

Respuesta hemodinámica a la circulación extracorpórea con normotermia en la cirugía cardiovascular pediátrica

Hemodynamic response to extracorporeal circulation with normothermia in pediatric cardiovascular surgery

Dr. Luis Marcano Sanz,^I Dr. Junior Lima Aguiar,^{II} Dr. Antolín Romero Suárez,^{III} Dra. Jacqueline Barrial Moreno^{IV}

^I Especialista de II Grado en Cirugía Pediátrica y Cardiovascular. Profesor Asistente. Máster en Urgencias Médicas. Servicio de Cirugía. Email: resccv@infomed.sld.cu

^{II} Especialista de I Grado en Anestesiología y Reanimación. Máster en Urgencias Médicas. Servicio de Anestesia.

^{III} Especialista de II Grado en Fisiología. Doctor en Ciencias Médicas. Profesor Titular. Investigador Auxiliar. Servicio de Perfusión.

^{IV} Especialista de II Grado en Anestesiología y Reanimación. Profesor Instructor. Máster en Urgencias Médicas. Servicio de Anestesia.

RESUMEN

Introducción: El empleo de la normotermia durante la circulación extracorpórea en pediatría fue iniciado por Lecompte en 1995. **Objetivo:** Evaluar la respuesta hemodinámica con el empleo de la normotermia como método de protección de órganos durante la circulación extracorpórea en niños. **Método:** Se distribuyeron aleatoriamente 100 pacientes mayores de 30 días. En normotermia (n= 45) se utilizó temperatura de 36 °C, hematocrito mayor de 30 % y flujo de perfusión entre 2,8 y 3,5 L/min/m². En hipotermia (n= 55), hematocrito entre 25 y 30 % y flujo de perfusión entre 2,2 y 2,8 L/min/m². **Resultados:** Ambos grupos fueron homogéneos en edad, peso y riesgo ajustado para los procedimientos quirúrgicos. La respuesta hemodinámica fue significativamente mejor con la normotermia, según valores de ácido láctico, saturación venosa central de oxígeno e índice cardíaco al final de la circulación extracorpórea y a las 8 horas de ingreso en la unidad de cuidados intensivos. **Conclusiones:** La normotermia durante la circulación extracorpórea en niños es segura y eficaz.

Palabras claves: Cirugía cardiovascular pediátrica. Circulación extracorpórea. Perfusión. Normotermia.

ABSTRACT

Introduction: The use of normothermia during extracorporeal circulation in Pediatrics was started by Lecompte in 1995. **Objective:** To assess the hemodynamic response with the use of normothermia as a protection method for organs over the extracorporeal circulation in children. **Method:** One hundred patients aged over 30 days were randomly distributed. In normothermia (n= 45) temperature was of 36°C, hematocrit more than 30 % and the perfusion flow between 2,2 and 2,8 L/min/m². **Results:** Both groups were homogenous in age, weight and risk adjusted for surgical procedures. Hemodynamic response was significantly better with normothermia according the lactic acid values, oxygen central venous saturation and heart rate at the end of extracorporeal circulation and at 8 h post-admission in the intensive care unit (ICU). **Conclusions:** The normothermia in Pediatric cardiovascular surgery with extracorporeal circulation perfusion is sure and efficacy.

Key word: Pediatric cardiovascular surgery, extracorporeal circulation, perfusion, normothermia.

INTRODUCCIÓN

A la luz de los avances en el conocimiento de la hemodinámica durante la circulación extracorpórea (CEC), el paro anóxico y los efectos nocivos de la hipotermia, emerge el uso novedoso de la normotermia como método de protección de órganos durante el procedimiento de CEC.¹

La hipotermia se asocia a mayor incidencia de infecciones, sangrado más prolongado, alteración del aporte de oxígeno y de glucosa a los tejidos, tiempo de CEC más prolongado, mayor daño endotelial y prolongación del efecto proinflamatorio con síndrome de fuga capilar así como aumento de la necesidad de apoyo hemodinámico en el postoperatorio.²⁻⁹

En cirugía cardíaca pediátrica la normotermia es utilizada por el equipo del cirujano francés Lecompte desde 1995.^{1,10} Durandy demostró la seguridad de la técnica en casos con tiempos de pinzamiento aórtico mayores de 90 minutos, necesarios para la corrección de cardiopatías congénitas complejas.¹¹

Sin embargo, las publicaciones europeas se limitan a describir grandes series de casos, con muy pocos estudios controlados. Con el objetivo de evaluar la respuesta hemodinámica con el empleo de la normotermia como método de protección de órganos durante la circulación extracorpórea en niños, se diseñó una investigación para intentar obtener un mayor nivel de evidencia médica e introducir la misma en nuestro universo de trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para validar la hipótesis de que la normotermia propicia una mejor respuesta hemodinámica al final de la CEC y en el postoperatorio inmediato, se realizó un

estudio analítico, controlado y prospectivo en 100 niños operados entre enero y diciembre de 2010, con circulación extracorpórea, en edades comprendidas entre los 30 días y los 18 años. Se excluyeron intervenciones con puntuación de 1 en la escala de riesgo ajustado para la cirugía cardíaca congénita (RACHS 1),¹² por la poca complejidad de los mismos. Se distribuyeron en dos grupos: los intervenidos en normotermia (grupo I= 45) y en hipotermia (grupo II= 55). La asignación aleatoria simple se realizó según último número del documento de identidad, de manera que los pacientes con número impar conformaron el grupo I, y por ende los pares el grupo II. La recogida de datos se realizó por una especialista de la unidad de cuidados intensivos, ajena a la intervención, siguiendo las características del ensayo ciego por terceros. El tamaño muestral se determinó según lo recomendado en la literatura, que considera muestras aceptables en estudios con grupos homogéneos y muestras infinitas, de 100 casos en general y al menos 30 por grupos a estudiar.¹³

En los niños operados bajo CEC normotérmica se mantuvo la temperatura rectal entre 36 °C y 36,5 °C, hematocrito sobre 30 % y flujo a través de cánula aórtica entre 2,8 y 3.5 L/min/m² de superficie corporal, ajustado para mantener saturación venosa central de oxígeno (SvO₂) mayor de 70 % y ácido láctico menor de 2 mmol/L. Los operados a temperaturas por debajo de 36 °C, recibieron un flujo de perfusión entre 2.2 - 2.8 l/min./m² de superficie corporal y el hematocrito entre 25 y 30 % según los mismos objetivos fisiológicos. En todos los pacientes se empleó durante el clampaje aórtico, cardioplegia cristalóide fría anterógrada, 20 mL/Kg de peso, administrada con una frecuencia de 15 minutos en el Grupo I y 20 minutos en el Grupo II. La presión de perfusión fue mantenida entre 35 mm Hg y 45 mm Hg en los menores de 1 año de edad, y entre 40 mmHg y 50 mmHg los mayores. No se usaron rutinariamente vasoconstrictores durante la CEC. Se realizó hemofiltración convencional durante la CEC y en las cardiopatías que cursan con flujo pulmonar aumentado se realizó hemofiltración modificada al final de la derivación cardiopulmonar.

Las técnicas quirúrgicas, anestésicas y los cuidados intensivos postoperatorios para cada enfermedad en particular, fueron similares en ambos grupos, según las guías de buenas prácticas clínicas del hospital. Bajo monitorización de la frecuencia cardíaca, la presión arterial no invasiva y la oximetría de pulso, se realizó la inducción anestésica con ketamina (0,5-1 mg/kg) y midazolam (0,1 mg/kg) por vía endovenosa periférica. Ya adecuadamente dormidos se les administró un relajante muscular no despolarizante (pancuronio 0,1 mg/kg) e inmediatamente después fentanyl (10 mcg/kg). Se les conectó al ventilador Primus-Drager (ventilación por volumen). Los parámetros se ajustaron para lograr una pCO₂ entre 32-35 mmHg. La FiO₂ siempre fue de 100 % durante la inducción y luego se disminuyó a 40 % para el mantenimiento de la anestesia. La anestesia fue balanceada, para lo cual una vez intubados se les administró isofluorano a concentraciones de 0,6 a 1,5 %, ajustando la dosis de acuerdo al paciente y a la respuesta. Se repitió el fentanyl y el relajante endovenosos según necesidades, en las dosis ya mencionadas.

Se empleó para las pruebas estadísticas el programa MedCalc versión 11,5 (2010). Como medidas de resumen se emplearon los porcentajes, medias y desviación estándar en las variables de distribución normal según la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la mediana y el rango intercuartílico, en las que no se distribuyeron normalmente. Para el análisis estadístico de las variables cuantitativas se empleó la prueba paramétrica t de Student después de haber verificado que cumplían la hipótesis de normalidad de las variables, o en caso contrario la prueba no paramétrica U de Mann Whitney. En términos de significación se utilizó un nivel de confianza del 95 % y se consideró significativo todo valor de p d» 0,05 para el estadígrafo asociado a la prueba. Se contó con la aprobación del Consejo Científico y del Comité de Ética de la Investigación y se obtuvo el documento de

consentimiento informado firmado por los padres, según la Declaración de Helsinki, revisada en el 2008.¹⁴

RESULTADOS

En la tabla 1 se observa que ambos grupos resultaron homogéneos en relación con la edad, peso, y riesgo ajustado para la cirugía de las cardiopatías congénitas (RACHS-1).

En la tabla 2 se muestra la amplia gama de cardiopatías que se distribuyeron de forma similar entre ambos grupos según la escala RACHS- 1. Las intervenciones más comunes fueron el cierre de la comunicación interventricular, seguido de la corrección de la Tetralogía de Fallot y del defecto septal aurículoventricular.

Tabla 2. Intervenciones quirúrgicas según escala RACHS - 1.

Intervenciones según Categorías de RACHS- 1	Grupo I (n= 45)		Grupo II (n= 55)		p
	No.	%	No.	%	
CATEGORÍA	2	28	62,2	37 67,3	0,59 Ver símb
Cierre comunicación interventricular	7	15,5	13	23,6	
Corrección tetralogía de Fallot	6	13,4	9	16,4	
Corrección CIV + estenosis pulmonar	5	11,2	5	9,1	
Liberación estenosis subvalvular aórtica	5	11,2	5	9,1	
Corrección DSAV parcial	2	4,4	3	5,5	
Sustitución valvular pulmonar	1	2,2	2	3,6	
Cierre ventana aortopulmonar	2	4,4	0	0,0	
CATEGORÍA	3	16	35,6	18 32,7	0,76? Ver símb
Corrección DSAV completo	6	13,4	8	14,5	
Plastia o sustitución valvular mitral	4	8,93	5,5		
Corrección doble salida ventrículo derecho	2	4,4	3	5,5	
Corrección DATVP	2	4,4	2	3,6	
Sustitución Valvular Aórtica	1	2,2	2	3,6	
Corrección DSAV completo + DATVP	1	2,2	0	0,0	
CATEGORÍA 4					
Plastia Hipoplasia arco aórtico	1	2,2	0	0,0	0,45

?: Valor de p, prueba? 2 Pearson.: Valor de p, test de Fisher.

CIV: Comunicación Interventricular. DSAV: Defecto Septal Aurículoventricular.

DATVP: Drenaje Anómalo Total Venas Pulmonares.

RACHS - 1: Riesgo ajustado para la cirugía cardíaca congénita.

Fuente: Registro electrónico de pacientes "Delfos"

Como se muestra en la [tabla 3](#), las cifras medias de lactato fueron menores y los valores de saturación venosa central de oxígeno mayores, de forma significativa en los operados con normotermia, al final de circulación extracorpórea y a las 8 horas de ingreso en la unidad de cuidados intensivos (UCI). El índice cardíaco mostró valores significativamente mayores en los intervenidos con ese método.

DISCUSIÓN

En Europa existe una experiencia acumulada de 12 000 intervenciones quirúrgicas con normotermia durante los últimos 15 años.¹⁰ La misma abarca técnica de Jatene, corrección de drenajes anómalos totales de venas pulmonares, interrupción del arco aórtico, síndrome de hipoplasia de cavidades izquierdas, origen anómalo de la arteria coronaria izquierda, emergiendo de la arteria pulmonar otras igualmente complejas que necesitan prolongados tiempos de clampaje aórtico.^{1,2,15-17}

La monitorización de la perfusión tisular es un parámetro fundamental a la hora de evaluar la hemodinámica del paciente, donde influyen factores vasomotores y cardíacos. Los valores de ácido láctico informan del metabolismo celular, teniendo en cuenta que en estados de bajo gasto cardíaco o de vasoconstricción periférica como las que se producen en hipotermias moderadas o severas, no se suplen las necesidades totales de oxígeno para un metabolismo aerobio y como respuesta, la anaerobiosis produce lactato.¹⁸ Las cifras medias en esta investigación con el empleo de la normotermia son inferiores a las consideradas como índices de morbimortalidad al final de la CEC y al ingreso en la UCI y que se definen, aunque sin consenso, entre 2,5 mmol/L y 6 mmol/L.¹⁹ Es útil destacar que fueron significativamente menores en el grupo operado con normotermia, no solo por evitar la vasoconstricción sino también por favorecer la función contráctil miocárdica y disminuir el tiempo de CEC.¹⁵ Asimismo hay gran evidencia de que las citoquinas, FNT α e IL6, que se producen por la CEC y agravan la respuesta inflamatoria en hipotermia, contribuyen a la patogénesis de la disfunción hepatocelular, con disminución del aclaramiento del lactato.²

Para la monitorización del GC en niños internados en unidades de cuidados intensivos pediátricos, se presentan dificultades, ya que el uso de catéteres como el de Swan Ganz no es habitual y las mediciones ecocardiográficas tienen limitaciones técnicas debido a "ventanas" insuficientes o a alteraciones anatómicas propias de las cardiopatías congénitas. La medición de la SvO₂, ha ganado mucho en popularidad pues se correlacionan muy bien con los de la saturación venosa mezclada de oxígeno e indirectamente, con el gasto cardíaco.²⁰ En la investigación se encontró que los pacientes tratados con normotermia durante CEC, presentaron valores mayores de SvO₂. De forma similar Pouard² y Cassano¹⁶ señalan cifras mayores de SvO₂ en sus series de casos. El punto de corte para un posible mayor riesgo de complicaciones y peor pronóstico se ha establecido en 66,5 % y se recomiendan como meta, cifras normales por encima del 70 % en las primeras 6 a 8 horas del ingreso en la UCI, período identificado como crítico después de la CEC.²⁰

Los valores medios del índice cardíaco fueron significativamente mayores en normotermia. La hipotermia no solo induce efectos adversos sobre el miocardio sino que dificulta también las funciones endocrinas, particularmente tiroideas, que juegan un importante papel en el gasto cardíaco.^{7,10,15} Al preservar la vasomotricidad, contrario a lo publicado en relación con pacientes adultos,⁹ en niños no se produce disminución excesiva de las resistencias vasculares sistémicas

cuando se opera en normotermia. El aumento de las catecolaminas durante la CEC es mucho mayor que en los adultos y por tanto se mantienen normales las resistencias vasculares y la presión arterial para la edad. El menor daño tisular y la fisiología más cercana a lo normal, explican mejores llenes capilares y temperatura distal en los intervenidos con normotermia^{2,10,16}.

Basados en los fundamentos teóricos enunciados y en los resultados obtenidos, los autores recomiendan la cirugía en normotermia como una alternativa segura, factible y eficaz en pediatría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Durandy Y, Hulin S. Normothermic bypass in pediatric surgery: technical aspect and clinical experience about 1400 cases. *ASAIO J.* 2006;52:539-42.
2. Pouard P, Mauriat P, Haydar A, Gioanni S, Laquay N, Vaccaroni L, et al. Normothermic cardiopulmonary bypass and myocardial cardioplegic protection for neonatal arterial switch operation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30:695-9.
3. Pigula FA, Siewers RD, Nemoto EM. Hypothermic cardiopulmonary bypass alters oxygen/glucose uptake in the pediatric brain. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;121(2):366-73.
4. Lewis ME, Al-Khalidi AH, Townend JN, Coote J, Bonser RS. The effects of hypothermia on human left ventricular contractile function during cardiac function. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(1):102-8.
5. Yamada S. Impaired endothelial responses in patients with deep hypothermic cardiopulmonary bypass. *Kurume Med J.* 2004;51(1):1-7.
6. Mrowczynski W, Woftalik M, Zawoolzka D. Infection risk factors in pediatric cardiac surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2002;10(4):329-33.
7. Gazit A, Huddleston C. Care of the Pediatric Cardiac Surgery Patient-Part 2. *Current Problems in Surgery.* 2010;4:261-376.
8. Kurth CD, Steven JM, Nicolson SC, Jacobs ML. Cerebral oxygenation during cardiopulmonary bypass in children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;113:71-9.
9. Birdi I, Regragui R, Izzat M, Bryan A, Angelini A. Influence of normothermic systemic perfusion during coronary artery bypass operations: a randomized prospective study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114:475-81.
10. Durandy Y. Warm Pediatric Cardiac Surgery: European Experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2010;18:386-95.
11. Durandy Y, Younes M, Mahut B. Pediatric Warm Open Heart Surgery and Prolonged Cross-Clamp Time. *Ann Thorac Surg.* 2008;86:1941-7.
12. Jenkins KJ, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Lezzoni LI. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:110-8.

13. Martínez Almagro A. Terminología, método científico y estadística aplicada en ciencias de la salud. 1ra ed. Madrid: Morphos; 2007. p. 179.
14. World Medical Association. (Internet) WMA 2011 World Medical Association, Inc; (Actualizado 2011 Enero 16; citado 2011 Marzo 16). Declaration of Helsinki-Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 59th WMA General Assembly, Seoul, October 2008; (aprox. 2 pantallas). Disponible en: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>
15. Corno AF. What are the best temperature, flow, and hematocrit levels for Pediatric cardiopulmonary bypass? J Thorac Cardiovasc Surg. 2002;124:856-7.
16. Cassano V, Milella L. Warm surgery, our experience. Eur J Cardiothorac Surg. 2007;31:754-5.
17. Belli E, Roussin R, Ly M, Le Bret E, Basaran M, Serraf A. Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery associated with severe left ventricular dysfunction: Results in Normothermia. Ann Thorac Surg. 2010;90(3):856-60.
18. Svenmarker S, Haggmark S, Ostmsan M. What is a normal lactate level during cardiopulmonary bypass? Scandinavian Cardiovascular J.2006;40:305-11.
19. Muñoz R, Laussen P, Palacio G, Zienko L, Piercey G, Wessel D. Changes in whole blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for surgery for congenital cardiac disease: an early indicator of morbidity and mortality. J Thorac Cardiovasc Surg. 2000;119:155-62.
20. Nogueira P, Mendonça- Filho H, Campos L, Gomes R, Felipe A, Fernandes M, et al. Central Venous Saturation: A Prognostic Tool in Cardiac Surgery patients. J Intensive Care Med. 2010;25(2):111-5.

Recibido: 22 de abril de 2011.

Aprobado: 31 de mayo de 2011.