



# Técnicas de Hipotermia aplicadas en la Cirugía Cardiovascular con circulación extracorpórea.

## *Hypothermia techniques applied in cardiovascular surgery with extracorporeal circulation.*

MSc Lic. José Ramón Llanes Echevarría<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana. Cuba.

**Correspondencia:** José Ramón Llanes Echevarría. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana. Cuba, Teléfono: 78386028

Email: [llanespb@infomed.sld.cu](mailto:llanespb@infomed.sld.cu)

### Resumen

Las técnicas de hipotermia durante la aplicación de la circulación extracorpórea (CEC), en diferentes tratamientos de la cirugía cardiovascular, depende de la complejidad de la anatomía y la fisiopatología de la corrección quirúrgica, debiendo valorarse el tiempo de pinzamiento aórtico (TPA), con interrupción del flujo coronario y la subsecuente isquemia, la edad, el peso y la estabilidad hemodinámica del paciente, garantizando un flujo cerebral óptimo. Para aplicar esta técnica es necesario establecer previamente, las normas a seguir por el equipo quirúrgico, constituido por el cirujano principal, el perfusionista y el anestesiólogo, teniendo en cuenta el grado de hemodilución, la técnica anestésica, administración de fármacos neuroprotectores, heparinización, chequeo de la anticoagulación sistémica, administración de antagonistas alfa-adrenérgicos, control del equilibrio electrolítico, glucosa sanguínea, lactato, diuréticos y del método de protección miocárdica seleccionado para asegurar el enfriamiento corporal, ya sea con hipotermia moderada o profunda. Generalmente la cirugía valvular, la revascularización miocárdica, y algunas patologías congénitas no complejas, se realizan a normotermia o a hipotermia moderada; mientras que la técnica de hipotermia profunda, se reserva para la cirugía cardiovascular a corazón abierto de alto riesgo como son: reintervenciones valvulares de mal pronóstico, aneurisma de la aorta, aterosclerosis severa con calcificación de la aorta, técnica de Bentell, el sangrado significativo durante el trans y posoperatorio y accidentes técnicos durante el acto quirúrgico que requieran su aplicación, con el fin de garantizar la protección miocárdica y cerebral del paciente. El objetivo de esta revisión bibliográfica, consiste en brindar al perfusionista, los elementos básicos para seleccionar, aplicar y desarrollar las técnicas de hipotermia ideal, en determinados tratamientos de la cirugía cardiovascular, con un riesgo elevado para la evolución del paciente y tiene como objetivo de disminuir los eventos clínicos adversos derivados de la mala perfusión.

**Palabras clave:** perfusión, hipotermia, circulación extracorpórea

### Abstract

The techniques of hypothermia during application of extracorporeal circulation (ECC) in different treatments of cardiovascular surgery, depends on the complexity of the anatomy and pathophysiology of surgical correction, having assessed the aortic clamping time (TPA), with coronary flow interruption and subsequent ischaemia, age, weight and hemodynamic stability of the patient, ensuring optimal cerebral blood flow. To apply this technique it is necessary to establish rules to be followed by the surgical team, made up of the main surgeon, perfusionist and anesthesiologist, taking into account the degree of hemodilution, anesthetic technique, administration of neuroprotective drugs, heparinization, check systemic anticoagulation, administration of antagonists alpha adrenergic control electrolyte balance, blood glucose, lactate, diuretics and the method selected to ensure myocardial protection body cooling, either moderate or deep hypothermia. Generally valve surgery, myocardial revascularization, and some non-complex congenital diseases, are made normothermia or moderate hypothermia, while the technique of deep hypothermia, reserves for cardiovascular open-heart surgery at high risk such as: heart valve reoperations of poor prognosis, aortic aneurysm, severe atherosclerosis with calcification of the aorta, technique Bentell, significant bleeding during trans and postoperative and technical accidents during brain surgery requiring their implementation, in order to ensure myocardial protection and patient. The aim of this review is to provide the perfusionist, the basic elements to select, implement and develop techniques ideal hypothermia in certain treatments of cardiovascular surgery with a high risk to the patient's progress and aims of reduce adverse clinical events due to poor perfusion

**Keywords:** perfusion, hypothermia, extracorporeal circulation.



## Introducción

Las técnicas de hipotermia durante la aplicación de la circulación extracorpórea (CEC), en diferentes tratamientos de la cirugía cardiovascular, depende de la complejidad de la anatomía y la fisiopatología de la corrección quirúrgica, debiendo valorarse el tiempo de pinzamiento aórtico (TPA), con interrupción del flujo coronario y la subsecuente isquemia, la edad, el peso y la estabilidad hemodinámica del paciente, garantizando un flujo cerebral óptimo. Para aplicar esta técnica es necesario establecer previamente, las normas a seguir por el equipo quirúrgico, constituido por el cirujano principal, el perfusionista y el anestesiólogo, teniendo en cuenta el grado de hemodilución, la técnica anestésica, administración de fármacos neuroprotectores, heparinización, chequeo de la anticoagulación sistémica, administración de antagonistas alfa-adrenérgicos, control del equilibrio electrolítico, glucosa sanguínea, lactato, diuréticos y del método de protección miocárdica seleccionado para asegurar el enfriamiento corporal, ya sea con hipotermia moderada o profunda.

Generalmente la cirugía valvular, la revascularización miocárdica, y algunas patologías congénitas no complejas, se realizan a normotermia o a hipotermia moderada; mientras que la técnica de hipotermia profunda, se reserva para la cirugía cardiovascular a corazón abierto de alto riesgo como son: reintervenciones valvulares de mal pronóstico, aneurisma de la aorta, aterosclerosis severa con calcificación de la aorta, técnica de Bentell, el sangrado significativo durante el trans y posoperatorio y accidentes técnicos durante el acto quirúrgico que requieran su aplicación, con el fin de garantizar la protección miocárdica y cerebral del paciente.

El objetivo de esta revisión bibliográfica, consiste en brindar al perfusionista, los elementos básicos para seleccionar, aplicar y desarrollar las técnicas de hipotermia ideal, en determinados tratamientos de la cirugía cardiovascular, con un riesgo elevado para la evolución del paciente y tiene como objetivo de disminuir los eventos clínicos adversos derivados de la malperfusión.

## Desarrollo

La aplicación de la hipotermia puede ser ligera ( $34^{\circ}\text{C}$  y  $32^{\circ}\text{C}$ ), moderada (entre  $28^{\circ}\text{C}$  y  $32^{\circ}\text{C}$ ), profunda ( $< 28^{\circ}\text{C}$ ) e inclusive inducir parada circulatoria ( $< 20^{\circ}\text{C}$ ). El enfriamiento se realiza a través de una máquina de hipotermia, que controla automáticamente la temperatura deseada del agua circulante en su interior, y que tiene un circuito de entrada y salida, con dos mangueras, dirigida a una manta térmica colocada por debajo del cuerpo del paciente, para establecer la recirculación del agua fría o caliente, y que a su vez presenta otra derivación conectada a un circuito de manguera, que se une a la entrada y salida del intercambiador de calor, localizado en la parte inferior del oxigenador, que permite el enfriamiento o calentamiento de la sangre del paciente, mientras circula a través del circuito extracorpóreo.

En nuestro centro hospitalario, a medida que hemos avanzado técnicamente, obteniendo la experiencia que requiere este tipo de cirugía, hemos optado por aplicar la hipotermia ligera mayor de  $34^{\circ}\text{C}$ , en la mayor parte de los casos programados y como medida de protección miocárdica, hemos utilizado la cardioplegia sanguínea normotérmica por vía anterógrada y de forma continua (MINCSAC), a partir del año 2002, con resultados satisfactorios. En la actualidad, la programación de cirugías más complejas se ha incrementado y al aumentar el riesgo de mortalidad de estos casos, las técnicas quirúrgicas requieren asumir otras variantes de canulación, técnicas de perfusión y de protección miocárdica y cerebral.

A pesar de que existen sus controversias, sobre la técnica a seleccionar, se ha incrementado el uso de la hipotermia profunda y la perfusión cerebral durante la parada circulatoria, como son los tratamientos de arco aórtico de difícil corrección, sangrados incontrolables durante la CEC y tratamiento de las enfermedades congénitas, entre otras.

En realidad la hipotermia profunda no es una técnica nueva, han pasado 59 años desde que De Bakey y colaboradores,<sup>1-3</sup> publicaron la primera resección del arco aórtico con éxito (1957); y a partir del 1975 se introdujo la técnica de hipotermia profunda y parada circulatoria (HPPC) para abordar estas le-



siones, en las cuales se lograron alcanzar resultados prometedores, con creciente seguridad operativa al combinar este proceder con otros que incluyen protección cerebral retrógrada (PCR) y protección cerebral selectiva (PCS), con el objetivo de proteger mejor el tejido cerebral de los daños isquémicos.<sup>4</sup>

En relación con estos acontecimientos históricos y novedosos de la cirugía cardíaca, en los últimos años, entre las técnicas de protección cerebral aplicadas, ha ganado preferencia, el uso de la vía de canulación subclavia o axilar derecha por constituir una perfusión anterógrada más fisiológica y presentar menos inconvenientes derivados de la mal perfusión, sobre todo en disecciones de aorta tipo A, que se extienden a lo largo de toda la aorta, ante múltiples entradas entre ambas luces a lo largo de la misma<sup>5</sup>. Diferentes estudios demuestran las ventajas del abordaje axilar con relación al femoral, con una disminución de la mortalidad promedio, desde el 23% en los pacientes con canulación femoral hasta el 6,5% en los casos de la subclavia<sup>6</sup>. La perfusión por vía subclavia puede realizarse mediante canulación arterial directa (habitualmente 16-18 F) o mediante la interposición de un injerto protésico de Dacron deltopectoral.

También mediante la canulación axilar derecha y control del tronco braquiocefálico se posibilita la perfusión cerebral anterógrada unilateral por la carótida derecha. Múltiples variantes de perfusión cerebral selectiva han sido descritas en la literatura médica<sup>5</sup>, aunque actualmente, existe una tendencia muy generalizada a pasar de condiciones de parada circulatoria con hipotermia profunda (18 °C) a hipotermia más moderada (24-25 °C), que permite márgenes de seguridad similares con tiempos de CEC más cortos, por necesitar un período de recalentamiento menor<sup>7-8</sup>, reduciendo las complicaciones de las perfusiones prolongadas, la acidosis y a los trastornos de coagulación por hipotermia profunda.

**Entre los diferentes métodos de protección cerebral combinando la hipotermia, podemos mencionar:**

*Hipotermia sistémica:* La máxima supresión del metabolismo se logra entre 12-15 grados. La duración de la fase segura de protección cerebral a 18 °C de

temperatura corporal es de 45 minutos y alcanza la hora cuando desciende hasta 15°C; las técnicas quirúrgicas han ido evolucionando en función de reducir el tiempo de paro circulatorio en hipotermia<sup>9</sup>.

*Perfusión cerebral anterógrada selectiva (PCAS):* Se perfunde a 10 mL/kg/min con presiones de 40-50 mmHg, directamente a través de la carótida común derecha o la axilar de ese lado, solas o asociadas a la carótida izquierda. Cuando se combina con hipotermia profunda, se logran los períodos seguros más prolongados<sup>10</sup>.

*Perfusión cerebral retrógrada (PCR):* A través de la vena cava superior, conectando la cánula de esta con la línea arterial, la cual permanece pinzada durante la perfusión sistémica, se establece un flujo de 300-500 mL/min con presión máxima de 25 mmHg durante el paro circulatorio, que garantiza un período seguro fluctuante entre 60-80 minutos<sup>11-12</sup>.

Algunos investigadores han reportado como experiencia, que a la vía retrógrada se le atribuye una perfusión capilar subóptima y la tendencia a incrementar el edema cerebral, mientras que la vía anterógrada ha demostrado ser un método más eficaz y seguro en este tipo de cirugía con perfusión cerebral<sup>11</sup>.

**Algunas consideraciones metodológicas recomendadas, durante las técnicas de hipotermia profunda:**

*El inicio* de la circulación extracorpórea, se realizará de forma progresiva, controlando en todo momento la presión en la línea arterial, dado los problemas que podemos encontrar por las alteraciones anatómicas producidas por los aneurismas o disecciones de la aorta. En caso de canulación femoral, asegurarse que la canulación está situada en la luz verdadera, iniciando lentamente un pequeño flujo de bomba de 100ml por la línea arterial y verificar las presiones, que no superen los 300 mmHg en los transductores de presión, colocados en la máquina de CEC, como medida de seguridad para evitar accidentes de falsa luz en la canulación.

El Índice cardíaco por la subclavia derecha debe estar entre 2 y 2,6 l/min<sup>13</sup>



Comenzar el enfriamiento para conseguir la hipotermia profunda<sup>14-15</sup>, si estamos canulando la arteria femoral, tratar de lograr un flujo de bomba lo más cercano al flujo calculado, para mantener presiones entre 50-80 mmHg y poder lograr la hipotermia deseada en el menor tiempo posible, conservando un gradiente menor de 5°C, entre la temperatura rectal y nasofaringea. Se realiza el control de temperaturas seleccionado por el perfusionista (timpánica, nasofaríngea, vesical, rectal y cutánea).

Control de gases *alfa-stat* y *pH-stat*.

Administración de medicación según protocolo del servicio

Antes de parada circulatoria, aplicar dosis de cardioplegia hiperpotasémica, en nuestro servicio de cirugía, debemos continuar con la cardioplegia sanguínea discontinua anterógrada, a temperatura controlada por la máquina de hipotermia.

*Parada circulatoria e inicio de la perfusión cerebral anterógrada:* Se realiza controlando las presiones y saturaciones cerebrales, en todas las fases de la CEC.

Comenzar la perfusión (8-10 ml/min) por la subclavia derecha, temperatura: 16–18 °C

Perfusión por la carótida izquierda si procede.

Reinicio del *bypass* cardiopulmonar con índices cardiacos (1.5–2.6 l/min)

Calentamiento del enfermo con un tiempo mínimo de 60 min

Máxima diferencia de temperatura entre arterial y venosa (8–10 °C)

Corrección de la acidosis metabólica. Es muy importante ya que durante esta fase de hipotermia, hay una tendencia a desarrollar acidosis metabólica y respiratoria

Corrección del hematocrito (24–28). Aunque la hemodilución disminuye la viscosidad de la sangre, mejora el flujo capilar y disminuye el consumo de oxígeno por los tejidos, es conveniente en la fase de reiniciar el recalentamiento aproximarse a estas cifras del hematocrito, para evitar signos de mal

perfusión cuando comenzamos aumentar la temperatura.

Manejo metabólico considerando la hemodilución, pH, PCO<sub>2</sub>, glucemia y lactato:

**Hemodilución:** Este método va mejorar el flujo microcirculatorio, al disminuir la viscosidad de la sangre, evitando la agregación de los hematíes. A bajas temperaturas, existe una alta afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, por lo que los tejidos se nutren del oxígeno disuelto en la sangre y no se afecta por la reducción de las células sanguíneas, beneficiándose el flujo cerebral<sup>16-17</sup>.

**Control de PH-PCO<sub>2</sub>:** El método preferido es el *alfa-stat*, el cual se caracteriza por niveles de PCO<sub>2</sub> más bajos, con gasometrías leídas a una temperatura fija de 37 °C, para mantener un adecuado flujo cerebral con relación al metabolismo, que genera durante las fases de enfriamiento y calentamiento una gran seguridad, con reducción del riesgo de híper o hipoperfusión cerebral<sup>10</sup>, conservando el sistema de autorregulación. Esta técnica de *alfa-stat* presupone un beneficio de mayor utilidad del oxígeno, perfusión periférica, mejor perfusión de los órganos, mejor autorregulación cerebral. Además resulta una técnica más sencilla para la ventilación y no provoca acidosis intracelular en los pacientes tratados<sup>18-20</sup>. Otros autores, prefieren aplicar durante la fase de hipotermia profunda los beneficios de la técnica de *Ph-stat*, que se caracterizan por niveles más altos de PCO<sub>2</sub> y gasometrías corregidas a la temperatura del paciente, con mejores beneficios en la disponibilidad de oxígeno y una perfusión cerebral más eficiente<sup>21</sup>.

**La glucemia:** La hiperglucemia conduce a una glucólisis anaerobia generando una acumulación rápida de lactato y acidosis intracelular durante el periodo de parada circulatoria<sup>22-24</sup>. La hipotermia produce una liberación de catecolaminas<sup>23</sup> y la administración de esteroides<sup>23</sup>, potencia la hiperglucemia, por lo que debe ser tratada de forma agresiva en este periodo. Es recomendable realizar muestras de los niveles de lactato en el pre, trans y posoperatorio de la cirugía, para garantizar una correcta perfusión cerebral.

**Monitoreo de diferentes parámetros para el control de la perfusión cerebral:**



En la época actual, con la introducción de técnicas quirúrgicas mucho más complejas, resulta un reto para los perfusionistas, garantizar la compleja tarea de mantener, una adecuada perfusión, que incluya la protección cerebral durante la CEC y especialmente en situaciones de parada circulatoria, ya sea con hipotermia moderada o profunda. La incidencia de disfunciones neuropsicológicas posterior a la cirugía cardíaca, se ha mantenido entre el 20 y 70% de los pacientes<sup>25-28</sup>, registrándose lesiones neurológicas graves, en el 2-5%.

La cirugía del arco aórtico, la reestenosis valvular de edad avanzada y los accidentes graves que comprometen el flujo cerebral durante la cirugía, entre otras afectaciones, exigen de un método efectivo para una adecuada perfusión cerebral con hipotermia profunda y paro circulatorio. En la actualidad el método más generalizado en los quirófanos para estos tratamientos, resulta la oximetría cerebral continua (NIRS)<sup>29</sup>, cuyo técnica fue descrita por Frans Jöbisis en 1977 (near infrared spectroscopy), basada en el empleo de la espectroscopia próxima al infrarrojo; un sensor colocado en la región craneal del paciente, capta la saturación regional de oxígeno de los tejidos subyacentes (85% procede de corteza cerebral y 15% de tejido extracerebral) correspondiente a los territorios de perfusión de las arterias cerebrales anterior y media. Este sistema permite realizar mediciones continuas (cada 4-5 seg.) de la Saturación regional de O<sub>2</sub> (SrO<sub>2</sub>) a nivel de la saturación capilar (arterial y venosa). El Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC) normal en adultos sanos es de 50 ml/100g/min, y el Consumo Metabólico de Oxígeno Cerebral (CMRO<sub>2</sub>)<sup>25</sup> oscila entre 3,4 y 3,5 ml/100.

El consumo metabólico de oxígeno cerebral se determina<sup>25,30</sup>.

$$\text{CMRO}_2 = \text{FSC} \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2) \text{ ml/100g/min}$$

CaO<sub>2</sub>= Contenido arterial de oxígeno en el cerebro.

CvO<sub>2</sub>= Contenido venoso de oxígeno en el cerebro.

La captación de la señal no se afecta ni por el grado de profundidad anestésica ni por la hipotermia, por lo que la SrO<sub>2</sub> analiza el balance entre aporte y demanda de O<sub>2</sub> al cerebro. En caso de una lesión cerebral aguda, el consumo metabólico de oxígeno

cerebral (CMRO<sub>2</sub>) disminuye de forma proporcional a la gravedad de la lesión.

La monitorización NIRS durante la parada circulatoria nos permite perfundir con seguridad el cerebro independientemente de la vía establecida y del nivel de hipotermia, al reflejar el balance entre aporte y consumo cerebral de oxígeno. Es una guía útil para determinar el tiempo de seguridad isquémica y también para determinar el flujo de perfusión y ritmo de recalentamiento óptimos durante este periodo evitando así, eventos isquémicos, secundarios al binomio oferta/demanda. Además de evitar valores superiores del 85% de SrO<sub>2</sub> que nos informarían de un hiperflujo, y posible edema cerebral.

### Referencias bibliográficas

1. Pierangeli A, Di Bartolomeo R, Di Eusanio M. Aortic arch aneurysm. Protection of the brain with antegrade selective cerebral perfusion. *Ital Heart J* 2000;1(Suppl 3):117-19.
2. Coselli JS, Buket S, Djukanovic B. Aortic arch operation: current treatment and results. *Ann Thorac Surg* 1995; 59:19-27.
3. Ueda Y, Myrha K, Ttahaha T, Yamanaka K. Surgical treatment of aneurysm or dissection involving the ascending aorta and aortic arch, utilizing circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg* 1990; 31:553-8.
4. Gontijo FB, Fantini FA, Colluci F, Vrandecic MO. Tratamiento cirúrgico dos aneurismas e disseções do arco aórtico. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 1999; 14(4): 285-9.
5. Etz C, von Aspern K, da Rocha e Silva J, Gurrbach FF, Leontyev S, Luehr M, et al. Impact of perfusion strategy on outcome after repair for acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg*. 2014; 97:78-86.
6. Rylski B, Urbanski P, Siepe M, Beyersdorf F, Bachet J, Gleason TG, et al. Operative techniques in patients with type A dissection complicated by cerebral malperfusion. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014; 46:156-66.
7. Spielvogel D, Kai M, Tang GH, Malekan R, Lansman SL. Selective cerebral perfusion: A review of the evidence. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013; 145(3 Suppl):S59-62.
8. Algarni K, Yanagawa B, Rao V, Rao V, Yau TM. Profound hypothermia compared with moderate hypothermia in repair of acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014; 6:2888-94.
9. Reich DL. Central nervous system protection in cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2010; 14:32. <<http://scv.sagepub.com/content/14/1/32>>[consulta: 21 enero 2010].
10. Minakawa M, Fukuda I, Yamauchi S, Watanabe K, Kawamura T, Taniguchi S, et al. Early and long-term outcome of total arch replacement using selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 2010; 90:72-7.
11. Coselli JS, LeMaire SA. Aortic arch surgery. Principles, strategies and outcomes. Oxford: Wiley Blackwell, 2008:3-223.
12. Torregrosa Puerta S, Valera Martínez FJ, Montero Argudo JA. Cirugía de los aneurismas del arco aórtico. *Cir Cardiovasc* 2007; 14(4):321-30.
13. Swain JA, Mc Donald TJ, Griffith PK. Low-flow hypothermic cardiopulmonary bypass protects the brain. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991; 102:76-84.
14. Livesay JJ, Cooley DA, Reul GJ. Resection of aortic arch aneurysms: A comparison of hypothermic techniques in 60 patients. *Ann Thorac Surg*. 1998; 36:19-28.



15. Coselli JS, Crawford ES, Beall AC. Determination of brain temperatures for safe circulatory arrest during cardiovascular operation. *Ann Thorac Surg.* 1988; 45:638-42.
16. Westaby S, Saito S, Katsumata T. Acute type A dissection: Conservative methods provide consistently low mortality. *Ann Thorac Surg.* 2002; 73:707-13.
17. Takayama H, Smith CR, Bowditch ME, Stewart AS. Open distal anastomosis in aortic root replacement using axillary cannulation and moderate hypothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009; 137:1450-3.
18. Tanaka J, Shiki K, Asou T. Cerebral autoregulation during deep hypothermic nonpulsatile cardiopulmonary bypass with selective cerebral perfusion in dogs. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1988; 95:124-32.
19. Watanabe T, Miura M, Orita H. Brain tissue pH, oxygen tension, and carbon dioxide tension in profoundly hypothermic cardiopulmonary bypass: Pulsatile assistance for circulatory arrest, low-flow perfusion, and moderate-flow perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990; 100:274-80.
20. Michenfelder JD, Milde JH. The relationship among canine brain temperature, metabolism, and function during hypothermia. *Anesthesiology.* 1991; 75:130-6.
21. Greeley WJ, Kern FH, Ungerleider RM. The effect of hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral metabolism neonates, infants, and children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991; 101:783-94.
22. Griep EB, Griep RB. Cerebral consequences of hypothermic circulatory arrest in adults. *J Card Surg.* 1992; 7:134-55.
23. Murkin JM, Farrar JK, Tweed WA. Cerebral autoregulation and flow/metabolism coupling during cardiopulmonary bypass: The influence of PaCO<sub>2</sub>. *Anesth Analg.* 1987; 66:825-32.
24. Fontana FJ. Circulación extracorpórea en la cirugía de la aorta. *Cir Cardiovasc* 2015; 22 (3):0-0.
25. Suárez Gonzalo L, García de Lorenzo Mateos A, Suárez Álvarez JR. Lesiones neurológicas durante la circulación extracorpórea: Fisiopatología, monitorización y protección neurológica. *Med Intensiva* 2002; 26 (6): 292-303.
26. Schell RM, Kern FH, Greeley WJ, Schulman SR, Frasco PE, Croughwell ND, et al. Cerebral blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1993; 76: 849-65.
27. Cuenca ZR. Aplicación de la oximetría transcranel (NIRS) durante la CEC. *Rev A.E.P.* 2012; No.53: 5 -13.
28. Ricksten SE. Cerebral dysfunction after cardiac surgery. Are we moving forward? *Current Opinion in Anaesthesiology* 2000; 13: 15-9.
29. P. Sanabria Carretero. Oximetría Cerebral Transcutanea. Casos clínicos 2010; 1: 5-13.
30. Sanabria CP. Oximetría Cerebral Transcutanea. Casos Clínicos 2010; 1:5-13.

**Recibido:** 05-04-2016  
**Aceptado:** 20-05-2016

