

Hemofiltración arterio-venosa continua en el recién nacido

F. Castillo Salinas, J. Nieto Rey*, S. Salcedo Abizanda, J. Perapoch López, A. Fina Martí, F. Salmerón Caro, C. Bonjoch Mari, JM. Vinzo Gil, G. Peguero Monforte

Resumen. *Objetivos:* Presentamos 12 recién nacidos afectados de insuficiencia renal aguda (IRA) de diferentes etiologías con oliguria y sobrecarga hídrica que fueron tratados con hemofiltración arterio-venosa continua (HAVC).

Pacientes y métodos: La edad gestacional y el peso al nacer osciló entre 26 - 42 semanas y 700 - 4.700 gramos respectivamente. Los vasos umbilicales fueron los accesos vasculares más frecuentemente utilizados. Se emplearon dos tipos de filtros: Gambro FH22 y Amicon Minifilter.

Resultados: La duración del tratamiento fue de 8 a 120 horas. Conseguimos un promedio de ultrafiltrado de 25 mL/h oscilando entre 82,8 mL/h y 10,75 mL/h (31,8 - 4,1 mL/k/h). En todos los pacientes conseguimos un balance hídrico negativo. El tratamiento fue bien tolerado, siendo las complicaciones más frecuentemente observadas la hipotensión al iniciar el sistema y la tendencia a la hipoglucemia. Se interrumpió la HAVC debido a la recuperación de la función renal en 6 casos y al fallecimiento en los otros 6 casos. La causa de muerte en 3 casos fue por su malformación cardíaca y en otros 3 por fallo multiorgánico.

Conclusión: La HAVC es una técnica útil en el tratamiento de la IRA en el recién nacido oligoanúrico.

An Esp Pediatr 1999;50:279-284.

Palabras clave: Hemofiltración arterio-venosa continua; Insuficiencia renal aguda; Recién nacidos.

Treatment was well tolerated. Complications included hypotension when the system was started and hypoglycemia. CAVH was stopped because of normalization of renal function in 6 cases and death in the other 6. In the latter, cardiac malformation was the cause of death in 3 cases and multiple organ failure in the other 3.

Conclusions: CAVH is useful in the treatment of ARF in the oligoanuric newborn.

Key words: Continuous Arterio-venous hemofiltration. Acute renal failure. Newborn.

Introducción

La insuficiencia renal aguda (IRA) en el recién nacido, generalmente, resulta de una gran variedad de eventos peri y neonatales que conducen a una hipoperfusión renal y al fracaso renal agudo secundario. Como consecuencia del mismo se producirá una sobrecarga en el balance hidroelectrolítico y en el equilibrio ácido-base que agravará, de forma a veces fatal, la evolución clínica del recién nacido⁽¹⁾. Cuando fracasa el tratamiento médico convencional es preciso aplicar técnicas de depuración extrarrenal. La hemodiálisis es una técnica extremadamente difícil y no exenta de peligros cuando se emplea en el recién nacido, y especialmente en el prematuro. Por otra parte, cuando la IRA complica la evolución de una peritonitis o de un recién nacido sometido a cirugía abdominal, la diálisis peritoneal está contraindicada. Este problema se incrementa cuando coexiste inestabilidad hemodinámica o grave compromiso respiratorio⁽²⁾. La hemofiltración arterio-venosa continua (HAVC) puede representar una alternativa eficaz en el control de la sobrecarga hídrica y de las alteraciones metabólicas que se presentan en estos recién nacidos⁽³⁻⁵⁾. Esta técnica consiste en un pequeño circuito extracorpóreo compuesto por un filtro de baja resistencia, permeable al agua y a solutos de bajo peso molecular no unidos a proteínas plasmáticas, conectado en un extremo a una arteria y en el otro a una vena del paciente. El gradiente hidrostático entre las dos líneas vasculares permite movilizar la sangre del paciente a través del circuito, obteniéndose por fuerzas de convección un ultrafiltrado similar al agua plasmática^(4,6).

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados técnicos y clínicos obtenidos con el empleo de la HAVC en doce recién nacidos.

CONTINUOUS ARTERIO-VEINUS HEMOFILTRATION IN NEWBORN INFANTS

Abstract. *Objective:* We present 12 newborns with acute renal failure (ARF) of different etiologies that were treated with continuous arterio-venous hemofiltration (CAVH).

Patients and methods: Gestational age and birth weight ranged from 26-42 weeks and 700-4,700 grams, respectively. The umbilical artery and vein were most frequently used as vascular accesses. Two types of filters were used: Gambro FH 22 and Amicon Minifilter.

Results: Treatment lasted from 8 to 120 hours. We obtained an ultrafiltration median of 25 ml/h ranging from 10.75 mL/h to 82.8 mL/h (4.1-31.8 mL/k/h). The volume balance was negative in all patients.

Servicio de Neonatología. * Servicio de Nefrología. Hospital Universitario Materno-Infantil Valle Hebrón. Barcelona.

Correspondencia: Félix Castillo Salinas. Servicio de Neonatología. Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales. Hospital Materno-Infantil Valle Hebrón. Paseo Vall d'Hebron 119-129. 08035 Barcelona.

Recibido: Mayo 1998

Aceptado: Febrero 1999

Tabla I HAVC en recién nacidos. Datos clínicos

Caso	EG (semanas)	PN (g)	Sexo	Diagnóstico	Peso/TAM
1	29	2.510	F	Hidrops. Uretero - hidronefrosis, ano imperforado, peritonitis meconial	2.620/33
2	41	3.030	M	Onfalocele, shock séptico, CID	3.310/42
3	34	3.120	M	Hidrops. Asfixia	3.190/44
4	40	2.500	F	Coartación aorta. Shock cardiogénico	2.670/34
5	42	3.550	F	Asfixia	3.680/55
6	40	2.500	F	Interrupción del arco aórtico	2.590/32
7	40	4.700	F	Hidrops. Asfixia	4.900/57
8	35	1.625	M	Gastrosquisis. Shock séptico	1.930/46
9	34	3.100	F	Hidrops. Enfermedad de Ebstein	3.350/46
10	26	700	F	Enfermedad membrana hialina	840/31
11	34	2.400	M	Hidrops	2.650/52
12	32	2.000	F	Hidrops	2.240/48

EG: edad gestacional, PN: peso nacimiento. Peso/TAM: peso y tensión arterial media al inicio del sis.

Pacientes y métodos

Pacientes

Desde enero de 1989 hasta diciembre de 1997 doce recién nacidos (RN) afectados de fallo renal agudo con sobrecarga hídrica y oligoanuria (< 0,3 mL/k/h) fueron tratados con HAVC durante un período que osciló entre 8 horas y 5 días. Siete eran RN prematuros y cinco RN a término cuyas edades gestacionales oscilaron entre 26 y 42 semanas. El peso al nacimiento medio fue de 2.649 g con un rango de 700 - 4.700 g. La tabla I muestra las características de la población. La oligoanuria estaba presente en todos los casos. Ocho de ellos presentaban además signos de sobrecarga hídrica, en dos casos complicada con inestabilidad hemodinámica, fallo cardíaco y edema pulmonar. Seis pacientes mostraban signos biológicos de IRA (azoemia, acidosis metabólica, etc.), y un caso una hipercalemia ($K > 7$ mEq/L). Todos los pacientes precisaban ventilación mecánica y tratamiento tónico-diu-rético con dopamina, dobutamina y furosemida.

Métodos

Acceso vascular: los catéteres utilizados para la cateterización umbilical fueron los del calibre 5 Fr con una longitud de 38 cm. En otros vasos (femorales, humerales, etc.) utilizamos catéteres de un calibre de 0,8-1,4 mm (Abbocath-18G, Arrow 22GA).

Hemofiltro: en 11 pacientes se empleó el hemofiltro Gambro FH 22 (compuesto de poliamida, diámetro de la fibra de 215 μ m con una longitud de 11,5 cm, área de 0,16 m², el índice de ultrafiltrado que puede crear con un flujo

sanguíneo de 50-100 cc/min y una presión media transmembrana de 50-100 mm Hg es del orden de 2-5 ml/min y tiene un volumen inicial de 11-13 ml). En un paciente utilizamos el Amicon minifilter (volumen hemático de llenado de 7,6 ml, I.U. 0,5-1,5 ml/min/mmHg, superficie 210 cm², fibra de polisulfona).

Circuito: el hemofiltro se coloca en posición horizontal a la misma altura que el corazón del paciente. Se conecta por el extremo aferente a la arteria y por el eferente a la vena del paciente. En las conexiones intercalamos llaves de tres pasos, dos en el lado arterial y uno en el venoso. Por una de las llaves de tres pasos de la línea arterial se infunde la solución de heparina. En la línea venosa posee otro orificio por donde podría administrarse el líquido de reposición. En el cuerpo del filtro, en el extremo venoso existe un orificio de salida del ultrafiltrado que se conecta a una bolsa colectora graduada. La distancia entre el filtro y la bolsa colectora se mantenía lo más alto posible en orden a incrementar la presión negativa gravitatoria favorecedora de la creación del ultrafiltrado. No empleamos otras técnicas para modificar el flujo sanguíneo o incrementar el ultrafiltrado.

Antes de conectar el sistema al paciente se procedía al purgado del hemofilter. La técnica del purgado consiste en preparar un gotero de 1.000 cc de suero salino con 2.500 unidades de heparina conectándolo al lado arterial del hemofilter. En una primera fase se cerraba la salida del filtro hacia la bolsa colectora con una pinza y colocando el sistema en posición vertical dando salida a las burbujas de aire contenidas en el hemofilter por el lado venoso. Cuando dejan de apa-

Tabla II HAVC en recién nacidos. Tratamiento

Caso	Edad (inicio)	Duración	Arteria/vena	Complicaciones	Seguimiento
1	24 h	49 h	Umb/Umb	Trombocitopenia. Hipocalcemia	Vivo
2	72 h	38 h	Femor/Femor	Hipoglucemia. Anemia	Exitus
3	24 h	42 h	Umb/Umb	Hipotensión. Cambio de filtro. Hipocalcemia	Vivo
4	60 h	8 h	Umb/Umb	Anemia	Exitus
5	60 h	45 h	Umb/Umb	Anemia. Cambio de filtro	Vivo
6	76 h	8 h	Umb/Umb	Hipoglucemia	Exitus
7	48 h	36 h	Umb/Baslic	Hipoglucemia. Trombocitopenia	Vivo
8	15 d	11 h	Humer/Humer	Hipoglucemia	Exitus
9	30 h	5 d	Umb/Umb	Hipoglucemia. Hipercalemia. Trombocitopenia. Coagulación intravascular	Exitus
10	52 h	16 h	Umb/Umb	HIPV III. Hipotensión	Exitus
11	24 h	4 d	Umb/Umb	Hipotensión	Vivo
12	24 h	72 h	Umb/Umb	Hipoglucemia	Vivo

recer burbujas, se cierra la llave de tres pasos del lado venoso y se abre la salida a la bolsa colectora.

Heparina: una vez conectado el sistema al paciente se administra un bolus inicial de heparina (40 UI/kg), seguido de una infusión continua de heparina entre 5-20 UI/kg/hora, dependiendo de las pruebas de coagulación del paciente. En aquellos casos en los que existía coagulopatía o trombocitopenia previa, no se administró el bolus inicial de heparina y sí la infusión continua de 5 UI/kg/hora.

El proceso de purgado y heparinización del filtro es básico para el buen funcionamiento del sistema, ya que asegura el máximo efecto anticoagulante durante los primeros minutos del tratamiento para evitar la coagulación en el primer contacto sangre-membrana.

Líquido de reposición: la reposición de líquidos (según los balances horarios deseados) se efectúa administrando Ringer, concentrado de hematíes, plasma, solución alcalina, líquidos de diálisis o nutrición parenteral dependiendo de las necesidades en cada caso.

Controles: la extracción de la muestra de sangre para el estudio bioquímico se efectuó por una de las llaves de tres pasos de la línea arterial. Cada 6 horas se fueron controlando: urea, ionograma, calcio, creatinina, hematócrito, PaO₂, PaCO₂, pH, bicarbonato, proteínas totales, tiempo de protrombina, tiempo de cefalina, fibrinógeno y plaquetas. Intentamos mantener el tiempo de cefalina del paciente 1,5 veces superior al del control. El balance de entradas y salidas de líquido se

efectuaba horariamente. El paciente se mantenía monitorizado controlándose cada hora la frecuencia cardíaca y la tensión arterial.

Resultados

El curso clínico durante el tratamiento y el seguimiento posterior se describe en la tabla II. Se requirieron un promedio de 1,6 filtros por paciente (rango entre 1-4). En tres casos fue preciso cambiar el hemofiltro durante el proceso. Las razones para el cambio de filtro fueron: disminución de la ultrafiltración (dos pacientes) y coagulación del sistema (un paciente). Previamente al inicio del sistema se incrementó un 10% la dosis de inotrópicos y se administró una carga de concentrado de hematíes en una cantidad similar al volumen de llenado del sistema.

La figura 1 muestra la evolución de los niveles plasmáticos de urea durante el tratamiento. Las figuras 2 y 3 la evolución diaria del volumen de ultrafiltrado y el balance hídrico negativo respectivamente. El promedio de ultrafiltrado fue de 25 mL/h oscilando entre 82,8 mL/h y 10,75 mL/h.

La duración del tratamiento osciló entre de 8 a 120 horas. El motivo de interrupción del procedimiento fue el fallecimiento en 6 casos (los casos 4, 6, 9 debido a la desfavorable evolución de la malformación cardíaca y en los casos 2, 8 y 10 debido a fallo multiorgánico). En los que sobrevivieron se suspendió la hemofiltración al normalizarse la función renal.

La HAVC, una vez iniciada fue bien tolerada en todos los pacientes. Las complicaciones más frecuente fueron la hipotensión al iniciar el procedimiento (que se solucionó administrando expansores de volumen) y la tendencia a la hipo-

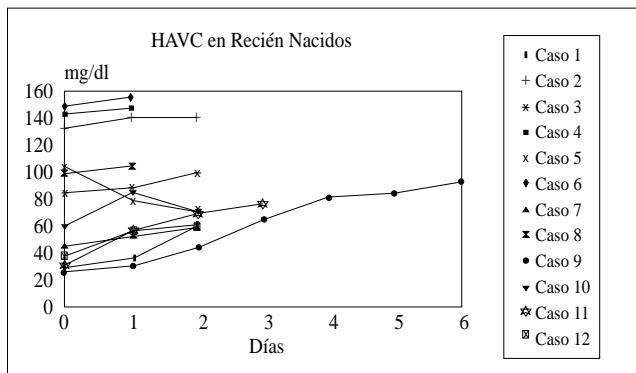


Figura 1. Evolución de los niveles plasmáticos de urea durante el tratamiento.

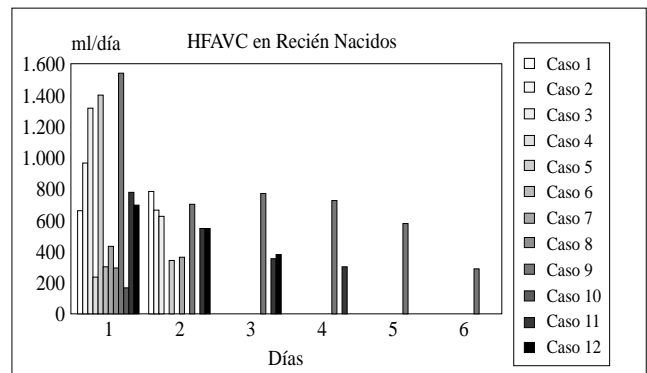


Figura 2. Volumen de ultrafiltrado diario durante el tratamiento.

glucemia (que se solucionó aumentando el aporte i.v. de hidratos de carbono).

Tuvimos problemas de sobreheparinización en el paciente 1 que requirió reducir la dosis de heparina. En el paciente 9 no se administró el bolus inicial de heparina debido a la presencia de trombocitopenia y coagulación intravascular diseminada. La hemorragia periintra ventricular del paciente 10 ya estaba presente al inicio de la HAVC.

Discusión

En los últimos años se ha utilizado la HAVC en el tratamiento de la insuficiencia renal aguda (IRA) con sobrecarga hídrica y/o alteraciones electrolíticas en el recién nacido^(3,5,6). Su funcionamiento es similar al de un glomérulo extracorpóreo sin secreción ni reabsorción tubular. Los factores determinantes que favorecen la ultrafiltración son: la presión positiva ejercida por la tensión arterial sanguínea y la presión negativa gravitatoria ejercida por la columna de drenaje del ultrafiltrado. Se oponen al ultrafiltrado la presión oncótica plasmática. En el extremo arterial del hemofilter la presión hidrostática supera a la presión oncótica determinando el ultrafiltrado. A medida que la sangre avanza a través del filtro, se concentra tendiendo a igualarse las dos fuerzas. En este punto, la presión negativa ejercida por la columna del ultrafiltrado adquiere gran importancia en la generación de una adecuada presión transmembrana. Otros factores que se oponen al ultrafiltrado son los aumentos en la resistencia al flujo sanguíneo en las líneas arterial o venosa y la viscosidad de la sangre⁽⁵⁾. Las principales características de los filtros utilizados en pediatría son la baja resistencia al flujo sanguíneo, el menor volumen y el menor índice de ultrafiltrado, dado que poseen menor área de superficie total^(7,2). En nuestro servicio utilizamos el Gambro FH 22 y el Amicon Minifilter, los cuales poseen un mayor índice de ultrafiltración y, por lo tanto, una mayor capacidad de aclaramiento de los pequeños solutos como la urea y creatinina.

La HAVC produce una cantidad limitada de ultrafiltrado de forma continua con una composición idéntica a la del agua plasmática generado por fuerzas de convección. Esta característica puede limitar su aplicación en aquellos recién nacidos con un severo catabolismo y un alto índice de producción de urea. Aunque ninguno de nuestros pacientes falleció a causa de la uremia, en 6 casos la HAVC por sí sola no impidió la progresión de la azoemia. En estos casos se puede aumentar la eficacia del sistema mediante el uso de técnicas que incrementen el índice de ultrafiltrado. Se ha aplicado una presión negativa mediante una bomba de succión en la salida del ultrafiltrado⁽⁸⁾, sin embargo, esta técnica comporta un mayor riesgo de sangrado, hemólisis y descompensación hemodinámica. Otra técnica que puede incrementar el aclaramiento de solutos es el empleo de hemodiafiltración arteriovenosa continua (HDAVC). La HDAVC consiste en administrar a contracorriente del flujo sanguíneo un líquido de diálisis mediante una bomba de perfusión⁽⁹⁾.

En el recién nacido, uno de los principales problemas a la hora de utilizar la HAVC es la obtención de unos accesos vasculares adecuados (básicamente el arterial), que permitan un flujo sanguíneo eficaz y mantengan una presión arterial suficiente para el eficaz funcionamiento del sistema. Para solucionar el primer problema se puede realizar la hemofiltración venovenosa. En este caso o en el caso de baja presión sistémica es preciso utilizar una bomba de perfusión⁽¹⁰⁻¹²⁾. Como es lógico, todas estas técnicas tienen el inconveniente de una mayor complejidad técnica y un número mayor de complicaciones.

Aunque la HAVC fue bien tolerada por nuestros pacientes siendo una técnica bastante segura, las complicaciones que pueden surgir son básicamente de dos tipos: técnicas y clínicas. Debe extremarse el cuidado durante la manipulación del circuito con el fin de evitar embolias gaseosas y la desconexión accidental de algún punto del mismo, pues daría lugar a importantes pérdidas hemáticas. Cuando se produce una

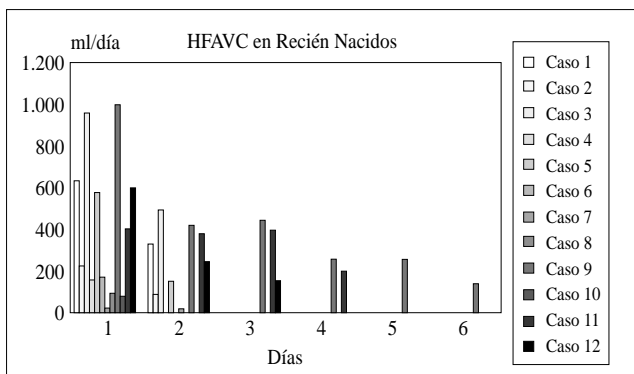


Figura 3. Balance hídrico negativo diario durante el tratamiento.

fisura a nivel de una de las fibras del hemofiltro, se produce una fuga de sangre que se detecta en el líquido del ultrafiltrado, lo que permite la inmediata detección del problema y el cambio del filtro. Cuando la tasa de ultrafiltración es inferior a 0,5 ml/min se debe revisar el correcto funcionamiento del sistema, y asegurarse de que la tensión arterial del paciente es correcta. Si todo parece normal hay que sospechar que se ha coagulado la sangre dentro del sistema, lo que impide la ultrafiltración. Se puede intentar un lavado del filtro utilizando una solución heparinizada y si no se resuelve la situación es preciso cambiar el filtro.

Entre las complicaciones clínicas más importantes está el sangrado secundario a la heparinización, por lo que es imprescindible una cuidadosa monitorización de la coagulación y de la evolución del número de plaquetas del paciente. Es imprescindible vigilar estrictamente la aparición de complicaciones relacionadas con los accesos vasculares (trombosis, embolismo). En nuestra serie no hemos observado complicaciones relacionadas con los mismos, ni problemas hemorrágicos relacionados con la heparinización. En todos nuestros casos conseguimos un balance hídrico negativo que disminuía con el tiempo de funcionamiento del hemofiltro.

Es fundamental la cuidadosa monitorización de las constantes hemodinámicas y respiratorias, así como de la temperatura (aunque el manejo del recién nacido en incubadora o cuna térmica permite el calentamiento simultáneo del sistema).

Las principales indicaciones de la HFAVC serían:

1. La insuficiencia renal aguda, sobre todo en aquellos casos en que la diálisis peritoneal está contraindicada o resulta peligrosa (cirugía abdominal reciente, inestabilidad hemodinámica e insuficiencia respiratoria, ya que el aumento de la presión intraabdominal dificultará la movilidad diafragmática y el retorno venoso).

2. Sobrecarga hídrica resistente a los diuréticos: insuficiencia cardíaca congestiva, hidrops foetalis, postoperatorio cardíaco (se suele utilizar el hemofiltro para hemoconcentrar al paciente en algunos casos al final de la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea⁽¹³⁾).

3. Alteraciones metabólicas: hidroelectrolíticas, del equilibrio ácido-base y descompensaciones en errores innatos del metabolismo^(14,15).

4. Necesidad de administrar gran cantidad de líquidos (nutrición parenteral) con el fin de prevenir la hipervolemia en aquellos pacientes con mala tolerancia a la sobrecarga hídrica.

5. Para conseguir un aclaramiento de los mediadores de la inflamación en casos de shock séptico y fallo multiorgánico. Es posible que el beneficio de la utilización de la HFAVC al final de la cirugía extracorpórea descansa, en parte, en la eliminación de estos mediadores⁽¹⁶⁾.

En resumen, creemos que la HFAVC es una técnica de depuración extrarrenal segura, de fácil y rápida aplicación y efectiva en el tratamiento de la sobrecarga hídrica del recién nacido oligoanúrico y en el edema resistente a diuréticos. Es una alternativa en el manejo de la insuficiencia renal cuando otras modalidades terapéuticas están contraindicadas. Sin embargo, tiene una baja capacidad dialítica que a veces es insuficiente en pacientes con elevado estado hiper-catabólico siendo necesario incrementar su eficacia de aclaramiento mediante el uso de hemodiafiltración o hemofiltración asistida por bomba.

Bibliografía

- 1 Stapleton FB, Jones DB, Green RS. Acute renal failure in neonates: incidence, etiology and outcome. *Pediatr Nephrol* 1987; **1**:314-320.
- 2 Coulthard MG, Vernon B. Managing acute renal failure in very low birthweight infants. *Arch Dis Child* 1995; **73**:F187-F192.
- 3 Ronco C, Brendolan A, Bragantini L, Chiaramonte S, Feriani M, Fabris A, Dell'Aquila R, La Greca G. Treatment of acute renal failure in newborns by continuous arterio-venous hemofiltration. *Kidney Int* 1986; **29**:908-915.
- 4 Lieberman KV, Nardi L, Bosch JP. Treatment of acute renal failure in an infant using continuous arteriovenous hemofiltration. *J Pediatr* 1985; **106**:646-649.
- 5 Lieberman KV. Continuous arteriovenous hemofiltration in children. *Pediatr Nephrol* 1987; **1**:330-338.
- 6 Ronco C, Parenzan L. Acute renal failure in infancy: treatment by continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* 1995; **21**:490-499.
- 7 Latta K, Krull F, Wilken M, Burdelski M, Rodeck B, Offner G. Continuous arteriovenous haemofiltration in critically ill children. *Pediatr Nephrol* 1994; **8**:334-337.
- 8 Zobel G, Trop M, Ring E. Arteriovenous haemofiltration in hypervolaemia. *Arch Dis Child* 1986; **61**:303-304.
- 9 Bishof N, Welch T, Strife F, Ryckman F. Continuous hemodiafiltration in children. *Pediatrics* 1990; **85**:819-823.
- 10 Ellis E, Pearson D, Belsha C, Berry P. Use of pump-assisted hemofiltration in children with acute renal failure. *Pediatr Nephrol* 1997; **11**:196-200.
- 11 Gastiasoro E, Alvarez FJ, Arnaiz A, Palmero A, Alfonso L, Valls A. Hemofiltración continua. Desarrollo de un modelo experimental. *An Esp Pediatr* 1996; **45**:514-518.

- 12 López-Herce J, Carrillo A, Panadero E, Sánchez C, Moral R, Bustinza A. Técnicas de depuración extrarrenal continua venovenosa en neonatos y niños críticamente enfermos. *An Esp Pediatr* 1998; **49**:39-45.
- 13 Baudouin SV, Wiggins J, Keogh BF. Continuous veno-venous hemofiltration following cardiopulmonary bypass. Indications and outcome in 35 patients. *Intensive Care Med* 1993; **19**:290-293.
- 14 Gouyon JB, Semama D, Prevot A, Desgres J. Removal of branched-chain amino acids and alpha-ketoglutarate by haemofiltration and haemodiafiltration. *J Inher Metab Dis* 1996; **19**:610-620.
- 15 Falk MC, Knight JF, Roy LP, Wilcken B, Schell DN, O'Connell AJ, Gillis J. Continuous venovenous haemofiltration in the acute treatment in inborn errors of metabolism. *Pediatr Nephrol* 1994; **8**:330-333.
- 16 Reeves JH, Butt WW. Blood filtration in children with severe sepsis: safe adjunctive therapy. *Intensive Care Med* 1995; **21**:500-504.