

REVISION BIBLIOGRAFICA**Cirugía cardiovascular pediátrica en normotermia durante la circulación extracorpórea****Cardiac Pediatric Surgery in Normothermia during Cardiopulmonary Bypass**

Dr. Luís Enrique Marcano Sanz, ⁽¹⁾ Dr. Antolín Romero Suárez, ⁽²⁾ Dra. Giselle Serrano Ricardo, ⁽³⁾ Dr. Néstor Sánchez Nogueira. ⁽⁴⁾

¹ Especialista de II Grado en Cirugía Pediátrica y Cardiovascular. MSc. en Urgencias Médicas. Profesor Asistente. ² Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Fisiología. Profesor Titular. Investigador Auxiliar. ³ Especialista de I Grado en Medicina General Integral. Especialista de I Grado en Cardiología. MSc. en Urgencias Médicas. ⁴ Especialista de I Grado en Anestesiología y Reanimación. Profesor Instructor. Cardiocentro Pediátrico William Soler. La Habana.

¹ Terminal Professional Degree in Cardiovascular and Pediatric Surgery. MSc. in Medical Emergencies. Assistant Professor. ² PhD. in Medical Sciences. Terminal Professional Degree in Physiology. Full Professor. Research Supervisor. ³ Second Professional Degree in General Medicine. Second Professional Degree in Cardiology. MSc. in Medical Emergency. ⁴ Second Professional Degree in Anesthesiology and Reanimation. Instructor. William Soler Pediatric Cardiology Center. Havana.

RESUMEN

La hipotermia durante la circulación extracorpórea es un método comúnmente utilizado en cirugía cardiovascular infantil, pero existen evidencias de que induce efectos nocivos. La normotermia como alternativa novedosa en cirugía pediátrica fue introducida por Lecompte en 1995 y actualmente nueve centros europeos acumulan una experiencia de 12 000 intervenciones durante los últimos 15 años. Los reportes clínicos muestran menor incidencia de complicaciones, disminución en el uso de inotrópicos, menores tiempos de circulación extracorpórea, de ventilación mecánica y de estadía en terapia intensiva al compararla con la hipotermia. Se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de identificar elementos fisiopatológicos durante la circulación extracorpórea en normotermia e hipotermia en la cirugía cardiovascular pediátrica, como marco teórico para introducir la normotermia como modalidad de primera elección. Se concluye que la normotermia es

una técnica más fisiológica, capaz de proteger los diferentes órganos y sistemas de forma segura y eficaz.

Palabras clave: Circulación extracorpórea; cirugía; temperatura corporal; hipotermia; regulación de la temperatura corporal

Límites: Humanos; niño

ABSTRACT

Hypothermia during cardiopulmonary bypass is a method used in most of the protocols of pediatric cardiac surgery. There are evidences of its side effects. Normothermia in children as a novel strategy, was begun by Lecompte in 1995 and nowadays 12 000 surgical interventions have been performed in nine European centres during the last 15 years. Clinical reports show less incidence of complications and use of inotropic support, shorter cardiopulmonary bypass time, ventilator support and intensive care unit stay when

Recibido: 4 de enero de 2012

Aprobado: 10 de febrero de 2012

Correspondencia:

Dr. Luís Enrique Marcano Sanz.
Cardiocentro Pediátrico William Soler.
La Habana.

Dirección electrónica: resccv@infomed.sld.cu

normothermia was used. The aim of this review is identify the physiopathology issues of extracorporeal circulation in normothermia and hypothermia in pediatric cardiac surgery, as theoretical support to introduce normothermia as first line option. The conclusion is that normothermia is more physiological than hypothermia, able to protect organs of the human body in a safe and effective way.

Key words: Extracorporeal circulation; surgery; body temperature; hypothermia; body temperature regulation

Limits: Humans; child

INTRODUCCIÓN

La circulación extracorpórea (CEC) es un procedimiento que consiste en mantener la perfusión de sangre oxigenada a los órganos y tejidos mediante una bomba y un sistema de oxigenación externo. ⁽¹⁾ Su introducción en la cirugía cardiovascular constituye un hito; existe, desde entonces, un antes y un después en el tratamiento de las cardiopatías congénitas y adquiridas.

Hasta la década de los cincuenta del siglo XX la mayoría de las cardiopatías congénitas (CC) eran casi curiosidades anatómicas y sólo era posible realizar tratamientos paliativos. Las primeras intervenciones en estructuras propias del corazón no se realizaron de forma exitosa hasta 1953, cuando el Dr. Gibbon cerró una comunicación interauricular en una joven de 18 años. ⁽²⁾

En los últimos años se introdujeron la hemodilución, la hemofiltración, el drenaje venoso asistido, los recuperadores de células sanguíneas y la monitorización permanente de gases en líneas, avances todos que permiten una técnica con baja morbilidad y que facilitan a los cirujanos la corrección de la mayoría de las lesiones, incluido el trasplante de órganos intratorácicos. ⁽³⁾ Es de destacar que el rango de seguridad es muy alto, por lo que prácticamente no se presentan errores o accidentes técnicos.

Entre los métodos de protección de órganos utilizados durante la CEC se encuentra la hipotermia, definida como el estado en el cual la temperatura corporal disminuye por debajo de los límites normales en un organismo homeotermo, es decir 36 grados Celsius (°C). Bigelow, en Toronto, tras muchos años de investigación experimental, pudo demostrar en 1946 que la hipotermia reduce las necesidades de oxígeno del organismo. ⁽⁴⁾

Actualmente existen evidencias que demuestran que la hipotermia induce efectos nocivos tales como: mayor incidencia de infecciones, sangrado más prolongado, alteración del aporte de oxígeno y de glucosa a los tejidos, tiempo de CEC más largo, mayor daño endotelial y prolongación del efecto proinflamatorio con síndrome de fuga capilar, así como aumento de la necesidad de apoyo hemodinámico en el posoperatorio. ⁽⁵⁻¹³⁾

A la luz de los avances en el conocimiento de la

hemodinámica durante la 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. ^(14,15)

A partir de 1991, el grupo de la Universidad de Toronto, en Canadá, estableció la normotermia como el método de elección en pacientes adultos. ⁽¹⁶⁾ Sin embargo, aunque en cirugía cardíaca pediátrica la normotermia es utilizada desde 1995 por el equipo del cirujano francés Lecompte, actualmente sólo nueve centros europeos acumulan una amplia experiencia con su empleo. ^(17,18)

El método histórico lógico lleva a la hipótesis de que la normotermia es más fisiológica que la hipotermia, capaz de proteger los diferentes órganos del cuerpo humano de forma segura, eficaz y con beneficios económicos importantes.

Se realizó esta revisión bibliográfica con el objetivo de identificar los elementos fisiopatológicos que ocurren con el uso de la hipotermia y la normotermia, durante la circulación extracorpórea en la cirugía cardiovascular pediátrica. Dicho marco teórico, unido a la experiencia clínica actual, puede contribuir a establecer la normotermia como modalidad de primera elección en el universo de trabajo del Cardiocentro Pediátrico William Soler y de toda la red cardiopediátrica de Cuba.

DESARROLLO

La homeotermia se describe como la capacidad de mantener un nivel constante de temperatura entre 36 y 37°C a través de la producción de calor, regulada mediante la activación de los procesos metabólicos. El consumo de oxígeno total del organismo, que es de 130-150 ml/min/m² en normotermia, disminuye un 50 % con hipotermia moderada de 28 °C y un 60 % con descenso a 25° C. De forma simple se puede decir que disminuye aproximadamente un 9 % por cada grado centígrado que desciende la temperatura. ⁽¹⁹⁾

CONSIDERACIONES TEÓRICAS DE LA HIPOTERMIA DURANTE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

Los procesos metabólicos son dependientes de la temperatura, una disminución de esta en los seres homeotermos, conlleva a una disminución de la utilización de energía. La tolerancia a la isquemia es variable según los diferentes órganos. El riñón puede tolerar 50-60 minutos, el hígado 20-30 minutos y la médula espinal entre 30 y 45 minutos. Sin embargo, la corteza cerebral puede tolerar tan sólo 2-4 minutos, los centros pupilares 5-10 minutos y el cerebelo 10-15 minutos. ⁽²⁰⁾

Es importante reconocer que la hipotermia puede retrasar, pero no prevenir indefinidamente, la aparición de cambios que provoquen deterioro estructural. Se han establecido curvas aproximadas de seguridad basados en experiencias clínicas; así, el paro circulatorio a 18° C es seguro por 30 minutos, y en la mayoría de los casos

bien tolerado hasta 45 minutos. ⁽²¹⁾

El precio que se debe pagar por el beneficio de la hipotermia puede ser particularmente alto pues provoca disfunción de la microcirculación con alteración en la oxigenación de los órganos y en las funciones celulares. ⁽²²⁻²⁴⁾

La hipotermia se puede conseguir por métodos externos, métodos internos (mediante el enfriamiento de la sangre) o por una combinación de ambos. Las razones teóricas para su empleo son: disminuir la actividad metabólica y las demandas de oxígeno, evitar lesiones neurológicas en caso de fallo en el aporte de oxígeno, posibilitar la disminución del flujo de perfusión sanguínea y un menor retorno venoso a través de vasos bronquiales y colaterales no coronarios. ^(23, 25, 26) Se describen los siguientes grados según la temperatura rectal: 32 a 35,9° C, ligera; 28 a 32° C, moderada; 18 a 28° C, severa, y menor de 18° C, profunda. ⁽¹⁹⁾

La hipotermia no solo induce efectos adversos sobre el miocardio, a saber: edema celular, alteración de la estabilidad de las membranas celulares, de la entrega de oxígeno, su consumo y la generación de energía; sino que dificulta también las funciones metabólicas del glucógeno, así como las endocrinas, particularmente tiroideas, lo que provoca disminución de la contractilidad miocárdica y retardo en el inicio de la función mecánica cardíaca. ^(6, 7, 14, 24-26)

Al reducir las demandas metabólicas ayuda a proteger las células neuronales, pero empeora la regulación vasomotora y el aporte de oxígeno cerebral, altera el metabolismo energético e incrementa la presión intracraneal lo que induce daño celular tras la reperfusión. ⁽²⁷⁾ No menos importante es tener presente que en pacientes pediátricos la hipotermia y hemodilución pueden disminuir el hematocrito por debajo de un punto crítico comprometiendo el aporte de oxígeno al cerebro.

La reacción inflamatoria inducida por la CEC parece ser retardada por la hipotermia, más que acordada como se creía anteriormente. ⁽¹⁷⁾ Su activación es generalizada, se liberan más de 25 sustancias vasoactivas que producen alteraciones tromboticas, desequilibrios hidroelectrolíticos y efectos múltiples sobre la mayoría de los órganos de la economía.

Se conoce que la hipotermia causa disfunción reversible de las plaquetas y altera las proteínas C, S y la trombosmodulina, incluso en hipotermia ligera. ^(10, 28)

Se ha demostrado que la hipotermia ligera no mejora la función renal después de la derivación cardiopulmonar (DCP), sin embargo el recalentamiento necesario cuando se desciende la temperatura y la duración de la CEC son factores de riesgo independientes para la disfunción renal posoperatoria. ⁽⁸⁾

Por demás, se debe tener en cuenta que los efectos negativos producidos por la CEC y la hipotermia son mayores en el paciente pediátrico en comparación con el

adulto, debido no solo a la mayor superficie de contacto relativa de la sangre con materiales extraños, sino a que el niño presenta inmadurez de los sistemas hemático, inmunológico y renal, además de cortocircuitos intracardiacos, hipoxemia crónica, sobrecargas de volumen y presión e hipertrofias ventriculares, según el tipo de cardiopatía que presente. ^(22, 23)

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA NORMOTERMIA DURANTE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

Melrose ⁽²⁹⁾ en 1955 postuló la eficacia de la normotermia en el paro diastólico y cómo este último es el factor fundamental para la protección miocárdica. Salerno, en sus reflexiones sobre la historia de la cirugía en normotermia, refiere que, en 1971, McGoon concluyó que con adecuados flujos de perfusión y de oxigenación, la temperatura utilizada no parece ser un elemento crítico.

Sin embargo, a estos cirujanos probablemente les afectó lo que se ha dado en llamar el "síndrome de Galileo", debido a que sus postulados fueron hechos muy temprano en el tiempo, cuando aún la comunidad científica de la especialidad no estaba preparada para aceptarlos y comprenderlos. Actualmente la escuela francesa (a la que pertenecen los hospitales Marie Lannelongue, Jacques Cartier y Necker, en Paris), acumulan una experiencia de 12 000 intervenciones quirúrgicas con normotermia en niños durante los últimos 15 años. ⁽⁷⁾

Como lecciones aprendidas de estos grupos, se postula que la temperatura no debe ser evaluada como única característica en relación con la hipotermia. Otros factores necesitan ser considerados: el flujo de perfusión y el hematocrito, especialmente en recién nacidos, lactantes menores de 10 Kg de peso corporal o pacientes con cardiopatías complejas, quienes necesitan valores más cercanos a los fisiológicos para disminuir los efectos nocivos de la derivación cardiopulmonar. ^(5, 15, 17, 18, 30, 31)

Generalmente se usa para la CEC en hipotermia un flujo de 2,2-2,8 L/min/m², lejos de los valores "fisiológicos" de 3,5-5,0 L/min/m². ⁽¹⁵⁾ Los daños producidos por el bajo flujo al endotelio y a los diferentes órganos y sistemas, son similares a los daños producidos por la hipotermia en sí misma. En normotermia se debe mantener un flujo durante todo el procedimiento entre 2,8-3,5 L/min/m², más cercano a lo normal. ⁽⁷⁾

Los efectos nocivos de la hemodilución son bien conocidos, en estos casos se emplea en normotermia un hematocrito mayor del 30 % durante todo el procedimiento, con 40 % para el final de la CEC. ^(5-7, 31)

Por otra parte, la perfusión normotérmica es más sencilla de realizar, conlleva menos disturbios metabólicos, evita las alteraciones del consumo de oxígeno y en la producción de CO₂ que inducen la hipotermia y el recalentamiento, deja sin lugar el debate entre las estrategias de alpha-stat y pH stat, no hay que

modificar el hematocrito pues no ocurre el aumento de la viscosidad sanguínea como en la hipotermia, se evita por tanto la hemodilución, mientras la hemofiltración estaría sólo dirigida a eliminar mediadores inflamatorios más que el exceso de agua que ya no es necesario emplear en la mayoría de los casos. ^(6, 17, 31)

Es importante destacar asimismo que la duración de la CEC es significativamente menor en los operados en normotermia, debido a que no se invierte tiempo en los procesos de enfriamiento y recalentamiento de los diferentes órganos y sistemas, además de la recuperación más rápida de la función contráctil miocárdica. Estos pacientes están menos expuestos, por tanto, a los efectos adversos de la hipotermia y de la propia derivación cardiopulmonar. Se estima que el daño que se produce en los órganos durante CEC es directamente proporcional a su tiempo de duración. ^(21, 23)

En un reporte reciente se encontró una incidencia del 21,9 % del síndrome de respuesta inflamatoria sistémica tras CEC en pacientes menores de tres años de edad. Todas las complicaciones y la disfunción de órganos estuvieron relacionadas con la duración de la DCP. Dicha respuesta inflamatoria es similar a la que ocurre en la sepsis y predispone a la fuga capilar, edema y disfunción de órganos, asociados todos a mal pronóstico posoperatorio. ⁽²²⁾

Además, al preservar la vasomotricidad disminuye la necesidad de drogas vasodilatadoras o vasoconstrictoras. ^(6,30) Contrario a lo publicado en relación con pacientes adultos, ⁽²⁴⁾ en pacientes pediátricos no se produce disminución excesiva de las resistencias vasculares sistémicas, con mayor necesidad de vasoconstrictores durante la DCP, pues el aumento de las catecolaminas durante la CEC es mucho mayor que en los adultos y estas mantienen normales las resistencias vasculares y la presión arterial para la edad de los pacientes. ^(31, 32)

La perfusión en normotermia conserva el flujo sanguíneo gastrointestinal y la perfusión esplácnica. Asimismo se aumenta la aclaración de lactato y no se altera la producción de factores de la coagulación como ocurre de forma transitoria en la hipotermia. ⁽³³⁾

La monitorización del sistema neurológico mediante el uso de la espectroscopia, cercana al infrarrojo, no ha mostrado desaturación ni desórdenes en el flujo cerebral en normotermia. ⁽³⁴⁾ El efecto protector de las bajas temperaturas sobre la reacción inflamatoria y la recuperación neurológica puede haber sido sobrevalorado. ⁽⁵⁾ Kurth reportó que la extracción cerebral de oxígeno es mantenida normal durante normotermia a flujo calculado del 100 % y moderada hemodilución. ⁽³⁵⁾ No se han encontrado diferencias en la liberación de proteínas cerebrales específicas, NSE y S-100 beta, entre los niños operados bajo hipotermia o normotermia.

EXPERIENCIA CLÍNICA DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA CON NORMOTERMIA EN PEDIATRÍA

La cirugía normotérmica se ha realizado en todo el espectro de intervenciones quirúrgicas cardiovasculares pediátricas, incluyendo las más complejas como la técnica de Jatene, corrección de drenajes anómalos totales de venas pulmonares, interrupción del arco aórtico y síndrome de hipoplasia de cavidades izquierdas. ^(7, 36)

Pouard, ⁽⁵⁾ en el año 2006, realizó un estudio comparativo entre normotermia e hipotermia durante CEC en neonatos operados con la técnica de Jatene para la transposición de grandes arterias y reportó que los intervenidos con temperatura corporal normal presentaron menores complicaciones, tiempo de ventilación mecánica, estadía en terapia intensiva y concentraciones de troponina I.

Cassano y Milella, ⁽³¹⁾ en el año 2007, publicaron su experiencia en 19 pacientes cuyas edades fluctuaron entre 8 días y 10 años, que fueron sometidos a CEC bajo normotermia y como protección miocárdica se utilizó cardioplegia cristaloides fría intermitente. No se evidenciaron daños neurológicos ni renales, mientras se encontró menor tiempo de ventilación mecánica, estadía en terapia intensiva, así como disminución en el uso, dosis y tiempo de infusión de drogas inotrópicas y vasodilatadoras; además de una reducción del sangrado con respecto a la hipotermia.

Belli y colaboradores, ⁽²⁶⁾ en una publicación reciente, describen el tratamiento quirúrgico en normotermia de 21 pacientes con origen anómalo de la arteria coronaria izquierda, emergiendo de la arteria pulmonar, los cuales presentaban mala función ventricular izquierda con fracción de eyección menor del 15 %. La evolución posoperatoria fue buena con una supervivencia del 95,2 %.

Por otra parte, aunque el tiempo de pinzamiento aórtico no se modifica con la temperatura a la que se desarrolle la operación, sino por necesidades técnicas, de complejidad de lesiones y del abordaje al campo quirúrgico, se ha cuestionado si, más allá de 90 minutos, la protección miocárdica brindada por la normotermia podría ser insuficiente. Durandy, en el año 2008, ⁽³⁷⁾ publicó su experiencia quirúrgica en 234 niños operados con pinzamiento aórtico prolongado y menos de 10 kg de peso corporal y concluyó que la normotermia en estos casos es igualmente segura y beneficiosa.

A partir de sus resultados, desde el año 2001, estos autores han cambiado a soluciones cardioplégicas sanguíneas calientes administradas de forma intermitente. Basados en datos conocidos sobre el consumo normal de oxígeno miocárdico que es de 9 ml/100 gr de tejido/ min, disminuye a 3,9 ml/100 gr de tejido/ min en un corazón vacío con contracciones rítmicas; a 2,2 ml/100 gr de tejido/ min en paro diastólico a normotermia y a 1,6 ml/100 gr de tejido/

min en el paro diastólico en hipotermia de 11° C, su conclusión es que la diferencia es realmente pequeña y difícilmente sea suficiente para justificar el precio a pagar por el descenso de la temperatura. ^(7, 18)

Fan demostró que la protección miocárdica normotérmica resulta en una mejoría significativa del índice cardíaco y una reducción de la liberación de enzimas cardíacas en el posoperatorio. ⁽³³⁾

Muy interesante es el reporte de Eggum y colaboradores en relación con el grado de hipotermia y la respuesta inflamatoria a la misma. No existieron diferencias significativas en la producción de citoquinas como respuesta a la DCP en niños menores de 10 kg de peso corporal, al comparar la hipotermia ligera (32 °C) con la moderada (25 °C). Sin embargo, en ambos casos, se reconocieron la duración del pinzamiento aórtico y de la CEC como los factores agravantes de la respuesta inflamatoria, en relación con la producción de interleuquina 8, mieloperoxidasa y leucocitosis. La hipotermia moderada conlleva a mayor tiempo de CEC y con ello mayores valores de interleuquina 8. ⁽²²⁾

Coincidentemente, Caputo y colaboradores concluyeron que la DCP normotérmica está asociada con menos estrés oxidativo comparada con la hipotérmica, además de mostrar niveles menores de la citoquina antiinflamatoria IL - 10 en el grupo con descenso de la temperatura. ⁽³⁰⁾

Una de las formas de evaluar la protección miocárdica es observar el ritmo eléctrico cardíaco a la hora de retirar la pinza aórtica. Durandy encontró mayor frecuencia de ritmo sinusal en los intervenidos sin descender la temperatura y evoca la alteración en las membranas lipídicas con disminución de la conducción eléctrica que produce la hipotermia, como explicación de sus hallazgos. ⁽¹⁷⁾ En el reporte de Birdi y colaboradores, en normotermia fue menor la necesidad de desfibrilación eléctrica a la hora de retirar la pinza aórtica, probablemente, según su entender, por disminuir el daño isquemia reperusión. ⁽³⁸⁾ Para otros la incidencia de arritmias está relacionada con la duración de la derivación cardiopulmonar. ⁽³⁹⁾

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. ⁽⁴⁰⁾ Durante la CEC y en el posoperatorio inmediato las cuantificaciones de lactatemia son ampliamente usadas para analizar si la perfusión hística es adecuada. ⁽⁴¹⁾ Durandy ⁽³⁷⁾ coincide en que se produce un ligero pico en las primeras horas del posoperatorio inmediato, que es reversible paulatinamente si el gasto cardíaco es adecuado.

Las cifras de ácido láctico que se comunican en los operados con normotermia son menores no sólo por evitar la vasoconstricción y con ello la hipoperfusión regional, especialmente esplácnica durante la fase de recalentamiento, ⁽⁴⁰⁾ sino también por favorecer la función contráctil miocárdica y disminuir el tiempo de

CEC, que se reconoce unánimemente como un factor para ello, sobre todo cuando sobrepasa los 100 minutos. ^(41, 42)

La medición de la saturación venosa central de oxígeno (SvO₂) ha ganado mucho en popularidad, pues se correlaciona muy bien con los de la saturación venosa mezclada de oxígeno e, indirectamente, con el gasto cardíaco, al tiempo que se evita la necesidad de colocar catéteres en el tronco de la arteria pulmonar. ⁽⁴³⁾

Pouard ⁽⁵⁾ y Cassano ⁽³¹⁾ señalan cifras mayores de SvO₂ en sus series de casos en normotermia. Es importante destacar que pequeños cambios en esta, se relacionan con variaciones significativas en el gasto cardíaco, por lo que los resultados no son solo significativos desde el punto de vista estadístico, sino clínicamente relevantes. ⁽⁴⁴⁾

El uso de drogas con efecto inotrópico positivo es otro parámetro relevante para evaluar la respuesta hemodinámica. El menor daño tisular y la fisiología más cercana a lo normal, hacen que los reportes se muestren de forma coincidente en relación con la menor necesidad de inotrópicos, la mejor perfusión y temperatura distal así como del llene capilar en los intervenidos en normotermia. ^(6, 26, 31, 38, 45)

Pouard ⁽⁵⁾ concluye también que al evitar descender la temperatura, se disminuyen las pérdidas sanguíneas en las primeras seis horas de operados. La duración de la DCP, la hemodilución y la hipotermia disminuyen la concentración de factores de la coagulación, del tromboxano A2 y afectan la agregación plaquetaria.

El destete de la ventilación mecánica es un momento importante en el posoperatorio, ya que significa adecuada hemodinámica y efectivo intercambio gaseoso. En la literatura revisada los reportes coinciden en que los pacientes intervenidos sin descender la temperatura corporal, presentan menor tiempo de ventilación mecánica. ^(5, 14, 17, 30, 31)

De forma coherente, se comprende que un paciente en ritmo sinusal, mejor perfundido, con mejor saturación venosa central y menor nivel de ácido láctico, que requiere menos apoyos inotrópicos, mantiene un índice cardíaco mayor, sangra menos y se ventila mecánicamente menos tiempo, tendrá un ingreso en UCI más corto y con ello disminuirán los costos del tratamiento. ^(5, 6, 36)

Es importante destacar que una de las objeciones al empleo de la normotermia es la posible oscuridad del campo quirúrgico por la presencia de retorno venoso pulmonar excesivo, lo que obligaría a emplear mayor velocidad en los aspiradores y con ello, daño a los glóbulos rojos y por tanto presencia de hemoglobinuria. Insistir en la adecuada colocación de las cánulas venosas para lograr un óptimo retorno venoso sistémico a la máquina de CEC, es de capital importancia para mantener un lecho quirúrgico tranquilo y exangüe. Hoy esto se ve favorecido por el empleo de las técnicas del drenaje venoso asistido. ⁽¹⁴⁾

La necesidad de disminuir la temperatura durante CEC, una vez comenzada esta en normotermia, para Durandy⁽¹⁷⁾ fue de menos del 1 % entre 1 400 pacientes. Es válido resaltar que la normotermia no es un punto sin retorno, si la hipotermia fuera necesaria para disminuir el flujo de perfusión y mejorara la visibilidad en el campo quirúrgico, la temperatura se adaptaría a las necesidades del cirujano.

La incidencia de lesiones neurológicas graves en CEC es del 1 % al 6 %, pero puede llegar al 45 % en los niños que requieren hipotermia profunda y paro circulatorio.

Durandy publicó una frecuencia del 0,3 % en sus casos, pero con etiologías no atribuibles a la normotermia.⁽¹⁵⁾ Boodhwani y colaboradores⁽²⁷⁾ no pudieron demostrar ningún efecto neuroprotector de la hipotermia ligera (34° C) al compararla con la normotermia en relación con embolismos cerebrales detectados por Doppler transcraneal, ni en pruebas neuropsicométricas realizadas tres meses después de la cirugía y concluyen, además, que desde el punto de vista hemodinámico son igualmente seguras ambas estrategias. La recomendación de Shann⁽⁴⁶⁾ con nivel de evidencia IIA, es mantener la temperatura en la línea arterial de la máquina de CEC no mayor de 37° C para evitar daños neurológicos por la hipertermia, que puede no ser detectada en ese tejido. Tan daño puede ser la hipertermia como el recalentamiento.⁽⁵⁾

Por otra parte, sería importante conocer estudios que evalúen además de las ventajas clínicas, las relacionadas con los gastos de la atención de salud a los pacientes, es decir la eficiencia y las relaciones costos / beneficios. El

menor uso de drogas inotrópicas, la menor frecuencia de complicaciones y de tiempo de ingreso en las salas de cuidados intensivos reportarían ahorro económico importante, especialmente a Cuba y otros países con recursos económicos limitados.

En resumen, con el uso de la normotermia el resultado final es un paciente mejor perfundido y con menores necesidades de inotrópicos y vasodilatadores, así como con menor incidencia de complicaciones posquirúrgicas, tales como: lesiones pulmonares, renales, neurológicas, bajo gasto cardiaco, sangrado e infecciones. Todo esto significa que requerirá menor uso de medicamentos, hemoderivados, ventilación mecánica y tendrá una estadía más corta en la Unidad de Cuidados Intensivos.⁽¹⁵⁾ Asimismo se mejora la calidad de vida del paciente con un menor impacto psicológico sobre su desarrollo futuro.⁽¹⁷⁾ Caputo⁽³⁰⁾ ha declarado que si bien la era de la hipotermia no ha concluido, sus días están contados.

El análisis teórico y sistemático del empleo de la hipotermia durante la circulación extracorpórea revela argumentos que evidencian su tendencia natural a producir efectos nocivos en diversos órganos, lejos de reducirse a efectos locales como en el miocardio o el endotelio vascular. Se han identificado elementos fisiopatológicos durante la derivación cardiopulmonar en la cirugía cardiovascular pediátrica, que fundamentan el empleo de la normotermia para mejorar los resultados de estas intervenciones quirúrgicas de forma segura y eficaz, lo que puede resultar en un aporte con impacto clínico, económico y social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lauterbach G. Revisión histórica, desarrollo de la circulación extracorpórea. En: Tschaut RJ, León Wyss J, García Castro E, editores. *Circulación extracorpórea en teoría y práctica*. Berlin: Pabst Science Publishers; 2003. p. 19-24.
2. Gibbon JH. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954;37(3):17-85.
3. Mulholland JW. The Great Britain and Ireland perspective: current perfusion safety issues, preparing for the future. *Perfusion*. 2005;20(4):217-25.
4. Bigelow WG, Callaghan JC, Hopps JA. General hypothermia for experimental intracardiac surgery. *Am Surg*. 1950;132(3):531-7.
5. Pouard P, Mauriat P, Ek F, 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.
6. Corno AF. What are the best temperature, flow, and hematocrit levels for Pediatric cardiopulmonary bypass?. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;124:856-7.
7. Durandy Y. Warm Pediatric Cardiac Surgery: European Experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2010;18:386-95.
8. Boodhwani M, Rubens F, Wozny D, Rodriguez R, Nathan HJ. Effects of Mild Hypothermia and Rewarming on Renal Function After Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg*. 2009;87:489 -95.
9. Rosner MH, Portilla D, Okusa MD. Cardiac surgery as a cause of acute kidney injury: pathogenesis and potential therapies. *J Intensive Care Med*. 2008;23(1):3-18.
10. Iwata Y, Newburger JM, Zurakowski D, Jonas R. Postoperative hypothermia and blood loss after the neonatal arterial switch procedure. *Ann Thorac Surg*. 2007;84(5):1627-32.
11. Yamada S. Impaired endothelial responses in patients with deep hypothermic cardiopulmonary bypass. *Kurume Med J*. 2004;51(1):1-7.
12. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection

- and shorten hospitalization. Study of wound infection and temperature group. *N Engl J Med.* 1996;334:1209-15.
- 13.Valeri CR, Feingold H, Cassidy G, Ragno G, Khuri S, Altschule MA. Hypothermia-induced reversible platelet dysfunction. *Ann Surg.* 1987;205:175-81.
- 14.Durandy Y, Hulin S, Lecompte Y. Normothermic cardiopulmonary bypass in pediatric surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:194.
- 15.Durandy YD, Hulin SH. Normothermic bypass in pediatric surgery: technical aspect and clinical experience with 1400 cases. *ASAIO J.* 2006;52(5):539-42.
- 16.Salerno TA. Warm heart surgery: Reflections on the history of its development. *J Card Surg.* 2007; 22(3):257-9.
- 17.Durandy YD, Hulin SH. Discontinuous warm cardioplegia in pediatric cardiac surgery: preliminary results. *Arch Mal Coeur Vaiss.* 2006;99(2):103-7.
- 18.Durandy YD. Pediatric myocardial protection. *Curr Opin Cardiol.* 2008;23(2):85-90.
- 19.Boettger P. Hipotermia. En: Tschaut RJ, León Wyss J, García Castro E, editores. *Circulación extracorpórea en teoría y práctica.* Berlin: Pabst Science Publishers; 2003. p. 232-42.
- 20.Tschaut RJ, Latz S. Circulación extracorpórea en neonatos e infantes. En: Tschaut RJ, León Wyss J, García Castro E. *Circulación extracorpórea en teoría y práctica.* Berlin: Pabst Science Publishers; 2003. p. 626-40.
21. Kouchoukos NT, Blackstone EH, Doty D, Karp R, editores. *Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac Surgery.* 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 2003. p. 66-130.
- 22.Eggum R, Ueland T, Mollnes T, Videm V, Aukrust P, Fiene A, et al. Effect of Perfusion Temperature on the Inflammatory Response during Pediatric Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008;85:611-7.
- 23.Cavadas da Costa Soares L, Ribas D, Spring L, Ferreira da Silva JM, Itiro Miyague N. Perfil clínico de la respuesta inflamatoria sistémica tras cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea. *Arq Bras Cardiol.* 2010;94(1):1672-8.
- 24.Souza ME. Cirugía cardíaca normotérmica. En: *Fundamentos da Circulação Extracorpórea.* Rio de Janeiro: Centro Editorial Alfa Rio; 2006. p. 514-22.
- 25.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.
- 26.Belli E, Roussin R, Ly M, Roubertie F, 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.
- 27.Boodhwani M, Rubens F, Wozny D, Rodríguez R, Nathan H. Effects of sustained mild hypothermia on neurocognitive function after coronary artery bypass surgery: A randomized, double-blind study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134:1443-52.
- 28.Bold J, Knothe C, Welters I, Dapper FL, Hempelmann G. Normothermic versus hypothermic cardiopulmonary bypass: do changes in coagulation differ?. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(1):130-5.
- 29.Melrose DG, Dreyer B, Bentall HH, Baker JB. Elective cardiac arrest. *Lancet.* 1955;269(6879):21-2.
- 30.Caputo M, Bays S, Rogers CA, Pawade A, Parry AJ, Suleiman S, Angeline G. Randomized Comparison Between Normothermic and hypothermic Cardiopulmonary Bypass in Pediatric Open-Heart Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:982-8.
- 31.Cassano V, Milella L. Warm surgery: our experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007;31:754-5.
- 32.Stocker CF, Shekerdemian LS, Horton SB, Lee KJ, Eyres R, D'Udekem Y, Brizard CP. The influence of bypass temperature on the systemic inflammatory response and organ injury after pediatric open surgery: a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(1):174-80.
- 33.Fan Y, Zhang AM, Xiao YB, Weng Y, Hetzer R. Warm versus cold cardioplegia for heart surgery: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;37:912-19.
- 34.Corno AF, von Segesser LK. Is hypothermia necessary in pediatric cardiac surgery?. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;15(1):10-1.
- 35.Kurth CD, Steven JM, Nicolson SC, Jacobs ML. Cerebral oxygenation during cardiopulmonary bypass in children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114:872-3.
- 36.Caputo M, Ascione R, Angelini GD, Suleiman MS, Bryan AJ. The end of the cold era: from intermittent cold to intermittent warm blood cardioplegia. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1998;14:467-75.
- 37.Durandy Y, Younes M, Mahut B. Pediatric Warm Open Heart Surgery and Prolonged Cross-Clamp Time. *Ann Thorac Surg.* 2008;86(6):1941-7.
- 38.Birdi I, Regragui R, Izzat MB, Bryan AJ, Angelini GD. Influence of normothermic systemic perfusion during coro-

- nary artery bypass operations: a randomized prospective study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(3):475-81.
- 39.Enríquez F, Jiménez A. Taquiarritmias postoperatorias en la cirugía cardíaca pediátrica. *Cir Cardiovasc.* 2010;17:283-6.
- 40.Svenmarker S, Haggmark S, Ostmsan M. What is a normal lactate level during cardiopulmonary bypass?. *Scand Cardiovasc J.* 2006;40(5):305-11.
- 41.Barrial Moreno J, Facenda Mederos A, Bravo Pérez L, Pérez Assef A. Hiperlactatemia durante la cirugía cardíaca pediátrica con circulación extracorpórea. *Rev Cub Anesthesiol Reanim[revista en Internet].* 2009[citado 13 Dic 2010];8(2):[aprox. 4 p.]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172667182009000200004&lng=es.
- 42.Ranucci M, De Toffol B, Isgro G, Romitti F, Conti D, Vicentini M. Hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass: determinants and impact on postoperative outcome. *Crit Care.* 2006;10(6): R167.
- 43.Nogueira P, Mendonça- Filho H, Campos LA, Gomes R, Felipe A, Fernández M, et al. Central Venous Saturation: A Prognostic Tool in Cardiac Surgery patients. *J Intensive Care Med.* 2010;25(2):111-6.
- 44.Banille E, Vittar M, Sáenz S, Pedraza C, Antelo C, Lazzarin O. Saturación venosa central de oxígeno. Su valor en el monitoreo cardiovascular pediátrico. *Arch Argent Pediatr.* 2006;104(5):406-11.
- 45.Duggal B, Pratap U, Slavik Z, Kaplanova J, Macrae D. Milrinone and low cardiac output following cardiac surgery in infants: is there a direct myocardial effect?. *Pediatr Cardiol.* 2005;26(5):642-5.
- 46.Shann KG, Likosky DS, Murkin JM, Baker RA, Baribeau YR, DeFoe GR, et al. An evidence-based review of the practice of cardiopulmonary bypass in adults: A focus on neurologic injury, glycemic control, hemodilution, and the inflammatory response. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:283-90.