*Canalización por error de arteria femoral con lesiones isquémicas del miembro inferior

En todos los pacientes se recogió prospectivamente información sobre la vía canalizada, complicaciones de canalización, flujo sanguíneo utilizado, volumen de líquido ultrafiltrado, tipo de líquido y volumen del líquido de reposición y de diálisis, duración de cada uno de los filtros, motivo de cambio de filtro, complicaciones de la técnica, valores de plaquetas, urea, creatinina, y potasio antes de iniciar la técnica y a las 24 horas, duración de la TDEC y motivo de la retirada.

## Resultados

**Funcionamiento de la técnica:** en todos los pacientes la TDEC venovenosa funcionó adecuadamente. Se utilizaron flujos sanguíneos entre 15 y 40 ml/min (3 - 10 ml/kg/min), alcanzándose un volumen de ultrafiltrado horario medio de 190,5 ± 61,8 ml/h (rango 82 a 272 ml/h), que corresponden a 15 a 60 ml/kg/hora. Se utilizaron un total de 15 filtros (Tabla IV). La vida media de los filtros fue de 16,6 ± 14,9 horas (rango 2 a 58 horas). El cambio de filtro se produjo por coagulación en 5 ocasiones, y por rotura en uno. En 9 ocasiones el filtro se retiró mientras estaba funcionando correctamente (en 2 por recuperación de la función renal y en 7 por fallecimiento del paciente). Algunos de los filtros se coagularon debido a no solucionar correctamente alguna de las alarmas del monitor (aire en la cámara cazaburbujas y aumento de presión arterial o venosa), probablemente por insuficiente conocimiento del mo-

Tabla IV Comparación entre la hemofiltración arteriovenosa continua y la hemofiltración venovenosa continua en el paciente 1

Técnicas	Arteriovenosa	Venovenosa
	Ultrafiltración Hemofiltración	Hemofiltración Hemodiafiltración
Tipo de filtros	FH22 - minifilter plus	FH22 - miniflow
Nº de filtros	9	4
Duración media del filtro (horas)	8	13 *
Ultrafiltrado ml/hora	41	255

\* El último filtro se retiró tras 8 horas por fallecimiento del paciente mientras estaba funcionando adecuadamente.

nitor por parte de todo el personal médico y de enfermería de la UCIP.

**Comparación con las técnicas arteriovenosas:** el paciente nº 1 fue tratado inicialmente con hemofiltración arteriovenosa continua y posteriormente con hemofiltración y hemodiafiltración venovenosa continua. Con la técnica venovenosa se consiguió un volumen de ultrafiltrado significativamente superior, y una mayor duración de los filtros, a pesar de ser el primer paciente en que se utilizó el monitor. En la Tabla IV se recogen los datos de comparación entre ambas técnicas.

**Complicaciones:** (Tabla III). La canalización de la vía venosa femoral se realizó en todos los pacientes sin producirse complicaciones hemorrágicas, a pesar de que algunos de ellos presentaban coagulación intravascular diseminada severa. En el paciente nº 9 con cardiopatía cianógena con hipoxemia severa (PaO<sub>2</sub> arterial 20 mmHg) se canalizó por error la arteria femoral derecha produciéndose tras la inserción del catéter fenómenos isquémicos del miembro inferior izquierdo con pequeñas zonas necróticas de la piel en pie y dedos. En algunos pacientes se produjo edema moderado por alteración del retorno venoso del miembro inferior canalizado.

Un paciente presentó alcalosis metabólica secundaria a excesivo aporte de bicarbonato en el líquido de reposición y otros dos niños, alteraciones electrolíticas (hiponatremia, hipocalcemia e hipocalcemia) que requirieron aumento de aportes. En todos los pacientes la temperatura disminuyó tras la instauración de la técnica. Sólo en un caso (paciente nº 9) se produjo hipotermia importante (temperatura de 34 °C), a pesar de tratamiento con cuna térmica, manta y calentamiento del líquido de reposición. Seis pacientes requirieron transfusión de plaquetas tras la instauración de la TDEC, aunque todos ellos presentaban trombopenia severa previa. Un paciente presentó disminución de la cifra de plaquetas secundaria a la técnica sin precisar transfusión.

**Evolución:** las TDEC venovenosas se mantuvieron entre 5 y 58 horas (media 25,1 ± 17,1 horas). Las TDEC se retiraron en

3 episodios por recuperación de la función renal y en 7 por fallecimiento del paciente. En ningún caso se retiró por complicaciones secundarias a la técnica. Fallecieron 7 de los 9 pacientes (77%). La causa de muerte fue en todos ellos shock asociado a fallo multiorgánico. Ningún paciente falleció por insuficiencia renal ni por complicaciones derivadas de la técnica.

## Discusión

En el momento actual las TDEC son los métodos de tratamiento más utilizados en los pacientes pediátricos críticamente enfermos, desde neonatos prematuros<sup>(11,15)</sup>, a lactantes y niños mayores<sup>(4,11-13,16,17)</sup>. Inicialmente se utilizaron en niños con insuficiencia renal aguda o hipervolemia, pero progresivamente sus indicaciones se han ampliado a “enfermedades no renales”<sup>(18)</sup>, como el tratamiento de alteraciones electrolíticas severas<sup>(19)</sup>, descompensaciones agudas de enfermedades congénitas del metabolismo<sup>(20)</sup>, prevención y tratamiento de la lisis tumoral<sup>(21,22)</sup>, sepsis y fallo multiorgánico<sup>(23-25)</sup>, durante la circulación extracorpórea<sup>(26)</sup>, y para el mantenimiento de los pacientes con fracaso hepático agudo previo al trasplante hepático<sup>(27)</sup>.

Aunque las técnicas arteriovenosas son métodos terapéuticos habituales, en la mayor parte de las unidades de cuidados intensivos pediátricos y neonatales, existe poca experiencia con la aplicación de técnicas venovenosas con bomba, sobre todo en neonatos y lactantes pequeños<sup>(5,11,16,24)</sup>.

**Accesos vasculares:** los accesos vasculares constituyen una de las mayores limitaciones para la aplicación y funcionamiento de las TDEC venovenosas en el neonato y el lactante. En los niños, el pequeño acceso vascular hace que el flujo sanguíneo a través del filtro sea muy inferior al que se encuentra en los adultos, lo que contribuye a un menor flujo de ultrafiltración y a una mayor facilidad de coagulación disminuyendo la vida media del filtro. Para aplicar las técnicas de depuración venovenosa se pueden utilizar un catéter de doble luz o dos catéteres de una luz. Es importante emplear catéteres especiales con suficiente rigidez, ya que los utilizados habitualmente para canalizar vías centrales pueden colapsarse o acodarse por la presión negativa ejercida por la bomba. Algunos autores recomiendan utilizar en los neonatos 2 catéteres de una sola luz y 5 French de calibre, el “arterial” o de salida en cava superior a través de clavícula o yugular, y el de retorno o venoso en vena femoral<sup>(11,16)</sup>. Nosotros hemos utilizado un catéter de doble luz de 6,5 Fr introducido por vía femoral en todos los pacientes con buenos resultados, aunque pensamos que el calibre de este catéter puede ser excesivo para neonatos con peso inferior a 2,5 ó 3 kg y puede ser más conveniente en estos casos utilizar 2 catéteres.

**Bombas:** la mayor parte de las bombas para infundir sangre y bombas de hemodiálisis utilizan un volumen de cebado de sangre excesivo y funcionan con flujos sanguíneos demasiado elevados, lo que ha limitado su aplicación en neonatos y lactantes. En los últimos años se han desarrollado diversas bombas de sangre (RS7800 Minipump (Renal Systems), BSM32SC (Hospal), HP150 (Medica), BM11 blood monitor pump (Baxter), Diapact CRRT (Braun), que pueden ser utilizadas para la apli-

cación de TDEC venovenosas en niños. Los aparatos para realizar TDEC venovenosa deberían contar con una bomba de sangre regulable a flujos sanguíneos muy bajos, una bomba para infusión de líquidos (líquido de reposición y/o de diálisis), una bomba de heparina, monitorización de presión prefiltro y de retorno, y detectores con alarma de presiones de entrada y salida, de aire en el sistema, y de fuga de sangre. También sería conveniente que tuvieran un sistema para calentar los líquidos utilizados como reposición, y un sistema de control y autorregulación de las entradas y salidas de líquidos.

Nuestro estudio demuestra que la bomba BSM-32-IC de Hospal puede utilizarse en neonatos a término y lactantes pequeños. El circuito sanguíneo neonatal de bajo volumen 33 ml permite su aplicación a pacientes de bajo peso con poca repercusión hemodinámica. Son necesarios estudios que analicen su utilidad en recién nacidos con peso inferior a 3 kg (aunque algunos autores han utilizado las técnicas de depuración extrarrenal en un neonato de 1,7 kg de peso)<sup>(16)</sup>. Nosotros hemos utilizado flujos sanguíneos entre 15 y 40 ml/min, similares a los de otros estudios pediátricos<sup>(11,16)</sup> y que coinciden con experiencias en animales que recomiendan utilizar flujos sanguíneos entre 5 y 10 ml/kg/min<sup>(28)</sup>. El volumen de ultrafiltración alcanzado en nuestros pacientes fue elevado (190 ml/hora), lo que permitió administrar sin problemas la medicación y nutrición necesarias y realizar el balance negativo deseado. Algunos autores utilizan una bomba en el líquido de ultrafiltrado para regular el volumen de ultrafiltración<sup>(16)</sup>. Nosotros hemos preferido dejar libre el flujo de ultrafiltración y variar el volumen de líquido de reposición, dependiendo del balance hídrico deseado y de la repercusión hemodinámica sobre el paciente, aunque esto requiere mayor vigilancia y control del balance de líquidos.

La administración de líquido de reposición antes del filtro aumenta el volumen de líquido ultrafiltrado y al disminuir la hemoconcentración disminuye la posibilidad de coagulación del filtro lo que aumenta su vida media<sup>(11)</sup>. En nuestros pacientes la vida media del filtro fue más corta que la descrita por otros autores en niños (24 a 48 horas)<sup>(11,16)</sup>, debido en parte, probablemente, a una falta de experiencia con el manejo de la bomba, y a que la mitad de los filtros se retiraron por fallecimiento del paciente mientras funcionaban correctamente.

**Heparinización:** las TDEC venovenosas requieren una menor heparinización que las técnicas arteriovenosas, ya que al mantener un mayor flujo sanguíneo a través del filtro la posibilidad de coagulación es menor<sup>(29)</sup>. Por esta razón el riesgo de sangrado sistémico es menor. Se recomienda mantener un tiempo de coagulación o de tromboplastina activado en la muestra extraída después del filtro entre 1,5 y 2 veces el control<sup>(11,16,29)</sup>. En pacientes con riesgo elevado de sangrado se puede emplear heparina a dosis bajas (2,5 UI/kg/h) asociada a prostaciclina (5-20 ng/kg/min)<sup>(11)</sup>, e incluso no utilizar anticoagulación, como hicimos en algunos pacientes.

**Complicaciones:** las complicaciones de las TDEC venovenosas se pueden clasificar en problemas técnicos y complicaciones clínicas<sup>(30)</sup>. Los principales problemas técnicos son el mal

funcionamiento del acceso vascular, la coagulación del filtro, la desconexión del circuito, el acodamiento de las líneas, el embolismo aéreo (muy raro ya que los aparatos tienen cámara cazaburbujas y sistema de detección de aire y parada automática de la bomba), los trastornos hídricos (hipervolemia- hipovolemia), por error en los cálculos del balance hídrico y/o en el aporte de líquidos de reposición y las alteraciones electrolíticas, por errores en la preparación de soluciones de reposición, como ocurrió en uno de nuestros pacientes. El riesgo de complicaciones técnicas disminuye con el entrenamiento del personal médico y de enfermería que maneja al paciente<sup>(30)</sup>.

Las complicaciones clínicas más importantes son: la isquemia, perforación y/o sangrado de los vasos sanguíneos, sobre todo durante la canalización de los accesos vasculares, como ocurrió en uno de nuestros pacientes<sup>(11,30)</sup>. También puede producirse sangrado sistémico por la heparinización y/o por el consumo de plaquetas en el filtro<sup>(11,24)</sup>. Seis de nuestros pacientes precisaron transfusiones de plaquetas durante la realización de las TDEC, aunque todos ellos presentaban trombopenia antes de iniciar la técnica. Las TDEC pueden producir hipotermia debido al paso de sangre por el circuito extracorpóreo<sup>(30,31)</sup>. La hipotermia es directamente proporcional al volumen del líquido de ultrafiltración<sup>(31)</sup>, y aunque, generalmente, puede controlarse con calentamiento externo y/o del líquido de reposición, puede convertirse en un problema importante en neonatos y lactantes pequeños, como ocurrió en uno de nuestros casos. Otras complicaciones son la trombosis, infección local y/o sistémica, y reacciones alérgicas<sup>(30)</sup>.

**Comparación entre las diversas técnicas de depuración extrarrenal:** La principal ventaja de las TDEC con respecto a la hemodiálisis es la menor alteración hemodinámica, ya que el robo de líquidos se realiza de forma continua<sup>(7)</sup>. Esto permite su utilización en pacientes hemodinámicamente inestables, y en niños muy pequeños, incluso prematuros. Tiene menor riesgo de sangrado, al precisar menor heparinización, y no requiere personal tan especializado como la hemodiálisis, pudiendo ser aplicado y controlado por el personal de enfermería de cuidados intensivos pediátricos<sup>(32)</sup>. La mayor desventaja de las técnicas de depuración continua en niños con respecto a la hemodiálisis es su menor capacidad de depuración de urea y creatinina.

En comparación con la diálisis peritoneal las TDEC consiguen un mayor balance negativo de líquidos, permiten un mayor aporte nutricional sin riesgo de hiperglucemia, son más cómodas para el paciente, pueden ser aplicadas sin limitaciones en niños con patología abdominal<sup>(5,32)</sup>, y no producen alteración de la función respiratoria, e incluso mejoran la oxigenación<sup>(23)</sup>. Sus desventajas son el riesgo en los accesos vasculares, la necesidad de transfusiones de sangre repetidas y la menor capacidad de depuración de urea y creatinina<sup>(32)</sup>.

Las ventajas de las TDEC arteriovenosas en niños con respecto a las venovenosas son:

1. Son más sencillas de aplicar, ya que no requiere la utilización de bombas. Esto permite aplicarla a niños con cualquier edad y patología.
2. Se aprenden más fácilmente.
3. Requieren

circuitos extracorpóreos más pequeños, lo que disminuye el riesgo de hipovolemia. 4. Tienen menor riesgo de embolia gaseosa. 5. Tienen menor incidencia de problemas técnicos. Las técnicas venovenosas producen mayor número de problemas técnicos (alarmas de aire, presión, fugas de sangre). 6. Son más baratas y, por tanto, accesibles para cualquier unidad de cuidados intensivos pediátricos.

Por el contrario, las ventajas de las técnicas venovenosas son: 1. Garantizan un flujo sanguíneo controlado y un volumen de ultrafiltrado regular, independiente de la presión arterial media del paciente. 2. Consiguen mayor volumen de ultrafiltrado y por tanto mayor capacidad de eliminación de solutos. 3. Necesitan menor heparinización al mantener un flujo sanguíneo más elevado a través del filtro. 4. Evitan las complicaciones derivadas de la utilización de la vía arterial, ya que sólo precisa la canalización de una o dos vías venosas. 5. Permiten una rápida detección del malfuncionamiento del hemofiltro al disponer de un doble monitor de presión, pre y postfiltro. Se detecta la disminución de rendimiento del filtro por coagulación o revestimiento proteico de las fibras, antes que disminuya el volumen líquido de ultrafiltrado. Las bombas de hemofiltración actuales pueden detectar precozmente la rotura del hemofiltro mediante un detector de sangre en el líquido de ultrafiltrado. También disponen de detector de burbujas en la vía venosa que automáticamente cierra la vía. 6. Aumentan la vida media de los hemofiltros de 12 a 18 h hasta 2-3 días, lo que disminuye las pérdidas sanguíneas, permitiendo una menor manipulación del sistema y disminuyendo el trabajo de enfermería<sup>(11)</sup>.

Influencia de las TDEC sobre el pronóstico de los pacientes: a pesar del progreso en el tratamiento de los niños críticamente enfermos con insuficiencia renal aguda la mortalidad no ha disminuido significativamente, probablemente debido a que la insuficiencia renal no es la causa de muerte de estos pacientes, sino la enfermedad subyacente y/o el fallo multiorgánico, tal como ocurrió en nuestra serie. La mortalidad de los pacientes en nuestro estudio fue muy elevada, aunque ninguno de nuestros pacientes falleció como consecuencia de la insuficiencia renal. La mortalidad es similar a la encontrada con hemofiltración arteriovenosa en un estudio previo realizado por nuestro grupo<sup>(33)</sup>, y la referida en otros estudios pediátricos de similares características tratados con TDEC venovenosas<sup>(11,16)</sup>, y a la publicada en adultos<sup>(9,34)</sup>. La mortalidad es más elevada en los niños que sufren insuficiencia renal aguda en el curso de una sepsis con fallo multiorgánico<sup>(24)</sup>, en el postoperatorio de cirugía cardíaca<sup>(5,35)</sup>, o en el trasplante de médula ósea<sup>(4)</sup>. Por el contrario los niños con lisis tumoral o síndrome hemolítico-urémico son los que presentan mejor pronóstico<sup>(4,6)</sup>. Varios estudios han encontrado que los factores que se correlacionan con mayor mortalidad en los niños con insuficiencia renal aguda son la hipotensión, las presiones venosas muy elevadas, la necesidad de fármacos inotrópicos a concentraciones elevadas, la necesidad de asistencia respiratoria, la edad menor de 1 mes y la necesidad de técnicas diálisis<sup>(2,4)</sup>. Todos nuestros pacientes presentaban varios de estos factores de riesgo.

Concluimos que las técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosas son útiles en el tratamiento de la insuficiencia renal aguda y la hipervolemia en el neonato y lactante pequeño, aunque exigen un mayor entrenamiento y dificultad técnica que las técnicas arteriovenosas. Son necesarios estudios que analicen su utilidad en neonatos prematuros.

## Agradecimientos

Al personal de enfermería de la Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos por su dedicación y ayuda en el desarrollo de las técnicas de depuración extrarrenal continua.

## Bibliografía

- 1 Stapleton FB, Jones DP, Green RS. Acute renal failure in neonates: incidence, etiology and outcome. *Pediatr Nephrol* 1987; **1**:314-320.
- 2 Gallego N, Gallego A, Pascual J, Liaño F, Estepa R, Ortuño J. Prognosis of children with acute renal failure: a study of 138 cases. *Nephron* 1993; **64**:399-404
- 3 Evans JH. Acute renal failure in children. *Br J Hosp Med* 1994; **52**:159-161
- 4 Smoyer WE, McAdams C, Kaplan BS, Sherbotie JR. Determinants of survival in pediatric continuous hemofiltration. *J Am Soc Nephrol* 1995; **6**:1401-1409.
- 5 Fleming F, Bohn D, Edwards H, Cox P, Geary D, McCrindle BW, Williams WG. Renal replacement therapy after repair of congenital heart disease in children: a comparison of hemofiltration and peritoneal dialysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; **109**:322-331.
- 6 Latta K, Offner G, Brodehl J. Continuous peritoneal dialysis in children. *Adv Perit Dial* 1992; **8**:406-409.
- 7 Davenport A, Will EJ, Davidson AM. Improved cardiovascular stability during continuous modes of renal replacement therapy in critically ill patients with acute hepatic and renal failure. *Crit Care Med* 1993; **21**:328-338.
- 8 Kramer P, Wigger W, Rieger J, Matthaei D, Scheler F. Arteriovenous haemofiltration: a new and simple method for treatment overhydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschr* 1977; **55**:1121-1122.
- 9 Sánchez-Izquierdo JA, Lozano Quitana MJ, Ambrós Checa A, Pérez Vela JL, Caballero Cubedo R, Alted López E. Hemofiltración venovenosa continua en pacientes críticos. *Med Intensiva* 1995; **19**:171-176
- 10 Bellomo R, Parkin G, Boyce N. Acute renal failure in the critically ill: Management by continuous veno-venous hemodiafiltration. *J Crit Care* 1993; **8**:140-144.
- 11 Zobel G, Ring E, Rödl S. Continuous renal replacement therapy in critically ill pediatric patients. *Am J Kidney Dis* 1996; **28**(suppl 3):S28-S34.
- 12 Ronco C, Parenzan L. Acute renal failure in infancy: Treatment by continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* 1995; **21**:490-499.
- 13 López-Herce J, Dorao P, Delgado MA, Espinosa L, Ruza F, Martínez MC. Continuous arteriovenous hemofiltration in children. *Intensive Care Med* 1989; **15**:224-227.
- 14 Bellomo R, Ronco C, Mehta RL. Nomenclature for continuous renal replacement therapies. *Am J Kidney Dis* 1996; **28**(suppl 3):S2-S7
- 15 Zobel G, Ring E, Müller WD. Continuous arteriovenous hemofiltration in preterm infants. *Crit Care Med* 1989; **17**:534-536.

- 16 Klee KM, Fouser L, Greenleaf K, Watkins SL. Continuous venovenous hemofiltration with and without dialysis in pediatric patients. *ANNA J* 1996; **23**:35-39.
- 17 Bunchman TE, Donckerwolcke RA. Continuous arterial venous diahemofiltration and continuous venovenous diafiltration in infants and children. *Pediatr Nephrol* 1994; **8**:96-102.
- 18 Van Bommel EFH. Should continuous renal replacement therapy be used for "non-renal" indications in critically ill patients with shock? *Resuscitation* 1997; **33**:257-270.
- 19 López-Herce J, Dorao P, Delgado MA, Ruza F, Alvarado F. Tratamiento de los trastornos electrolíticos con hemofiltración arteriovenosa continua en el niño crítico. *An C Intensivos* 1988; **3**:232-234.
- 20 Thompson GN, Butt WW, Shann FA, Kirby DM, Henning RD, Howells DW, Osborne A. Continuous venovenous hemofiltration in the management of acute decompensation in inborn errors of metabolism. *J Pediatr* 1991; **118**:879-884.
- 21 Saccente SL, Kohaut EC, Berkow RL. Prevention of tumor lysis syndrome using continuous veno-venous hemofiltration. *Pediatr Nephrol* 1995; **9**:569-573.
- 22 Sakarcan A, Quigley R. Hyperphosphatemia in tumor lysis syndrome: The role of hemodialysis and continuous venovenous hemofiltration. *Pediatr Nephrol* 1994; **8**:351-353.
- 23 DiCarlo JS, Dudley ThE, Sherbotie JR, Kaplan BS, Costarino AT. Continuous arteriovenous hemofiltration/dialysis improves pulmonary gas exchange in children with multiple organ system failure. *Crit Care Med* 1990; **18**:822-826.
- 24 Reeves JH, Butt WW. Blood filtration in children with severe sepsis: safe adjunctive therapy. *Intensive Care Med* 1995; **21**:500-504.
- 25 Carrillo Alvarez A, López-Herce Cid J. Depuración extrarrenal en el paciente séptico: La hemofiltración arteriovenosa y venovenosa continua. *An Esp Pediatr* 1995; **S66**:12-16.
- 26 Journois D, Pourad Ph, Greeley WJ, Mauriat Ph, Vouhé P, Safran D. Hemofiltration during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery. *Anesthesiology* 1994; **81**:1181-1189.
- 27 Hammer GB, So SK, Al-Uzri A, Conley SB, Concepción W, Cox KL, Berquist WE, Esquivel CO. Continuous venovenous hemofiltration with dialysis in combination with total hepatectomy and portocaval shunting: Bridge to liver transplantation. *Transplantation* 1996; **62**:130-132.
- 28 Werner HA, Herbertson MJ, Seear MD. Functional characteristics of pediatric veno-venous hemofiltration. *Crit Care Med* 1994; **22**:320-325.
- 29 Metha RL. Anticoagulation strategies for continuous renal replacement therapies: What works? *Am J Kidney Dis* 1996; **28**:S8-S14.
- 30 Ronco C, Bellomo R. Complications with continuous renal replacement therapy. *Am J Kidney Dis* 1996; **28**:S100-104.
- 31 Matamis D, Tsagaourias M, Koletsos K, Riggos D, Mavromatidis K, Sombolos K, Bursztein S. Influence of continuous haemofiltration-related hypothermia on haemodynamic variables and gas exchange in septic patients. *Intensive Care Med* 1994; **20**:431-436.
- 32 López-Herce Cid J, Ruza Tarrío F. Nuevos métodos de depuración extrarrenal en niños. La hemofiltración arteriovenosa continua. *An Esp Pediatr* 1987; **27**:405-407.
- 33 López-Herce Cid J, Carrillo Alvarez A. Depuración extrarrenal en el fracaso renal agudo pediátrico. Presentado en : Fracaso Renal Agudo. "Encuentros de Medicina Intensiva en la Costa Brava". Lloret de Mar, Abril 1997.
- 34 Brivet FG, Kleinknecht DJ, Loirat Ph, Landais PJM. The French study group on acute renal failure. Acute renal failure in intensive care units. Causes, outcome, and prognostic factors of hospital mortality: A prospective multicenter study. *Crit Care Med* 1996; **24**:192-198.
- 35 Paret G, Cohen AJ, Bohn DJ, Edwards H, Taylor R, Geary D, Williams WG. Continuous arteriovenous hemofiltration after cardiac operations in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; **104**:1225-1230.