

Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica

Volumen
Volume **11**

Número
Number **3** Septiembre-Diciembre
September-December **2003**

Artículo:

Ultrafiltración modificada postcirculación extracorpórea

Derechos reservados, Copyright © 2003:
Sociedad Mexicana de Cardiología

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Edigraphic.com

Trabajo de revisión

Ultrafiltración modificada postcirculación extracorpórea

Lic. Enf. Amalia Beatriz González Vergara*

* Enfermera Perfusionista del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

RESUMEN

Los niños sometidos a circulación extracorpórea junto con la hemodilución e hipotermia moderada o profunda, se asocian en la mayoría de los casos con alteraciones en la permeabilidad capilar. Esta permeabilidad vascular aumentada, se debe en gran parte a la respuesta inflamatoria que se desencadena al inicio de la circulación extracorpórea. La acumulación de líquido extravascular particularmente en el paciente de bajo peso se origina por fuga capilar, que en su mayoría puede ocasionar falla orgánica múltiple. La ultrafiltración modificada, es un método que se emplea especialmente en los niños para revertir la hemodilución, de igual manera algunos mediadores inflamatorios pueden ser removidos, se reduce la acumulación de agua corporal; disminuyen los requerimientos transfusionales en el postoperatorio, disminuyen las resistencias vasculares sistémicas y mejora el índice cardíaco entre otras ventajas. La técnica consiste en ultrafiltrar al paciente inmediatamente al final de la circulación extracorpórea hasta obtener el hematocrito deseado, moderando así la severidad del edema postoperatorio.

Palabras clave: Hemodilución, ultrafiltración modificada, circulación extracorpórea.

Recibido para publicación: 20 de enero 2003
Aceptado para publicación: 15 de mayo 2003

Dirección para correspondencia:
Amalia Beatriz González Vergara
Tierra Fría 425-B Col. Tierra Nueva
C.P. 02130 México, D.F.
Tel. 5383-8977
E-mail: ambe29@yahoo.com

ABSTRACT

Children undergoing extracorporeal circulation, along with moderate to profound hypothermia and hemodilution are associated with disturbance of the capillary permeability. This increase in vascular permeability is mainly due to the extracorporeal circulation. The accumulation of extravascular fluid secondary to capillary leakage can lead to multiple organ failure, particularly in low weight patients. Modified ultrafiltration is a method employed, specially in children, with advantages such as revert hemodilution, remove some inflammatory mediators, improve cardiac index, decrease water accumulation, postoperative blood transfusions and systemic vascular resistance. The technique consists in ultrafiltrating the patient just at the end of the extracorporeal circulation until obtaining the desired hematocrit, regulating in this way the severity of the postoperative edema.

Key words: Hemodilution, modified ultrafiltration, extracorporeal circulation.

INTRODUCCIÓN

La incidencia de las cardiopatías congénitas, es de 2 a 10 niños por cada 1,000 nacidos vivos; la corrección temprana en el neonato, ha avanzado significativamente en las dos últimas décadas. Sin embargo, las cardiopatías complejas siguen siendo causa importante de muerte. La circulación extracorpórea junto con la hemodilución y la hipotermia moderada o profunda en el niño sometido a cirugía de corazón

abierto, se asocia en la mayoría de los casos con alteraciones en la permeabilidad capilar y respuesta inflamatoria inespecífica, que conllevan a un grado mayor o menor de disfunción orgánica múltiple.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La ultrafiltración con membranas ultraporosas, para remover líquido y aliviar el edema de los pacientes con insuficiencia renal (IR) inicia en 1900. Sin embargo, no fue sino hasta 1970 en que se implementa su uso en procedimientos de cirugía a corazón abierto, pero su aplicación se limitaba solamente a los pacientes severamente hemodiluidos, para concentrar el volumen remanente del circuito extracorpóreo. En 1979 después de las investigaciones realizadas por Magilligan, se extiende su uso en el período trans y postoperatorio, aunque también se limitaba para los pacientes con daño renal y como alternativa a la hemodiálisis. A partir de 1980, este procedimiento no sólo se empleaba en los pacientes con IR, sino también se reconoce como un método excelente para hemoconcentrar y controlar el volumen de los pacientes sobrehidratados, además de que servía como técnica de conservación de la sangre al preservar las plaquetas y los factores de coagulación. En 1991 Naik y cols. introducen un medio para remover el agua corporal de los pacientes neonatos y pediátricos de tal manera que al realizarse después de la circulación extracorpórea (CEC), se obtienen ciertos beneficios como una disminución de la respuesta inflamatoria a la CEC y por consiguiente menor morbilidad postoperatoria.¹

La modernidad, la alta tecnología y la CEC hacen posible la cirugía de corazón abierto. Sin embargo, infiere daño a los elementos de la sangre que por un lado es masivo y por otro puede ser moderadamente tolerado. En la mayoría de los pacientes, las reservas funcionales de los sistemas orgánicos lesionados son suficientes para superar este trauma, pero en los pacientes severamente enfermos y en aquéllos de edad extrema, la morbilidad postoperatoria puede influir en los resultados quirúrgicos. Una causa importante de morbilidad posterior a la CEC es el edema postoperatorio siendo la hemodilución uno de los factores principales que contribuyen a éste, ya que disminuye la presión oncótica y por lo tanto conduce a edema tisular y a disfunción orgánica. Gran número de componentes vasoactivos se producen y liberan durante la CEC como: bradicininas, serotoninas, prostaciclinas (PGE2), óxido nítrico, endotelina-1, anafilatoxinas (C3, C4, C5), factor activador plaquetario (FAP), histamina, leucotrienos, interleucinas 1, 2, 6, y 8 y radicales libres de

oxígeno entre otros. Por definición estas sustancias alteran el tono vascular conduciendo a la permeabilidad capilar y modulando los cambios en la distribución de sangre así como en el compartimiento de los líquidos; se inicia una serie compleja de reacciones que usualmente defienden al organismo contra el sangrado, trombosis y la invasión de organismos y sustancias ajenas a éste.² Los mecanismos de defensa dentro de la sangre durante y después de la CEC, son generalmente conocidos como respuesta inflamatoria orgánica. Esta reacción inflamatoria puede contribuir al desarrollo de complicaciones postoperatorias como: insuficiencia respiratoria, disfunción renal, trastornos de la coagulación, disfunción neurológica, alteraciones de la función hepática y finalmente la falla orgánica múltiple.

Para revertir los efectos deletéreos de la CEC, se han implementado diversas estrategias como: mejorar las técnicas de perfusión, proporcionando un flujo y presión adecuados, la miniaturización de los circuitos en el neonato, minimizar el volumen de purgado del circuito, el uso de coloides, materiales biocompatibles (circuitos recubiertos con heparina), uso de diuréticos para optimizar la diuresis postoperatoria, diálisis peritoneal, diversas terapias antiinflamatorias, la hemofiltración que ha llegado a ser una herramienta útil para revertir la hemodilución y la ultrafiltración modificada (UFM) que reduce la severidad de la respuesta inflamatoria.

La ultrafiltración es un proceso convectivo, donde la sangre es bombeada a través de una membrana semi-permeable generalmente de fibra hueca. Partículas en la sangre con una masa molecular menor del tamaño del poro son filtradas a una tasa proporcional al gradiente de presión transmembrana. La ultrafiltración opera bajo el principio de la separación selectiva del agua plasmática y solutos de bajo peso molecular del componente celular y proteico del espacio intravascular. Los factores que determinan la tasa o eficiencia de ultrafiltración a través de un hemofiltro son: la presión hidrostática diferencial que se genera a través de una membrana de filtración; el coeficiente de ultrafiltración que está relacionado directamente con la capacidad de los dispositivos para remover líquidos; la aplicación de presión negativa en la salida de la membrana o el uso del aumento de la presión de perfusión de entrada, el aumento de la viscosidad de la sangre durante la hipotermia que incrementa la resistencia al flujo a través de la membrana; los niveles altos de proteínas que aumentan la presión diferencial de entrada y salida a través de la membrana y el número, tamaño y profundidad del poro de la membrana.³

Los hemofiltros se intercalan en el circuito extracorpóreo, y utilizan la presión positiva transmembrana para remover agua y electrólitos en la misma concentración que en el plasma, en cantidades importantes y en lapsos cortos de tiempo. Son diseñados ya sea de placas paralelas o fibras huecas. Los tipos de fibra hueca son fabricados con materiales de celulosa, poliacrilonitrilo o polisulfona; el tamaño del poro de la fibra generalmente es de 30 a 40 angstroms, la pared es de 40 μm y el diámetro de 200 μm , moléculas pequeñas menores de 10,000 daltons como Na, K, Cl, urea, creatinina y glucosa se filtran a una tasa igual a su concentración en el plasma; moléculas mayores como la albúmina (69,000 Da), hemoglobina (68,000 Da) fibrinógeno (341,000 Da) y componentes celulares de la sangre (leucocitos, plaquetas y eritrocitos) no pasan a través de la membrana.¹

La UFM se desarrolló porque se creía que el paciente pediátrico, era más susceptible a la sobrehidratación y podía beneficiarse con esta técnica, sobre todo en los procedimientos quirúrgicos prolongados y con hipotermia profunda. Los trabajos realizados por Magilligan y Naik han demostrado que la UFM preserva la homeostasis, conservando los factores de coagulación y plaquetas. La concentración del factor de necrosis tumoral, el fragmento del complemento C3a y la mieloperoxidasa disminuyen en forma importante, así como también los niveles de bradicinina, por lo tanto se reduce la vasodilatación y la permeabilidad vascular inducida por ésta; la remoción de interleucinas inhiben la liberación del factor de necrosis tisular y la IL-8, los cuales son inductores de la respuesta inflamatoria; en el corazón hay una disminución de la frecuencia cardíaca, aumento de la presión arterial sistémica, índice cardíaco, disminuyen las resistencias vasculares sistémicas y el edema del miocardio mejorando la complianza del ventrículo izquierdo; se restaura la función renal removiendo los metabolitos tóxicos; mejora la función cerebral post-operatoria disminuyendo el edema, y se eliminan los vasodilatadores o agentes anestésicos utilizados durante el recalentamiento, entre otros beneficios.⁴

La explicación de estos cambios son difíciles de definir, pero se basan en las siguientes hipótesis que aún están siendo investigadas: que la caída de las resistencias vasculares sistémicas, se debe no sólo a la filtración del agua resultante del edema pulmonar, sino al flujo hacia el lecho vascular pulmonar de sangre oxigenada caliente vía un ultrafiltro que debiera ser un vasodilatador pulmonar; que la elevación en el índice cardíaco y la caída de la frecuencia

cardíaca, pueden ser debido a los cambios en la complianza vascular, a medida de que hay una redistribución del volumen del paciente más efectiva durante la UFM; y que todos los cambios observados se pueden atribuir a los cambios en el contenido de agua en el miocardio y pulmón.

La UFM no sólo remueve el exceso de agua acumulada, sino también hemoconcentra al paciente, reduciendo así la pérdida sanguínea y los requerimientos transfusionales en el postoperatorio, esto se asocia con cambios importantes en el estado hemodinámico durante la UFM, elevando la presión arterial y manteniendo una presión auricular izquierda constante, la disminución del tamaño del corazón y pulmones, así como la reducción en el uso de inotrópicos o vasodilatadores.²

TÉCNICA

El método de ultrafiltración convencional, se puede realizar durante la CEC en la fase de recalentamiento y después de los 28°C para elevar gradualmente el hematocrito a medida que ascienda la temperatura. Antes de finalizar la CEC se determina el hematocrito, hemoglobina, proteínas totales y la presión oncótica coloidal. El estado del volumen del paciente estará determinado por la presión venosa central. El circuito de la UFM en la forma veno-arterial, se instala antes de purgar el circuito extracorpóreo; se coloca un conector recto con luer en la línea venosa a 10 cm de la entrada hacia el reservorio venoso, a este conector se conecta un tubo de 1/4 ó 3/16 hacia la entrada de un cabezal de la bomba de rodillos, y de ahí a la entrada del ultrafiltro; la salida de éste se conecta a la entrada luer del conector colocado en el tubo de la entrada del oxigenador de membrana. Se pinza la línea de vacío y se purga el oxigenador y líneas en la forma habitual, posteriormente se purga el hemofiltro lentamente por gravedad en forma retrógrada. El purgado del circuito es de 95 mL aproximadamente. Cuando finaliza la CEC con las cánulas *in situ* y sin revertir la anticoagulación, se pinza la línea venosa entre la entrada del reservorio venoso y el conector con luer; si el estado hemodinámico del paciente es satisfactorio inicia la UFM con un flujo de 10 a 30 mL/kg/min el cual se mantiene constante, aplicando un vacío de 100 a 200 mmHg para optimizar la presión transmembrana; si es necesario el volumen remanente del reservorio puede ser transfundido con la bomba arterial. Durante el procedimiento se monitorea estrechamente la presión de aurícula izquierda, presión arterial pulmonar, presión arterial sistémica,

saturación arterio-venosa mixta de aurícula izquierda e índice cardíaco. La UFM se desarrolla en un lapso de 10 a 15 minutos, vigilando continuamente el circuito para evitar accidentes, una vez alcanzado el hematocrito deseado se suspende el procedimiento y se decanula el paciente. El método también puede ser de forma veno-venoso o arterio-venoso, en estas técnicas se extrae sangre de la aurícula derecha o aorta y se reinfunde ya ultrafiltrada hacia la aorta o aurícula derecha respectivamente, aquí no solamente se aplica la UFM después de la CEC, sino también se permite su uso como técnica convencional durante la misma.^{5,6}

La cantidad de volumen hemofiltrado, depende en gran parte del grado de hemodilución preoperatoria, cantidad de líquidos agregados y el hematocrito deseado. Se puede decir que la fuente del ultrafiltrado, es en parte plasma filtrado, líquido aspirado del compartimiento intravascular y parte de líquidos remanentes del cebado de la bomba. La composición de los solutos en ambos lados de la membrana, es la misma para las sustancias que tienen menos peso molecular que el peso molecular aislado de la fibra usada; así el filtrado puede ser considerado como una ventana bioquímica entre el plasma y el líquido extracelular. Se ha demostrado que en el líquido ultrafiltrado hay concentraciones grandes de histamina, factor de necrosis tumoral, varias citocinas, betatromboglobulina y muchos otros agentes.^{2,6} No se conocen efectos adversos, sin embargo, los adelantos recientes en la tecnología de la membrana sintética, han hecho que éstos occasionen con menor frecuencia cambios mínimos en la sangre como es la activación del complemento y leucopenia, los cuales son comunes también en la hemodiálisis.⁷

PRECAUCIONES

El paciente debe permanecer heparinizado, revisar el circuito antes de iniciar la UFM verificando que las pinzas estén colocadas correctamente, la bomba de rodillos especial para este propósito debe estar totalmente oclusiva, no exceder la presión de vacío de 200 mmHg y mantener flujos bajos para evitar la cavitación.

DESVENTAJAS

La decanulación y la reversión de la heparina se demora por 10 min, mientras se puede revisar la hemostasia de mediastino; puede haber inestabilidad

hemodinámica si el volumen del reservorio venoso no se transfunde de modo adecuado, por lo que hay que mantener la precarga y una presión de aurícula izquierda normal. El cambio de líquidos en los compartimientos puede ser brusco durante una extracción rápida de volumen, particularmente en los niños muy pequeños después de la CEC.

CONCLUSIONES

La acumulación de líquido extravascular asociada con la CEC en el paciente pediátrico es de efectos deletéreos importantes. La ultrafiltración convencional puede remover parte de este líquido, pero la UFM realizada inmediatamente después de la CEC ha demostrado su efectividad al reducir la acumulación de agua asociada con la CEC, y eliminar la mayor cantidad de mediadores de la respuesta inflamatoria. Con esta técnica el manejo de los niños sometidos a hipotermia y hemodilución, especialmente el neonato de alto riesgo es particularmente superior, disminuyendo las complicaciones postoperatorias como insuficiencia respiratoria, disfunción renal, trastornos de la coagulación, disfunción neurológica, alteración de la función hepática y falla orgánica múltiple. Las investigaciones continúan para dilucidar la eficacia de la ultrafiltración, ya que algunos resultados son controversiales.

REFERENCIAS

1. Gravlee GP, Roger AM. *Cardiopulmonary bypass principles and practice hemofiltration, dialysis and blood salvage techniques during cardiopulmonary bypass*. 2^a. Ed. Williams and Wilkins Philadelphia 2000: 105-112.
2. Jonas R, Naik S, Elliott M. *Cardiopulmonary bypass in neonates, infants and young children, filtration in pediatric cardiac surgery*. Butterworth-Heinemann Ltd. Great Britain 1994: 158-170.
3. Traynor L, Sutton R. Comparing ultrafiltration and centrifugation during after pediatric cardiopulmonary bypass. *JECT* 1992; USA 23 (3) 140-151.
4. Gaynor JW, Tulloh RM. Modified ultrafiltration reduces myocardial edema and reverses hemodilution following cardiopulmonary bypass in children. *J Am Coll Cardiol* 1995; USA 25: 200.
5. Gerard JM, Richard BL. *Cardiovascular perfusion services and pediatric cardiovascular surgery "simple modified ultrafiltration"* perfusion Arnold 2000; USA 15(5): 447-452.
6. Naik SK. A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation* 1991; USA (Suppl III). 422-431.
7. Naik S, Elliott M. A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991; USA 6: 41-50.