

Artículo original

Evolución y factores de riesgo de mortalidad en niños sometidos a cirugía cardiaca que requieren técnicas de depuración extrarrenal continua

Maria J. Santiago^a, Jesús López-Herce^{a,*}, Javier Urbano^a, María José Solana^a, Jimena del Castillo^a, Amelia Sánchez^a y Jose M. Bellón^b

^aServicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^bFundación para la Investigación Biomédica, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

Historia del artículo:

Recibido el 16 de septiembre de 2011

Aceptado el 14 de diciembre de 2011

On-line el 25 de abril de 2012

Palabras clave:

Cirugía cardiaca

Técnicas de depuración extrarrenal continua

Niños

Insuficiencia renal aguda

Niños en estado crítico

RESUMEN

Introducción y objetivos: El objetivo fue estudiar la evolución de los niños que requieren técnicas de depuración extrarrenal continua tras la cirugía cardiaca y analizar los factores asociados con la mortalidad.

Métodos: Estudio prospectivo observacional. Se incluyó a los niños que requirieron técnicas de depuración extrarrenal continua tras la cirugía cardiaca. Se realizaron análisis univariable y multivariable para estudiar la influencia de cada factor en la mortalidad.

Resultados: De los 1.650 niños sometidos a cirugía cardiaca, 81 (4,9%) requirieron técnicas de depuración extrarrenal. Los niños que precisaron técnicas de depuración extrarrenal tras la cirugía cardiaca presentaban una presión arterial media y unos valores de urea y creatinina más bajos, y su mortalidad fue mayor (43%) que la del resto de los niños (29%) ($p = 0,05$). En el estudio univariable, los factores asociados con mortalidad fueron: edad < 12 meses, peso < 10 kg, hipotensión, puntuación elevada de riesgo de mortalidad infantil y valores bajos de creatinina al inicio de la técnica. En el estudio multivariable, la hipotensión en el momento del inicio de las técnicas de depuración extrarrenal continua, una puntuación elevada de riesgo de mortalidad infantil ≥ 21 y la hemofiltración fueron los factores asociados con la mortalidad.

Conclusiones: Aunque sólo un pequeño porcentaje de los niños sometidos a cirugía cardiaca precisan técnicas de depuración extrarrenal continua, su mortalidad es elevada. La hipotensión y la gravedad clínica al inicio de la técnica de depuración y la hemofiltración como técnica de depuración fueron los factores asociados con la mortalidad.

© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Evolution and Mortality Risk Factors in Children With Continuous Renal Replacement Therapy After Cardiac Surgery

ABSTRACT

Introduction and objectives: To study the clinical course of children requiring continuous renal replacement therapy after cardiac surgery and to analyze factors associated with mortality.

Methods: A prospective observational study was performed that included children requiring continuous renal replacement therapy after cardiac surgery. Univariate and multivariate analyses were performed to determine the influence of each factor on mortality. We compared these patients with other critically ill children requiring continuous renal replacement therapy.

Results: Of 1650 children undergoing cardiac surgery, 81 (4.9%) required continuous renal replacement therapy, 65 of whom (80.2%) presented multiple organ failure. The children who started continuous renal replacement therapy after cardiac surgery had lower mean arterial pressure, lower urea and creatinine levels, and higher mortality (43%) than the other children on continuous renal replacement therapy (29%) ($P = .05$). Factors associated with mortality in the univariate analysis were age less than 12 months, weight under 10 kg, higher pediatric risk of mortality score, hypotension, lower urea and creatinine levels when starting continuous renal replacement therapy, and the use of hemofiltration. In the multivariate analysis, hypotension when starting continuous renal replacement therapy, pediatric risk of mortality scores equal to or greater than 21, and hemofiltration were associated with mortality.

Conclusions: Although only a small percentage of children undergoing cardiac surgery required continuous renal replacement therapy, mortality among these patients was high. Hypotension and severity of illness when starting the technique and hemofiltration were factors associated with higher mortality.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2012.04.015>, Rev Esp Cardiol. 2012;65:785-7.

* Autor para correspondencia: Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Dr. Castelo 47, 28009 Madrid, España.
Correo electrónico: pielvi@hotmail.com (J. López-Herce).

Abreviaturas

CC: cirugía cardiaca
 IRA: insuficiencia renal aguda
 PAM: presión arterial media
 TDEC: técnicas de depuración extrarrenal continua

INTRODUCCIÓN

Los avances en el diagnóstico, el tratamiento quirúrgico y el postoperatorio de los niños con cardiopatías congénitas han llevado a un aumento progresivo de la supervivencia. Sin embargo, los niños que requieren cirugías cardíacas complejas y los que sufren fallo multiorgánico después de la cirugía presentan una elevada incidencia de insuficiencia renal aguda (IRA)¹⁻⁴. Los niños en el postoperatorio de la cirugía cardiaca (CC) tienen un riesgo elevado de alteraciones de la función renal debido a disminución del gasto cardiaco, alteraciones producidas por la circulación extracorpórea, la hemólisis y las complicaciones infecciosas^{1,4}.

La incidencia de IRA que requiere técnicas de depuración extrarrenal continua (TDEC) después de CC en niños varía entre un 1 y un 17% según la complejidad de la cirugía^{1-3,5,6}.

Hay muy poca información sobre la evolución de los niños que requieren TDEC después de una CC^{2,3} y no se han hecho estudios que analicen los factores asociados con la supervivencia. Los objetivos de este estudio son analizar la evolución clínica de los niños que requieren TDEC tras la CC y los factores asociados a la mortalidad.

MÉTODOS

Se realizó un registro prospectivo observacional en el que se incluyó a todos los niños críticos que requirieron TDEC⁷. En el estudio actual se analizó de manera retrospectiva a los pacientes con TDEC tras CC. El estudio fue aprobado por el comité de ética e investigación. Durante el periodo de estudio (enero de 1996 a junio de 2009), para la TDEC se utilizaron tres diferentes monitores BSM321C, Prisma, y Prismaflex (Hospal®, Madrid, España). Se utilizaron catéteres de 5-11 Fr, según la edad y el peso del niño.

La indicación de la TDEC fue decidida por el intensivista pediátrico si había criterios de IRA, definida como una elevación de la urea y la creatinina más del doble de los valores normales para su edad, oliguria < 0,5 ml/kg/h o balance positivo a pesar de dosis altas de diuréticos durante 6-12 h.

Se registraron prospectivamente los siguientes parámetros cada 24 h durante todo el tratamiento con TDEC: edad, peso, sexo, diagnóstico, valoración de la gravedad al inicio de la técnica clínica mediante el índice de riesgo de mortalidad (*paediatric index of mortality* [PIM] II)⁸, la puntuación de riesgo de mortalidad pediátrica (*pediatric risk of mortality* [PRISM] II)⁹ y la puntuación de disfunción orgánica pediátrica (*paediatric logistic organ dysfunction* [PELOD])¹⁰, y el número de fallo de órganos según los criterios del consenso pediátrico¹¹; la presión arterial media (PAM) (se definió hipotensión como una PAM < 2 desviaciones estándar para su edad; dosis de fármacos vasoactivos; puntuación de inotrópicos; valores de ácido láctico, pH y exceso de bases, creatinina, urea, alaninaminotransferasa, bilirrubina; tipo de monitor de TDEC utilizado; tipo de técnica (hemofiltración o hemodiafiltración); máxima dosis de heparina; volumen de ultrafiltrado; vida media de los filtros; complicaciones relacionadas con la TDEC, y mortalidad. Se realizó una comparación entre los niños (81) con TDEC tras CC y los niños que requirieron TDEC por otros diagnósticos.

Los resultados se presentan mediante frecuencias y porcentajes o medias \pm desviación estándar. La normalidad de las variables numéricas se estudió con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para estudiar la asociación entre variables cuantitativas se aplicó la prueba de la χ^2 de Pearson o la exacta de Fisher en función del tamaño muestral. En la comparación entre variables numéricas, se utilizó la prueba de la t de Student o la de Mann-Whitney en función de su normalidad.

La asociación entre el diagnóstico de cardiopatía y la TDEC prolongada superior a 14 días se estudió mediante regresión logística, por tratarse de una variable dicotómica. En el estudio de factores pronósticos de mortalidad se aplicó la regresión de Cox^{12,13} y se expresan sus resultados mediante la *hazard ratio* (HR) con sus correspondientes intervalos de confianza del 95% (IC95%). Para cada una de las variables independientes se estudió la verificación de la hipótesis de riesgos proporcionales mediante el estudio de los gráficos $\ln(-\ln S(t))$ en función del \ln (supervivencia) y de los residuos de martingala (calculados a partir de los residuos Cox-Snell) y residuos de Schoenfeld. Una vez valorada la idoneidad de la regresión de Cox, se incluyeron paso a paso en el modelo multivariable sólo las variables con $p < 0,1$ o que tuviesen un especial interés clínico como predictores de mortalidad, excluyendo las que pudieran estar altamente correlacionadas entre sí para evitar posibles colinealidades. Se aplicaron pruebas bilaterales y se consideraron estadísticamente significativos los resultados con $p < 0,05$. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 18.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos).

RESULTADOS

De los 1.650 pacientes operados de CC entre enero de 1996 y abril de 2009, 81 pacientes (4,9%), 18 de ellos tras trasplante cardiaco, requirieron TDEC. Los niños en el postoperatorio de CC fueron el 46,5% de los pacientes tratados con TDEC en este periodo. La edad media de los niños con TDEC tras CC fue de 50 ± 64 meses, y el 68% eran varones. Un 53% eran menores de 1 año y un 26% pesaban menos de 5 kg. Las cardiopatías y cirugías realizadas y el riesgo ajustado de la cirugía se detallan en la tabla 1. Hubo 13 pacientes que recibieron oxigenación por membrana extracorpórea¹⁴. Las indicaciones más frecuentes de TDEC fueron la IRA con hipervolemia (37%), la IRA aislada (36%) y la hipervolemia refractaria a diuréticos (25%). Las características de la TDEC se recogen en la tabla 2.

La tabla 3 recoge las características de los pacientes, su gravedad clínica y el tratamiento que recibían al inicio de la TDEC y la comparación con los demás niños tratados con TDEC. Los niños operados de CC presentaron mayor riesgo de requerir tratamiento con TDEC (4,9%) que el resto de los pacientes (1,6%; 93/5.813). El 80,2% de los niños con TDEC tras CC sufrieron tres o más fallos de órganos. Los niños sometidos a CC presentaban una PAM significativamente menor que el resto de los pacientes, y el 95% requería fármacos vasoactivos; la puntuación de inotrópicos fue la mayor. Por el contrario, los valores de urea y creatinina al inicio de la TDEC eran menores. La duración media de los filtros de TDEC fue mayor en los niños con CC, aunque también lo fue la dosis de heparina administrada (tabla 3).

Un 65% de los niños con TDEC tras CC sufrió complicaciones. La tabla 4 muestra la incidencia de complicaciones y la comparación con el resto de los pacientes. Sólo la hipopotasemia fue mayor en los pacientes con CC.

Requirieron la TDEC durante más de 14 días 22 niños (27%) y durante más de 21 días, 15 (18,5%). En el estudio de regresión logística, el diagnóstico de cardiopatía aumentaba el riesgo de requerir TDEC prolongada (HR = 1,49; IC95%, 1,29-2,84; $p = 0,01$).

La mortalidad de los niños con TDEC tras CC fue mayor que la de los demás niños con CC que no requirieron TDEC (el 43 frente al 4%;

Tabla 1
Cirugías y clasificación del riesgo

Cirugía	Pacientes, n (%)
Trasplante cardiaco	18 (22,2)
Cirugía de Fontan	12 (14,8)
Corrección de tetralogía de Fallot	10 (12,3)
Cirugía de Glenn	9 (11,1)
Valvuloplastia mitral	7 (8,6)
Corrección de canal auriculoventricular	6 (7,4)
Corrección de comunicación interventricular	5 (6,2)
Cirugía de recambio arterial en transposición de grandes arterias	5 (6,2)
Cirugía de unifocalización	3 (3,7)
Cirugía de Norwood	2 (2,5)
Cirugía de Ross-Konno en estenosis aórtica crítica	2 (2,5)
Reconstrucción de arco aórtico	2 (2,5)
Total	81 (100)
Categoría RACHS [*]	
RACHS 2	24 (38,1)
RACHS 3	32 (50,8)
RACHS 4	3 (4,8)
RACHS 5	2 (3,1)
RACHS 6	2 (3,1)

RACHS: Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery.

* No se incluye a los 18 pacientes con trasplante cardiaco.

$p < 0,001$). Las causas de muerte fueron: fallo multiorgánico (46%), shock cardiogénico (40%), muerte cerebral (3%) y retirada de la asistencia debido a la irreversibilidad de la enfermedad de base (11,4%).

La tabla 5 muestra el análisis univariable de los factores de riesgo de mortalidad en niños con TDEC tras CC y su comparación con los demás pacientes.

La edad de los niños operados de CC que fallecieron fue menor (30 meses) que la de los supervivientes (64 meses) ($p = 0,026$). Los pacientes que fallecieron tenían una puntuación mayor de PRISM (18 frente a 14; $p = 0,007$) y PELOD (21 frente a 17; $p = 0,046$) que los supervivientes. La mortalidad de los niños con hipotensión al inicio de la TDEC fue significativamente mayor que la de los niños normotensos (el 51,1 frente al 25,8%; $p = 0,03$). Los niños tratados con hemodiafiltración presentaron menor mortalidad que los que recibieron sólo hemofiltración.

En el análisis multivariable, los factores relacionados con la mortalidad en los niños con TDEC tras CC fueron la hipotensión al inicio de la TDEC, un PRISM ≥ 21 y la utilización de hemofiltración (tabla 6).

DISCUSIÓN

En nuestro estudio, el 4,9% de los niños sometidos a CC requirieron TDEC. Estas cifras son similares a las referidas por otros autores¹⁵. Un porcentaje importante de niños eran menores de 12 meses y la cuarta parte pesaba menos de 5 kg. En los niños más pequeños, las TDEC son más complicadas debido a la dificultad de canalización venosa por el pequeño calibre de los accesos vasculares y la gran repercusión hemodinámica de la TDEC, debido a que el circuito extracorpóreo supone un alto porcentaje de la volemia.

El bajo gasto cardiaco es el principal factor de aparición de IRA en el postoperatorio de CC. Los pacientes con TDEC tras CC presentaban con mayor frecuencia de hipotensión y mayor necesidad de fármacos inotrópicos que el resto de los niños

Tabla 2
Características de la técnicas de depuración extrarrenal continua en niños con cirugía cardiaca

Características de la técnica	
Acceso vascular	
Vena femoral	54 (67)
Vena yugular	13 (16)
Vena subclavia	6 (7)
Insertado en el circuito de ECMO	3 (4)
Otros accesos	5 (6)
Tipo de bomba de TDEC (Hospal [®])	
Prisma	63 (77)
BSM32IC	15 (19)
Prismaflex	3 (4)
Calibre del catéter (Fr)	
5	8 (10)
6,5	42 (52)
7-9	13 (16)
10-11	10 (12)
Varios	5 (6)
Insertado en el circuito de ECMO	3 (4)
Superficie del filtro de TDEC (m ²)	
0,04	25 (31)
0,15	7 (8)
0,6	28 (35)
0,9	13 (16)
Varios	8 (10)
Técnica	
Hemofiltración	24 (30)
Hemodiafiltración	57 (70)
Flujos	
Flujo de sangre (ml/kg/min)	4,3 [3,0-6,0]
Flujo de líquido de reposición (ml/h)	200 [100-400]
Flujo de líquido de diálisis (ml/h)	300 [163-750]
Flujo total de efluente (ml/kg/h)	49 [39-64]
Duración total del tratamiento (h)	115 [48-398]
Número de filtros por paciente	3 [2-8,5]
Vida media del filtro (h)	39 [17-64]

ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea; TDEC: técnicas de depuración extrarrenal continua.

Los datos expresan n (%) o mediana [intervalo intercuartílico].

críticos que precisaron TDEC, aunque no hubo diferencias en las puntuaciones de gravedad clínica. Este hecho indica que la alteración hemodinámica es uno de los factores fundamentales en la necesidad de TDEC. En el trasplante cardiaco, la toxicidad de los fármacos inmunosupresores como el tacrolimus también contribuye al daño renal, y esto podría explicar la elevada necesidad de TDEC en estos pacientes.

El momento de inicio de la TDEC es muy importante¹⁶. Varios estudios han mostrado que uno de los factores pronósticos más importantes es el balance positivo previo al inicio de la TDEC^{17,18}. En nuestra opinión es muy importante empezar la TDEC precozmente. En nuestro estudio la urea y la creatinina al inicio de la TDEC en nuestros pacientes eran bajas, ya que la técnica se inició al detectar que había un balance hídrico positivo con dosis en aumento de diuréticos, independientemente de las cifras de urea y creatinina.

Los niños sometidos a CC precisaron la TDEC casi el doble de tiempo que el resto de los pacientes, y en el estudio de regresión logística la CC aumentaba significativamente el riesgo de TDEC

Tabla 3

Comparación entre los niños con técnicas de depuración extrarrenal continua tras cirugía cardíaca y el resto de los niños críticos tratados con técnicas de depuración extrarrenal continua

	Cirugía cardíaca	Demás pacientes	p
Pacientes	81	93	
Edad (meses)	50 ± 64	55 ± 64	0,62
PRISM (%M)	21 ± 22	20 ± 25	0,17
PIM (%M)	9 ± 14	12 ± 17	0,36
PELOD(%M)	20 ± 29	25 ± 28	0,16
Número de fallo de órganos	3,1 ± 0,7	2,9 ± 1,5	0,21
Lactato (mmol/l)	3,1 ± 3,6	3,1 ± 3,7	0,44
pH arterial	7,35 ± 0,1	7,29 ± 0,1	0,06
PAM (mmHg)	55 ± 14	66 ± 23	< 0,001
Puntuación de inotrópicos	75,6 ± 141,9	55,1 ± 90,1	< 0,001
Dosis de adrenalina (µg/kg/min)	0,6 ± 1,5	0,4 ± 0,8	< 0,001
Dosis de dopamina (µg/kg/min)	10 ± 6	8 ± 7	< 0,001
Creatinina inicial (mg/dl)	1,1 ± 0,8	1,9 ± 1,7	< 0,001
Urea inicial (mg/dl)	70 ± 46	98 ± 68	< 0,001
ALT (UI/l)	223 ± 764	181 ± 642	0,63
Bilirrubina (mg/dl)	2,1 ± 2,8	1,6 ± 1,4	0,60
Dosis máxima de heparina (U/kg/h)	17 ± 11	13 ± 10	0,04
Flujo total de efluente (ml/kg/h)	53 ± 19	62 ± 33	0,51
Vida media del filtro (horas)	50 ± 48	36 ± 31	0,02
Duración del tratamiento	271 ± 357	148 ± 188	0,02
Sexo (varones)	55 (68)	50 (54)	0,06
Ventilación mecánica	78 (98)	67 (73)	< 0,001
Técnica de diálisis (hemodiafiltración)	57 (70)	72 (77)	0,29
Fármacos vasoactivos	77 (95)	59 (63)	< 0,001
Hipotensión inicial	45 (59)	27 (34)	< 0,001

%M: porcentaje de mortalidad; PAM: presión arterial media; PELOD: *paediatric logistic organ dysfunction*; PIM: *paediatric index of mortality*; PRISM: *pediatric risk of mortality*.

Puntuación de inotrópicos (µg/kg/min): dopamina + dobutamina + (adrenalina × 100) + noradrenalina × 100 + isoproterenol × 100 + (milirina × 15).

Los datos expresan media ± desviación estándar o n (%).

prolongada, lo que probablemente refleja una recuperación más lenta de la alteración renal en situaciones con bajo gasto cardíaco.

La incidencia de complicaciones relacionadas con la TDEC fue elevada, coincidiendo con lo referido por otros autores¹⁸, aunque la mayoría de las complicaciones fueron poco importantes.

Pocos estudios han analizado la mortalidad de los pacientes que requieren TDEC. En adultos varía entre un 30 y un 70%^{15,19,20}. Los

Tabla 4

Complicaciones de la técnica de depuración extrarrenal continua. Comparación entre los niños con cirugía cardíaca y el resto de los pacientes

	Cirugía cardíaca	Demás pacientes	p
Complicaciones en la cateterización	5 (6,3)	8 (8,7)	0,54
Hemorragia	10 (12,5)	8 (8,7)	0,41
Hipotensión durante la conexión de la TDEC	27 (33,8)	26 (28,3)	0,43
Hiponatremia (Na < 130 mEq/l)	4 (9,3)	6 (15)	0,42
Hipocalcemia (Ca total < 8 mg/dl)	0	4 (10,3)	0,07
Hipotasemia (K < 3 mEq/l)	3 (7)	2 (4,9)	0,55
Hipomagnesemia (Mg < 1,5 mg/dl)	2 (5)	1 (2,9)	0,89
Hipofosfatemia*	20 (42,6)	19 (47,5)	0,64
Trombocitopenia < 100.000/µl	13 (27,7)	11 (23,4)	0,67

TDEC: técnicas de depuración extrarrenal continua.

*p < 4 mg/dl en menores de 6 años y p < 3 mg/dl en mayores de 6 años.

Los datos expresan n (%).

factores asociados a mortalidad en adultos con TDEC son una mala función ventricular, diabetes mellitus, enfermedad vascular periférica, la necesidad de cirugía urgente y los valores preoperatorios de creatinina¹⁰⁻¹³. En nuestro estudio, la mortalidad de los niños con TDEC tras CC fue de un 43%. Sólo hay un estudio retrospectivo que ha estudiado la evolución de 25 niños con TDEC tras CC³. En ese estudio, la mortalidad inicial durante la TDEC fue de un 32% y la mortalidad final, un 76%³.

Algunos estudios han analizado los factores pronósticos de los niños críticos que sufren IRA o requieren TDEC. Las puntuaciones de gravedad clínica, las alteraciones hemodinámicas, el número de fallo de órganos y el balance hídrico positivo antes del inicio de TDEC son los principales factores asociados al pronóstico^{17,18,21,22}.

En nuestro estudio, los niños menores de 1 año y los que pesaban menos de 10 kg tuvieron mayor mortalidad, coincidiendo con lo encontrado por otros autores^{18,23}. Sin embargo, en el estudio multivariable de regresión logística, la edad no fue un factor que aumentara el riesgo de mortalidad.

Las puntuaciones de valoración de la gravedad clínica y del riesgo de mortalidad, PRISM, PIM y PELOD, fueron significativamente mayores en los niños que fallecieron que en los supervivientes^{7,24}. Sin embargo, las tres escalas subestimaron el riesgo de mortalidad^{25,26}.

En el estudio multivariable, los factores de riesgo asociados con la mortalidad fueron la alteración hemodinámica (hipotensión) en el momento de iniciar la TDEC, la puntuación de gravedad clínica y la utilización de hemofiltración^{5,7}. Aunque en los pacientes críticos hay pocas variables que realmente sean totalmente

Tabla 5

Análisis univariable de regresión de Cox de los factores asociados con la mortalidad en los niños con técnicas de depuración extrarrenal continua tras cirugía cardíaca y los demás pacientes que requirieron técnicas de depuración extrarrenal continua

	Tras cirugía cardíaca		Demás pacientes	
	HR (IC95%)	p	HR (IC95%)	p
Edad ≤ 12 meses	1,99 (1-3,98)	0,05	1,51 (0,70-3,25)	0,30
Peso < 10 kg	2,31 (1,13-4,74)	0,02	1,57 (0,72-3,41)	0,25
PRISM ≥ 21	2,18 (0,99-4,80)	0,05	3,01 (1,37-6,61)	< 0,01
Hipotensión	2,25 (1-5,08)	0,05	4,17 (1,68-10,4)	< 0,01
Dosis de adrenalina ≥ 0,6	1,91 (0,91-4,04)	0,08	3,42 (1,51-7,72)	< 0,01
Creatinina inicial ≥ 1,4	0,28 (0,11-0,73)	0,01	0,59 (0,26-1,36)	0,21
Técnica de diálisis (hemofiltración)	8,36 (3,25-21,5)	< 0,01	2,19 (0,91-5,30)	0,08

HR: *hazard ratio*; IC95%: intervalo de confianza del 95%; PRISM: *pediatric risk of mortality*.

Un riesgo > 1 indica mayor mortalidad.

Sólo se muestran los factores con p < 0,1.

Tabla 6

Análisis multivariable ajustado de regresión de Cox de los factores asociados con la mortalidad en niños con técnicas de depuración extrarrenal continua tras cirugía cardíaca y en los demás pacientes con técnicas de depuración extrarrenal continua

Factor	Tras cirugía cardíaca		Demás pacientes	
	HR (IC95%)	p	HR (IC95%)	p
PRISM \geq 21	2,78 (1,16-6,67)	0,02		
Técnica de diálisis (hemofiltración)	12,90 (4,2-40)	< 0,01		
Hipotensión	2,87 (1,02-8,08)	0,04	6,36 (2,6-17,1)	< 0,01
Dosis de adrenalina \geq 0,6			5,00 (1,9-13)	< 0,01

HR: hazard ratio; IC95%: intervalo de confianza del 95%; PRISM: pediatric risk of mortality.

independientes, nuestros resultados indican que el pronóstico de los niños críticos que requieren TDEC tras CC no está relacionado directamente con el grado de insuficiencia renal o la técnica de depuración, sino que depende de la gravedad clínica y, en concreto, de las alteraciones hemodinámicas.

En los estudios univariable y multivariable, el uso de hemofiltración en comparación con la hemodiafiltración fue un factor asociado con la mortalidad. Probablemente el tipo de técnica de depuración no afecte por sí mismo al pronóstico, sino que en nuestro estudio se haya producido un sesgo de selección entre ambas terapias y la asociación entre hemofiltración y mortalidad se deba a que en los pacientes más graves la TDEC se inició precozmente por hipervolemia y fallo hemodinámico, sin que presentaran un aumento de la creatinina, y por eso en ellos se realizó hemofiltración. Sin embargo, son necesarios estudios prospectivos que comparen de manera sistematizada las dos técnicas.

Limitaciones

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. En primer lugar, es un estudio observacional que impide establecer relaciones causa-efecto con claridad y descartar factores de confusión. Por otra parte, el tamaño de la muestra es relativamente pequeño para permitir una potencia estadística suficiente en el análisis de algunas variables. Por último, la duración del estudio es larga y no podemos descartar que las mejoras en el tratamiento de los niños críticos puedan haber afectado a los resultados.

Son necesarios estudios prospectivos que analicen si los nuevos marcadores de daño renal que permiten realizar un diagnóstico precoz de las alteraciones renales en los niños durante el postoperatorio de CC son útiles para realizar una indicación precoz de las TDEC^{27,28} y estudios aleatorizados que evalúen si el inicio precoz de las TDEC y la hemodiafiltración mejoran el pronóstico.

CONCLUSIONES

Aunque solo un pequeño porcentaje de los niños sometidos a CC requieren TDEC, su mortalidad es elevada y mayor que la de los demás niños tratados con TDEC. La hipotensión y la gravedad clínica al inicio de la TDEC y la hemofiltración como técnica de depuración fueron los factores asociados con la mortalidad.

AGRADECIMIENTOS

A las enfermeras y los médicos del Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid por su colaboración en la realización del estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

- Li S, Krawczeski CD, Zappitelli M, Devarajan P, Thiessen-Philbrook H, Coca SG, et al. TRIBE-AKI Consortium. Incidence, risk factors, and outcomes of acute kidney injury after pediatric cardiac surgery: a prospective multicenter study. *Crit Care Med.* 2011;39:1493-9.
- Pedersen KR, Povlsen JV, Christensen S, Pedersen J, Hjørtholm K, Larsen SH, et al. Risk factors for acute renal failure requiring dialysis after surgery for congenital heart disease in children. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2007;51:1344-9.
- Jander A, Tkaczyk M, Pagowska-Klimek I, Pietrzykowski W, Moll J, Krajewski W, et al. Continuous veno-venous hemodiafiltration in children after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007;31:1022-8.
- Goldstein SL, Somers MJ, Baum MA, Symons JM, Brophy PD, Blowey D, et al. Pediatric patients with multi-organ dysfunction syndrome receiving continuous renal replacement therapy. *Kidney Int.* 2005;67:653-8.
- Boigner H, Brannath W, Hermon M, Stoll E, Burda G, Trittenwein G, et al. Predictors of mortality at initiation of peritoneal dialysis in children after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:61-5.
- Goldstein SL. Overview of pediatric renal replacement therapy in acute renal failure. *Artif Organs.* 2003;27:781-5.
- Santiago MJ, López-Herce J, Urbano J, Solana MJ, Del Castillo J, Ballesteros Y, et al. Clinical course and mortality risk factors in critically ill children requiring continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med.* 2010;36:843-9.
- Slater A, Shann F, Pearson G. PIM II: a revised version of the paediatric index of Mortality. *Intensive Care Med.* 2003;29:278-85.
- Pollack MM, Ruttimann UE, Getson PR. The pediatric risk of mortality (PRISM) score. *Crit Care Med.* 1998;16:1110-6.
- Leteurtre S, Martinot A, Duhamel A, Proulx F, Grandbastien B, Cotting J, et al. Validation of paediatric logistic organ dysfunction (PELOD) score: prospective, observational, multicenter study. *Lancet.* 2003;362:192-7.
- Goldstein B, Giroir B, Randolph A. International pediatric sepsis consensus conference: definitions for sepsis and organ dysfunction in pediatrics. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:2-8.
- Sanchis J, Avanzas P, Bayes-Genis A, Pérez de Isla L, Heras M. Nuevos métodos estadísticos en la investigación cardiovascular. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:499-500.
- Núñez E, Steyerberg EW, Núñez J. Estrategias para la elaboración de modelos estadísticos de regresión. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:501-7.
- Santiago MJ, Sánchez A, López-Herce J, Pérez R, Del Castillo J, Urbano J, et al. The use of continuous renal replacement therapy in series with extracorporeal membrane oxygenation. *Kidney Int.* 2009;76:1289-92.
- Rosner MH, Portilla D, Okusa MD. Cardiac surgery as a cause of acute kidney injury: pathogenesis and potential therapies. *J Intensive Care Med.* 2008;23:3-18.
- Elahi M, Asopa S, Pflueger A, Hakim N, Matata B. Acute kidney injury following cardiac surgery: impact of early versus late haemofiltration on morbidity and mortality. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;35:854-63.
- Foland JA, Fortenberry JD, Warshaw BL, Pettignano R, Merritt RK, Heard ML, et al. Fluid overload before continuous hemofiltration and survival in critically ill children: a retrospective analysis. *Crit Care Med.* 2004;32:1771-6.
- Symons JM, Chua AN, Somers MJ, Baum MA, Bunchman TE, Benfield MR, et al. Demographic characteristics of pediatric continuous renal replacement therapy: a report of the prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2007;2:732-8.
- Vidal S, Richebé P, Barandon L, Calderon J, Tafer N, Pouquet O, et al. Evaluation of continuous veno-venous hemofiltration for the treatment of cardiogenic shock in conjunction with acute renal failure after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;36:572-9.
- Elahi MM, Lim MY, Joseph RN, Dhannapuni RR, Spyt TJ. Early hemofiltration improves survival in post-cardiotomy patients with acute renal failure. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26:1027-31.

21. Ball EF, Kara T. Epidemiology and outcome of acute kidney injury in New Zealand children. *J Paediatr Child Health*. 2008;44:642–6.
22. Bresolin N, Silva C, Hallal A, Toporovski J, Fernandes V, Góes J, et al. Prognosis for children with acute kidney injury in the intensive care unit. *Pediatr Nephrol*. 2009;24:537–44.
23. Ponikvar R, Kandus A, Urbancic A, Kornhauser AG, Primozic J, Ponikvar JB. Continuous renal replacement therapy and plasma exchange in newborns and infants. *Artif Organs*. 2002;26:163–8.
24. Zobel G, Kuttig M, Ring E, Grubbauer HM. Clinical scoring systems in children with continuous extracorporeal renal support. *Child Nephrol Urol*. 1990;10:14–7.
25. Martin C, Saran R, Leavey S, Swartz R. Predicting the outcome of renal replacement therapy in severe acute renal failure. *ASAIO J*. 2002;48:640–4.
26. Medina Villanueva A, López-Herce Cid J, López Fernández Y, Antón Gamero M, Concha Torre A, Rey Galán C, et al. Insuficiencia renal aguda en niños críticamente enfermos. Estudio preliminar. *An Pediatr (Barc)*. 2004;61:509–14.
27. Bouman CSC, Forni LG, Joannidis M. Biomarkers and acute kidney injury: dining with the Fisher King? *Intensive Care Med*. 2010;36:381–4.
28. Krawczeski CD, Woo JG, Wang Y, Bennett MR, Ma Q, Devarajan P. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin concentrations predict development of acute kidney injury in neonates and children after cardiopulmonary bypass. *J Pediatr*. 2011;158. 1009–15.e1.