

## Hemofiltración en Cirugía Cardíaca

Francisco Javier Molina Méndez\*, Pastor Luna Ortíz\*\*, María Del Carmen Lespron Robles<sup>§</sup>, Octavio González Chan<sup>§</sup>, Alejandro Ruiz Durón<sup>†</sup>, Bernardo Fernández Rivera<sup>§</sup>, Jorge Romero Borja<sup>§</sup>, Humberto Alvarez Rosales<sup>§</sup>, María De Lourdes Bernal Flores<sup>§</sup>

### RESUMEN

Durante los procedimientos quirúrgicos con circulación extracorpórea el método de hemoconcentración por el principio de ultrafiltración sanguínea fue empleado para controlar la hemodilución en 250 pacientes. Un dispositivo de fibra hueca y un hemoconcentrador especial fue empleado. La cantidad de ultrafiltrado recibido de un paciente varió entre 2600 ml, con una media de  $1825 \pm 800$  ml. La hemoconcentración por el principio del método de ultrafiltración es relativamente simple, seguro, y efectivo para el control de la hemodilución durante la circulación extracorpórea. El empleo de este método no se acompaña por alteraciones significativas en la homeostasis. Este método puede ser recomendado para uso de rutina en operaciones a corazón abierto que ameriten circulación extracorpórea. (*Rev Mex Anest, 1997;20:26-31*)

**Palabras Clave:** Anestesia. Circulación extracorpórea. Hemoconcentración. Hemofiltración.

### SUMMARY

**Hemofiltration in Cardiac Surgery.** During surgical procedures with extracorporeal circulation the method of hemoconcentration by means of blood ultrafiltration was employed to control hemodilution in 250 patients. Disposable hollow fiber dialyzer and a specially designed hemoconcentrator was used. The amount of ultrafiltration received from one patient varied between 2600 ml, with a mean of  $1825 \pm 800$  ml. Hemoconcentration by mean of ultrafiltration is relatively simple, safe, and effective method of hemodilution control during extracorporeal circulation. The employment of this method is not accompanied by any significant disturbances in homeostasis. The method can be recommended for routine use in clinics operating on the open heart. (*Rev Mex Anest, 1997;20:26-31*)

**Key Words:** Anesthesia. Extracorporeal Circulation. Heart-Lung Bypass. Hemoconcentration. Hemofiltration.

LA HEMOFILTRACIÓN en cirugía cardíaca durante la circulación extracorpórea (CEC) es una técnica relativamente nueva, iniciada en 1979<sup>1</sup>. La fuerza real de la hemofiltración es el gradiente de presión a través de la membrana más que una concentración de gradiente como en la diálisis. La presión transmembrana está determinada por la presión positiva aplicada a la sangre y la presión negativa aplicada al otro lado de la membrana, el flujo sanguíneo a través del filtro esta en función de la presión en la línea arterial del circuito de la CEC y la resistencia del circuito de hemofiltración. Un flujo

sanguíneo de 300 - 400 ml/min. a través del filtro y una presión transmembrana de aproximadamente 300 mmHg son considerados seguros y no causa hemólisis considerable.

La acumulación de líquidos durante la circulación extracorpórea es frecuente debido a las grandes cantidades de éstos usados durante el periodo de perfusión y hemodilución, considerando que el acumulo puede ser hasta un 33% en el espacio extracelular en el postoperatorio<sup>2</sup>. La hemodilución durante CEC contrarresta los efectos de la hipotermia usada generalmente en estos procedimientos<sup>3</sup>. Sin embargo, con la hemodilución hay un aumento significativo de líquidos en el espacio intersticial y extracelular<sup>4</sup> siendo esto mejor estudiado en el laboratorio donde se demuestra aumento en el contenido de agua en órganos como pul-

\*Subjefe del Departamento de Anestesiología, \*\*Jefe del Departamento de Anestesiología, <sup>§</sup>Médico adscrito del Departamento de Anestesiología, <sup>†</sup>Cirujano Cardiovascular. Correspondencia: Francisco Javier Molina Méndez. Departamento De Anestesiología, Instituto Nacional De Cardiología Ignacio Chávez. Juan Badiano No. 1, México D.F.

món, riñón, hígado, estómago, intestino y miocardio<sup>5,6</sup>.

La hemodilución excesiva es un gran problema en circulación extracorpórea prolongada, aunado al uso repetido de soluciones cardioplégicas cristaloides, principalmente en pacientes de baja talla y operaciones complejas. La remoción del líquido intersticial por hemofiltración es un método simple y seguro produciendo hemoconcentración al reducir el volumen sanguíneo circulante<sup>7</sup>.

La hemofiltración ha sido probada como técnica simple, sencilla y efectiva para remoción de líquidos en pacientes bajo diálisis<sup>8</sup>, en casos de insuficiencia cardíaca congestiva intratable<sup>9</sup>, así mismo en la unidad de terapia intensiva en pacientes con insuficiencia respiratoria e insuficiencia renal dado por choque y/o sepsis<sup>10,11</sup>, en cirugía cardíaca de urgencia algunas veces está comprometida con disfunción pulmonar con exceso de agua a nivel pulmonar causado por descompensación cardíaca<sup>12</sup>. Los primeros estudios de hemofiltración aparecieron a finales de 1970 y principios de 1980<sup>1,13,14</sup>. Las indicaciones para ultrafiltración en el periodo postcirculación extracorpórea son oliguria, anuria o insuficiencia renal aguda o crónica agudizada con hiperhidratación resistente a tratamiento. Durante la CEC el método está indicado cuando el volumen extracorpóreo es excesivo o cuando el hematocrito es bajo; así mismo durante el periodo postperfusión el método es usado para concentrar el hematocrito y reinfundirse al paciente<sup>15</sup>.

No existen contraindicaciones absolutas de la técnica. Existen diferentes tipos de hemofiltros pero todos con una misma similitud para que los compuestos con masa molecular de 6 000 - 10 000 daltons puedan pasar a través de la membrana y aquellos con masa de 20 000 daltons no la atraviesen: así sustancias como el agua, creatinina, ácido úrico y electrolitos pasan fácilmente, mientras los elementos formes de la sangre son retenidos. Existen dos tipos de hemoconcentradores, el de placa y de fibra hueca (capilaridad).

La velocidad de hemoconcentración depende del área de superficie total de la membrana, composición de la sangre y el valor de la presión transmembrana, siendo este último el más importante. La presión transmembrana es la suma algebraica de la presión media de entrada y la salida al hemofiltro y la presión de este en su interior. Esta técnica representa un avance importante en el manejo perioperatorio del paciente con alteración renal programado para cirugía de corazón; de

igual forma restaura la normovolemia y las células sanguíneas al final de la operación.

La concentración de proteínas plasmáticas y la presión osmótica del plasma disminuye durante la circulación extracorpórea<sup>16</sup>, pero puede ser restaurada a niveles preoperatorios; esto promueve absorción de líquido intersticial y ayuda a prevenir edema pulmonar subclínico en el periodo postoperatorio temprano<sup>17,18</sup>.

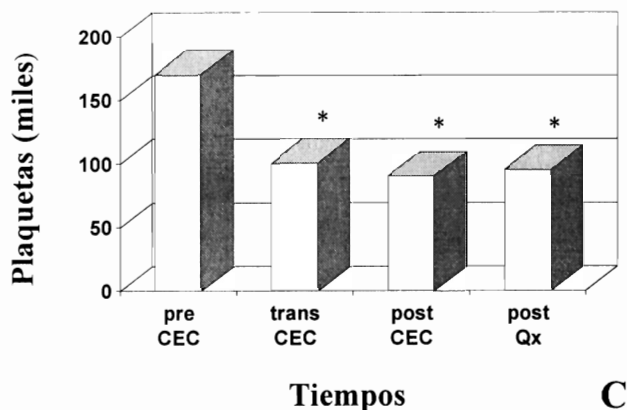
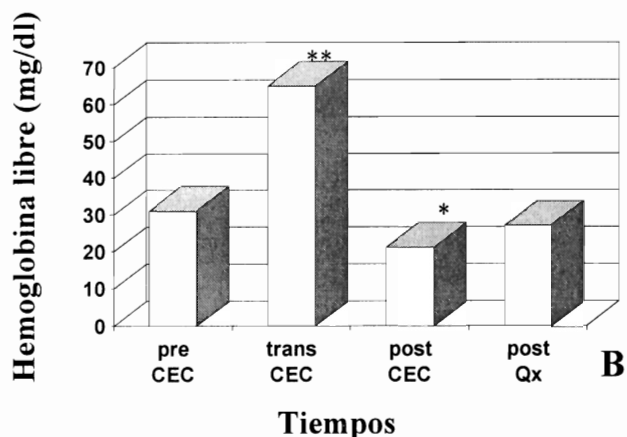
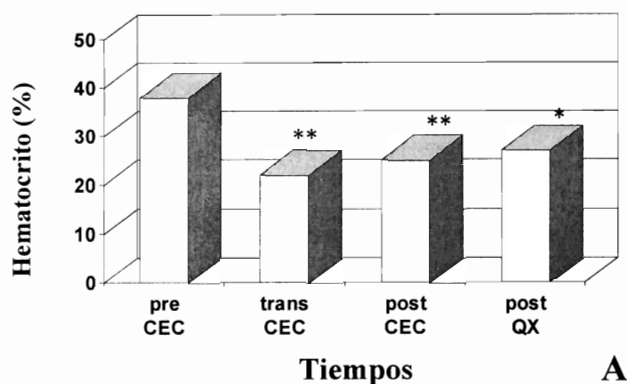
## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 250 pacientes: 102 femeninos, 148 masculinos cuya edad fue de  $58 \pm 8$  años y peso de  $73 \pm 9$  kg, programados para diferentes procedimientos de cirugía cardíaca abierta con circulación extracorpórea, los cuales se pueden seleccionar de la siguiente manera: 124 cirugía valvular (72 mitrales, 28 aórticos, 14 mitro-aórticos, 8 mitro-tricuspidéos y 2 tricuspídeos), donde 32 fueron reoperaciones valvulares mitrales; de igual forma se intervinieron 126 con cardiopatía isquémica a los cuales se les colocaron 124 injertos de arteria mamaria izquierda y 280 injertos venosos, con un total de injertos de 404; del total de enfermos coronarios, 9 fueron reoperación de dicha patología.

Todos los pacientes fueron manejados durante la C.E.C. con la técnica habitual cebando los circuitos con  $1200 \pm 175$  ml de solución Hartman, de igual forma se usó un oxigenador de membrana, intercalándose un hemofiltro 30 y midiéndose el volumen extraído al terminar la CEC, tomándose muestras del paciente, reservorio venoso, y del oxigenador antes y después de pasar por el hemofiltro en los siguientes tiempos; precirculación extracorpórea, transcirculación extracorpórea, postcirculación extracorpórea y postcirugía (24 hrs después de terminada la cirugía) las cuantificaciones fueron para hematocrito, hemoglobina libre, plaquetas, fibrinógeno, proteínas totales (globulina, albumina), creatinina, potasio, y volúmenes urinarios. Así mismo, se consideraron tiempo de pinzamiento aórtico (valvulares y coronarios), duración de la CEC (valvulares y coronarios) y volumen filtrado promedio (valvulares y coronarios) y balance hídrico total.

Los resultados se reportan en media y desviación estándar, aplicándose la prueba de Wilcoxon de variables múltiples siendo esta significativa si  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS



**Figura 1.** Hemofiltración en cirugía cardíaca. Media ± DE. **A.** preCEC ± 1.02, transCEC ± 1.39, postCEC ± 3.9 y post Qx (postcirugía) ± 1.25. \*\* p < 0.05, \* p < 0.001. **B.** preCEC ± 1.24, transCEC ± 0.76, postCEC ± 1.28, postQx ± 0.09. \* p < 0.001, \*\* p < 0.05. **C.** preCEC ± 4128, transCEC ± 3220, postCEC ± 9875, postQx ± 12323. \* p < 0.001

El hematocrito tuvo significado estadístico al disminuir del valor basal  $39 \pm 1.25$  a  $26 \pm 3.9\%$  ( $p < 0.001$ ),  $29 \pm 1.39\%$  ( $p < 0.05$ ) y  $33 \pm 1.02\%$  ( $p < 0.05$ ), trans, postcirculación extracorpórea, y post-cirugía respectivamente; se administraron  $750 \text{ ml} \pm 178 \text{ ml}$  de paquete globular en 24 hrs (figura 1A)

La hemoglobina libre aumentó trans-circulación extracorpórea de lo basal  $38.4 \pm 0.09 \text{ mg/dl}$  a  $64 \pm 1.28 \text{ mg/dl}$  ( $p < 0.001$ ), para después disminuir postcirculación extracorpórea a  $29 \pm 0.76$  ( $p < 0.05$ , figura 1B). La cuantificación de plaquetas mostró una disminución significativa durante todas las mediciones ( $p < 0.001$ ; figura 1C), así mismo el fibrinógeno ( $p < 0.05$ ; figura 2A)

Las proteínas totales solo mostraron significado estadístico en la fracción de las globulinas al aumentar de lo basal  $2.29 \pm 0.04 \text{ mg/100ml}$  a  $2.92 \pm 0.84$  ( $p < 0.05$ ) postcirugía (figura 2B); la fracción de la albúmina disminuyó trans y postcirculación extracorpórea de  $2.8 \pm 0.09$  ( $p < 0.05$ ),  $2.7 \pm 0.09$  ( $p < 0.05$ ) respectivamente (figura 2C)

Los volúmenes urinarios disminuyeron durante el trans y postcirculación extracorpórea de  $310 \pm 24 \text{ ml}$  basal a  $98 \pm 16 \text{ ml}$  ( $p < 0.001$ ) y  $128 \pm 9$  ( $p < 0.001$ ) respectivamente y se recuperaron después a volúmenes urinarios normales  $2128 \pm 136 \text{ ml}$  (figura 3), 26 pacientes recibieron diurético postoperatorio de los cuales 21 fueron valvulares y cinco coronarios. La creatinina no mostró significado estadístico durante las mediciones a excepción de un paciente al cual se le efectuó un doble cambio valvular, y la creatinina aumentó a  $3.9 \text{ mg/100 ml}$ , siendo este paciente al que se le extrajeron  $2600 \text{ ml}$  durante la hemofiltración.

El potasio sérico solo tuvo significado estadístico durante la circulación extracorpórea al disminuir de  $4.2 \pm 0.1$  basal a  $3.1 \pm 0.3$  ( $p < 0.05$ ) (figura 4); todos los pacientes recibieron  $52 \pm 4 \text{ mEq}$  de cloruro de potasio transoperatorio.

El balance hídrico total postcirugía fue de  $625 \pm 218 \text{ ml}$ ; el volumen filtrado promedio fue de  $1825 \pm 800 \text{ ml}$ , correspondiendo  $1428 \pm 112 \text{ ml}$  a los valvulares y  $1234 \pm 76 \text{ ml}$  para coronarios (figura 5)

El tiempo total de pinzamiento aórtico fue de  $45 \pm 6 \text{ min.}$ , siendo  $53 \pm 7 \text{ min}$  para valvulares y  $41 \pm 9 \text{ min}$  para coronarios; así mismo la duración de la circulación extracorpórea fue de  $83 \pm 5 \text{ min}$  donde, los valvulares muestran  $76 \pm 3 \text{ min}$  y los coronarios  $62 \pm 4 \text{ min.}$

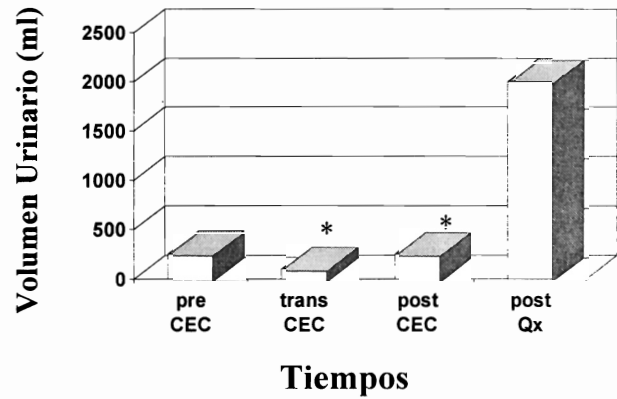
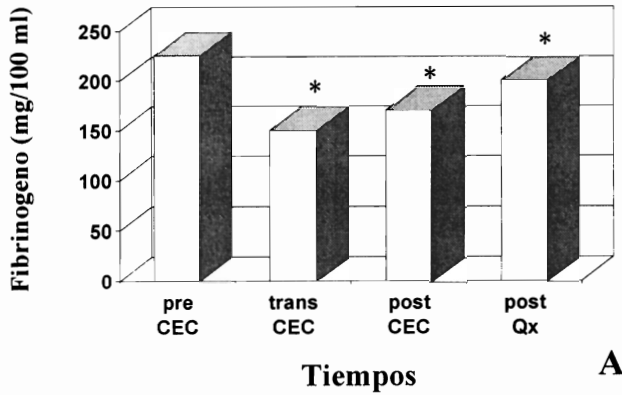


Figura 3. Hemofiltración en cirugía cardiaca. preCEC  $\pm$  136, tran CEC  $\pm$  9, postCEC  $\pm$  16, postQx  $\pm$  24. \*  $p < 0.05$

vés de una membrana semipermeable<sup>19</sup>. La ultrafiltración asociada a CEC, permite diuresis artificial durante la CEC<sup>15,20-23</sup>, como lo demuestra nuestro estudio al conservar el hematocrito en niveles normales al terminar la cirugía; así mismo la posibilidad de extraer el 80% del volumen administrado en cristaloideos durante el procedimiento quirúrgico; de igual manera la hemoglobina libre aunque se modificó en todos los tiempos en relación a la basal no difiere de lo publicado por otros autores donde ésta aumenta pero sin manifestaciones clínicas, para regresar a lo normal a las 24 hrs.<sup>24</sup>; las proteínas plasmáticas totales aunque sufrieron modificación en sus fracciones de globulina y albúmina estas regresaron a los valores normales al final del procedimiento, datos que difieren de otras publicaciones, donde ellos encuentran un aumento

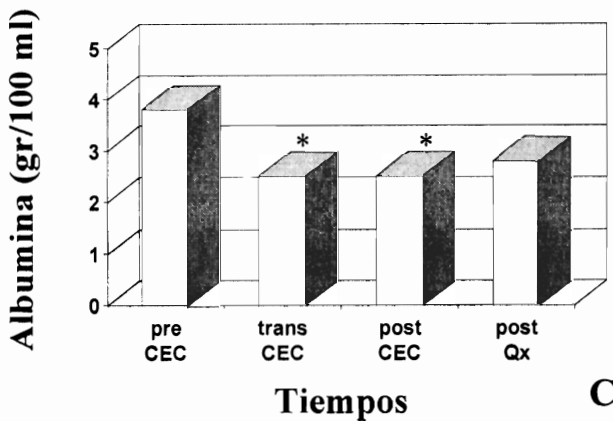
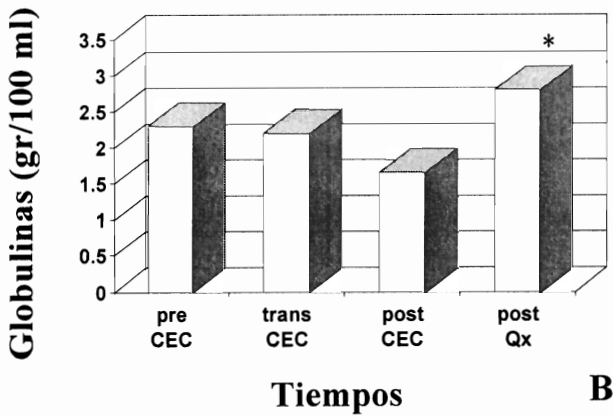


Figura 2. Hemofiltración en cirugía cardiaca. Media  $\pm$  DE. A. preCEC  $\pm$  17, transCEC  $\pm$  36, postCEC  $\pm$  31 y post Qx (postcirugía)  $\pm$  18. \*  $p < 0.05$ . B. preCEC  $\pm$  0.84, transCEC  $\pm$  0.02, postCEC  $\pm$  0.02, postQx  $\pm$  0.04. \*  $p < 0.05$ . C. preCEC  $\pm$  0.04, transCEC  $\pm$  0.09, postCEC  $\pm$  0.09, postQx  $\pm$  0.01. \*  $p < 0.05$

## DISCUSION

La hemofiltración es un método establecido para remoción del exceso de líquido, basado en el principio de transporte convectivo de solutos a tra-

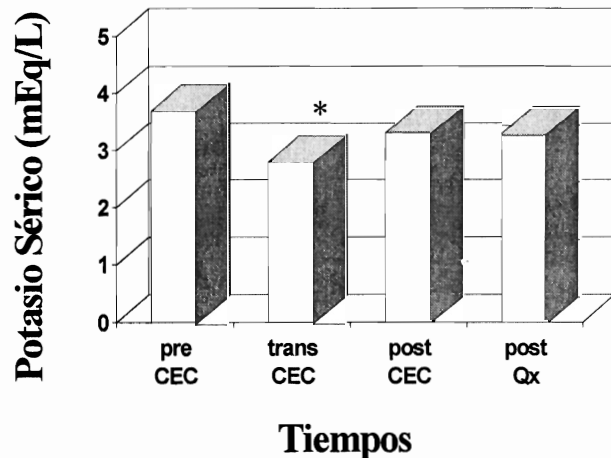


Figura 4. Hemofiltración en cirugía cardiaca. preCEC  $\pm$  0.1, tran CEC  $\pm$  0.3, postCEC  $\pm$  0.3, postQx  $\pm$  0.1. \*  $p < 0.05$

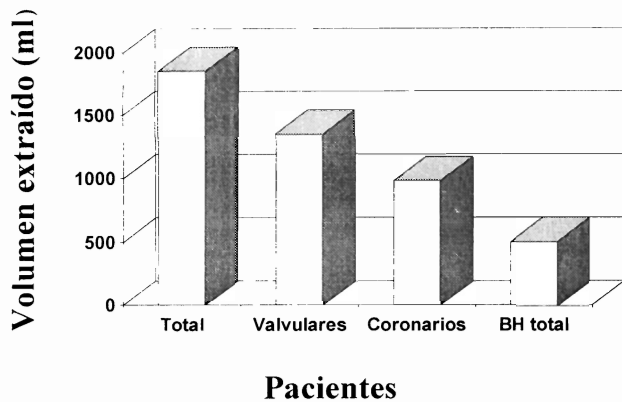


Figura 5. Hemofiltración en cirugía cardiaca. total  $\pm$  218. Valvulares  $\pm$  76. Coronarios  $\pm$  112. BH total  $\pm$  800

significativo en proteínas totales así como en sus fracciones<sup>25</sup>.

Los volúmenes urinarios disminuyeron durante la hemofiltración, para normalizarse a las 24 hrs. datos que concuerdan a lo publicado por otros autores; donde consideran el volumen extraído como diuresis artificial; un paciente del estudio cursó con volúmenes urinarios bajos < de 1ml/ kg y elevó creatinina al extraérsele volúmenes altos (2600ml), esto probablemente por una depleción del volumen intravascular, retornando a valores normales en 24 hrs.

Los componentes de la coagulación estudiados, como plaquetas y fibrinógeno, disminuyeron durante las mediciones, siendo esto más aparente durante la hemodilución considerándose como normal por la hemodilución que se efectúa durante la CEC, donde reciben una carga de  $1200 \pm 176$  ml de solución cristaloides, permaneciendo bajos al final de la cirugía pero sin consecuencias clínicas como hemorragia o reintervención dentro de las primeras 24 hrs; estos datos difieren de lo publicado en la literatura donde se encuentran aumentados cuando la hemofiltración se lleva a cabo al final del procedimiento (post-CEC), donde se entiende que el traumatismo de estos elementos sobre todo plaquetas es menor, ya que se manejan flujos de bomba menores que el mantenido durante el procedimiento quirúrgico esto último a mantener el 75% del gasto cardiaco calculado al paciente<sup>24</sup>.

El potasio sérico se conservó a pesar de la hemofiltración a excepción del primer tiempo medido (inicio de la hemodilución en circulación extracorpórea) esto podría explicarse por que los pacientes recibieron  $52 \pm 4$  mEq de cloruro de potasio durante

el procedimiento; aunque se acepta que la hemofiltración disminuye los niveles séricos de potasio<sup>24,25</sup>.

El balance hídrico en nuestro estudio fue satisfactorio como lo publicado en otros trabajos, sobre todo cuando los pacientes tienen volúmenes intravasculares altos o intersticiales, siendo nuestro caso la hemodilución usada en CEC; o lo publicado en pacientes de urgencia o en insuficiencia cardiaca<sup>12</sup>.

## CONCLUSIONES

Nosotros usamos la hemofiltración intraoperatoria en 250 pacientes programados para corrección de diferente patología cardiovascular bajo circulación extracorpórea. La hemofiltración es un método simple, seguro, y que fue efectivo para conservar la homeostasis corporal.

Recomendamos su uso durante la circulación extracorpórea en pacientes que se sospeche sobrecarga de volumen durante el procedimiento sobre todo en hemodilución o periodos prolongados de circulación extracorpórea donde se usan grandes cantidades de soluciones cardioplégicas cristaloides ya que este método no causa trastornos electrolíticos o de la coagulación; aunque sería conveniente un grupo control para valorar los productos sanguíneos usados en el postoperatorio.

## REFERENCIAS

1. Darup J, Blesse N, Kalmer P. Haemofiltration during extracorporeal circulation: *Thorac Cardiovasc Surg* 1979; 27: 227-230
2. Brecknridge DM, Digerness SB, Kirklín JW. Increased extracellular fluid after open intracardiac operation. *Surg Gynecol Obstet* 1970; 131: 53-56
3. Utley JR, Wachtel C, Cain RB. Effects of hypothermia, hemodilution, and pump oxygenation on organ water content, blood flow and oxygen delivery, and renal function. *Ann Thorac Surg* 1981; 31:132-139
4. Pacifico AD, Digerness S, Kirklín JW. Acute alterations of body composition after open intracardiac operations. *Circulation* 1970; 41: 331-341
5. Cooper JD, Maeda MD, Lowenstweín E. Lung water accumulation with acute hemodilution in dog. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975; 69: 957-965
6. Laks H, Standeven J, Blair O. The effects of cardiopulmonary bypass with crystalloid and colloid hemodilution on myocardial extravascular water. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;73:129-138
7. Klineberg PL, Kam CA, Johnson DC. Hematocrit and blood volume control during cardiopulmonary bypass with the use of hemofiltration. *Anesthesiology* 1984; 64:478-480
8. Bergstrom J. Ultrafiltration without dialysis for removal of fluid and solutes in uremia. *Clin Nephrol* 1978; 9: 156-162
9. Silverstein ME, Ford CA, Lysaght MJ, Henderson LW. Treatment of severe fluid overload by ultrafiltration: *N Eng J Med* 1974; 291: 747-752

10. Lewis RM, Besso J, Henning RJ, Weil MH. Hemofiltration for the treatment of adult respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1980; 8: 229-235
11. Oyama C, Levine N, Magilligan DL. Pulmonary edema: Reversal by ultrafiltration. *J Surg Res* 1984; 36: 191-197
12. Klepetko W, Corain F, Haider W, Wollner E. Acute spontaneous hemofiltration installed into the extracorporeal circulation: Thirty years of extracorporeal circulations. *Deutsches Herzzentrum* 1984; 4:235-236
13. Kramer P, Wigger W, and Rieger J. A new and simple method for treatment of over-hydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschr* 1971, 55: 1121-1122
14. Lewis FR, Elings VB. Microprocessor determination of lung water using thermal-green dye double indicator dilution. *Surg Forum* 1978; 23:182-184
15. Brickley JM, Kalshoven JD, Wilds SL, Dearing JP. A comparison of two methods of post bypass hemoconcentration. *J Extracorp Technol* 1982; 14: 431-436
16. English TAH, Digerness S, Kirklin JK. Changes in colloid osmotic pressure during and shortly after open intracardiac operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; 61: 338-341
17. Ing TS, Vilbar RM, Shin KD. Pediatric isolated ultrafiltration. *Dial Transplant* 1978;7:557-559
18. Klancke KA, Assey ME, Kratz JM. Postoperative pulmonary edema in post-coronary artery bypass graft patients. *Chest* 1983; 84: 529-53
19. Nelson RL, Tamary Y, Tortolani AJ, Hall MH, Moccio CG. Ultrafiltration for concentration and salvage of pump blood. In: Utley JR, Ed. Pathophysiology and technique of cardiopulmonary bypass. Vol. 11, Baltimore. Williams & Wilkins 1983; 229-237
20. Romagnoli A, Hacker J, Keats AD, Milam J. External hemoconcentration after deliberate hemodilution (abst) Am Soc Anesth 1976 Annual Meeting
21. Hopeck JM, Lane RS, Shroeder JW. Oxygenator volume control by parallel ultrafiltration to remove plasma water. *JECT* 1981; 13: 267-27
22. Tamari Y, Nelson R. Concentration of blood in the extracorporeal circuit using ultrafiltration *JECT* 1983; 15: 133-142
23. Tamari Y, Nelson R. Conversion of dilute whole blood by single pass ultrafiltration. *JECT* 1983; 15:126-132
24. Boldt J, Kling D. Blood conservation in cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 832-840
25. Tamari Y, Nelson RL. Effects of the hemo-concentration on blood *JECT* 1984 , 16: 89-94