

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Disfunción renal en postoperatorio de cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea

Lilian Cabas MD*, Félix Ramón Montes MD*, Juan Carlos Kling MD*, José Domingo Rincón MD*, Ismael Rincón MD*, Juan Camilo Giraldo MD*, Ma. Victoria Vanegas MD*, Hernán Charris MD*

RESUMEN

Objetivos: La disfunción renal en el postoperatorio de la cirugía cardíaca continúa aumentando la morbilidad, mortalidad y costos. Aunque se han realizado múltiples estudios, los factores asociados a esta no están claros en el grupo pediátrico. El propósito del estudio es determinar la incidencia de disfunción renal postoperatoria, factores de riesgo para su desarrollo, su asociación a la mortalidad y las estancias hospitalarias. **Métodos:** Se estudiaron de forma prospectiva 236 pacientes, menores de 12 años de llevados a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea entre el 1 de mayo del 2000 y el 31 de julio del 2003. Fueron excluidos los pacientes llevados a cierre de CIA y los que fallecieron en las primeras 24 horas. Se evaluó la asociación de las variables pre, trans y postoperatorias al desarrollo de disfunción o falla renal por medio de análisis univariado y multivariado. Se definió disfunción como valores anormales de depuración de creatinina para la edad, aumento del 25% de la creatinina basal u oliguria y falla como el requerimiento de diálisis. **Resultados:** De los 236 pacientes el 72% presentó disfunción renal y 4,2% desarrolló falla renal. La única variable asociada al desarrollo de disfunción renal fue el hematocrito postoperatorio con una relación positiva: $P = 0.001$. **Conclusiones:** La disfunción renal esta asociada de forma independiente con la mortalidad postoperatoria de estos pacientes y con el aumento de las estancias en UCI y la estancia hospitalaria.

Palabras clave: Cirugía cardíaca pediátrica, circulación extracorpórea, disfunción renal.

SUMMARY

Background: Postoperative renal dysfunction is associated to poor prognosis. The influence of perioperative factors in the development of renal disorder in children is not clearly understood. The aim of the study was to determine the incidence of renal dysfunction, the main risk factors and the association with mortality and hospital stay. **Methods:** We studied prospectively 236 patients, under 12 years old. We excluded patients who died in the first 24 hours after cardiac surgery and the ones scheduled only for atrial septal defect closure. Patients who developed renal dysfunction were the ones with abnormal values for creatinine clearance, with an increase of 25% the basal preoperative creatinine value or oliguria. The association between renal dysfunction and perioperative variables was studied by univariate and multivariate analysis. **Results:** Of the 236 patients, 72% developed renal dysfunction, 4.2% had renal failure that required dialysis. The mortality rate of patients with renal dysfunction was 9.9% compared with 80% in patients with renal failure. The only variable that had independent association with renal dysfunction was postoperative hematocrit. ($p = 0.001$). **Conclusion:** There is an independent association between renal dysfunction and perioperative mortality in pediatric cardiac surgery with cardiopulmonary bypass, as well as with the increment in hospital and ICU stay.

Key Words: Cardiac surgical procedure, extracorporeal circulation, renal failure.

* Anestesiólogos Universidad Colegio Mayor del Rosario, Fundación Cardioinfantil. Email: irincon@cable.net.co
Primer premio concurso "Juan Marín" XXVI Congreso Colombiano de Anestesiología, marzo 2005.
Recibido para publicación febrero 20 de 2005. Aceptado para publicación mayo 18 de 2005

INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas y anestésicas la cirugía cardíaca continua asociada con una importante morbilidad. En este contexto la disfunción renal postoperatoria es una de las más frecuentes y serias complicaciones encontradas.^{1,2} Mientras muchos estudios han investigado la incidencia, factores de riesgo, posibles mecanismos y pronóstico de esta complicación luego de cirugía cardíaca en pacientes adultos, la influencia de factores perioperatorios en la ocurrencia de disfunción y falla renal luego de cirugía cardíaca en pacientes pediátricos es mucho menos entendida.^{3, 4, 5,6}

Estudios previos sugieren que las cirugías cardíacas en la población pediátrica envuelven un riesgo mayor de disfunción y falla renal que en los pacientes adultos debido no solamente al uso extendido de la circulación extracorpórea y al arresto circulatorio sino también a los efectos de la cianosis crónica y a la inmadurez de los sistemas orgánicos entre ellos el renal.^{7,8} Sin embargo en dichos estudios no existe una clara división entre pacientes que desarrollaron disfunción o falla renal y en la mayoría la muestra consistió únicamente de pacientes que requirieron diálisis o sus tamaños de muestra fueron muy pequeños.

Este estudio fue llevado a cabo con el fin de evaluar la prevalencia, la mortalidad y los principales factores de riesgo para la aparición de disfunción y falla renal postoperatoria en pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardíaca con bypass cardiopulmonar. Además, investigamos los efectos de la disfunción y falla renal sobre la utilización de recursos hospitalarios.

MÉTODOS

El protocolo fue aprobado por el comité de ética de la Fundación Cardio Infantil. A partir del 1 de Mayo de 2000 y hasta el 31 de Julio del 2003, se estudiaron prospectivamente 270 pacientes consecutivos sometidos a cirugía cardíaca con utilización de bypass cardiopulmonar (BCP). Pacientes a quienes se le realizó solamente cierre de comunicación interauricular (tiempo de estancia en la unidad de cuidado intensivo [UCI] menor de 24 horas) y pacientes quienes murieron dentro de las primeras 24 horas postoperatorias (mínimo tiempo requerido para la evaluación por laboratorio de la función renal) fueron excluidos del estudio.

En cada paciente las siguientes variables, seleccionadas de la literatura, fueron registradas:

Antes de la cirugía: Edad, sexo, peso, talla, cirugía cardíaca previa, cirugía de urgencia, función renal (normal/alterada, aguda/crónica), química sanguínea, hematocrito, administración de medios de contraste.

Durante la cirugía: Tipo de intervención realizada, duración del BCP, presión sanguínea durante BCP, velocidad de flujo durante BCP (normal/bajo), tiempo de pinzamiento aórtico, temperatura mínima, uso de arresto circulatorio en hipotermia profunda (AHP), nivel de hemodilución durante BCP, volumen urinario durante BCP, volumen urinario intraoperatorio total, química sanguínea, hematocrito y requerimiento inotrópico al final del BCP.

Luego de la cirugía: Necesidad de terapia inotrópica, incidencia y tipo de complicaciones, necesidad de diálisis peritoneal, tiempo de estancia en la UCI, estancia postoperatoria total y supervivencia o muerte luego de las 24 horas de ingreso a la UCI.

La medida de resultado primaria fue la frecuencia de disfunción renal postoperatoria (DRP) y la identificación de predictores para esta complicación. Para tal propósito los valores séricos de creatinina fueron registrados antes y después de la cirugía (diariamente en la UCI) y la depuración de creatinina fue determinada en todos los pacientes por recolección de orina durante las primeras 24 horas postoperatorias. Medidas secundarias fueron la duración de estadía en la UCI, estancia hospitalaria postoperatoria y mortalidad hospitalaria (definida como la muerte ocurrida en cualquier momento a partir de las primeras 24 horas postoperatorias y hasta la salida del hospital). La disfunción renal fue diagnosticada cuando los niveles séricos de creatinina tuvieron un incremento > 25% comparado con los valores de base, cuando se observó una reducción en diuresis < 0.5 ml/kg/h o por una disminución en la depuración de creatinina en relación con los valores normales para la edad. Falla renal postoperatoria fue definida como la necesidad de diálisis peritoneal luego de la cirugía. Indicaciones de diálisis peritoneal incluyeron hipervolemia (fundamentalmente evidencia física de sobrecarga de volumen y balance hídrico positivo no tratable de otra forma), anuria por más de 4 horas que no respondió a intervenciones medicamentosas e hiperkalemia (potasio sérico mayor de 6.5 mmol/L).

Durante el periodo del estudio no hubo mayores cambios en las técnicas de anestesia y perfusión o en la composición de la solución de cardioplegia. Luego de la inyección intravenosa (IV) de un bolo de heparina de 300 unidades/kg se inició el BCP

de tipo no pulsátil. El circuito del BCP fue purgado con solución electrolítica isotónica, albúmina al 20% y manitol al 20%. Cuando fue necesario glóbulos rojos empaquetados se adicionaron con el fin de mantener el hematocrito en valor mayor del 20%. Durante el BCP el flujo de la bomba fue ajustados a un valor aproximado de 2.4-2.8 Litros/min/m². Durante el enfriamiento y calentamiento todos los pacientes recibieron una infusión continua de nitroglicerina. La tensión arterial de dióxido de carbono fue mantenida a través del BCP en valores de 30-35 mmHg, sin corrección con la temperatura, de acuerdo al manejo alpha-stat de gases sanguíneos. En pacientes donde se utilizó ACHP el paciente fue enfriado a una temperatura rectal de 18°C y recibió antes del arresto 30 mg/kg de dexametasona IV. En los casos donde se usó bajo flujo durante BCP la temperatura blanco fue 24 °C. En la mayoría de pacientes se utilizó ultrafiltración convencional durante el BCP, pacientes seleccionados recibieron ultrafiltración modificada luego de la finalización del BCP. En el transcurso de la cirugía se administró terapia diurética cuando el gasto urinario cayó por debajo de 0.5 ml/kg/h independientemente de un adecuado estado hemodinámico. La profilaxis antibiótica fue realizada con cefazolina, 50 mg/kg IV cada 6 horas, administrando la primera dosis antes de la incisión.

La correlación entre las variables pre, intra y postoperatorias con la disfunción renal postoperatoria fue estudiada por análisis univariado utilizando el test de student, un test no paramétrico (Mann-Whitney), o el χ^2 para los datos categóricos. Variables con tendencia a asociarse con disfunción renal postoperatoria ($P < 0.1$) fueron analizadas por medio de regresión logística multivariada. Un valor de P menor de 0.05 fue considerado un factor de riesgo significativo. Los análisis fueron realizados utilizando el programa SPSS (Versión 10.0, Chicago, Illinois).

RESULTADOS

Durante el periodo del estudio un total de 270 pacientes fueron enrolados, de estos 13 pacientes se excluyeron debido a muerte durante las primeras 24 horas postoperatorias y 21 fueron excluidos debido a falta de datos postoperatorios. Finalmente un total de 236 pacientes fueron analizados. Las características demográficas y el tipo de procedimientos quirúrgicos realizados se muestran en la tabla 1.

La disfunción renal postoperatoria ocurrió en 171 (72%) de los 236 pacientes en nuestro estudio; 10 de ellos (5.8%), o 4.2% del total de los pacientes estudiados requirieron diálisis. De los 171 pacientes

Tabla 1. Características demográficas de los pacientes (n= 236)

Edad (meses)	31.4 (0.03 – 144)
Peso (kg)	10.8 (2.2 – 35)
Talla (cm)	76.3 (46 – 150)
Superficie Corporal (m ²)	0.5 (0.15 – 1.2)
Sexo (masculino/femenino)	120/116
Cirugía Emergente (n)	8
Tipo de Cirugía Cardíaca (n)	
Corrección de CIV	83
Corrección de Tetralogía de Fallot	34
Corrección de CIV + Otro procedimiento	25
Reparo de Drenaje Venoso Pulmonar Anómalo	15
Corrección Defecto Canal Atrioventricular	15
Corrección Transposición Grandes vasos (Switch arterial)	11
Cirugía de Válvula Pulmonar	10
Fontan/Derivación Cavo-pulmonar	11
Resección Estenosis Subvalvular Aortica	9
Operación de Mustard	3
Miscelaneos	20

CIV = Comunicación interventricular

diagnosticados con disfunción renal postoperatoria dicha disfunción se detectó en 157 (92%) debido a una disminución en la depuración postoperatoria de creatinina, en 31 (18%) el criterio fue un incremento $> 25\%$ de los niveles séricos de creatinina y solamente 5 pacientes (3%) presentaron disminución de la diuresis < 0.5 ml/k/h.

Factores de Riesgo Pre-operatorios para Disfunción Renal

Las características pre-operatorias de los pacientes con y sin disfunción renal post-operatoria se describen en la Tabla 2. Las variables pre-operatorias que se asociaron significativamente con el desarrollo de disfunción renal fueron el tipo de procedimiento quirúrgico ($P = 0.01$); pacientes sometidos a switch arterial para reparo de transposición de grandes vasos tuvieron una incidencia del 100% de disfunción renal post-operatoria, seguidos por los llevados a corrección de Tetralogía de Fallot (85% de incidencia) y por la cirugía de Fontan/Derivación cavo pulmonar con 81% de incidencia. La presencia de cianosis pre-operatoria así como el aumento de hematocrito se relacionaron positivamente con la posibilidad de desarrollar disfunción renal post-operatoria ($P = 0.012$ y 0.013 respectivamente). No se encontró asociación entre disfunción renal post-operatoria y la edad, el sexo o el peso de los pacientes.

Factores de Riesgo Intra y Post-operatorios para Disfunción Renal

Las variables intraoperatorias significativamente asociadas con el desarrollo de disfunción renal incluyeron: Tiempo de BCP > 120 minutos, baja presión de perfusión durante el BCP, baja velocidad de flujo en BCP, uso de soporte vasocons-

Tabla 2. Variables clínicas preoperatorias asociadas con disfunción renal post-operatoria.

	Sin DRP (n = 65)	Con DRP (n = 171)	Valor de P
Edad (meses)	37	29	0.243
Peso (kg)	11.9	10.3	0.176
Altura (cm)	88.1	81.28	0.152
Superficie Corporal (m ²)	0.5	0.5	0.119
Sexo (masculino/femenino)	30/35	90/81	0.459
Cirugía de Emergencia (n)	3	5	0.581
Uso de Drogas Potencialmente Nefrotóxicas (n)	25	45	0.129
Uso de Medios de Contraste < 48 h	39	88	0.488
Hematocrito (%)	38.7	41.4	0.013
Creatinina (mg/dl)	0.42	0.5	0.515
Sodio (mEq/L)	138.2	137.8	0.538
Potasio (mEq/L)	4.29	4.37	0.432
Tipo de Cirugía Cardíaca (n)			0.011
Reparo de CIV	29	54	
Reparo de Tetralogía de Fallot	5	29	
Reparo de CIV + otro procedimiento	7	18	
Reparo de Drenaje Venoso Pulmonar Anómalo	5	10	
Corrección Defecto Canal Atrioventricular	4	11	
Corrección Transposición Grandes Vasos (Switch arterial)	0	11	
Cirugía de Válvula Pulmonar	8	2	
Fontan/Derivación Cavo-pulmonar	2	9	
Resección Estenosis Subvalvular Aortica	2	7	
Operación de Mustard	1	2	
Miscelaneos	2	18	
Historia Pre-operatoria (n)			
Disfunción Renal	1	2	0.866
Cianosis	18	74	0.012
Sepsis	1	6	0.389
IECA	27	52	0.197

DRP = Disfunción renal post-operatoria; CIV = Comunicación interventricular; IECA = Inhibidores enzima convertidora de angiotensina.

Tabla 3. Variables clínicas intra-operatorias asociadas con disfunción renal post-operatoria.

	Sin DRP (n = 65)	Con DRP (n = 171)	Valor de P
Tiempo CEC > 120 min (n)	4	33	0.008
Arresto Circulatorio (n)	7	18	0.924
Hipotermia (n)			0.968
Leve	44	107	
Moderada	19	47	
Profunda	5	14	
Presión de Perfusión Baja (n)	19	82	0.003
Hipoflujo (n)	3	19	0.09
Diuresis en CEC	47.4	73.7	0.047
Ultrafiltración (n)	7	21	0.635
Hematocrito en CEC	23.2	22.8	0.485
Diuretico (n)	26	59	0.652
Aprotinina (n)	6	16	0.867
Acido Tranexámico (n)	10	27	0.794
Vasoconstrictor (n)	24	85	0.03

DRP = Disfunción renal post-operatoria; CEC= Circulación extracorporea

Tabla 4. Variables clínicas post-operatorias asociadas con disfunción renal post-operatoria

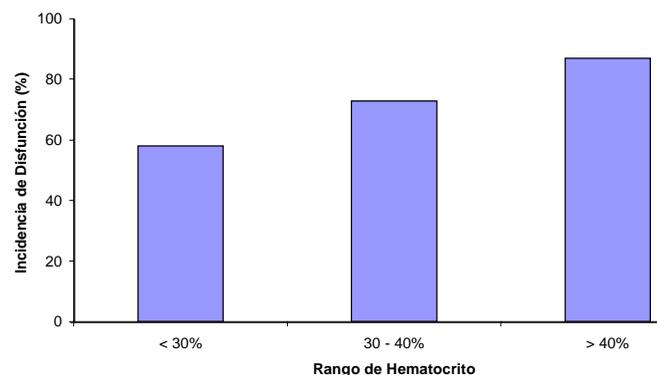
	Sin DRP (n = 65)	Con DRP (n = 171)	Valor de P
Hematocrito Post-operatorio	31.5	34.2	0.002
Sodio Post-operatorio	136.6	137	0.393
Potasio Post-operatorio	3.9	3.7	0.117
Hipotensión Post-operatoria (n)	5	34	0.016

DRP = Disfunción renal post-operatoria; CEC= Circulación extracorporea

trictor/inotrópico al final de BCP y un incremento en la diuresis durante el bypass. No se encontró asociación entre el tipo de terapia antifibrinolítica y la incidencia de disfunción renal post-operatoria (Tabla 3). Las variables post-operatorias significativamente asociadas con la aparición de disfunción renal fueron un estado de bajo gasto cardiaco y el hematocrito (Tabla 4).

Análisis Multivariado de Factores Asociados con Disfunción Renal Post-operatoria

En el análisis multivariado se incluyeron las variables pre, intra y post-operatorias con valor de $P < 0.1$, encontrándose que el hematocrito postoperatorio esta independientemente relacionado con disfunción renal post-operatoria (tabla 5). Para un

Figura 1. Incidencia de DRP en Relación al Hematocrito Post-operatorio**Tabla 5. Análisis multivariado de variables clínicas asociadas con disfunción renal**

	Sin DRP (n = 65)	Con DRP (n = 171)	Valor de P
Tipo de Cirugía Cardíaca (n)			0.494
Reparo de CIV	29	54	
Reparo de Tetralogía de Fallot	5	29	
Reparo de CIV + otro procedimiento	7	18	
Reparo de Drenaje Venoso Pulmonar Anómalo	5	10	
Corrección Defecto Canal Atrioventricular	4	11	
Corrección Transposición Grandes Vasos (Switch arterial)	0	11	
Cirugía de Válvula Pulmonar	8	2	
Fontan/Derivación Cavo-pulmonar	2	9	
Resección Estenosis Subvalvular Aortica	2	7	
Operación de Mustard	1	2	
Miscelaneos	2	18	
Cianosis (n)	18	74	0.473
Hematocrito Prequirurgico	38.7	41.4	0.354
Tiempo CEC > 120 min	4	33	0.241
Presión de Perfusión Baja (n)	19	82	0.117
Hipoflujo (n)	3	19	0.201
Diuresis en CEC (ml.)	47.4	73.7	0.107
Vasoconstrictor (n)	24	85	0.668
Hematocrito Post-operatorio	31.5	34.2	0.001
Hipotensión Post-operatoria (n)	5	34	0.327

DRP = Disfunción renal post-operatoria; CEC= Circulación extracorporea

mayor análisis de esta variable se categorizó el hematocrito en rangos de <30%, entre 30% y 40% y mayor de 40%, encontrándose una relación positiva entre la incidencia de DRP y el aumento en el hematocrito (figura 1)

Factores de Riesgo para Falla Renal.

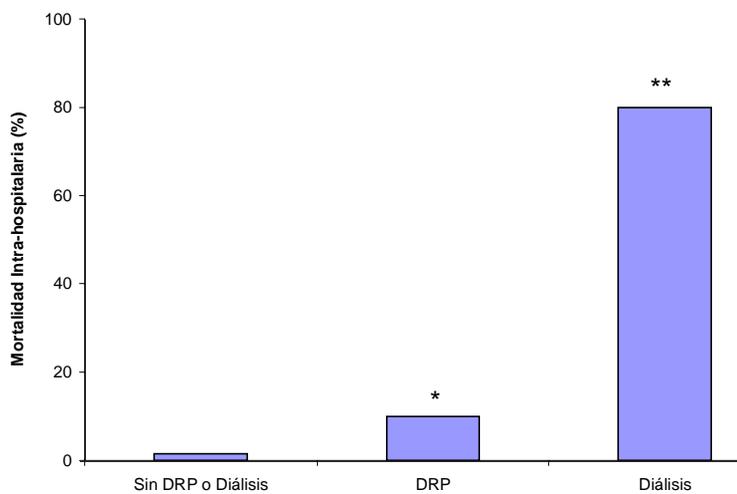
No se encontró asociación entre ninguna de las variables estudiadas y la ocurrencia de falla renal post-operatoria.

La rata mortalidad fue 9.9% (16 de 161 pacientes) en los pacientes con disfunción renal que no requirieron diálisis peritoneal y de 80% (8 de 10 pacientes) en aquellos que requirieron diálisis. En contraste solamente 1.5% (1 de 65 pacientes) de pacientes sin disfunción o falla renal murieron (Figura 2). La mortalidad intrahospitalaria estuvo fuertemente relacionada a la aparición de disfunción o falla renal ($P < 0.0001$).

Estadías

El tiempo de estadía en la UCI fue significativamente mayor en pacientes que desarrollaron disfunción renal (3 días [1 - 37 días] versus 2 días [1 - 43 días] en pacientes sin disfunción renal; $P = 0.005$). De forma similar el tiempo total de estadía en el hospital fue mayor para los pacientes con disfunción renal (6 días [1 - 37 días] versus 5 días [1 - 49 días] en pacientes sin disfunción renal; $P = 0.014$).

Figura 2. Asociación entre disfunción renal post-operatoria y mortalidad hospitalaria



DRP = Disfunción renal post-operatoria

* $P < 0,01$ en relación con grupo sin DRP o diálisis

** $P < 0,0001$ en relación con grupo sin DRP o diálisis

DISCUSIÓN

Nuestro estudio demuestra que la disfunción renal postoperatoria es una complicación frecuente en la cirugía cardíaca pediátrica; aunque su progresión a falla renal que requiera diálisis es de solo un 5% dicha progresión se relaciona fuertemente con una mayor mortalidad y un aumento en la utilización de recursos intrahospitalarios.

La incidencia de disfunción renal postoperatoria es mayor en nuestro estudio cuando se compara con otros, aparecidos anteriormente⁹. Dicha discrepancia puede explicarse debido a la diferencia entre las definiciones de disfunción y falla renal utilizados en tales investigaciones. La definición de disfunción renal como el aumento del 25% en los niveles de creatinina así como la utilización de la depuración de creatinina, hacen que detectemos grados leves de disfunción obviando los conocidos factores de error que se encuentran cuando el diagnóstico se basa solamente en los niveles séricos de creatinina.

Entre los factores estudiados el hematocrito postoperatorio fue el único que mostró una asociación independiente con la aparición de DRP. El daño renal producido en este tipo de cirugía es compatible con necrosis tubular aguda causada por isquemia. Diversos estudios han encontrado asociación en la patogénesis de la necrosis tubular y la congestión de la medula renal en pacientes con hematocrito elevado¹⁰. Adicionalmente, nuestros hallazgos pueden explicarse debido al conocido aumento en la vasoconstricción renal secundaria a un consumo de óxido nítrico en pacientes con altos hematocrito.

La incidencia de falla renal en nuestro estudio es similar a la reportada en la literatura pero nosotros excluimos pacientes con riesgo mínimo de disfunción y falla renal postoperatoria (Ej.: comunicación inter-auricular). El alto número de pacientes diagnosticados con disfunción y el relativamente bajo número de pacientes con diagnóstico de falla renal nos hace pensar que nuestros pacientes son sometidos a diálisis peritoneal de forma tardía lo que explica la alta mortalidad en ellos. Estudios anteriores han encontrado ratas de mortalidad de 40 a 79% en pacientes sometidos a diálisis peritoneal.^{11,12} Las variaciones en la demografía de los pacientes, modalidad de diálisis e indicación para la iniciación de este tipo de soporte hace difícil la comparación de estos resultados.

Dittrich ha demostrado que la intervención temprana con diálisis peritoneal profiláctica en el postoperatorio inmediato en estos pacientes reduce la mortalidad a un 27%.^{8,13}

En investigaciones previas se ha encontrado asociación de otras variables como la complejidad de la patología quirúrgica, el tiempo de arresto, la duración del bypass y el síndrome de bajo gasto con

la disfunción y falla renal postoperatoria. (14) En nuestro análisis no se pudo demostrar una asociación independiente de estas variables con la disfunción renal post-operatoria a pesar de que mostraron diferencias significativas en el análisis univariado; esto debido a los criterios diagnóstico de disfunción, ya que la detección de disfunciones renales tan leves pueden diluir el peso de dichas variables.

BIBLIOGRAFIA

1. Mangano CM, Diamondstone LS, Ramsay JG, et al. Renal dysfunction after myocardial revascularization: Risk factors, adverse outcomes, and hospital resource utilization. *Annals of Internal Medicine*. 1998; 128 (3): 194-203.
2. Conlon PJ, Stafford-Smith M, White WD, et al. Acute renal failure following cardiac surgery. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 1999; 14:1158-1162
3. Zanardo G, Michielon P, Paccagnella A, et al. Acute renal failure in the patient going cardiac operation: Prevalence, mortality rate, and main risk factors. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1994; 107 (6): 1489 - 1495
4. Suen W, Mok C, Chiu S, et al. Risk factors for development of acute renal failure requiring dialysis in patients undergoing cardiac surgery. *Angiology*. 1998; 49 (10): 789 - 800
5. Fischer U, Weissenberger W, Warters RD, Geissler H. Impact of cardiopulmonary bypass management on post cardiac surgery renal function. *Perfusion*. 2002; 17: 401 - 406
6. Corwin H, Sprague S, Giacomo A, DeLaria, Norusis M. Acute renal failure associated with cardiac operations. *Journal of Thoracic Cardiovascular Surgery*. 1989; 98: 1107 - 1112
7. Ellis EN, Brouhard BH, Conti VR. Renal function in children undergoing cardiac operations. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1983; 36 (2): 167 - 172
8. Dittrich S, Kurschat K, Dahnert I, Vogel M. Renal function after cardiopulmonary bypass surgery in cyanotic congenital heart disease. *International Journal of Cardiology*. 2000; 73: 173-179
9. Kist -van JH, Goedvolk CA, Doornaar MB, et al. Acute renal insufficiency and renal replacement therapy after pediatric cardiopulmonary bypass surgery. *Pediatr Cardiol*. 2001; 22:321-26
10. Stuart RO, Nigam SK. Developmental Biology of the Kidney. En: *The Kidney*, Editado por Brenner. 2000. Capítulo 28, página 68
11. Boinger H, Brannath W, Hermon M, et al. Predictors of Mortality at initiation of peritoneal dialysis in children after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2004; 77:61-5
12. Kwok-Iap C, MBChB, Patrik Ip, et al. Peritoneal dialysis after surgery for congenital heart disease in infants and young children. *Ann Thorac Surg*. 2003; 76: 1443-9
13. Werner HA, Wensley DF, Lirenman DS. Peritoneal dialysis in children after cardiopulmonary bypass. *J Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1997; 113(1): 64-68.
14. Dittrich S, Priesemann M, Fischer T, et al. Circulatory arrest and renal function in open heart surgery on infants. *Pediatr Cardiol*. 2002; 23: 15-19