

# «Total Body Perfusion»: un paso más en la cirugía de arco infantil

Tercer premio  
XX Congreso Nacional  
Asociación Española de Perfusionistas  
junio 2018

## RESUMEN / ABSTRACT

**Introducción:** La cirugía de arco aórtico en neonatos ha evolucionado desde la hipotermia profunda con parada circulatoria a la perfusión cerebral regional e hipotermia moderada. Un paso más ha sido la perfusión cerebral y miocárdica selectiva, permitiendo realizar cirugía de arco a corazón latiendo. El objetivo del presente estudio sería describir la técnica del Total Body Perfusion en recién nacidos y niños sometidos a cirugía de arco compleja, así como nuestra experiencia inicial y los resultados obtenidos.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo en niños con hipoplasia de arco en los que se realizó la técnica «Total Body Perfusion». Para ello se realizó una modificación en la línea arterial del circuito de circulación extracorpórea: se dividió la línea arterial en dos con un conector en «Y» de tal manera que una línea perfundía la aorta ascendente (cerebro y miocardio) y la otra línea la aorta descendente (a través del pericardio posterior). Ambas líneas llevaban un medidor de flujo. El arco se reparó a corazón latiendo a 25°C, con perfusión cerebral/miocárdica/somática. La reparación intracardiaca se realizó después de pasar cardioplegia a través de la línea de raíz.

**Resultados:** Se recogieron datos de tres pacientes, con una media de edad de 141 (4-330) días de vida con diagnóstico común de hipoplasia de arco aórtico. El tiempo medio de CEC fue de 145' (110'-190'), el tiempo de perfusión selectiva (cerebral/miocárdica/somática) fue de 35' (24'-50') y de clampaje 18' (0'-40'). Los niveles de lactato al final del procedimiento fueron de 1,67 (1,3-2,3) mmol/l.

**Conclusiones:** La seguridad del paciente depende de la perfusión adecuada de todos los órganos en el bypass cardiopulmonar. Mediante el «Total Body Perfusion» solo queda excluido de la circulación el arco aórtico. Con una simple modificación de la línea arterial es fácil aplicar esta estrategia.

**Palabras clave:** cardiopatía congénita; perfusión cerebral regional; protección de órganos; cirugía de arco neonatal.

### "Total Body Perfusion": A Step Forward In Children's Arch Surgery

**Introduction:** Aortic arch surgery in neonates has evolved from deep hypothermia with circulatory arrest to regional cerebral perfusion and moderate hypothermia. Cerebral perfusion and selective myocardial perfusion have been a step forward, allowing for beating heart surgery. The aim of this study was to describe the "Total Body Perfusion" technique in newborns and children undergoing complex aortic arch surgery, as well as our initial experience and outcomes.

**Material and Methods:** A descriptive observational study was carried out in children with arch hypoplasia in whom the "Total Body Perfusion" technique was performed. For this purpose, we made a modification in the arterial line of the extracorporeal circulation circuit: we divided the arterial line in two with a "Y" connector in such a way that one line perfuses the ascending aorta (brain and myocardium) and the other line the descending aorta (through the posterior pericardium.) Both lines had a flow-meter. The arch was repaired with a heart beating at 25°C, with cerebral/myocardial/somatic perfusion. Intracardiac repair was performed after delivery cardioplegia through the root line.

**Results:** We collected data from three patients. With an average age of 141 days (4-330) with a common diagnosis of aortic arch hypoplasia. The mean time of CPB was 145' (110'-190'), the selective perfusion time (cerebral / myocardial / somatic) was 35' (24'-50') and clamping 18' (0'-40'). In the end of the procedure lactate levels were 1.67 (1.3-2.3) mmol/l.

**Conclusions:** Patient safety depends on the suitable perfusion of all organs in cardiopulmonary bypass. Through the "Total Body Perfusion" only the aortic arch is excluded from circulation. With a simple modification of the arterial line, this strategy is easy to apply.

**Keywords:** congenital heart disease; regional cerebral perfusion; organ protection; neonatal arch surgery.



José Ángel Zamorano Serrano

Perfusión Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

Rosario Pérez Pérez

Perfusión Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

Blanca Ramírez Gómez

Perfusión Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

Irene Hidalgo García

Anestesiología Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

Juan Miguel Gil Jaurena

Cirugía Cardíaca Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

José Ángel Zamorano Serrano  
Perfusión Pediátrica  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón,  
C/ O'Donnell 48-50  
28009 Madrid, España.  
Teléfono: +34 686956544  
Fax: 915868018  
e-mail: josezamser@gmail.com

Recibido: agosto de 2018  
Aceptado: octubre de 2018

## INTRODUCCIÓN

La hipotermia profunda más paro circulatorio sigue siendo la estrategia en muchos centros conocidos para la cirugía del arco aórtico, basándose en la reducción del metabolismo y los requerimientos de oxígeno para la protección cerebral. La cirugía compleja de arco neonatal con períodos prolongados de paro circulatorio se asoció con convulsiones y coreoatetosis, así como con una probabilidad de deterioro neurológico futuro.<sup>1,2</sup>

La perfusión cerebral anterógrada (PCA) surgió como un complemento de la protección cerebral. Al proporcionar flujo sanguíneo desde la línea arterial a través de la arteria innominada, se espera que el flujo somático esté garantizado por la circulación colateral a baja temperatura<sup>3</sup>. Varios estudios compararon ambas estrategias de perfusión, hipotermia profunda más paro circulatorio frente a PCA, con respecto a los resultados neurológicos y la preservación del cerebro a diferentes temperaturas.<sup>4-7</sup>

Al adquirir experiencia, algunos artículos dilucidaron que existía una circulación cerebral equilibrada entre ambos hemisferios mediante la perfusión a través de una única arteria carótida para proporcionar una perfusión cerebral adecuada.<sup>8,9</sup> La cuestión de una distribución eficaz y la cantidad ideal de flujo sanguíneo cerebral, particularmente en el hemisferio izquierdo contralateral, es uno de los principales problemas de la PCA, y la monitorización neurológica efectiva, podría reducir esta carga. La misma hipótesis se relaciona con la cantidad de perfusión infra-diafragmática que potencialmente se proporciona a través de colaterales preexistentes (a través de arterias subclavias e intercostales a la aorta descendente), que podrían ser de diferente tamaño y no ser adecuadas si la temperatura central del paciente está demasiado elevada.<sup>8-10</sup>

Un paso adelante en la protección fue administrar flujo a las arterias coronarias mientras se realizaba la cirugía de arco, de esta forma, uno podría realizar la reparación del arco bajo hipotermia moderada manteniendo el corazón latiendo.<sup>11</sup>

Después de la protección del cerebro y del corazón, con la experiencia acumulada de nuestro grupo,<sup>12</sup> y dado el nivel de preocupación, especialmente en la reparación compleja del arco aórtico con tiempos de clampaje más largos nos impulsaron a dar un paso más allá, la canulación de la aorta descendente a través del pozo del pericardio para lograr una perfusión corporal total o «Total Body Perfusion» (TBP).<sup>13</sup>

El objetivo del presente estudio sería describir la técnica del TBP en recién nacidos y niños sometidos a cirugía de arco compleja, así como nuestra experiencia inicial y los resultados obtenidos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional descriptivo en niños menores de un año con hipoplasia de arco, en el período comprendido entre junio de 2017 y abril de 2018, en los que se realizó la técnica «Total Body Perfusion».

### MONITORIZACIÓN DEL PACIENTE

Se usó monitorización no invasiva Básica de ECG y ST, frecuencia cardíaca y pulsioximetría, presión arterial no invasiva, capnografía, espirometría y bucles, concentración de halogenados.

La monitorización de la perfusión perioperatoria para la reparación del arco aórtico en neonatos y niños pequeños, se realizó mediante la monitorización de la saturación regional de oxígeno (rSO<sub>2</sub>) medida por INVOS® (Somanetics Corporation, Troy, MI, EE. UU). Se midió la rSO<sub>2</sub> cerebral frontal unilateral y rSO<sub>2</sub> subdiafragmática (somática).

Después del inicio de la anestesia, se colocan líneas de monitorización de la presión arterial en la arteria radial derecha y en una arteria femoral, presión venosa central y diuresis.

### MODIFICACIÓN DEL CIRCUITO DE CEC

La línea arterial se divide en «Y», una rama va hacia la raíz aórtica y la otra va hacia la aorta descendente (estrategia similar a interrupción de arco aórtico). A su vez, de la rama de la raíz aórtica, se conecta una línea a través de un lúer con la cánula en raíz aórtica 18G/4F, aguja de cardioplegia (Medtronic®, Minneapolis, USA) con un adaptador de cardioplegia macho-macho-hembra (Medtronic®, Minneapolis, USA), consiguiendo una perfusión cerebral y miocárdica adecuadas. La rama de la aorta descendente se canulará con cánula de 6F con ángulo de 135° (Stockert®, Muenchen, Alemania). Para el control de los flujos de ambas líneas se usó el monitor en tiempo real System M-M4 (Spectrum Medical, Gloucester, UK) (Figura 1).

### TÉCNICA QUIRÚRGICA

Después de esternotomía media y la heparinización, un tubo PTFE de 3,5 mm (Gore-Tex®, Flagstaff, AZ, USA) se anastomosa a la arteria innominada y se conecta con una cánula arterial 10F Biomedicus (Medtronic®, Minneapolis, USA). La CEC se inicia con un flujo estimado de 3.0 l/min/m<sup>2</sup> (175-200 ml/min/kg) después de la canulación bi-cava y los pacientes se enfrían a una temperatura central de 25-28°C.

El pericardio posterior se abre hacia la izquierda de la vena cava inferior (VCI). La aorta descendente se identifica en el espacio pleural izquierdo después de la movilización de la línula a la izquierda del esófago. La perfusión aórtica distal se logra mediante la canulación selectiva de la aorta descendente por encima del diafragma. El PTFE previo perfunde cerebro (y miocardio) mientras que la cánula en aorta descendente irriga el territorio inferior. Así, solo el arco aórtico queda excluido de la circulación extracorpórea (figura 2).

Las presiones medias arteriales radial y femoral se mantienen en el rango de 35-50 mmHg. Los vasos del arco, además de aorta ascendente y descendente están clampados. La protección cerebral mediante PCA se inicia con un flujo estimado del 30% (52-60 ml/kg/min). Se garantiza el flujo coronario midiendo presión de perfusión a través del conector macho-macho-hembra detectando anticipadamente cualquier interrupción del flujo (antes incluso de que aparezca alteración en el electrocardiograma que nos pueda indicar signos de isquemia miocárdica). Dado que el retorno sale de la misma línea arterial, el flujo mandatorio siempre será el cerebral y miocárdico. El flujo sistémico será el suficiente para que ambos, cerebro y miocardio, estén protegidos asumiendo que todas las cánulas están bien posicionadas. El flujo necesario para asegurar esa perfusión total vuelve a ser el estimado de 3.0 l/min/m<sup>2</sup> (175-200 ml/min/kg) dado que estamos perfundiendo todo el cuerpo salvo la zona del arco que se está reparando (figura 3).

La reparación del arco (principalmente coartación más arco hipoplásico) se realizó de la siguiente manera: resección de tejido ductal, anastomosis de extremo a extremo de la pared posterior del arco y aorta descendente, más aumento anterior con parche de pericardio autólogo tratado con glutaraldehído. En los casos en que no había una cresta verdadera, se realizó una ampliación directa con parche. Después de realizar la reparación del arco aórtico con TBP, se detiene el corazón para la finalización la reparación intracardiaca con una dosis de cardioplegia cristaloides Celsior® (IGL, Lissie, Francia) de 30 ml/kg. Una vez terminada la corrección intracardiaca se inicia la reperfusión, recalentando hasta 36°C.

Se obtuvo la aprobación ética institucional para la modificación y la indicación, y se obtuvo el consentimiento informado de los padres.

Dado el número de pacientes y la baja incidencia de complicaciones, el análisis estadístico no aporta ninguna información.

## RESULTADOS

Recogemos datos de tres pacientes (figura 4). El primero con 11 meses y 10 kg con hipoplasia de arco más coartación

aorta. Tiempo de CEC: 135 minutos, perfusión selectiva (cerebral/miocárdica/somática) 50 minutos e isquemia coronaria: 0 minutos. El segundo paciente de 4 días y 3,2 kg con hipoplasia de arco más ventrículo derecho de doble salida. Tiempo de CEC: 190 minutos, perfusión selectiva: 35 min e isquemia coronaria: 40 minutos para la corrección intracardiaca. El tercer paciente de 90 días y 4,1 kg con coartación de aorta con comunicación interventricular. Tiempo de CEC: 110 minutos, perfusión selectiva: 24 min e isquemia coronaria: 18 minutos para el cierre de la comunicación interventricular.

Los niveles de lactato al final del procedimiento fueron de 1,67 (1,3-2,3) mmol/l. No se registraron complicaciones neurológicas ni renales en el postoperatorio. El tiempo medio intubado tras la cirugía fue de 42 horas (12-96). La estancia media en UCI fue de 12 días (2-21). La estancia media del ingreso fue de 17 días (10-39).

## DISCUSIÓN

La elección de realizar reparación del arco aórtico bajo hipotermia profunda más paro circulatorio o PCA es un tema de debate hoy en día, con entusiastas seguidores y detractores de ambas estrategias.<sup>14,15</sup> Los buenos resultados con una técnica clásica evitan que uno cambie, mientras que la innovación que muestra logros empuja a otros a buscar estrategias en evolución.

La literatura proporciona pruebas contundentes de la precisión y seguridad de la PCA para la protección cerebral cuando se realiza la reparación del arco aórtico, proporcionando incluso un flujo sanguíneo a ambos hemisferios.<sup>1,2,4,5,16-17</sup> El ajuste de temperatura moderada evita los inconvenientes de la hipotermia profunda como se informó.<sup>7,18,19</sup> Confiando en la circulación colateral, en la hipotermia moderada o profunda, se ha demostrado una protección corporal inferior adecuada,<sup>20</sup> mientras que algunos autores no están de acuerdo,<sup>21</sup> y otros sugieren una estrategia de «perfusión corporal total».<sup>13</sup> De hecho, la reparación regular de la coartación a través de la toracotomía izquierda se realiza bajo normotermia con efectos secundarios insignificantes cuando la isquemia no es superior a 20'.

La perfusión simultánea del cerebro, del corazón y del sistémico proporcionada por la misma línea arterial en forma de «Y» conectando el lúer-lock y la cánula de la raíz es factible y fácil de controlar con la monitorización adecuada. La bradicardia sigue la caída de la temperatura y no se esperan cambios en el ECG y más controlando la presión de perfusión a través de esa luz. Si esto ocurre, se debe verificar el acodamiento accidental en la línea. Se puede superar cualquier inconveniente cambiando la perfusión de la raíz aórtica de la sangre arterial a la cardioplegia, que es el próximo paso a seguir para completar la reparación intracardiaca.

Nuestra prioridad es garantizar un flujo cerebral adecuado, evitando tanto la hipo como la hiperperfusión. Los peligros potenciales del flujo sanguíneo cerebral excesivo incluyen edema cerebral y hemorragia intracraneal.<sup>8,22</sup> Creemos que el inicio del bypass a «flujo completo» sobre la arteria innominada podría ser responsable de hiperperfusión temprana, especialmente del hemisferio derecho, lo que podría explicar por qué una estrategia de alfa-stat con limitación de vasodilatación cerebral es beneficiosa en estos pacientes para evitar el exceso. La «sobre perfusión» inicial del hemisferio derecho parece persistir durante el enfriamiento a pesar de la introducción de perfusión aórtica distal y el ajuste de TBP.

Con respecto a la perfusión infra-diafragmática y el suministro de oxígeno, es difícil respaldar las afirmaciones que concluyen que la PCA proporciona una perfusión somática adecuada a través de colaterales nativas, como sugieren algunos autores.<sup>20</sup> Sin embargo, según otro grupo con gran experiencia (primero animal y luego clínica) es difícil creer que esto sea cierto y que haya sido cuestionado en el pasado.<sup>21</sup> Un subgrupo especial de pacientes con arterias intercostales grandes puede perfundirse bien en ambos sitios del diafragma mediante PCA, pero no dependeríamos de ellos, especialmente si la cirugía se realiza en condiciones más cálidas de hipotermia moderada alrededor de los 28° C. Si no se sigue una estrategia efectiva para perfundir la parte inferior del cuerpo con bypass, algunos pacientes sufrirán insuficiencia renal postoperatoria o isquemia mesentérica. Por lo tanto, confiamos en el trazado de saturación regional y la monitorización de la presión de la arteria femoral durante la PCA, y nos sentimos muy seguros ya que hemos introducido la técnica de canulación infra diafragmática.

El hallazgo de un láctico medio de 1,67 en los tres casos con estrategia de TBP contrasta con el valor medio de 5,4 en los 50 pacientes previos publicados en nuestro Centro con perfusión cerebral-miocárdica sin TBP.<sup>12</sup> Del mismo modo nos pasa con los tiempos de estancia en UCI y el tiempo de ingreso. Necesitamos más pacientes para demostrar si es anecdótico o significativo.

Es nuestra rutina la monitorización continua de rSO<sub>2</sub> (NIRS) como medida de atención de la oxigenación tisular. Nos ha proporcionado un sustancial excedente en la seguridad de los procedimientos. En analogía con nuestros colegas anestelistas, creemos que el INVOS se ha convertido en la pulsioximetría de los perfusionistas.

## CONCLUSIONES

Nuestra estrategia de protección en cirugía de arco ha evolucionado con el tiempo. Pasamos de la hipotermia profunda con parada circulatoria a la perfusión cerebral selec-

tiva. De aquí a la perfusión cerebral y miocárdica. El último paso es la perfusión cerebral-miocárdica-somática o TBP.

Destacamos la facilidad de monitorizar y reconvertir, en caso de fibrilación o cambios en el ST, permitiendo la administración de cardioplegia de forma inmediata. La perfusión cerebral-miocárdica disminuye los tiempos de isquemia coronaria en casos complejos, incluso a cero minutos en pacientes con hipoplasia de arco aislada.

La estrategia TBP permite irrigar además el territorio inferior, dejando solo el arco aórtico sin perfusión. Los resultados iniciales son buenos, como demuestra el lactato bajo en el postoperatorio inmediato.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no presentan conflicto de intereses ni han percibido financiación para la realización del presente estudio

## REFERENCIAS

1. Newburger JW, Jonas RA, Wernovsky G, et al. A Comparison of the Perioperative Neurologic Effects of Hypothermic Circulatory Arrest versus Low-Flow Cardiopulmonary Bypass in Infant Heart Surgery. *N Engl J Med.* 1993;329(15):1057-1064. doi:10.1056/NEJM199310073291501
2. Bellinger DC, Wypij D, Kuban KCK, et al. Developmental and Neurological Status of Children at 4 Years of Age After Heart Surgery With Hypothermic Circulatory Arrest or Low-Flow Cardiopulmonary Bypass. *Circulation.* 1999;100(5):526-532. doi:10.1161/01.CIR.100.5.526
3. Asou T, Kado H, Imoto Y, et al. Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates. *1996;61(5):1546-1548.* doi:10.1016/0003-4975(96)80002-S
4. Di Eusanio M, Wesselink RMJ, Morshuis WJ, Dossche KM, Schepens MAAM. Deep hypothermic circulatory arrest and antegrade selective cerebral perfusion during ascending aorta-hemiarch replacement: A retrospective comparative study. *2003;125(4):849-854.* doi:10.1067/mtc.2003.8
5. Goldberg CS, Bove EL, Devaney EJ, et al. A randomized clinical trial of regional cerebral perfusion versus deep hypothermic circulatory arrest: outcomes for infants with functional single ventricle. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(4):880-887.
6. Algra SO, Jansen NJG, Van Der Tweel I, et al. Neurological injury after neonatal cardiac surgery: A randomized, controlled trial of 2 perfusion techniques. *Circulation.* 2014;129(2):224-233. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.003312

7. Salazar J, Coleman R, Griffith S, et al. Brain preservation with selective cerebral perfusion for operations requiring circulatory arrest: protection at 25 °C is similar to 18 °C with shorter operating times. *Eur J Cardio-thoracic Surg.* 2009;36(3):524-531. doi:10.1016/j.ejcts.2009.04.017
8. Andropoulos DB, Stayer SA, McKenzie EDD, Fraser CD. Regional low-flow perfusion provides comparable blood flow and oxygenation to both cerebral hemispheres during neonatal aortic arch reconstruction. 2003;126(6):1712-1717. doi:10.1016/S0022-5223(03)01027-4
9. Rüffer A, Tischer P, Münch F, et al. Comparable Cerebral Blood Flow in Both Hemispheres During Regional Cerebral Perfusion in Infant Aortic Arch Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2017;103(1):178-185.
10. Austin EH, Edmonds HL, Auden SM, et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(5):707-715, 717; discussion 715-6. doi:10.1016/S0022-5223(97)70074-6
11. Sano S, Mee RBBB. Isolated myocardial perfusion during arch repair. *Ann Thorac Surg.* 1990;49(6):970-972. doi:10.1016/0003-4975(90)90878-A
12. Gil-Jaurena J-M, González-López M-T, Pita A, Pérez-Caballero R, Herviás M, Blanco D. Beating-heart aortic arch surgery in neonates and infants. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* April 2018. doi:10.1093/icvts/ivy099
13. Cesnjevar RA, Purbojo A, Muench F, Juengert J, Rueffer A. Goal-directed-perfusion in neonatal aortic arch surgery. *Transl Pediatr.* 2016;5(3):134-141. doi:10.21037/tp.2016.07.03
14. Hanley FL. Religion, politics...deep hypothermic circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130(5):1236.e1-1236.e8. doi:10.1016/j.jtcvs.2005.07.047
15. Ohye RG, Goldberg CS, Donohue J, et al. The Quest to Optimize Neurodevelopmental Outcomes in Neonatal Arch Reconstruction: The Perfusion Techniques We Use and Why We Believe in Them. Vol 137.; 2009:803-806. doi:10.1016/j.jtcvs.2008.10.046
16. Fraser CD, Andropoulos DB. Principles of Antegrade Cerebral Perfusion During Arch Reconstruction in Newborns/Infants. 2008;11(1):61-68. doi:10.1053/j.pcsu.2007.12.005
17. Dodge-Khatami J, Gottschalk U, Eulenburg C, et al. Prognostic Value of Perioperative Near-Infrared Spectroscopy During Neonatal and Infant Congenital Heart Surgery for Adverse In-Hospital Clinical Events. *World J Pediatr Congenit Hear Surg.* 2012;3(2):221-228. doi:10.1177/2150135111426298
18. Oppido G, Napoleone CP, Turci S, et al. Moderately Hypothermic Cardiopulmonary Bypass and Low-Flow Antegrade Selective Cerebral Perfusion for Neonatal Aortic Arch Surgery. 2006;82(6):2233-2239. doi:10.1016/j.athoracsurg.2006.06.042
19. Gupta B, Dodge-Khatami A, Tucker J, et al. Antegrade cerebral perfusion at 25 °C for arch reconstruction in newborns and children preserves perioperative cerebral oxygenation and serum creatinine. *Transl Pediatr.* 2016;5(3):114-124. doi:10.21037/tp.2016.06.03
20. Pigula FA, Gandhi SK, Siewers RD, Davis PJ, Webber SA, Nemoto EM. Regional low-flow perfusion provides somatic circulatory support during neonatal aortic arch surgery. 2001;72(2):401-407. doi:10.1016/S0003-4975(01)02727-8
21. Roerick O, Seitz T, Mauser-Weber P, Palmaers T, Weyand M, Cesnjevar R. Low-Flow Perfusion via the Innominate Artery during Aortic Arch Operations Provides Only Limited Somatic Circulatory Support. Vol 29.; 2006:517-524. doi:10.1016/j.ejcts.2005.12.048
22. Polito A, Ricci Z, Di Chiara L, et al. Cerebral blood flow during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery: the role of transcranial Doppler – a systematic review of the literature. *Cardiovasc Ultrasound.* 2006;4(1):47. doi:10.1186/1476-7120-4-47



Figura 1. Línea arterial en «Y» con ramas hacia aorta ascendente (cerebro-miocardio) y aorta descendente. Nótese el medidor de flujo en ambas líneas (además de la línea venosa)



Figura 2. Esquema de TBP, mostrando canulación en raíz aórtica, tronco innominado y aorta descendente. Solo el arco queda excluido de la circulación extracorpórea. Imagen de campo quirúrgico con todas las líneas

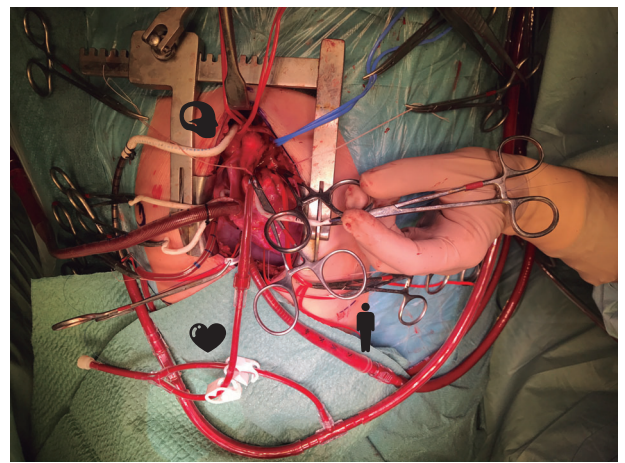
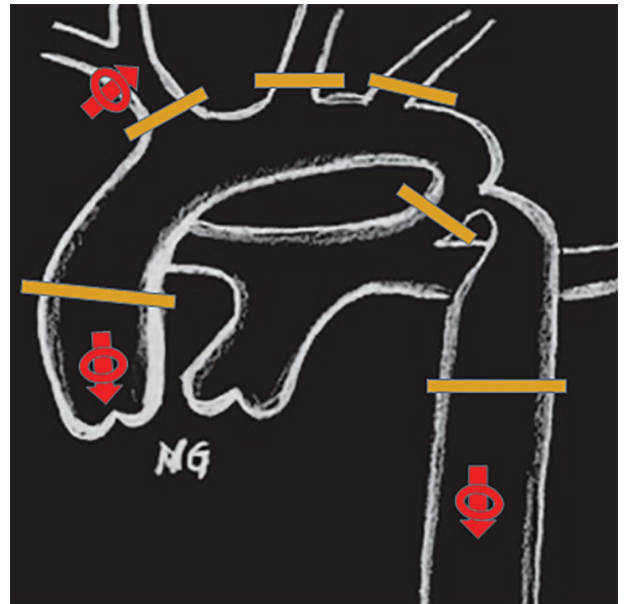


Figura 3. Monitor con registro de ECG, presión en arterias radial derecha, PVC, saturación de oxígeno y presión en arteria femoral. NIRS cerebral (arriba) y somático (abajo) durante TBP que muestran valores similares (descenso en registro cerebral durante el clampaje para realizar la fístula (circulo amarillo) y descenso en registro somático durante la disección de aorta descendente a través del pericardio posterior (círculo rojo))



Figura 4. Gráfica con valores de tiempo de CEC, isquemia miocárdica y TBP en tres pacientes. Nótese que la isquemia fue de cero minutos en el primer caso (cirugía completa a corazón latiendo)

