



## CIRUGÍA CARDIOVASCULAR PEDIÁTRICA - TRABAJOS LIBRES

# Efectos de la circulación extracorpórea sobre el filtrado glomerular en la cirugía cardiovascular pediátrica

## *Effects of extracorporeal circulation on glomerular filtration in pediatric cardiovascular surgery*

Abel Facenda, MD.<sup>(1)</sup>; Antolín Romero, MD.<sup>(1)</sup>; Junior M. Lima, MD.<sup>(1)</sup>; Cruz M. Contreras, MD.<sup>(1)</sup>; Heilyn del Valle Montero, MD.<sup>(1)</sup>; Manuel G. Lima Montero, MD.<sup>(1)</sup>

*Ciudad de La Habana, Cuba.*

**OBJETIVO:** conocer como afecta la circulación extracorpórea la función renal tomando como marcador la alteración del filtrado glomerular.

**MATERIAL Y MÉTODO:** se realizó un estudio prospectivo, analítico y observacional en 63 pacientes pediátricos sometidos a cirugía cardiaca electiva con circulación extracorpórea en el Cardiocentro Pediátrico «William Soler» entre octubre de 2009 y abril de 2010. Se calcularon las variaciones del filtrado glomerular durante la circulación extracorpórea por el método de Schwartz y se extrajeron muestras de sangre antes y después de la circulación extracorpórea para determinar las cifras de creatinina en el plasma. Los datos se procesaron con el paquete estadístico SPSS versión 11.5.1. Los resultados se expresaron en forma de media, desviación estándar y por cientos. Se consideró que existió diferencia o asociación significativa si la probabilidad asociada al test aplicado era menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ). El análisis se realizó por medio de pruebas no paramétricas dado  $n < 30$  y a través de muestras relacionadas.

**RESULTADOS:** la disminución del filtrado glomerular pos-circulación extracorpórea, no se asoció con el tipo de cardiopatía ( $p < 0,056$ ) y sí con el estado previo de éste ( $p < 0,000$ ). El tiempo de duración de la circulación extracorpórea contribuyó significativamente al deterioro del filtrado glomerular ( $p < 0,021$ ); no así el tiempo de pinzamiento aórtico ( $p < 0,06$ ). El volumen de orina obtenido durante el tiempo de la circulación extracorpórea ( $p < 0,051$ ) y en el período trans-operatorio ( $p < 0,056$ ) no fue un índice de buen funcionamiento renal medido a través del filtrado glomerular.

**CONCLUSIONES:** la circulación extracorpórea afecta de manera significativa la función renal tomando como marcador la alteración del filtrado glomerular.

**PALABRAS CLAVE:** filtrado glomerular, circulación extracorpórea.

**OBJECTIVE:** know how extracorporeal circulation affects renal function taking as marker the impairment of the glomerular filtration rate.

**MATERIAL AND METHOD:** we performed a prospective analytical observational study in 63 pediatric patients that underwent elective cardiac surgery with extracorporeal circulation in the Pediatric Cardiac Center "William Soler" between october 2009 and april 2010. Variations of glomerular filtration rate

(1) Cardiocentro Pediátrico «William Soler». Ciudad de La Habana, Cuba.

Correspondencia: Dr. Junior Manuel Lima. Cardiocentro Pediátrico «William Soler». Calle 100 y Perla. Boyeros. Ciudad de La Habana, Cuba. Teléfono: 6 47 67 29. Correo electrónico: [yuniarla@infomed.sld.cu](mailto:yuniarla@infomed.sld.cu).

Recibido: 18/06/2010. Aceptado: 29/03/2011.

during extracorporeal circulation were calculated by the Schwartz method and blood samples were taken to determine plasma creatinine values before and after extracorporeal circulation. Data were processed with the SPSS statistical package version 11.5.1. Results were expressed as mean, standard deviation and percentage. We considered that difference or significant association existed if the probability associated to the applied test was less than 0,05 ( $p < 0,05$ ). Analysis was performed by non-parametric testing given  $n < 30$  and through related samples.

**RESULTS:** the decline in glomerular filtration rate post extracorporeal circulation was not associated to the type of cardiopathy ( $p < 0,056$ ) but it was associated to its previous state ( $p < 0,000$ ). The duration of extracorporeal circulation contributes significantly to the deterioration of the glomerular filtration rate ( $p < 0,021$ ); this did not happen with the aortic clamping time ( $p < 0,06$ ). The volume of urine obtained during the duration of extracorporeal circulation ( $p < 0,051$ ) and during the trans-operative period ( $p < 0,056$ ) was not an index of appropriate renal function measured by glomerular filtration rate.

**CONCLUSIONS:** extracorporeal circulation affects significantly the renal function taking as a marker the impairment of glomerular filtration rate.

**KEY WORDS:** glomerular filtration rate, extracorporeal circulation.

(Rev Colomb Cardiol 2011; 18: 169-176)

## Introducción

Aunque no existe un concepto de injuria renal aguda uniformemente aceptado. Schrier y colaboradores la caracterizan como una pérdida súbita de la capacidad del riñón para excretar desechos metabólicos del organismo, concentrar la orina y conservar el balance hidroelectrolítico. Para otros autores constituye una expresión clínica de la necrosis tubular aguda, caracterizada desde un daño variado de las células tubulares renales hasta su muerte causada por la isquemia renal prolongada, nefrotoxinas o sepsis (1). La injuria renal aguda, con frecuencia se reconoce como una disminución aguda en la función renal, secundaria a un daño que causa cambios funcionales o estructurales en el riñón (2). Ésta constituye un problema clínico frecuente, particularmente en las unidades de cuidados intensivos, donde se asocia con una mortalidad entre 50% y 80% (3). En los últimos años, la optimización de las técnicas quirúrgicas cardiovasculares, en la circulación extracorpórea y en los cuidados intensivos, han sido considerables; no obstante, la morbimortalidad secundaria a la injuria renal no ha mejorado de manera significativa.

La relación e implicación directa entre los mecanismos que producen daño durante la circulación extracorpórea están bien establecidas (4-6). La disfunción renal pos-

circulación extracorpórea puede aparecer como daño renal subclínico, que se observa en 60% a 70% de los pacientes, hasta insuficiencia renal establecida que requiera diálisis en el pos-operatorio; además tiene una patogénesis compleja e involucra mecanismos hemodinámicos e inflamatorios diversos.

Estudios realizados en túbulos proximales *in vitro*, muestran un rápido incremento en el calcio del citosol durante la hipoxia, lo que ocurre antes de que se pueda evidenciar algún grado de injuria tubular, puesta de manifiesto por la liberación de deshidrogenasa láctica (7, 8). El filtrado glomerular es el marcador más importante de la función renal, si bien existen otros biomarcadores de daño renal más confiables y eficaces como por ejemplo la cystatina c pero poco prácticos para su uso a la cabecera del paciente (9-14). En el presente, ninguna intervención farmacológica o técnica, protege definitivamente contra la disfunción renal luego de la circulación extracorpórea, de ahí que la prevención sea la herramienta más eficaz para proteger la función renal de estos pacientes.

El objetivo de este trabajo es conocer cómo la circulación extracorpórea afecta la función renal, tomando como marcador la alteración del filtrado glomerular, calculado por un método simple y económico como el de Schwartz (15, 16).

## Material y método

Se realizó un estudio prospectivo, analítico y observacional donde se incluyeron todos los pacientes pediátricos programados para cirugía cardiaca electiva con el uso de circulación extracorpórea en el Cardiocentro Pediátrico William Soler, entre octubre de 2008 y abril de 2009. La población estuvo constituida por 63 pacientes de los cuales 46 padecían cardiopatía no cianótica (73,01%) y 17 cardiopatía cianótica (26,98%).

Se incluyeron pacientes cardiopatas con edades entre 28 días de nacidos y 16 años, que requirieran circulación extracorpórea para la corrección de su cardiopatía, y se excluyeron aquellos que tuvieron asociadas enfermedades hepáticas crónicas, insuficiencia renal o síntomas y signos de sepsis.

Los pacientes seleccionados siguieron el protocolo de anestesia aprobado en el centro:

- Medicación preoperatoria con ketalar (5 mg/kg de peso corporal) más atropina (0,01 mg/kg de peso corporal) por vía intramuscular.
- Monitorización continua del electrocardiograma en derivación DII, frecuencia cardiaca, presión arterial no invasiva y saturación de oxígeno por oximetría de pulso.
- Inducción de la anestesia: fentanyl (5-10 mcg/kg de peso corporal) más un relajante muscular no despolarizante, catéter arterial radial o femoral y venoso central para monitorear las presiones arterial y venosa central, y administración de medicamentos en el salón de operaciones y en terapia intensiva; se monitorizaron además el CO<sub>2</sub> espirado, las temperaturas nasal, rectal y periférica, los gases en sangre arterial y el ritmo diurético horario.

La anticoagulación se estableció con una dosis inicial de heparina bovina a 3,5 mg/kg; en el cebado se suministró una dosis adicional de 10 mg para mantener un tiempo de coagulación activado con Celite mayor de 480 s. Ésta se revirtió con sulfato de protamina a 1,5 veces de la dosis de heparina total utilizada.

La circulación extracorpórea se realizó con oxigenador de membrana de fibra hueca (firma Sorin), adecuado al peso corporal del paciente, con bomba de rodillo (HL 20 de Jostra) y flujo no pulsátil. Los componentes del circuito y el volumen de cebado fueron estandarizados. El sistema fue cebado con solución salina fisiológica, manitol,

bicarbonato de sodio, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y heparina. Se utilizaron glóbulos rojos congelados para lograr un hematocrito inicial de 27% a 30%; la reposición de volumen la circulación extracorpórea se realizó con plasma fresco congelado. Todo los pacientes se sometieron a hipotermia (28 °C y 32 °C).

Los gases sanguíneos se regularon de acuerdo con la estrategia *Alpha-stat*. La protección miocárdica se realizó con solución de cardioplejía cristaloide fría. Durante la circulación extracorpórea se utilizó hemofiltración en todos los pacientes.

Con la extracción de la primera muestra de sangre para la gasometría, antes de la incisión quirúrgica de la piel, se indicó la determinación de la creatinina en plasma y una vez finalizada la intervención quirúrgica, a la llegada del paciente a la unidad de terapia intensiva, se extrajo una nueva muestra para hacer otra determinación de creatinina en plasma. Los valores de creatinina fueron determinados en el espectro-fotómetro ERMA AE-600 de manufactura japonesa; el resultado se expresó en mg%, lo que permitió calcular el filtrado glomerular utilizando la Fórmula de Schwartz (17, 18).

Filtrado glomerular = talla del paciente en cm x K / Creatinina sérica en mg%.

Donde k representa una constante que varía de acuerdo con la edad y la talla.

En todos los casos se recogieron los tiempos en minutos de circulación extracorpórea y de pinzamiento aórtico. La diuresis durante la circulación extracorpórea y el trans-operatorio se expresaron en mL/kg/hora. Se consideró diuresis adecuada entre 0,5-1 mL x kg x hora. Se estableció como trans-operatorio el tiempo que medió desde la inducción de la anestesia hasta el cierre de la piel y tiempo de circulación extracorpórea el tiempo que medió desde el acople hasta el desacople del paciente a la máquina de circulación extracorpórea.

El filtrado glomerular calculado se expresó en porcentaje relativo al valor del mínimo normal como 100%, lo que permitió determinar en qué porcentaje por debajo de su límite inferior normal se encontraba el filtrado glomerular.

Los pacientes se distribuyeron en cuatro grupos según el valor de filtrado glomerular antes de la circulación extracorpórea:

- Grupo I: filtrado glomerular normal según los valores del método de Schwartz.
- Grupo II: filtrado glomerular hasta 90% del límite inferior normal.
- Grupo III: filtrado glomerular entre 60%-89% del límite inferior normal.
- Grupo IV: filtrado glomerular entre 30%-59% del límite inferior normal.

Toda la información recogida se transcribió a un modelo de recolección de datos los cuales se procesaron con el paquete estadístico SPSS versión 11.5.1. Los resultados se expresaron en forma de media y desviación estándar para las variables cuantitativas y porcentajes para las cualitativas. El análisis de significación de la asociación de tipo de cardiopatía (dicotomía) con el filtrado glomerular pre-circulación extracorpórea, se realizó con la prueba exacta de Fisher en el programa Epiinfo versión 6 por no cumplir los requisitos para la prueba chi-cuadrado de independencia con corrección.

Para el tipo de cardiopatía (dicotomía) con filtrado glomerular pre y pos-circulación extracorpórea (cuantitativamente), se efectuó la prueba Gamma. En cuanto a la relación entre el filtrado glomerular pre y pos-circulación extracorpórea se realizó la prueba de correlación de Spearman y se aplicó de manera estandarizada homogeneizando la muestra de forma aleatorizada a fin de controlar el tipo de cardiopatía.

Las variaciones del filtrado glomerular con la diuresis durante la circulación extracorpórea, el tiempo transoperatorio, así como el tiempo de pinzamiento aórtico y de circulación extracorpórea se analizaron mediante la correlación de Spearman.

Para el análisis de significación de las diferencias entre cardiopatas con y sin filtrado glomerular disminuido, grados de disminución del filtrado glomerular pre y pos-circulación extracorpórea se aplicó la prueba chi-cuadrado de homogeneidad.

Se consideró que existía diferencia o asociación significativa si la probabilidad asociada al test era menor que ( $p < 0,05$ ). El análisis se realizó empleando pruebas no paramétricas dado  $n < 30$  y a través de muestras relacionadas.

### Ética y bioética

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de Investigación del Cardiocentro Pediátrico William Soler. En la investigación se obtuvo el consentimiento del familiar más cercano o tutor, a quien se le informaron los propósitos de la misma.

### Resultados

Se estudiaron 63 cardiopatas, distribuidos en 46 (73%) no cianóticos y 17 (26,98%) cianóticos. Antes de la circulación extracorpórea 52 pacientes (82,5%) presentaron filtrado glomerular disminuido de manera significativa ( $p=0,000$ ) no asociado al tipo de cardiopatía ( $p=0,4685$ ) (Tabla 1).

Antes de la circulación extracorpórea en 31 (59,6%) del grupo de cardiopatas con filtrado glomerular disminuido ( $n=52$ ), se hallaron valores del filtrado glomerular entre 60% y 89% por debajo del límite inferior normal (grupo III), no asociado significativamente al tipo de cardiopatía ( $p=0,3708$ ) (Tabla 2).

Luego de la circulación extracorpórea los cardiopatas con filtrado glomerular disminuido aumentaron a 5 ( $n=57$ ) aunque dicho empeoramiento no fue significativo ( $p=0,3708$ ) (Tabla 3).

Tabla 1.  
CARDIÓPATAS SEGÚN TIPO Y ESTADO DEL FILTRADO GLOMERULAR PRE-CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

*Tipo de cardiopatía	*Filtrado glomerular pre-circulación extracorpórea				Total	
	Normal	Porcentaje	Disminuido	Porcentaje	n	Porcentaje
No cianótica	7	15,2	39	84,8	46	73,0
Cianótica	4	23,5	13	76,5	17	27,0
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>17,5**</b>	<b>52</b>	<b>82,5**</b>	<b>63</b>	<b>100,0</b>

Porcentaje calculado de  $n=63$ . \* $p=0,4685$ . \*\* $p=0,000$ .

Tabla 2.  
CARDIÓPATAS CON FILTRADO GLOMERULAR DISMINUIDO PRE-CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA SEGÚN GRUPOS.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía	Filtrado glomerular disminuido pre-circulación extracorpórea						Total
	Grupo II (90%)	Porcentaje	Grupo III (60%-89%)	Porcentaje	Grupo IV (30%-59%)	Porcentaje	
No cianótica	6	11,5	21	40,4	12	23,1	39
Cianótica	2	3,8	10	19,2	1	1,9	13
<b>**Total</b>	<b>8</b>	<b>15,4</b>	<b>31</b>	<b>59,6</b>	<b>13</b>	<b>25,0</b>	<b>52</b>

Porcentaje calculado de n=52. CEC: circulación extracorpórea. \*\*p=0,3708.

Tabla 3  
CARDIÓPATAS CON FILTRADO GLOMERULAR DISMINUIDO POS-CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA SEGÚN GRUPOS.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía	Filtrado glomerular disminuido pos-circulación extracorpórea						Total
	Grupo II (> 90%)	Porcentaje	Grupo III (60%-89%)	Porcentaje	Grupo IV (30%-59%)	Porcentaje	
No cianótica	3	5,3	28	49,1	10	17,5	41
Cianótica	1	1,8	8	14,0	7	12,3	16
<b>**Total</b>	<b>4</b>	<b>7,0</b>	<b>36</b>	<b>63,2</b>	<b>17</b>	<b>29,8</b>	<b>57</b>

Porcentaje calculado de n=57. CEC: circulación extracorpórea. \*\*p=0,3708.

Previo a la circulación extracorpórea el promedio del filtrado glomerular fue de 84,7 mL x min x 1,73 m<sup>2</sup>, disperso en 30,4; pero pos-circulación extracorpórea la media fue 79 mL x min x 1,73 m<sup>2</sup> y la dispersión 32, lo que determinó una diferencia absoluta de -6,1 ± 27,6, que en los no cianóticos fue -13,1 ± 31,5. Se demuestra que el tipo de cardiopatía no influye en los valores del filtrado glomerular pre y pos-circulación extracorpórea dado p=0,836 y p=0,108 respectivamente, aunque el filtrado pos-circulación extracorpórea depende en 59,2% del valor previo a la circulación extracorpórea (p=0,000) (Tabla 4, figura 1).

Cardiocentro «William Soler», 2008-2009.

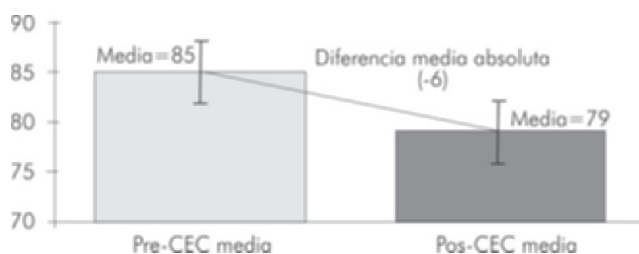


Figura 1. Cardiopatas según tipo y filtrado glomerular antes y después de circulación extracorpórea.

Tabla 4.  
CARDIÓPATAS SEGÚN TIPO Y FILTRADO GLOMERULAR ANTES Y DESPUÉS DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía	Filtrado glomerular (mL x min x 1,73 m <sup>2</sup> )		
	*Pre-CEC (n=52)	*Post-CEC (n=57)	Diferencia media absoluta
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
No cianótica	85,6 ± 29,8	82,0 ± 32,0	-13,1 ± 31,5
Cianótica	82,2 ± 32,8	82,0 ± 33,0	-3,5 ± 25,9
Total	84,7 ± 30,4	79,0 ± 32,0	-6,1 ± 27,6
Significación de la asociación (p)	0,836	0,108	

CEC: circulación extracorpórea. DE: desviación estándar.  
\*Spearman=0,592 (59,2%) \*p=0,000.

Tabla 5.  
FILTRADO GLOMERULAR ANTES Y DESPUÉS DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN CARDIÓPATAS ESTANDARIZADOS POR TIPO. CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía	Filtrado glomerular (mL x min x 1,73 m <sup>2</sup> )	
	*Pre- circulación extracorpórea	*Pos-circulación extracorpórea
	Media ± DE	Media ± DE
Cianóticos	79,2 ± 23,8	73,7 ± 21,7
No cianóticos	78,1 ± 18,4	72,9 ± 20,2
Total	78,6 ± 20,9	73,3 ± 20,7

CEC: circulación extracorpórea. DE: desviación estándar.  
\*Spearman= 0,355 (33,5%) \*p=0,039.

Al estandarizar la muestra la correlación del filtrado glomerular pos-circulación extracorpórea se mantuvo significativa dados los valores pre-circulación extracorpórea ( $p=0,039$ ) si bien no fue intensa (33,5%).

La media de la diuresis durante la circulación extracorpórea fue 3,1 mL/kg/min variable en 3,2 y la diuresis transoperatoria 2,9 mL/kg/min dispersa en 2, no asociadas significativamente a las variaciones del filtrado glomerular dado  $p=0,517$  y  $p=0,517$  respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6.  
CARDIÓPATAS SEGÚN TIPO Y DIURESIS DURANTE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA Y EL TRANS-OPERATORIO.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía		Diuresis mL/kg/min	
		Trans-circulación extracorpórea	Trans-operatorio
		Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
No cianótica		3,3 $\pm$ 3,5	3,1 $\pm$ 2,2
Cianótica		2,5 $\pm$ 2,3	2,5 $\pm$ 0,3
Total		3,1 $\pm$ 3,2	2,9 $\pm$ 2,0
Diferencia media del filtrado glomerular (asociación)	Coefficiente de correlación de Spearman	0,083	-0,074
	Significación (p)	0,517	0,563

CEC: circulación extracorpórea. DE: desviación estándar.

El tiempo promedio de pinzamiento aórtico fue de 35 minutos, variable en 25, cuyo tiempo en los cianóticos fue  $40,7 \pm 28,8$ . Se prueba que el tiempo de pinzamiento aórtico y la diferencia media del filtrado glomerular no están asociados significativamente ( $p=0,061$ ) (Tabla 7).

La media del tiempo de circulación extracorpórea fue de setenta minutos, disperso en 37, donde las variaciones del filtrado glomerular fueron dependientes significativamente ( $p=0,021$ ) e inversamente proporcionales (coeficiente negativo -0,295), con intensidad de 29,5% (no intensa por ser menor de 50%) (Tabla 7).

## Discusión

La falla renal aguda es una complicación que puede presentarse luego de una cirugía cardiovascular pediátrica. Su incidencia varía ampliamente en la literatura, en parte por la no uniformidad en la definición ni en los parámetros que se siguen para el diagnóstico. Roth y colaboradores plantean que ocurre entre 4% y 8% de los pacientes a quienes se les hace corrección de cardiopatía congénita. Estos autores definen la falla renal aguda como oliguria persistente, a pesar de garantizar un volumen circulante adecuado, un apoyo circulatorio y una terapia diurética agresiva (17).

En esta investigación se observó que los pacientes cianóticos tienen una tendencia mayor a empeorar su filtrado glomerular que los no cianóticos, después de ser sometidos a la circulación extracorpórea; lo mismo reportó Roth, quien señala a la cianosis, además del *bypass* prolongado y las obstrucciones a la salida izquierda del corazón, como los factores de riesgo más relevantes para sufrir daño renal agudo pos-quirúrgico (17).

Gothard y colaboradores enuncian que en su experiencia con los pacientes que requieren más de una intervención quirúrgica y además sufren cardiopatía cianótica, éstos tienen una probabilidad mayor de sufrir disfunción renal luego de una intervención quirúrgica, y citan como causas el efecto deletéreo que sobre el flujo renal tiene el

Tabla 7.  
CARDIÓPATAS SEGÚN TIPO, TIEMPOS DE PINZAMIENTO AÓRTICO Y CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.  
CARDIOCENTRO «WILLIAM SOLER», 2006-2007.

Tipo de cardiopatía	Tiempos (minutos)		Filtrado glomerular
	<sup>1</sup> Pinzamiento aórtico	<sup>2</sup> Circulación extracorpórea	<sup>3</sup> Diferencia media absoluta
	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
No cianótica	32,4 $\pm$ 3,8	66,2 $\pm$ 35,9	-13,1 $\pm$ 31,5
Cianótica	40,7 $\pm$ 28,8	80,9 $\pm$ 39,2	-3,5 $\pm$ 25,9
Total	34,6 $\pm$ 25,2	70,3 $\pm$ 37,1	-6,1 $\pm$ 27,6
Coefficiente de correlación de Spearman		-0,240	-0,295 (29,5%)
Significación de la asociación (p)		0,061	0,021

CEC: circulación extracorpórea. DE: desviación estándar.

incremento de la viscosidad en la sangre de los pacientes que cursan con cianosis, la hipoxia, la complejidad de la intervención, el uso crónico de diuréticos, el gasto cardiaco reducido y el daño renal sufrido en operaciones previas (18), planteamiento que coincide con los resultados que se obtuvieron en esta investigación.

Lo anterior concuerda con lo que reportan Kilo y colaboradores, quienes además encontraron que la edad, la circulación extracorpórea prolongada y la creatinina previa elevada son factores que determinan la aparición del daño renal agudo pos-operatorio, e incluso requieren hemofiltración (19). En lo que respecta al estudio que aquí se presenta, en la mayoría de los pacientes se demuestra algún grado de afectación del filtrado glomerular, aunque ligero, antes de la cirugía.

Chan también afirma entre los factores de riesgo como la parada circulatoria quirúrgica, la circulación extracorpórea prolongada y el síndrome de bajo gasto cardiaco, llevaron a los niños cardiopatas luego de la cirugía cardiovascular a sufrir algún grado de daño renal agudo e incluso requirieron diálisis peritoneal (20), lo cual se ajusta a nuestros resultados, en los que el tiempo de circulación extracorpórea afectó el filtrado glomerular de manera significativa.

Adicionalmente, algunos autores reportan que el tiempo de pinzamiento aórtico prolongado influye en la disfunción renal pos-circulación extracorpórea, lo cual no se evidenció en este estudio. Sin embargo, para Asfour y colaboradores, ni el tiempo de pinzamiento aórtico ni la parada circulatoria influyen en el desarrollo de la injuria renal aguda pos-circulación extracorpórea, al menos en neonatos con inmadurez renal (21).

Lema y colaboradores, en un estudio reciente, muy detallado, en el que se midieron variables, entre ellas el filtrado glomerular, aunque en sólo nueve pacientes, concluyeron que no existe evidencia de importancia clínica que demuestre que la circulación extracorpórea cause deterioro de la función renal en niños, e incluso plantean que no hay daño tubular durante la circulación extracorpórea (22), afirmación que no coincide con los resultados hallados en esta investigación donde en más de 85% de los pacientes empeoró el filtrado glomerular después de la circulación extracorpórea.

Con los resultados de esta investigación puede concluirse que la circulación extracorpórea afecta negativamente la función renal de los pacientes cardiopatas sometidos a cirugía cardiovascular, lo cual se manifiesta a través de la disminución del filtrado glomerular luego de la circulación extracorpórea.

Los resultados obtenidos, que guardan correspondencia con publicaciones extranjeras consultadas, pueden repercutir en una atención óptima a los pacientes pediátricos cardiopatas, a fin de evitar, en la medida de lo posible, factores de riesgo y daños renales de cualquier índole que puedan incrementar la falla renal que muchos presentan en la etapa preoperatoria.

## Bibliografía

1. Devarajan P. Emerging urinary biomarkers in the diagnosis of acute kidney injury. *Expert Opin Med Diagn* 2008; 2 (4): 387.
2. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, et al and the Acute Kidney Injury Network. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Critical Care* 2007; 11: R3.
3. Schrier RW, Wang W, Poole B, Mitra A. Acute renal failure: definitions, diagnosis, pathogenesis, and therapy. *J Clin Invest* 2004; 114: 5-14.
4. Abu-Omar Y, Ratnatunga C. Cardiopulmonary bypass and renal injury. *Perfusion* 2006; 21: 209-13.
5. Ranucci M. Perioperative renal failure: hypoperfusion during cardiopulmonary bypass? *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2007; 11 (4): 265-8. En línea. Consultado: IV/2009. Disponible en : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18270190](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18270190).
6. Day JRS, Taylor KM. The systemic inflammatory response syndrome and cardiopulmonary bypass. *Int J Surg* 2005; 3 (2): 129-14.
7. Edelstein C, Schrier R. The role of calpain in renal proximal tubular and hepatocyte injury. In: Calpain: pharmacology and toxicology of calcium-dependent protease. K.K. Wang and P.W. Yuen, editors. Philadelphia, Pennsylvania, USA.: Taylor & Francis; 1999.p. 307-29.
8. Kribben A, et al. Evidence for role of cytosolic free calcium in hypoxia-induced proximal tubule injury. *J Clin Invest* 1994; 93: 1922-29.
9. Schwartz GJ, Haycock GB, Edelmann CM Jr., Spitzer A. A simple estimate of glomerular filtration rate in children derived from body length and plasma creatinine. *Pediatrics* 1976; 58: 259-63.
10. Mishra J, Dent C, Tarabishi R, Mitsnefes MM, Ma Q, Kelly C, et al. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) as a biomarker for acute renal injury after cardiac surgery. *Lancet* 2005; 16 (365): 1231-38.
11. Han WK, Bailly V, Abichandani R, Thadhani R, Bonventre JV. Kidney injury molecule-1 (KIM-1): a novel biomarker for human renal proximal tubule injury. *Kidney Int* 2002; 16 (62): 237-44.
12. Herget-Rosenthal S, Marggraf G, Husing J, Goring F, Pietruck F, Janssen O, et al. Early detection of acute renal failure by serum cystatin-C. *Kidney Int* 2004; 66: 1115-22.
13. Villa P, Jiménez M, Soriano MC, Manzanares J, Casanovas P. Serum cystatin C concentration as a marker of acute renal dysfunction in critically ill patients. *Crit Care* 2005; 16 (9): 139-43.
14. Zohram A, Houssein A, Shoker A. Can cystatin C replace creatinine to estimate glomerular filtration rate? A literature review. *Am J Nephrol* 2007; 27 (2): 197-05.
15. Mattman A, Eintracht S, Mock T, Schick G, Seccombe DW, Morrison Hurley R, et al. Estimating pediatric glomerular filtration rates in the era of chronic kidney disease staging. *J Am Soc Nephrol* 2006; 17: 487-96.
16. Bunchman TE, McBryde KD, Matos TE, Gardner JJ, Maxvold NJ, Brophy PD. Pediatric acute renal failure: outcome by modality and disease. *Pediatric Nephrology* 2001; 16: 1067-71.

17. Roth SJ. Postoperative care. En: Chang AC, Hanley FL, eds. *Pediatric cardiac intensive care*. Baltimore: William and Wilkins; 1998. p. 189, 196, 197, 387.
18. Gothard JWW, Keller A. Cardiopulmonary bypass. Chapter 4. En: Butterworth-Heinemann eds. *Essentials of Cardiac and Thoracic Anaesthesia*. Oxford, UK: 1999. p.71.
19. Kilo J, Margrieter JE, Ruttman E, Laufer G, Bonatti JO. Slightly elevated serum creatinine predicts renal failure requiring hemofiltration after cardiac surgery. *Heart Surg Forum* 2005; 8 (1): E34-8.
20. Chan KL, Ip P, Chiu CS, Cheung YF. Peritoneal dialysis after surgery for congenital heart disease in infants and young children. *Ann Thorac Surg* 2003; 76 (5): 1443-9.
21. Asfour B, Bruker B, Kehl HG, Erund S, Scheld HH. Renal insufficiency in neonates after cardiac surgery. *Cli Nephrol* 1996; 46 (1): 59-6.
22. Lema G, Vogel A, Canessa R, Jalil R, Carvajal C, Becker P, et al. Renal function and cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgical patients. *Pediatr Nephrol* 2006 (10): 1446-51. Epub 2006 Aug 11.