

# Control de la hipoperfusión tisular durante la Circulación Extracorpórea

## RESUMEN / ABSTRACT

**Resumen:** La función de la Circulación Extracorpórea es mantener la circulación sistémica y la oxigenación durante la cirugía a corazón parado.

La hipoperfusión tisular puede llegar a provocar una acidosis láctica durante el procedimiento teniendo relación directa con la morbimortalidad de los pacientes intervenidos.

La monitorización continua de los valores de  $SVO_2$ ,  $DO_2I$  y del  $\Delta PCO_2$  nos pueden alertar de alteraciones durante la perfusión que pueden pasar inadvertidos.

**Palabras clave:** hipoperfusión, hiperlactatemia, perfusión.

Control of tissue hypoperfusion during extracorporeal circulation

**Abstract:** The role of Extracorporeal Circulation is to maintain the systemic circulation and oxygenation during heart arrest.

Tissue hypoperfusion may even cause lactic acidosis during the procedure having direct relation to morbidity and mortality in patients undergoing surgery.

Continuous monitoring of  $SvO_2$  values,  $DO_2I$  and  $\Delta PCO_2$  can alert us during perfusion alterations that may go unnoticed.

**Keywords:** hypoperfusion, hyperlactatemia, perfusion.



**Carlos García Camacho**  
Perfusionista  
H.U. Puerta del Mar, Cádiz, España

**J. Arteaga Santiago**  
Masterando en Técnicas de Perfusión  
y Oxigenación Extracorpórea  
Universidad de Barcelona, España

**A. Sainz Otero**  
Profesora  
Facultad de Enfermería y Fisioterapia, Cádiz, España

**G. Guillén Romero**  
Perfusionista  
H.U. Puerta del Mar, Cádiz, España

**A. Pérez López**  
Perfusionista  
H.U. Puerta del Mar, Cádiz, España

**M. J. Abellán Hervás**  
Profesora  
Facultad de Enfermería y Fisioterapia, Cádiz, España

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los cálculos de perfusión previos a la entrada en Circulación Extracorpórea (CEC) se realizan conforme al peso y talla del paciente que va a ser intervenido con la fórmula de Mosteller<sup>1</sup> (Tabla I) frente a la de DuBois<sup>2</sup> (Tabla II) que subestima la superficie corporal en adultos<sup>3</sup>, pero ¿es suficiente el cálculo de la superficie corporal para calcular la perfusión extarcorpórea en individuos con un Índice de Masa Corporal (IMC) totalmente distintos?

En la actualidad, hay diversos estudios que relacionan directamente la hipoperfusión tisular a la aparición de Insuficiencia Renal Aguda (IRA) en el postoperatorio de Cirugía Cardíaca bajo CEC<sup>4</sup>, llegando incluso a alcanzar una mortalidad del 50% en aquellos pacientes que requieren técnicas de depuración extra renal<sup>5</sup>, así como a la exacerbación del Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica (SRIS) por translocación bacteriana derivada de la hipoperfusión<sup>6</sup>.

La Saturación Venosa Central ( $SvO_2$ ) durante la CEC nos indica la relación entre el consumo y el suministro de oxígeno al organismo, estando los valores

Correspondencia:  
Carlos García Camacho  
H. U. Puerta del Mar  
U.G.C. de Cirugía Cardíaca  
Avda. Ana de Viya 21  
11009, Cádiz  
carlos.garcia.camacho.sspa@juntadeandalucia.es

Recibido: diciembre de 2015  
Aceptado: febrero de 2016

normales comprendidos entre un 70% y un 80%, siendo hasta ahora el mejor indicativo de la perfusión tisular durante la CEC.

Pero aún en situaciones donde la SvO<sub>2</sub> se encuentran en límites normales, nos encontramos que hay un aumento de la concentración de lactato sérico que ocurre generalmente cuando la demanda de energía por parte de los tejidos es superior a la que le aportamos.

## OBJETIVO

Evitar y/o disminuir la acidosis láctica durante el proceso de CEC.

## APORTE Y CONSUMO DE OXÍGENO

El aporte de oxígeno (DO<sub>2</sub>) es el volumen de oxígeno aportado a los tejidos por unidad de tiempo. Se expresa en ml/min y frecuentemente se corrige por masa corporal (en ml/kg/min) o por el área de superficie corporal (ml/min/m<sub>2</sub>).

«La elevación de los niveles de lactato plasmático se ha asociado tradicionalmente a metabolismo anaeróbico por un insuficiente DO<sub>2</sub> para los requerimientos tisulares, dato que se ha usado para identificar aquellos pacientes que pudiesen beneficiarse de una optimización de su DO<sub>2</sub>.»<sup>7</sup>

El aporte de Oxígeno DO<sub>2</sub> es el producto del gasto cardíaco (GC) y el contenido arterial de oxígeno (CaO<sub>2</sub>).

$$DO_2 = GC \times CaO_2$$

Dónde el CaO<sub>2</sub> es igual a la suma del oxígeno unido a la hemoglobina con el oxígeno disuelto en el plasma.

$$CaO_2 = (Hb \times 1.39 \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2)$$

Los valores de referencia del DO<sub>2</sub> oscilan entre 850-1050 ml/min

En CEC empleamos el Índice Cardíaco (IC) en vez del GC, con lo cual las unidades las expresamos en relación a la superficie corporal siendo los valores normales entre 520-570 ml/min/m<sup>2</sup> (DO<sub>2</sub>I)

El consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) es la cantidad de oxígeno que es tomada de la microcirculación por los tejidos. Se expresa en ml/min y cuando se corrige con el peso corporal se expresa en ml/kg/min.

$$VO_2 = IC \times 1.34 \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2)$$

Los valores de referencia del VO<sub>2</sub> oscilan entre 110 – 160 ml/min/m<sup>2</sup>.

Los cambios en los niveles de VO<sub>2</sub> indican cambios metabólicos en el paciente.

La relación del DO<sub>2</sub> y el VO<sub>2</sub> se denomina extracción de oxígeno (O<sub>2</sub>ER), que evalúa el aporte de oxígeno a los tejidos y el consumo por parte de los mismos.

$$ERO_2 = VO_2 / DO_2 = CaO_2 - CvO_2 / CaO_2$$

Una fórmula simplificada nos ayuda a calcularlo<sup>8</sup>.

$$ERO_2 = (SaO_2 - SvO_2) / SaO_2$$

Los valores de referencia se expresan en % y oscilan entre el 20% y el 30%, esto significa que, si su cálculo supera el valor máximo el aporte de O<sub>2</sub> es inferior a las necesidades de los tejidos, en caso contrario supone que el aporte de O<sub>2</sub> a los tejidos es superior a sus necesidades.

La SvO<sub>2</sub> tiene una relación directa con el VO<sub>2</sub>:

$$SvO_2 = (GC / VO_2) \times Hb \times SaO_2$$

A partir de esta fórmula observamos que la SvO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la Hb, GC y SaO<sub>2</sub> y si estos descienden, también desciende la SvO<sub>2</sub>, mientras que el VO<sub>2</sub> es inversamente proporcional a la SvO<sub>2</sub>.

Así la SvO<sub>2</sub> nos indica el grado de utilización de las reservas de O<sub>2</sub>, que en valores críticos <40% nos indica una hipoxia tisular severa

Según esta relación, en casos de detectar una SVO<sub>2</sub> < 60% bastaría con analizar si el déficit es de Hb, GC o SaO<sub>2</sub> y corregirlos.

## DIFERENCIA ARTERIO-VENOSA DE DIÓXIDO DE CARBONO (ΔPCO<sub>2</sub>)

El ΔPCO<sub>2</sub> nos podría ayudar a dilucidar el motivo por el cual, aun obteniendo valores de SvO<sub>2</sub> >70% durante el proceso de CEC, los niveles de lactato sérico aumentan en algunos procedimientos.

El ΔPCO<sub>2</sub> es un indicador de hipoperfusión periférica cuando este valor supera los 6 mmHg. Durkin et al. describió dos mecanismos que hacen que aumente esa diferencia, uno de los cuales es el que relaciona la hipoperfusión periférica con el flujo arterial, a más lentitud de la sangre por el espacio microvascular, se produce más dióxido de carbono que se difunde hacia la sangre venosa<sup>9</sup>.

Por todo ello, el ΔPCO<sub>2</sub> nos puede indicar hipoxia tisular, pero como consecuencia de un flujo arterial bajo durante la perfusión extracorpórea.

## RELACIÓN ENTRE EL ΔPCO<sub>2</sub> Y EL DO<sub>2</sub>I

El mantener el ΔPCO<sub>2</sub> por encima de 6 mmHG largo tiempo durante la CEC supone una disminución del DO<sub>2</sub>I, mayor ratio de extracción de oxígeno, aumento de los nive-

les de lactato y disminución de la función y de la perfusión esplácica.

## CONCLUSIONES

La monitorización continua de la  $SVO_2$ ,  $DO_2$  I y del  $\Delta PCO_2$  nos alerta de alteraciones en la perfusión periférica durante el proceso de CEC.

El diagnóstico intraoperatorio, por parte del perfusionista, hace dirigir la perfusión hacia la meta de evitar complicaciones post quirúrgicas simplemente transfundiendo, aumentando el GC o la  $SaO_2$ .

El uso de anestésicos halogenados (sevoflurano) durante la CEC<sup>10</sup> ayuda al perfusionista a controlar la vasodilatación del paciente permitiéndole aumentar el GC a fin de mantener el  $\Delta PCO_2 < 6$  mmHg, con la ventaja añadida de su efecto cardioprotector en la disfunción isquémica miocárdica<sup>11</sup>.

## REFERENCIAS

1. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* [Internet]. 1987 Oct 22 [cited 2016 Apr 10];317(17):1098. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3657876>
2. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutrition* [Internet]. [cited 2016 Apr 10];5(5):303–11; discussion 312–3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2520314>
3. Verbraecken J, Van De Heyning P, De Backer W, Gaal L Van. Body surface area in normal-weight, overweight, and obese adults. A comparison study.
4. Magruder JT, Dungan SP, Grimm JC, Harness HL, Wierschke C, Castillejo S, et al. Nadir Oxygen Delivery on Bypass and Hypotension Increase Acute Kidney Injury Risk After Cardiac Operations. *Ann Thorac Surg* [Internet]. Elsevier; 2015 Nov 1 [cited 2016 Mar 29];100(5):1697–703. Available from: <http://www.annalsthoracicsurgery.org/article/S0003497515008978/fulltext>
5. Vermeer H, Teerenstra S, de Sévaux RGL, van Swieten HA, Weerwind PW. The effect of hemodilution during normothermic cardiac surgery on renal physiology and function: a review. *Perfusion* [Internet]. 2008 Nov [cited 2016 Mar 29];23(6):329–38. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19454561>
6. Fiddian-Green RG. Gut mucosal ischemia during cardiac surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1990 Oct [cited 2016 Mar 22];2(4):389–99. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2091799>
7. Regueira T, Andresen M. Manipulación del transporte y consumo de oxígeno en la sepsis. *Rev Med Chil* [Internet]. Sociedad Médica de Santiago; 2010 Feb [cited 2016 Apr 11];138(2):233–42. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872010000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
8. Duque AG, Fernández G, Gutiérrez ÁA, Montenegro G, Daza LC, Fernández C, et al. Cálculo de los contenidos arterial y venoso de oxígeno, de la diferencia arteriovenosa de oxígeno, tasa de extracción tisular de oxígeno y shunt intrapulmonar con unas nuevas fórmulas, basadas en la saturación de oxígeno. *Rev la Fac Med*. 2011;48(2):67–76.
9. Durkin R, Gergits MA, Reed JF, Fitzgibbons J. The relationship between the arteriovenous carbon dioxide gradient and cardiac index. *J Crit Care*. 1993;8(4):217–21.
10. Nigro Neto C, Angela Tardelli M, Henrique Dagola Paulista P. Uso de Anestésicos Halogenados en la Circulación Extracorpórea. *Rev Bras Anesthesiol ARTÍCULOS Divers Rev Bras Anesthesiol*. 2012;62(3):346–55.
11. De Hert SG. Cardioprotection with volatile anesthetics: clinical relevance. *Curr Opin Anaesthesiol* [Internet]. 2004 Feb [cited 2016 Apr 11];17(1):57–62. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17021529>

Tabla I.

Mosteller	Individuo 1	Individuo 2
Peso	155 Kg	85 Kg
Talla	120 cm	190 cm
S. C.	2,27 m <sup>2</sup>	2,12 m <sup>2</sup>
IMC	49,9 Kg/m <sup>2</sup>	23,5 Kg/m <sup>2</sup>

Tabla II.

Mosteller	Individuo 1	Individuo 2
Peso	155 Kg	85 Kg
Talla	120 cm	190 cm
S. C.	2,13 m <sup>2</sup>	2,13 m <sup>2</sup>
IMC	49,9 Kg/m <sup>2</sup>	23,5 Kg/m <sup>2</sup>