

# Revista Española de Perfusión

NÚMERO 66

PRIMER SEMESTRE 2019

---

**ORIGINAL**

Perfusión dirigida a objetivos:  
revisión bibliográfica

---

**ORIGINAL**

Monitorización neurológica como  
sistema de seguridad en pacientes  
intervenidos de cirugía cardíaca con  
circulación extracorpórea

---

**ORIGINAL**

Análisis de la monitorización de gases  
en línea cdi500® y system m-m4®. ¿Son  
herramientas comparables para la  
práctica clínica de la perfusión?

---

**ORIGINAL**

Efectividad hemodinámica y funcional  
del paciente sometido a  
tromboendarterectomía pulmonar



**Asociación  
Española de  
Perfusionistas**



## Editorial

---

- 3** Editorial  
*Juan Carlos Santos, Editor jefe*

## Original

---

- 5** Perfusión dirigida a objetivos:  
revisión bibliográfica  
*Santos Jiménez JC, Jaime Borrego JM,  
González Navarro JM*
- 13** Monitorización neurológica como  
sistema de seguridad en pacientes  
intervenidos de cirugía cardiaca  
con circulación extracorpórea  
*Castilla de la Serna M,  
Reques González L, Moreno del Toro L*

- 21** Análisis de la monitorización de gases  
en línea CDI500® y SYSTEM M-M4®. ¿Son  
herramientas comparables para la  
práctica clínica de la perfusión?  
*Recio Recio M, Santos Palomino MC,  
Casado Sánchez C, Santos Palomino JC,  
Cabrera López A, Cid Vivas R*

- 29** Efectividad hemodinámica y  
funcional del paciente sometido a  
tromboendarterectomía pulmonar  
*Valdez Sánchez G, Antonio Díaz ML,  
Pineda Palafox AA*

## Normas de publicación

---

#### DIRECTOR

Carlos García Camacho  
Presidente de la AEP  
*Hospital Universitario Puerta del Mar (Cádiz)*  
presidencia@aep.es

#### EDITOR JEFE

Juan Carlos Santos Palomino  
*Hospital Regional Universitario de Málaga*  
editor@aep.es

#### EDITORIA ADJUNTA

Lucía Cobos González  
revista@aep.es

#### COMITÉ EDITORIAL

María Jesús Alonso Peña  
*Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla (Madrid)*

María José Bautista Correa  
*Hospital Universitari de Bellvitge (L'Hospitalet de Llobregat)*

Agustín Elías Fuentes  
*Hospital Reina Sofía de Córdoba*

Francesc Gahete Santiago  
*Hospital Clinic de Barcelona*

Miguel Ángel Parada Nogueiras  
*Complejo Asistencial Universitario de León*

Benjamín Vázquez Alarcón  
*Hospital Quironsalud Albacete*

#### EDITA:

Asociación Española de Perfusionistas  
Paseo de la Habana, 9 - 11  
28036 MADRID  
www.aep.es  
info@aep.es

Los números de la revista pueden consultarse en la página web de la Asociación.

Abreviatura oficial de la revista: Rev Esp Perfusion

© Asociación Española de Perfusionistas, 2019

Reservados todos los derechos.

Prohibida la reproducción total o parcial, gráfica o escrita, por cualquier medio, sin la autorización escrita del Editor.

Depósito legal: M-7150-2019  
ISSN papel: 2659-5834  
ISSN online: 2659-5826

DISEÑO Y COMPOSICIÓN  
Jorge Portland

IMPRIME  
Área Gráfica Emelar

# Nuevos tiempos, nuevas normas

Juan Carlos Santos  
Editor jefe



**E**n este nuevo número de la *Revista Española de Perfusión* aparecen las nuevas normas de publicación que hemos elaborado con el acuerdo del Comité Editorial y la Junta Directiva de la Asociación Española de Perfusionistas. Es necesario adaptarnos a las realidades actuales, así que en ellas se recogen no solo los tipos de manuscritos, sus formatos, estructuras y extensión, sino también otras consideraciones generales, ya sean sobre aspectos éticos, autoría, conflicto de intereses, consentimientos o el Open Access.

Relacionado con esta última cuestión, y para sumarnos a las nuevas corrientes en las publicaciones científicas internacionales, tenemos que hacer hincapié en el copyright y los derechos de autor. Hemos decidido adaptarnos a las licencias Creative Commons y hemos elegido la CC BY-NC-SA 4.0 Internacional. Cualquier persona puede copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, remezclar, transformar y crear a partir del material, pero para ello tiene que reconocer adecuadamente la autoría y la publicación inicial en nuestra revista, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. De la misma forma, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original. Lo único que no permite esta licencia es un uso comercial.

Aunque las normas salen impresas al completo en este número de la revista, en breve podremos consultarlas en nuestra página web, que será el acceso más fácil y rápido a ellas.

Siguiendo con los cambios importantes, en los últimos meses hemos conseguido la indexación de la *Revista Española de Perfusión* en Dialnet, el portal de la Universidad de La Rioja (<https://dialnet.unirioja.es/>) que desarrolla actualmente una de las mayores bases de datos de literatura científica del mundo y que supone uno de los servicios de búsqueda más utilizados en el mundo académico hispanoparlante. Por el momento aparece indexadas las revistas desde el número 58, en los próximos meses se irán incorporando los números anteriores.

Mientras seguimos trabajando para conseguir la indexación en otras fuentes, ya está habilitado en la página web de la AEP ([www.aep.es](http://www.aep.es)) un buscador interno de la re-

vista. Poco a poco iremos incorporando de forma individual todos los artículos desde la primera revista, lo que nos va a facilitar la búsqueda y consulta de la bibliografía disponible en nuestra publicación sobre cualquier tema de nuestro interés. Esto, a la vez, nos va a permitir incluir las referencias bibliográficas en nuestros artículos de investigación.

En los próximos meses seguro podremos ofrecer más buenas noticias en estas líneas de trabajo que, como sabéis, son las fundamentales de este Comité Editorial.

Por último, queremos y tenemos que recordaros que ya ha comenzado la cuenta atrás para nuestro próximo Congreso Nacional, que se celebrará en Santander del 18 al 20 de junio de 2020. Os animamos desde aquí a que desarrolléis vuestros proyectos de investigación y a que podamos verlos plasmados en trabajos que podamos compartir todos y que nos ayuden a enriquecer nuestra práctica clínica. Sabéis que podéis contar con nuestra colaboración y orientación si os parece oportuna.

Como veis siguen sin faltarnos las ganas y la ilusión. Y queremos seguir contando también con las vuestras.

# INSPIRE™



Reservorio de doble cámara



Recubrimiento PH.I.S.I.O.



Minimiza el impacto de la hemodilución



Opcional: Filtro arterial integrado de 38µm



Para una perfusión SIN LÍMITES **INSPIRE 8**  
Para una perfusión OPTIMIZADA **INSPIRE 6**

## INSPIRE™ START P

Reservorio monocámara y módulo oxigenante con recubrimiento PH.I.S.I.O.

## INSPIRE™ DUAL PH.I.S.I.O.

Oxigenador de doble cámara con recubrimiento PH.I.S.I.O.

## INSPIRE™ F DUAL PH.I.S.I.O.

Oxigenador de doble cámara con recubrimiento PH.I.S.I.O. y filtro arterial integrado

### DIVISIÓN CIRUGÍA CARDÍACA

Jesús Serra Santamans, 5 08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)  
T: +34 934 006 552 F: +34 934 006 501  
palex@palexmedical.com [www.palexmedical.com](http://www.palexmedical.com)

Síguenos en:   

**Palex**  
**60**  
1955 ANIVERSARIO 2015

# Perfusión dirigida a objetivos: revisión bibliográfica

## RESUMEN / ABSTRACT

**Objetivo:** El objetivo del presente estudio es sintetizar la evidencia existente sobre la perfusión dirigida a objetivos.

**Material y métodos:** La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos de MEDLINE, mediante el motor de búsqueda de PubMed. El término de búsqueda inicial fue «goal directed perfusión (GDP)». Con el objetivo de acotar la búsqueda se combinaron términos MeHS como «cardiac surgery» y «cardiopulmonary bypass» y el operador booleano AND.

**Resultados:** Se obtuvieron 238 referencias, combinadas con «cardiac surgery» quedaron 49 referencias y finalmente con «cardiopulmonary bypass» se hallaron 21. Se realizó una lectura de texto completo de 23 artículos. Niveles de suministro de  $O_2$  ( $DO_2i$ )  $> 272$  ml/min/m<sup>2</sup>, minimizar la hemodilución y mantener valores de hematocrito  $> 26\%$  disminuye la lesión renal aguda. Un consumo de dióxido de carbono ( $VCO_2i$ )  $> 60$  ml/min/m<sup>2</sup> y una  $DO_2i/VCO_2i < 5$  son predictores de hiperlactatemia. La saturación venosa de  $O_2$  ( $SvO_2$ ) y la tasa de extracción de  $O_2$  ( $ERO_2$ ) son mejores predictores de transfusión durante la circulación extracorpórea (CEC) que el valor de la hemoglobina. La mayoría de la bibliografía hace referencia a cirugía de adultos, pero la aplicación de GDP a la perfusión pediátrica está comenzando.

**Conclusión:** La mejora de la perfusión «óptima», estándar de oro, hacia una perfusión dirigida a objetivos está en marcha. Muchos centros incorporan la monitorización en línea de los nuevos parámetros de perfusión para aplicar una perfusión específica a cada paciente, así como sus necesidades metabólicas durante la CEC.

**Palabras clave:** terapia dirigida por objetivo, perfusión dirigida por objetivo, circulación extracorpórea, cirugía cardíaca.

### Goal Directed Perfusion: Bibliographical Review

**Objective:** The aim of this study is to synthesize the existing evidence on Goal Directed Perfusion

**Methods:** The search for the existing evidence was made in the MEDLINE databases, using the PubMed search engine. The initial search term was “goal directed perfusion.” In order to narrow the search, MeHS terms such as “cardiac surgery” and “cardiopulmonary bypass” were used together with the initial term and the Boolean operator AND.

**Results:** At first, 238 references were obtained, combined with “cardiac surgery” there were 49 references and finally with “cardiopulmonary bypass” 21. We read 23 articles. Levels of oxygen delivery ( $DO_2i$ )  $> 272$  ml/min/m<sup>2</sup>, minimize hemodilution and maintain hematocrit values  $> 26\%$  decrease acute kidney injury. A carbon dioxide production  $VCO_2i > 60$  ml/min/m<sup>2</sup> and  $DO_2i/VCO_2i < 5$  are predictors of hyperlactatemia. The mixed venous oxygen saturation ( $SvO_2$ ) and the oxygen extraction rate ( $ERO_2$ ) are better predictors of transfusion during extracorporeal circulation than the value of hemoglobin<sup>13</sup>. The majority of the bibliography refers to adult surgery, but the application of GDP to the pediatric perfusion is beginning.

**Conclusion:** The improvement of “optimal” perfusion, considered the gold standard, towards goal directed perfusion is already in use. Many hospitals are incorporating online monitoring of the new perfusion parameters in order to apply a specific perfusion to each patient as well as his metabolic needs during extracorporeal circulation.

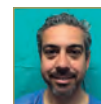
**Keywords:** Goal Directed Therapy, Goal Directed Perfusion, cardiopulmonary bypass, cardiac surgery.



Juan Carlos Santos Jiménez  
Perfusionista  
Hospital «Virgen Macarena». Sevilla



José María Jaime Borrego  
Perfusionista  
Hospital «Virgen Macarena». Sevilla



José María González Navarro  
Perfusionista  
Hospital «Virgen Macarena». Sevilla

H.U. Virgen Macarena  
Dr. Fedriani, 3  
CP 41009 Sevilla  
Email: jucasaj1969@gmail.com

Recibido: julio de 2018  
Aceptado: septiembre de 2018

## INTRODUCCIÓN

El concepto de terapia dirigida a objetivos (GDT), por sus siglas en inglés, tiene su origen en la medicina de cuidados intensivos. El Dr. William C. Shoemaker fue uno de los primeros médicos que estudiaron los efectos de la GDT. En su publicación inicial en 1988, informó una tendencia de disminución de la mortalidad después de la cirugía de alto riesgo cuando se centra en ciertos valores críticos. Usó el término «valores supranormales» para describir los niveles elevados de índice cardíaco, administración de oxígeno y consumo máximo de oxígeno en los supervivientes<sup>1</sup>. Tras sus observaciones, GDT se aplicó a otras áreas de la medicina.

Fue Emanuel Rivers quien en 2001 profundizó sobre GDT en un estudio que realizó en las salas de emergencias con los pacientes con sepsis grave o shock séptico. De los 263 pacientes inscritos, 130 fueron asignados al azar al grupo GDT y 133 a la terapia estándar. La mortalidad hospitalaria fue significativa, del 30,5 % en el grupo asignado a GDT en comparación con el 46,5 % en el grupo asignado a la terapia estándar. Durante el intervalo de 7 a 72 horas, los pacientes asignados a GDT tuvieron una saturación de oxígeno venosa central media mayor, una menor concentración de lactato, un menor déficit de base y un pH más alto, todos ellos significativos, que los pacientes asignados a la terapia estándar<sup>2</sup>. Ahora, 18 años después, los pacientes con shock séptico tienen una mortalidad inferior al 20 %.

Algunos de los primeros trabajos sobre la adecuación de la perfusión se encuentran en el libro de Pierre Galletti «Heart-Lung Bypass: Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation». En él se describen los efectos de la hipotermia, el índice de flujo adecuado, qué se debe medir para determinar la precisión de la perfusión, etc. Pero es llamativo, como ya en esa época hace referencia al suministro de oxígeno en los siguientes términos: «Parece que, durante los periodos de suministro disminuido de oxígeno, el organismo perfundido está en parte bajo una condición anaeróbica que incurre en una deuda de oxígeno que debe pagarse en un momento posterior». Mientras los gastos de energía no caigan por debajo del metabolismo de preservación, el organismo puede revivirse completamente<sup>3</sup>.

La GDT se ha adaptado al campo de la perfusión, y muchos de los parámetros fisiológicos en estudios previos de GDT son similares a los monitorizados por perfusionistas durante la circulación extracorpórea (CEC)<sup>4</sup>. Esta nueva aplicación ha sido designada como «perfusión dirigida a objetivos» (GDP), de sus siglas en inglés, y fue descrita por primera vez por Philip de Somer<sup>5</sup>, quien lideró un ensayo multicéntrico basado en el hallazgo de Ranucci<sup>6</sup>. Podemos ver un modelo conceptual de la revisión de GDT hasta llegar a GDP descrita en el artículo de Dijoy et al.<sup>7</sup> (Figura 1)

Cuando hablamos de GDP, algunos profesionales pueden estar preocupados por pensar que deben renunciar a

todo lo que han practicado para conseguir una perfusión adecuada, y de eso no trata este concepto. La GDP se trata de mejorar nuestro conocimiento actual de la perfusión óptima y el uso de parámetros respiratorios para proporcionarnos un nuevo nivel de detalle de lo que le está sucediendo al paciente a nivel de perfusión tisular.

La cirugía cardíaca es, por definición, una intervención «no fisiológica». Su principal inconveniente sigue siendo los efectos adversos sistémicos provocados principalmente por la respuesta inflamatoria sistémica que puede manifestarse como hemorragia, arritmias, tromboembolismo microvascular y disfunción endotelial<sup>8</sup>. Además, factores contribuyentes, como el traumatismo quirúrgico, el trastorno de la coagulación, la transfusión, la hipotermia y, en su mayoría, la hipoperfusión, contribuyen al daño multiorgánico. A pesar de los avances en la técnica quirúrgica, la tecnología de la CEC, el manejo de la anestesia y la atención al paciente, todavía existe una morbilidad significativa y una posterior mortalidad por cirugía cardíaca.

En la GDP, tomamos los términos convencionales de perfusión óptima y agregamos conceptos de respiración celular: el índice de suministro o aporte de oxígeno ( $DO_2i$ ), el índice de consumo de oxígeno ( $VO_2i$ ), el índice de producción de dióxido de carbono ( $VCO_2i$ ) y la tasa de extracción de  $O_2$  ( $ER O_2$  o  $VO_2/DO_2$ ) con el objetivo de alcanzar una perfusión más fisiológica<sup>9</sup>. (Tabla 1).

El objetivo del presente artículo de revisión bibliográfica es sintetizar la evidencia existente sobre la GDP en cirugía cardíaca con CEC.

## MATERIAL Y MÉTODO

La búsqueda de la evidencia existente se realizó en las bases de datos de MEDLINE, mediante el motor de búsqueda de PubMed. El término de búsqueda inicial fue «goal directed perfusión» obteniendo 238 referencias. Con el objetivo de acotar la búsqueda se usaron términos MeSH como «cardiac surgery» y «cardiopulmonary bypass». Se combinó «goal directed perfusión» con «cardiac surgery» mediante el operador booleano AND y se obtuvieron 49 referencias y al combinarlo con «cardiopulmonary bypass» 21 referencias. La combinación del término inicial de búsqueda con ambos términos MeSH unidos por AND, da como resultado 18 referencias. De estas 18 se descartan 6 por no tener relación con el tema de estudio y se añaden 11 citas bibliográficas de los artículos finalmente seleccionados. Se realizó una lectura resumen de 70 referencias y una lectura de texto completo de 23 artículos sobre los que se basa la actual revisión bibliográfica de la GDP (Figura 2).



### CRITERIOS DE INCLUSIÓN

No hubo limitación referente al tiempo de publicación y se limitó a publicaciones en inglés.

No se ha acotado el tipo de artículo ni estudio, ya que si tenía relación con el tema a tratar se consideró importante incluir revisiones bibliográficas, estudios de cohorte, comparativos y estudios observacionales, así como los artículos relacionados con la cirugía cardíaca infantil.

### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Los artículos publicados en idiomas que no fuese el inglés se excluyeron de la revisión.

### RESULTADOS

Murphy et al. en 2009 realizaron una revisión sistemática en el intento de resumir la mejor evidencia disponible para marcar las pautas a seguir en la CEC de adultos y lograr una perfusión «óptima»<sup>10</sup>. Aunque existe controversia sobre las variables fisiológicas y los valores durante la CEC, se han aceptado como parámetros y valores a medir, así como las características de la CEC, las mostradas en la tabla 2.

En un estudio prospectivo, observacional de 128 pacientes, Bee Bee Y. Hu et al.<sup>11</sup>, en 2012, evaluaron la asociación entre la saturación venosa central de oxígeno (SvcO<sub>2</sub>) postoperatoria y el lactato arterial con el resultado tras la cirugía cardíaca. Las mediciones se realizaron al ingreso en la unidad de cuidados intensivos (UCI), a las 8 y 24 horas siguientes. Definieron como hipoxia tisular moderada (GTH) a una SvcO<sub>2</sub> < 70% y un lactato en sangre  $\geq 2$  a < 4 mmol/L y la grave como SvcO<sub>2</sub> < 70% y lactato > 4 mmol/L. La hipoperfusión oculta se definió como GTH moderada a grave con presión arterial media  $\geq 65$  mmHg, presión venosa central  $\geq 8$  mmHg y producción de orina  $\geq 0.5$  m/kg/h. El 32% de los pacientes presentaron hipoperfusión oculta al ingreso en UCI y esto se correlacionó con mayor estancia en UCI, tendencia a una mayor duración de ventilación mecánica y mayor número de complicaciones por pacientes. Concluyeron que, a pesar de guiar la perfusión con parámetros «óptimos», la incidencia de GTH es elevada después de la cirugía cardíaca y que la SvcO<sub>2</sub> y el lactato postoperatorio pueden ser medidas importantes para identificar a pacientes con hipoperfusión oculta y, posteriormente, guiar la optimización hemodinámica para mejorar los resultados postoperatorios tras cirugía cardíaca.

Los conceptos de GDP se basan principalmente en dos publicaciones que han sido importantes catalizadores de su creciente interés. Una de ellas de Marco Ranucci<sup>6</sup> en 2005, donde se analizan 1048 pacientes sometidos a cirugía coro-

naaria en un estudio prospectivo observacional. Investigan la relación entre el suministro de oxígeno más bajo, el hematocrito más bajo y el flujo de bomba en CEC. Los resultados arrojan que el mejor predictor de la lesión renal aguda (LRA) y los niveles de creatinina sérica máxima postoperatoria es el menor DO<sub>2</sub>, con un valor crítico de 272 ml/min/m<sup>2</sup> y un hematocrito < 26%. Concluye que un alto grado de hemodilución durante la CEC es un factor de riesgo para la disfunción renal aguda postoperatoria, pero sus efectos perjudiciales pueden reducirse aumentando el suministro de oxígeno con un flujo de bomba adecuadamente aumentado.

La otra publicación es de Philip de Somer<sup>5</sup> en 2011, donde realizan un análisis retrospectivo de datos recogidos prospectivamente en dos instituciones diferentes que incluyen a 359 pacientes. Analizan la asociación entre los parámetros metabólicos de suministro de oxígeno (DO<sub>2</sub>) y la producción de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>) durante la CEC con la LRA. La conclusión a la que llegan es que un nivel nadir de DO<sub>2</sub> < 262 ml/min/m<sup>2</sup> y una relación de DO<sub>2</sub>/VCO<sub>2</sub> < 5,3 se asociaron independientemente a LRA y que el predictor más preciso de LRA postoperatoria fue el nivel nadir de DO<sub>2</sub>.

Hay otras publicaciones que han aportado y sumado al desarrollo de la GDP como la realizada por Ranucci<sup>12,13,14</sup> en 2006, 2011 y 2015.

En 2006 realizó un estudio observacional prospectivo de 54 pacientes. El objetivo de este estudio es explorar una serie de parámetros derivados del oxígeno y dióxido de carbono para detectar su asociación con hiperlactatemia durante la CEC. Como conclusión se determina que los predictores de hiperlactatemia en CEC son una VCO<sub>2</sub> > 60 ml/min/m<sup>2</sup> y una relación DO<sub>2</sub>i/VCO<sub>2</sub>i < 5. Ranucci también ilustra la importancia del cociente respiratorio o la relación VCO<sub>2</sub>i/VO<sub>2</sub>i. En fisiología normal, un cociente respiratorio de 0.8–1 es normal. A medida que aumentamos este cociente respiratorio y vamos por encima de 1, encontramos un aumento correspondiente en la producción de lactato. El cociente respiratorio también puede darnos una idea de la perfusión microcapilar. En un estado anaeróbico, aún continuamos produciendo CO<sub>2</sub>, pero nuestra utilización de oxígeno es cero. El aumento del metabolismo anaeróbico produce un cociente respiratorio más alto o una relación VCO<sub>2</sub>i/VO<sub>2</sub>i > 1. Esta es una herramienta importante en GDP para ayudarnos a gestionar la distribución del flujo sanguíneo y reclutar perfusión microcapilar.

En 2011 con un estudio retrospectivo (serie pequeña de 36 pacientes) sostiene que las variables derivadas del oxígeno, saturación venosa de O<sub>2</sub> (SvO<sub>2</sub>) y la tasa de extracción de oxígeno (ERO<sub>2</sub>), son mejores predictores que el valor de la hemoglobina a la hora de decidir la transfusión de glóbulos rojos durante la CEC.

La mayoría de los estudios publicados sobre GDP están relacionados con la lesión renal aguda y en 2015 Ranucci realiza un estudio de cohortes retrospectivo de 16.790 pa-

cientes, de un solo centro, durante el periodo del año 2000-2013. El objetivo es relacionar la hemodilución durante la CEC y la LRA en cirugía cardíaca en el contexto de diferentes intervenciones. Durante el periodo de estudio se introdujeron, de forma progresiva, un conjunto de medidas con el objetivo de disminuir la incidencia de LRA producida por la cirugía cardíaca. Se vio que por cada disminución de 1% de hematocrito por debajo del 26%, la tasa de LRA aumentaba un 7% y que por debajo del 24% se comprometía el aporte de oxígeno al riñón. El flujo de la bomba debe adaptarse al valor del hematocrito para mantener el suministro de O<sub>2</sub> por encima del valor crítico (260-272 ml/min/m<sup>2</sup>).

Magruder et al.<sup>15</sup>, en 2015, en un estudio retrospectivo de 2.958 pacientes de los que se compararon dos grupos de 85, relaciona el nadir de DO<sub>2</sub> y la duración de la hipotensión con la LRA. Estableció que un DO<sub>2</sub> < 225 ml/min/m<sup>2</sup> en CEC y más de 15 min. de PAM < 60 mmHg en el postoperatorio inmediato, eran variables independientes de LRA y además producían un aumento de estancia en UCI, estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días con significación estadística.

En 2017, de nuevo Magruder<sup>16</sup>, compara dos grupos de 88 pacientes, un grupo control (periodo 2010-2015) y un grupo donde se aplicó GDP (2015). Aplicaron unas pautas de GDP para reducir la LRA tras la cirugía cardíaca (Tabla 3). Durante la CEC se propusieron alcanzar un DO<sub>2</sub> > 300 ml/min/m<sup>2</sup> y reducir el uso de vasopresores. Los objetivos del estudio fueron la incidencia de la LRA y el aumento de la creatinina sérica en las primeras 72 horas tras la cirugía. Los resultados mostraron una incidencia de LRA en el grupo control del 23,9% vs. GDP del 9,1% y un aumento de creatinina del 27% vs 10 % respectivamente, ambos parámetros estadísticamente significativos.

El estudio GIFT (Goald Directed Perfusión Trial), dirigido por Ranucci et al.<sup>17</sup> en 2018, es un estudio prospectivo, controlado, aleatorio y multicéntrico en el que participan 9 instituciones de Europa, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. El objetivo primario del estudio fue la tasa postoperatoria de LRA, basada en la clasificación AKIN (Tabla 4). Concluyen que el uso de GDP para mantener un DO<sub>2</sub> > 280 ml/min/m<sup>2</sup> durante la CEC disminuye el riesgo de LRA en grado 1 tras la cirugía cardíaca. El flujo de bomba debe ser en función del hematocrito para mantener un DO<sub>2</sub> > 280 ml/min/m<sup>2</sup> y no por superficie corporal y temperatura. Hay que señalar, que este estudio se detuvo prematuramente después de 26 meses, de acuerdo con las reglas de interrupción del estudio, debido a que el objetivo primario de eficacia en el análisis intermedio (50 % de los datos) se había cumplido.

Es importante resaltar el estudio de Ranucci et al.<sup>18</sup> en 2016 sobre la producción de CO<sub>2</sub> durante la CEC, fisiopatología, medida y relevancia clínica. En el se describen los aspectos técnicos de la medición del CO<sub>2</sub> con tecnología de espectrografía por infrarrojos, el uso de los distintos capnó-

grafos en línea (de corriente principal y de corriente lateral) con sus ventajas e inconvenientes, la afectación del vapor de agua en su medición y la interferencia que supone el uso de CO<sub>2</sub> en el campo quirúrgico.

Los mecanismos oxidativos son responsables de la producción aeróbica de CO<sub>2</sub>. La producción de energía anaeróbica da como resultado un exceso de protones que se amortiguan con H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, lo que lleva a una producción anaeróbica de CO<sub>2</sub>. (Figura 3).

La medición del VCO<sub>2</sub> puede ofrecer información importante sobre la idoneidad de la perfusión en términos de DO<sub>2</sub>. En condiciones de inadecuado DO<sub>2</sub>, existe un exceso de producción de CO<sub>2</sub> como resultado del tamponamiento con ácido láctico. Por lo tanto, el VCO<sub>2</sub> se puede considerar como un marcador indirecto del aumento de lactato.

Como muestran los artículos de Angona y Medikonda<sup>19,20</sup>, el desarrollo de la nueva tecnología de supervisión de la CEC, la mayor disponibilidad de datos en tiempo real y el objetivo de describir las mejores prácticas para la perfusión, han aumentado el interés de la GDP en cirugía pediátrica. Medikonda et al. identifican aspectos de la práctica del CPB pediátrico que brindan oportunidades para aplicar la GDP. Además, proporcionan una revisión de la literatura relacionada con técnicas como la ultrafiltración, la cardioplejía y la transfusión de hemoderivados.

La importancia del concepto de GDP en el campo de la perfusión fue demostrada recientemente por la Sociedad Americana de Tecnología Extracorpórea (AmSECT), presentando un «simposio» de en su Conferencia Internacional 2016 en Colorado Springs, Colorado, cuyos procedimientos fueron publicados en el *Journal of Extracorporeal Technology*.

## DISCUSIÓN

Desde que Philip de Somer describiera por primera vez la GDP en 2011, el interés por este modelo de perfusión, basado en la monitorización en línea de nuevos parámetros, va en aumento.

El DO<sub>2</sub> es un parámetro clave y de los más estudiados. Se ha intentado determinar cuál es su valor crítico y en los diferentes artículos revisados, encontramos valores como los de Ranucci<sup>6</sup> (DO<sub>2</sub> > 272 ml/min/m<sup>2</sup>), los de Somer<sup>5</sup> (DO<sub>2</sub> > 262 ml/min/m<sup>2</sup>), Magruder<sup>16</sup> (DO<sub>2</sub> > 300 ml/min/m<sup>2</sup>) o de nuevo Ranucci<sup>17</sup> en su estudio multicéntrico GIFT (DO<sub>2</sub> > 280 ml/min/m<sup>2</sup>). En definitiva, como expresa Ranucci<sup>12</sup>, se trata de mantener un DO<sub>2</sub> por encima del valor crítico a partir del cual, el consumo se hace dependiente del aporte (Figura 4) y la extracción de O<sub>2</sub> no compensa el descenso de DO<sub>2</sub>. Este punto marca el inicio del metabolismo anaeróbico (glucólisis y producción de ATP por conversión de piruvato en lactato) y conduce a un aumento de lactato en san-

gre y un aumento de producción de protones y acidosis tisular. En un intento de tamponar los protones por iones de bicarbonato resulta, a su vez, en una producción anaeróbica de  $\text{CO}_2$ . Junto con el  $\text{DO}_2$ , minimizar la hemodilución y mantener valores de hematocritos  $> 26\%$ , son consideradas variables independientes para disminuir la incidencia de LRA.

La mayoría de los estudios relacionan el valor de  $\text{DO}_2$  con la LRA y el aumento en los niveles de creatinina sérica, aunque todos sabemos que en la LRA influyen otros factores de forma directa (edad, duración de la CEC, diabetes, transfusiones, etc.). La tasa de mortalidad temprana en pacientes con LRA es de aproximadamente el 5%, pero sube al 50% cuando se requiere terapia de reemplazo renal.

Parece que parámetros derivados de oxígeno, como la  $\text{SvO}_2$ , son pobres en la predicción del aumento de lactato durante la CEC como demostró Bee Bee<sup>11</sup> al detectar hasta un 32% de hipoperfusión oculta a la llegada a la UCI con  $\text{SvO}_2 < 70\%$  y lactatos  $> 2-4$  mmol/L a pesar de guiar la perfusión con parámetros «óptimos» (Tabla 2). De la misma forma, Magruder<sup>15</sup> demostró que la LRA tras cirugía cardíaca, se asocia con niveles nadir de  $\text{DO}_2$  en CEC, pero no con el valor correspondiente de  $\text{SvO}_2$ .

Ranucci<sup>12</sup> estudia la importancia de los parámetros derivados del  $\text{CO}_2$  y establece que una  $\text{VCO}_2 > 60$  ml/min/m<sup>2</sup> y una  $\text{DO}_2\text{i}/\text{VCO}_2\text{i} < 5$  son predictores de hiperlactatemia durante la CEC. También Ranucci<sup>18</sup> pone en valor la medición y monitorización del  $\text{CO}_2$ . La producción de  $\text{CO}_2$  durante la CPB se deriva tanto del metabolismo aeróbico  $\text{CO}_2$  como del almacenamiento de ácido láctico producido por los tejidos en condiciones anaeróbicas. Por lo tanto, la monitorización de la eliminación de  $\text{CO}_2$ , tanto expresada en porcentaje ( $\text{FeCO}_2$ ) como presiones parciales en mmHg ( $\text{ePCO}_2$ ) es una medida de importancia de la adecuación de la perfusión y del aporte de oxígeno. Los parámetros derivados del  $\text{CO}_2$  son más rápidos y más sensibles que los derivados del  $\text{O}_2$  en la detección del metabolismo anaeróbico.

La espectrografía infrarroja (IR) es la técnica más usada actualmente para monitorizar el  $\text{CO}_2$ . Hay que tener en cuenta a la hora de medir el  $\text{CO}_2$  que puede verse afectado por el vapor de agua ya que también absorbe la luz IR. Otro factor a tener en cuenta en el momento de la medición, es la utilización en el campo quirúrgico del  $\text{CO}_2$  con el objetivo de minimizar la posible entrada de aire en cavidades izquierdas.

Otro cambio de importancia en la GDP es el estudiado por Ranucci<sup>13</sup> en el que la transfusión de glóbulos rojos pasa de basarse en el valor de la hemoglobina a sustentarse en la  $\text{SvO}_2$  y la  $\text{ER O}_2$ .

Son muchas las posibles aplicaciones de los parámetros derivados tanto del  $\text{O}_2$  como del  $\text{CO}_2$ , y el concepto en expansión de GDP, probablemente, aumentará el interés de clínicos e investigadores en estas mediciones para su uso en la consecución de una perfusión más fisiológica.

## CONCLUSIONES

A pesar de los avances en la tecnología de la CEC, la técnica quirúrgica, así como el manejo anestésico y la atención del paciente, todavía hay una morbilidad significativa y una mortalidad posterior.

La producción de artículos referentes a GDP ha ido aumentando en los últimos años, y esto ha contribuido a que aumente el interés por medir los nuevos parámetros de perfusión, para tratar de establecer los valores adecuados y las pautas a seguir durante la CEC.

La demanda actual de mejorar aún más los resultados del paciente exige la mejora de la perfusión «óptima», considerada como el estándar de oro, hacia una perfusión dirigida a objetivos. Muchos centros están incorporando la monitorización en línea de los nuevos parámetros de perfusión con el fin de personalizar la perfusión al paciente y a sus necesidades metabólicas durante la CEC.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

1. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, Waxman K, Lee TS. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high-risk surgical patients. *Chest*. 1988 Dec;94(6):1176-86.
2. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B, et al; Directed Therapy Collaborative Group. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med*. 2001 Nov 8;345(19):1368-77.
3. Galletti PM, Brecher GA. *Heart Lung Bypass: Principles and techniques of extracorporeal circulation*. New York: Grune & Stratton; 1962.
4. Baker RA, Bronson SL, Dickinson TA, Fitzgerald DC, Likosky DS, Mellas NB, et al; International Consortium for Evidence-Based Perfusion for the American Society of ExtraCorporeal Technology. *J Extra Corpor Technol*. 2013 Sep;45(3):156-66.
5. De Somer F, Mulholland JW, Bryan MR, Aloisio T, Van Nooten GJ, Ranucci M.  $\text{O}_2$  delivery and  $\text{CO}_2$  production during cardiopulmonary bypass as determinants of acute kidney injury: time for a goal-directed perfusion management?. *Crit Care*. 2011 Aug 10;15(4):R192. doi: 10.1186/cc10349.
6. Ranucci M, Romitti F, Isgrò G, Cotza M, Brozzi S, Boncilli A, et al. Oxygen delivery during cardiopulmonary bypass and acute renal failure after coronary operations. *Ann Thorac Surg*. 2005 Dec;80(6):2213-20.

7. Dijoy L, Dean JS, Bistrick C, Sistino JJ. The History of Goal-Directed Therapy and Relevance to Cardiopulmonary Bypass. *J Extra Corpor Technol.* 2015 Jun;47(2):90-4.
8. Butler J, Rocker GM, Westaby S. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 1993 Feb;55(2):552-9.
9. Justison G. Is Timing Everything?. *J Extra Corpor Technol.* 2017 Jun;49(2): 13-18.
10. Murphy GS, Hessel EA 2nd, Groom RC. Optimal perfusion during cardiopulmonary bypass: an evidence-based approach. *Anesth Analg.* 2009 May;108(5):1394-417.
11. Hu BY, Laine GA, Wang S, Solis RT. Combined central venous oxygen saturation and lactate as markers of occult hypoperfusion and outcome following cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012 Feb;26(1):52-7.
12. Ranucci M, Isgrò G, Romitti F, Mele S, Biagioli B, Giomarelli P. Anaerobic metabolism during cardiopulmonary bypass: predictive value of carbon dioxide derived parameters. *Ann Thorac Surg.* 2006 Jun;81(6):2189-95.
13. Ranucci M, Castelvechchio S, Ditta A, Brozzi S, Boncilli A, Baryshnikova E; Surgical and Clinical Outcome Research (SCORE) group. Transfusions during cardiopulmonary bypass: better when triggered by venous oxygen saturation and oxygen extraction rate. *Perfusion.* 2011 Jul;26(4):327-33.
14. Ranucci M, Aloisio T, Carboni G, Ballotta A, Pistuddi V, Menicanti L, et al; Surgical and Clinical Outcome REsearch (SCORE) Group. Acute Kidney Injury and Hemodilution During Cardiopulmonary Bypass: A Changing Scenario. *Ann Thorac Surg.* 2015 Jul;100(1):95-100.
15. 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.* 2015 Nov;100(5):1697-703.
16. Magruder JT, Crawford TC, Harness HL, Grimm JC, Suarez-Pierre A, Wierschke C, et al. A pilot goal-directed perfusion initiative is associated with less acute kidney injury after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017 Jan;153(1):118-125.
17. Ranucci M, Johnson I, Willcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018 Nov;156(5):1918-1927
18. Ranucci M, Carboni G, Cotza M1, de Somer F. Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance. *Perfusion.* 2017 Jan;32(1):4-12
19. Angona R. Goal-directed Cardiopulmonary Bypass Management in Pediatric Cardiac Surgery. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2018 Sep;9(5):573-574
20. Medikonda R, Ong CS, Wadia R, Goswami D, Schwartz J, Wolff L, et al. A Review of Goal-Directed Cardiopulmonary Bypass Management in Pediatric Cardiac Surgery. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2018 Sep;9(5):565-572

Figura 1. Modelo conceptual GDP



Figura 2. Diagrama de análisis de bibliografía y selección de artículos

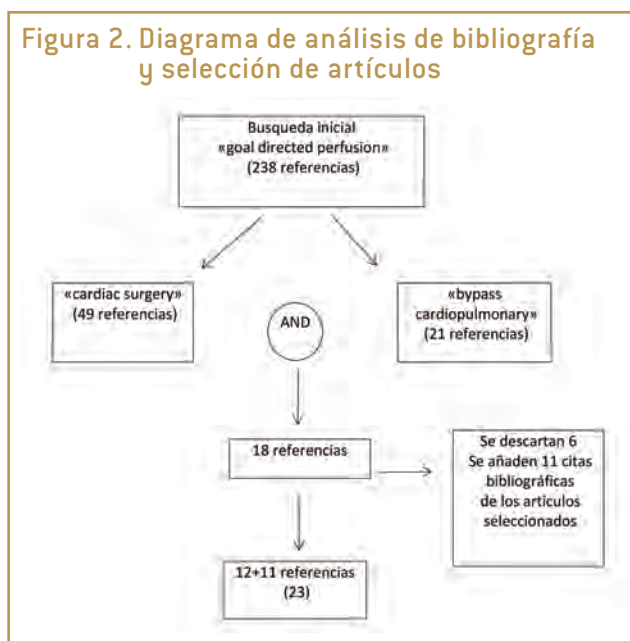


Figura 3. Producción de CO<sub>2</sub>

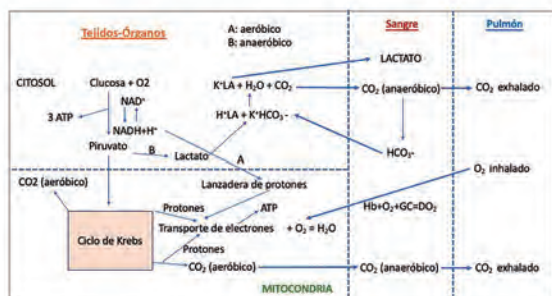


Figura 4. DO<sub>2</sub> crítico

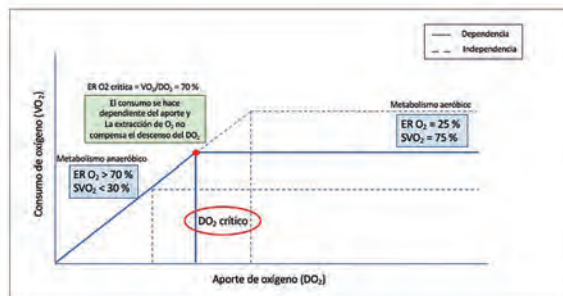


Tabla 1. Comparación de parámetros convencionales de perfusión y GDP

Parámetros convencionales	Parámetros de GDP
SvO <sub>2</sub> ≥ 60-70%	Índice de suministro de oxígeno (DO <sub>2</sub> i; > 260-272 ml/min/m <sup>2</sup> )
PvO <sub>2</sub> ≥ 40 mm Hg	Índice de consumo de oxígeno (VO <sub>2</sub> ; < 60 ml/min/m <sup>2</sup> )
pH = 7.35-7.45	Índice de producción de dióxido de carbono (VCO <sub>2</sub> i; < 60 ml/min/m <sup>2</sup> )
pCO <sub>2</sub> = 32-42 mm Hg	DO <sub>2</sub> i / VCO <sub>2</sub> i (> 5)
Índice cardíaco = 2.2-2.6 l / min / m <sup>2</sup>	VO <sub>2</sub> i / DO <sub>2</sub> i (ER O <sub>2</sub> ; < 0,25)
Lactato < 2.0 mmol / l	VCO <sub>2</sub> i / VO <sub>2</sub> i (cociente respiratorio; < 1)

Tabla 2. Parámetros y características estándar de perfusión

IC 2,2-2,5 l/min/m <sup>2</sup> en normotermia
PAM 60-70 mmHg
Hto. > 23 % o Hb > 7,5 gr/dl
SvO <sub>2</sub> > 65 %
Valores de gasometría normales
Circuitos biocompatibles, minimizar hemodilución, ecografía transesofágica (ETE)

Tabla 3. Medidas implementadas

Minimizar volumen del circuito	Acortar el circuito. Línea de 3/8"
Evitar el «estrés renal»	No usar manitol en cebado
Evitar la hipovolemia	Evitar el uso de RAP si disminuye un 10% la PAM o valores iniciales de NIRS
Asegurar O <sub>2</sub> a los tejidos	DO <sub>2</sub> > 300 ml/min/m <sup>2</sup> . Valores iniciales de NIRS como objetivo
Reducción de citoquinas y factores de coagulación	Uso de hemoconcentrador y balance cero de ultrafiltración (BZUF)
Lactato < 2.0 mmol / l	VCO <sub>2</sub> i / VO <sub>2</sub> i (cociente respiratorio; < 1)

Tabla 4. Acute Kidney Injury Network (AKIN)

Estadio	Filtrado glomerular	Diuresis
I	Incremento de la Cr sérica < 0.3 mg/dl o aumento de la Cr 1.5 a 2 el valor basal	< 0.5 mL/kg/h > 6 horas
II	Aumento de la Cr de 2 a 3 el valor basal	< 0.5 mL/kg/h > 12 horas
III	Aumento de la Cr por 3 o Cr > 4mg/dL con aumento agudo de 0.5 mg/dL o requerimiento de TRR	< 0.3 mL/kg/h por 24 h. o anuria por 12 h.

**SISTEMA CARDIOHELP  
DISEÑADO PARA SALVAR VIDAS**

CARDIOVASCULAR



**MAQUET presenta CARDIOHELP, el sistema de asistencia cardiopulmonar más pequeño del mundo:** CARDIOHELP ha sido diseñado para asistir y transportar pacientes que requieren asistencia cardíaca y/o respiratoria, como es el caso de pacientes con shock cardiogénico o ARDS.

Con su amplia gama de aplicaciones terapéuticas, CARDIOHELP es una valiosa ayuda para quirófanos, unidades de cuidados intensivos, salas de hemodinámica, salas de emergencia.

MAQUET – The Gold Standard.



Quadrox-i Neonatal y Pediátrico



Quadrox-i Adult



Quadrox-iD

MAQUET Spain S.L.U  
P.E. Rivas Futura ,c/Marie  
Curie 5, Edif. Alfa,  
28521, Rivas Vaciamadrid  
Teléfono: +34 (0) 91 678 16 52  
Fax: +34 (0) 91 678 16 53  
spain@maquet.com  
www.maquet.com

# Monitorización neurológica como sistema de seguridad en pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea

## RESUMEN / ABSTRACT

**Objetivo:** valorar la adecuada perfusión cerebral en todos los pacientes intervenidos de Cirugía Cardiaca con Circulación Extracorpórea.

**Material y métodos:** se realizó un estudio observacional, analítico, prospectivo y multicéntrico. Se incluyó a todos los pacientes programados para cirugía cardiaca con circulación extracorpórea, adultos, con ingreso hospitalario como mínimo el día antes de la intervención, con test de Pfeiffer negativo, sin problemas de comunicación, y con el consentimiento informado. Se usó la monitorización cerebral con Masimo ROOT 03® con medición de encefalograma (4 canales), oximetría cerebral y profundidad anestésica. Como instrumento de valoración cognitiva usamos el test de Pfeiffer de forma pre y postquirúrgica.

**Resultados:** Se incluyeron 19 pacientes con una edad media de  $64,8 \pm 11,5$  años. El Test de Pfeiffer postoperatorio no presentó deterioro cognitivo en un 78,9% de los casos. Mientras que del 21,1% restante existió un deterioro cognitivo leve (1 paciente tuvo daño isquémico). En este grupo todos fueron pacientes valvulares, mayores de 65 años y presentaron glucemias máximas superiores a 180 mg/dl. En el 75% de los pacientes con deterioro cognitivo, la  $SrO_2$  basal fue inferior al 57%, hubo hipotensión mantenida en algún momento de la cirugía y tuvo un descenso de más del 20% de su  $SrO_2$  basal.

**Conclusiones:** La monitorización cerebral continua (electroencefalograma, saturación cerebral de oxígeno, profundidad anestésica, tasa de supresión) durante la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea es una medida de seguridad fiable, válida y necesaria para mejorar la calidad de la perfusión y el cuidado del paciente quirúrgico.

**Palabras clave:** monitorización cerebral; circulación extracorpórea; perfusión cerebral; electroencefalograma.

### Neurological monitoring as a safety system in patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass

**Objective:** to evaluate the adequate cerebral perfusion in patients who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass.

**Methods:** an observational, analytical, prospective and multicentric study was conducted. All adults patients scheduled for cardiac surgery with cardiopulmonary bypass were included, with hospital admission at least the day before the intervention, with a negative Pfeiffer test, without communication problems, and with informed consent. Cerebral monitoring with Masimo ROOT 03® was used with encephalogram measurement (4 channels), cerebral oximetry and anesthetic depth. As a pre and postoperative cognitive assessment instrument we used the Pfeiffer test.

**Results:** 19 patients with a mean age of  $64.8 \pm 11.5$  years were included. The postoperative Pfeiffer test showed no cognitive impairment in 78.9% of the cases. While the remaining 21.1% had mild cognitive impairment (1 patient had ischemic damage). In this group, all were valvular patients, older than 65 years of age, and had maximum glycemia greater than 180 mg/dL. In 75% of the patients with cognitive impairment, the baseline  $SrO_2$  was less than 57%, there was sustained hypotension at sometime during surgery and it had a decrease of more than 20% of its basal  $SrO_2$ .

**Conclusions:** Continuous brain monitoring (electroencephalogram, cerebral oxygen saturation, anesthetic depth, suppression rate) during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass is a reliable, valid and necessary safety measure to improve the quality of perfusion and surgical patient care.

**Keywords:** brain monitoring, cardiopulmonary bypass, cerebral perfusion, electroencephalography.



María Castilla de la Serna

DUE perfusionista  
Servicio de cirugía cardiaca  
Hospital Universitario Puerta de Hierro  
Majadahonda, Madrid



Leticia Reques González

DUE perfusionista  
Servicio de cirugía cardiaca  
Hospital Universitario Puerta de Hierro  
Majadahonda, Madrid



Lourdes Moreno del Toro

DUE perfusionista  
Hospital Universitario Ramón y Cajal  
Madrid

Lourdes Moreno del Toro  
Servicio de Cirugía cardiaca. Quirófano primera izquierda  
Hospital Ramón y Cajal  
Carretera de Colmenar viejo, km 9100  
28034. Madrid, España  
e-mail: lmorenot@salud.madrid.org

Recibido: agosto de 2018  
Aceptado: octubre de 2018

## INTRODUCCIÓN

En 1953 se realizó la primera cirugía cardíaca con circulación extracorpórea<sup>1</sup> (CEC) y ya en 1970 Jörbis introdujo la oximetría cerebral.<sup>2</sup>

La CEC es capaz de producir efectos indeseables sobre los distintos sistemas y órganos, entre ellos los neurológicos. Éstos figuran entre las primeras causas de morbilidad y mortalidad de estos pacientes.<sup>3</sup>

Los avances que se han experimentado en la última década en cirugía cardíaca con CEC, tanto en técnica como en tecnología, han ayudado a un descenso importante en la morbimortalidad por este tipo de cirugías. Aún así, sigue siendo elevado el número de pacientes que tienen complicaciones neurológicas.<sup>4</sup>

La incidencia en las disfunciones neuropsicológicas tras cirugía cardíaca está entre el 20-70% de los pacientes, siendo un 2-5% de los pacientes los que tienen lesiones graves.<sup>4</sup> Hay que tener en cuenta que las lesiones asociadas a cirugía cardíaca se dividen en dos grupos:<sup>4</sup> lesiones Tipo I o lesiones neurológicas graves (muerte cerebral, ACVA y/o encefalopatía) y lesiones Tipo II o lesiones neurológicas leves (alteraciones neurológicas).

Entre el 60-80% de las lesiones tienen su origen en el periodo intraoperatorio, pudiendo alargar estancias en Cuidados Intensivos y hospitalización de 2 a 4 veces más. También aumenta la mortalidad de 5 a 10 veces<sup>4</sup>. La embolización por placas de ateroma o restos de calcio durante la manipulación quirúrgica, junto a las embolias secundarias a arritmias cardíacas postoperatorias, son las causas más frecuentes de ictus postoperatorio<sup>5</sup>.

En cambio, las disfunciones neuropsicológicas están atribuidas a baja perfusión o micro-embolias aéreas durante la CEC. Son alteraciones transitorias, aunque hasta un 35% de los pacientes la padecen al cabo de un año post cirugía.<sup>5</sup>

Las crisis convulsivas son otro signo de isquemia cerebral en el 0,6% de los pacientes<sup>5</sup> por diversas causas. Las convulsiones suponen un gran aumento del metabolismo cerebral y es importante controlarlas.

Los factores de riesgo preoperatorios que predisponen a tener lesiones neurológicas para un paciente sometido a circulación extracorpórea son varios, siendo importante la edad, ya que los pacientes con más de 75 años presentan el doble de lesiones neurológicas que los pacientes de 65-74 años y nueve veces más que los pacientes de menos de 65 años.<sup>4</sup> También los pacientes diabéticos en tratamiento con insulina tienen más alteraciones neuropsicológicas por una baja perfusión en CEC.<sup>6</sup> Debemos tener en cuenta que la hipertensión arterial previa es un factor predictivo de disfunción neurológica postoperatoria.<sup>7</sup> Padecer enfermedad cerebrovascular previa aumenta también el riesgo. Estudios previos demuestran que pacientes con antecedentes de accidentes cerebrovasculares o isquemia cerebral transitoria tienen riesgo elevado de is-

quemia cerebral durante la CEC. Sin embargo la estenosis carotídea unilateral del 50-90% no aumenta el riesgo. Si la estenosis es superior al 90% sí lo aumenta significativamente el riesgo (aunque la estenosis sea asintomática).<sup>4</sup>

Como factores intraoperatorios que aumenten el riesgo de lesiones neurológicas tenemos que tener en cuenta el tipo de cirugía. En estudios previos se ha concluido que hay mayor número de complicaciones neurológicas en cirugías de reemplazo valvular que en las de revascularización coronaria.<sup>8</sup>

Una duración de la CEC mayor a 120 minutos está relacionada con la aparición de infartos cerebrales en el 49% de los casos.<sup>9</sup> También periodos de hipotensión arterial, hipotermia, la hemodilución y anemia, el manejo de gasometría (sistema alpha-stat/ph-stat), así como glicemias altas, junto a la liberación de agentes inflamatorios son factores que aumentan el riesgo.<sup>4,6,9,10,11,12</sup>

En el Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda se realizaron en el año 2015, 442 cirugías con CEC de las cuales 5% tuvieron alguna complicación neurológica y un 1% tuvieron lesión irreversible.

En el hospital Universitario Ramón y Cajal se realizaron en el 2015, 300 cirugías con CEC de las cuales 3% tuvieron alguna alteración neurológica y ninguna secuela irreversible.

En la actualidad existen distintos sistemas para monitorizar el flujo cerebral pero el más sencillo, cómodo, no invasivo y fiable es la oximetría cerebral transcraneal (NIRS). La monitorización de la SrO<sub>2</sub> transcraneal, sería uno de los métodos que nos podría ayudar a identificar y manejar de manera precoz posibles complicaciones durante la CEC. Simplemente una medición basal de la SrO<sub>2</sub> baja puede ser un predictor de una estancia hospitalaria mayor.<sup>2</sup> Es un sistema que además de ser no invasivo, es continuo, útil en ausencia de flujo pulsátil (provocado por la CEC), en hipotermia profunda, y que se correlaciona con medidas convencionales de metabolismo.<sup>13</sup> Es un sistema con una especificidad ya demostrada del 97% para detectar fenómenos de hipoxia cerebral de relevancia clínica.<sup>14,15</sup>

Tanto con la introducción de este tipo de monitorización (oximetría cerebral), junto con los avances en técnicas quirúrgicas, la práctica avanzada del perfusionista y los cuidados peri-operatorios, han conseguido descender la incidencia de complicaciones neurológicas.<sup>12</sup> La oximetría cerebral NIRS es un instrumento muy útil en el manejo anestésico-quirúrgico y de perfusión para una actuación precoz ante efectos adversos o para asegurar una buena eficacia de la estrategia de la protección cerebral durante la cirugía.<sup>16</sup> Sin embargo, con este tipo de monitorización exclusiva no se puede saber con exactitud la causa del descenso de O<sub>2</sub> ni los umbrales de hipoxia-isquemia que pueden provocar la lesión.<sup>16</sup>

Es posible que con la combinación de SrO<sub>2</sub> y electroencefalograma pudiéramos identificar estos límites, así pudiendo definir pautas de actuación ante episodios críticos.<sup>16</sup>



En la actualidad en nuestros centros, excepto en alguna cirugía de arco aórtico o disección aórtica que se usa el sistema de oximetría cerebral INVOS (Somanetics®), la única monitorización neurológica utilizada es el sistema BIS (Índice Biespectral).

La monitorización del índice biespectral (BIS), es un parámetro desarrollado a partir del análisis biespectral del electroencefalograma (EEF) que analiza el patrón de ondas cerebrales y lo convierte en un número. Es una interpretación estadística basada en un algoritmo matemático complejo de datos extraídos de individuos sanos sometidos a anestesia general, que calcula un valor que resulta de procesar una señal de EEF frontal. Otro dato que nos proporciona es la tasa de supresión (TS) al relacionar periodos con señal de EEG con trazados isoelectrónicos. Una TS alta junto a un BIS muy bajo puede ser una señal de isquemia cortical, pero no es muy sensible a los cambios o descensos de perfusión hasta pasado demasiado tiempo.<sup>16</sup>

La combinación de la monitorización de la oximetría cerebral transcraneal (INVOS) junto al BIS pueden detectar periodos críticos de desaturación cerebral y posible vulnerabilidad neurológica, pero aun presenta inconvenientes. No se sabe con exactitud los umbrales de hipoxia-isquemia en intensidad y tiempo que provocan la señal. Posiblemente el uso conjunto de SrO<sub>2</sub> y EEG podría ayudar a identificar estos límites.<sup>12</sup> Además podríamos saber si la hipoxia se produce por un bajo flujo cerebral o por alguna isquemia de origen embólico.

Gracias a los avances tecnológicos y la fiabilidad de la SrO<sub>2</sub> por NIRS,<sup>17</sup> tenemos disponible el monitor Masimo Root O<sub>3</sub>® (Masimo Corporation, Irvine, USA). Éste combina una serie de parámetros de manera no invasiva que nos podría ayudar a detectar problemas de manera más específica. Con este tipo de monitorización podremos medir SrO<sub>2</sub> bilateral, EEG bilateral (Mide 16 canales y muestra 4 canales en pantalla) y profundidad anestésica con sistema SedLine® bilateral. Muestra un sistema continuo actualizado cada segundo de estos parámetros. Así podremos identificar de manera más específica si las alteraciones de SrO<sub>2</sub> que está sufriendo el paciente son una causa mecánica por una mala perfusión o un accidente hipóxico isquémico de otra causa. Al disponer ahora de más parámetros podríamos identificar las causas como propias de la cirugía (CEC) o causadas por patología previa del paciente minimizando el riesgo de impacto de la cirugía cardiaca y facilitando la actuación precoz ante la posible aparición de complicaciones durante dicho proceso.

El objetivo principal del presente estudio sería valorar la adecuada perfusión cerebral en todos los pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con CEC y secundariamente identificar factores preoperatorios relacionados con riesgo de complicaciones cerebrales por hipoperfusión, establecer correlaciones entre factores preoperatorios e intraoperatorios

con inadecuada perfusión cerebral, valorar complicaciones postquirúrgicas inmediatas tras CEC y establecer correlaciones entre complicaciones y la inadecuada perfusión cerebral.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional analítico prospectivo multicéntrico en todos los pacientes adultos con ingreso en el hospital mínimo el día antes de la intervención, con Test de Pfeiffer negativo, sin problemas de comunicación y firma del consentimiento informado, intervenidos de Cirugía Cardíaca con Circulación Extracorpórea de forma programada en el Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda y en el Hospital Universitario Ramón y Cajal. Se excluyen aquellos pacientes con deterioro cognitivo previo, incluso si es diagnosticado en el test de valoración al ingreso, con patología cerebrovascular previa y alteraciones dermatológicas en la frente (zona de colocación de sensor de monitor).

Al ingreso, en la valoración de enfermería, la enfermera de hospitalización explicó al paciente en qué consistía el estudio, le facilitó la hoja de información y le solicitó su participación. Si el paciente estaba de acuerdo y firmó el Consentimiento Informado, se le realizó el test cognitivo de Pfeiffer. Este fue valorado por la enfermera perfusionista antes de la intervención para su inclusión en el estudio.

En el quirófano, aparte de la monitorización habitual, se colocó el sensor del Masimo ROOT O<sub>3</sub>® en la frente del paciente. Los datos reflejados en el monitor (profundidad anestésica con electroencefalograma 4 canales y oximetría cerebral) considerados por los investigadores claves para el estudio, se recogieron en los siguientes momentos: 1, basal; 2, inducción anestesia post IOT; 3, canulación arterial; 4, entrada en CEC; 5, pinzamiento de la aorta; 6, cada 25-30 minutos tras el paso de cardioplejia; 7, despinzamiento de la aorta; 8, salida de CEC; 9, cualquier alteración del monitor y momento en el que ocurre.

Una vez fuera de CEC se mantuvo la monitorización cerebral y sólo se realizó registro si hubo algún efecto adverso antes de la salida del paciente de quirófano. A la salida de quirófano se retiró la monitorización.

A las 48 horas del alta de la unidad de cuidados intensivos, se llevó a cabo la valoración neurológica post-cirugía, repitiendo el mismo test.

Se recogieron variables de perfil del paciente: edad, género, peso, talla, superficie corporal, antecedentes (HTA, Diabetes Mellitus, I. Renal), patología y tipo de cirugía, hematócrito basal, presión arterial media basal (PAM), SrO<sub>2</sub> basal, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> basales. También variables relacionadas con la situación intraoperatoria: temperatura en CEC, tiempo de CEC, tiempo de isquemia, Iones (sodio, potasio, cal-

cio, bicarbonato, ácido láctico, glucosa), pH,  $PvO_2$ ,  $PvCO_2$ ,  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ , diuresis, hematocrito, hemoglobina,  $SaO_2$  y  $SvO_2$ , flujo perfusión y datos del monitor: encefalograma (4 canales), oximetría cerebral y profundidad anestésica. Así como los síntomas de deterioro cognitivo en UCI: alteraciones del lenguaje, alteraciones emocionales o de percepción, alteraciones de memoria, alteraciones motoras

Se diseñó un Cuaderno de Recogida de Datos ad hoc, que engloba todas las variables durante todo el proceso quirúrgico del paciente desde el ingreso hasta el alta.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables iniciales para conocer las características generales de la población de estudio. Las variables cualitativas se presentan con su distribución de frecuencias. Las variables cuantitativas se resumen mediante media y desviación estándar. Se procede al análisis bivalente con pruebas paramétricas y no paramétricas. Para el análisis se utiliza el paquete estadístico SPSS versión 15.0 y Sphinx.

El estudio cuenta con la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica de ambos hospitales.

## LIMITACIONES

Dado que se trata de pilotar el monitor, que se utilizó por primera vez en estos pacientes y en estos hospitales, y que tanto el monitor como los sensores (uno por paciente) fueron cedidos por la casa comercial para este estudio, el tamaño muestral que se pudo alcanzar dependió del número de sensores cedidos por la casa comercial, ya que su coste hace que inicialmente la casa comercial únicamente se comprometió a facilitar entre 20-30 sensores. Por ésta razón la muestra es pequeña y no se pueden extrapolar los resultados.

## RESULTADOS

Se analizaron 20 pacientes de los cuales uno se descartó por tener ICTUS previo. En el grupo analizado existió un porcentaje mayor de hombres (68,4%) que de mujeres (31,6%), con una edad media de  $64,8 \pm 11,5$  años. La superficie corporal de los pacientes fue de  $1,80 \pm 0,20$  m<sup>2</sup>, destacando que un 36,8% de los pacientes estudiados tenían una superficie corporal  $1,90$  m<sup>2</sup> o superior.

El tipo de intervención realizada fue un 47,3% cirugía valvular, un 26,3% combinación de cirugía de reparación valvular con otro procedimiento (revascularización coronaria, miectomía), un 10,5% revascularización coronaria, un 10,5% sustitución de aorta y un 5,2% cierre de comunicación interauricular.

La temperatura media de cirugía estuvo en  $32,0 \pm 3,6$ °C, el 84,2% de los pacientes han sido operados en temperatura

superior o igual a 30°C, por encima de 27°C un 94,7% y el 5,3% restante correspondió a un paciente al que se le realizó parada circulatoria a 20°C.

En cuanto a los antecedentes de los pacientes la presencia de HTA fue del 52,6%, y la de DM de un 15,8%.

El tiempo medio de CEC fue de  $96 \pm 34$  minutos. El 52,6% estuvo en el intervalo 90-119 minutos y sólo un 10% superó los 120 minutos. El tiempo medio de isquemia ha sido de  $72 \pm 25$  minutos. El 63,2 % de los pacientes estuvo en el intervalo comprendido entre 60-99 minutos, al igual que ocurre con el tiempo de CEC sólo un 10% superó los 100 minutos de isquemia.

La media de PAM ha sido de  $60,3 \pm 9,9$  mmHg, el 84% de los pacientes se han mantenido en el rango de 50-70 mmHg y sólo un 10% por debajo de 50 mmHg. El 52,6% de los pacientes han tenido algún episodio de hipotensión durante la cirugía, considerando hipotensión PAM inferior a 50 mmHg y un 5,3% ha tenido un flujo inferior al que le correspondía al momento de la cirugía. En un 10,6% de los pacientes se tuvo que subir el flujo de sangre por encima del que le correspondía para mejorar  $SrO_2$ .

El hematocrito durante CEC ha sido de  $26,5 \pm 3,7$  %. Un 25% de pacientes han estado por debajo de este valor, de los cuales un 10% por debajo de 22% y un 63,2% por encima de este valor.

La  $PCO_2$  arterial, con una media de  $33 \pm 4$  mmHg, en el 52,7% de los pacientes ha sido superior a 33 mmHg y un 84,3% por encima de 30 mmHg y un 15,7% estuvo con valores inferiores a 30 mmHg.

La media de valores de glucemia fueron  $230 \pm 51$  mg/dl, en algún momento de la CEC han sido superiores a 180 en el 89,4% de los casos.

Se pudo valorar la perfusión cerebral durante la CEC siendo las saturaciones basales cerebrales del lado derecho de  $62,1 \pm 7,9$ , en el 63,2 % de los casos estuvieron en el intervalo entre 55-69, en el 15,8% fue superior a 70 y en el 21,1% de los casos inferior a 50. En el lado izquierdo la media estuvo en  $62,0 \pm 8,0$ , en el 36,9% de los casos estuvieron en el intervalo 55-64, en el 47,4 % superior a 65% y en el 15,8% inferior a 50 (Tabla I).

Como datos quirúrgicos relevantes durante la CEC, en un 47,4 % el descenso de  $SrO_2$  fue inferior al 20% del valor basal, mientras que en un 52,6% de los pacientes el descenso del  $SrO_2$  si ha sido superior al 20% del valor basal. En un 10,6% de los pacientes se tuvo que subir el flujo del paciente por encima del que le correspondía para mejorar  $SrO_2$ .

El Sedline® (profundidad anestésica), en el 73,8% de los casos se mantuvo entre 16-39, en un 15,7% por debajo de estos valores y un 10,5% por encima de los mismos, teniendo que modificar la cantidad de gas anestésico que se administraba (Tabla II)

Respecto al EEG, el 79,1% de los pacientes tuvieron ausencia de actividad eléctrica en algún momento probablemente

debido a la medicación anestésica y un paciente tuvo ausencia de actividad eléctrica prolongada por inducción de coma barbitúrico inducido para parada circulatoria (Figura 1).

Por último, en los resultados del Test de Pfeiffer post cirugía, en un 78,9% de los casos no hubo deterioro cognitivo, mientras que en un 21,1% de los casos sí existió deterioro cognitivo leve, de los cuales el 5,3% tuvo daño isquémico. (Figura 2).

A partir de estos resultados, se establecieron correlaciones entre los factores pre e intraoperatorios con las alteraciones neurológicas. De los pacientes con daño cognitivo leve y/o daño neurológico, el 100% ha sido intervenido de cirugía valvular y mayores de 65 años. También durante la CEC, el 100% tuvo glucemias superiores a 180, el 75% una  $SrO_2$  basal inferior al 57%, el 75% hipotensión mantenida en algún momento de la cirugía y el 75% tuvo descenso de más del 20% de su  $SrO_2$  basal. (Figura 3)

## DISCUSIÓN

La incidencia de complicaciones neurológicas asociadas a la CEC sigue siendo elevada y se asocia a un aumento de la morbilidad y de la mortalidad de los pacientes que las presentan.

En nuestro estudio observamos que los pacientes que han sufrido deterioro cognitivo post-CEC, todos han sido intervenidos de patología valvular y son mayores de 65 años, hecho ya contrastado en otros estudios de investigación en los que se destaca que la mayoría de los pacientes con lesiones neurológicas han sido intervenidos de reemplazo valvular y dichas lesiones aparecen menos en la cirugía coronaria.<sup>5,8</sup>

Además han tenido combinación de varias variables: descensos del  $SrO_2$  mayores del 20% respecto al basal, periodos de hipotensión mantenida, han tenido una  $SrO_2$  basal por debajo del 57% (sin conocimiento previo de patología neurológica o carotídea) y además tuvieron glucemias superiores a 180 durante la CEC. Datos que coinciden con otros estudios que identifican las glucemias altas e hipotensión arterial como factores de riesgo.<sup>4,6,9,10,11,12</sup>

También cabe destacar que el porcentaje de pacientes con  $SrO_2$  basales por debajo de las cifras aconsejadas son llamativos, siendo pacientes no diagnosticados previamente. Tener una medición de  $SrO_2$  basal por debajo del 57% antes de la CEC, es un dato indicativo muy importante ante posibles daños neurológicos.

Respecto a la monitorización de la profundidad anestésica y la tasa de supresión, la monitorización continua nos facilita un manejo mejor de gases anestésicos adaptándolo específicamente a cada paciente.

Debido a la cantidad de datos que proporciona este monitor, muestra un sistema continuo actualizado cada segun-

do de la monitorización cerebral ( $EEF$ ,  $SrO_2$ , profundidad anestésica, Tasa de supresión) durante la CEC, los resultados de nuestro estudio podrán tener impacto ya que puede alertarnos de los factores de riesgo que favorecen la hipoxia cerebral y por tanto optimizar la respuesta del equipo quirúrgico para prevenir las posibles lesiones neurológicas que pudieran producirse aumentando la seguridad del paciente, la recuperación precoz y la confianza de los profesionales.

## CONCLUSIONES

La monitorización cerebral continua durante la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea es una medida de seguridad fiable, valida y necesaria para mejorar la calidad de la perfusión y el cuidado del paciente quirúrgico.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este estudio no presentan ningún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

1. Alfaro F, Argüero R, Coreaga G. Daño Neurológico secundario a cirugía de revascularización miocárdica con circulación extracorpórea. *Cir Ciruj.* 2003; 71: 173-178.
2. Apostolidou I, Morrissette G, Sarwar MF, Konia MR, Kshetry VR, Wahr JA, et al. Cerebral oximetry during cardiac surgery: the association between cerebral oxygen saturation and perioperative patient variables. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012 Dec;26(6):1015-21. PubMed PMID: 22995459.
3. More A, Fuentes L, Ceballos A, Rodriguez L, Plasencia M, Zorrilla Y, et al. Complicaciones neurológicas postoperatorias en pacientes operados de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea. *CorSalud.* 2015. Ene-Mar.; 7(1):28-34.
4. Gomar C, Mata MT, Pomar JL. *Fisiopatología y Técnicas de Circulación Extracorpórea.* 2ª Ed. Ediciones Ergon. Madrid; 2012.
5. Rubio M, Pérez JL, Escribá A, Corres MA, Renes E, Gutiérrez J, et al. Complicaciones neurológicas en el postoperatorio de cirugía cardíaca. *Med Intensiva.* 2007;31:241-50.
6. 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 Apr;76(4):849-65. Review. PubMed PMID: 8466029.
7. Messerotti Benvenuti S, Zanatta P, Valfrè C, Polesel E, Palomba D. Preliminary evidence for reduced preoperative cerebral blood flow velocity as a risk factor for cognitive decline three months after cardiac surgery: an extension

- study. *Perfusion*. 2012 Nov;27(6):486-92. PubMed PMID: 22798170.
8. Balaguer JM, Lilly KJ, Connelly G, McAdams M, Philie P, Cohn LH, et al. Estrategia para minimizar complicaciones neurológicas durante la cirugía de revascularización miocárdica con circulación extracorpórea. *Rev Argent Cir Cardiovasc* [Internet]. 2003-2004 [consultado 15 Abril 2017];1:[aprox. 23 p.]. Disponible en [http://www.caccv.org.ar/raccvanterior/Volo1No2/complicaciones neurológicas.htm](http://www.caccv.org.ar/raccvanterior/Volo1No2/complicaciones%20neurológicas.htm)
  9. Suárez L, García de Lorenzo A, Suárez JR. Lesiones neurológicas durante la circulación extracorpórea: fisiopatología, monitorización y protección neurológica. *Med Intensiva*. 2002;26:292-303.
  10. Hindman BJ. Choice of alpha-stat or pH-stat management and neurologic outcomes after cardiac surgery: it depends. *Anesthesiology*. 1998 Jul;89(1):5-7. PubMed PMID: 9667287.
  11. Greeley WJ, Kern FH, Ungerleider RM, Boyd JL III, Quill T, Smith LR, et al. The effect of hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral metabolism in neonates, infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991 May;101(5):783-94. PubMed PMID: 2023435.
  12. Cuenca R. Aplicación de la oximetría cerebral transcraneal (NIRS) durante CEC. *Rev Esp Perfusion*. 2012; 53:5-13.
  13. Lozano S, Mossad E. Cerebral function monitors during pediatric cardiac surgery: can they make a difference? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2004 Oct;18(5):645-56. Review. PubMed PMID: 15578481.
  14. Lee TS, Hines GL, Feuerman M. Significant correlation between cerebral oximetry and carotid stump pressure during carotid endarterectomy. *Ann Vasc Surg*. 2008 Jan;22(1):58-62. PubMed PMID: 18023554.
  15. Rigamonti A, Scandroglio M, Minicucci F et al. A clinical evaluation of near-infrared cerebral oximetry in the awake patient to monitor cerebral perfusion during carotid endarterectomy. *J Clin Anesth*. 2005 Sep;17(6):426-30. PubMed PMID: 16171662.
  16. Liu N, Chazot T, Mutter C, Fischler M. Elevated burst suppression ratio: the possible role of hypoxemia. *Anesth Analg*. 2006 Dec;103(6):1609-10. PubMed PMID:17122276.
  17. Frost EA. Cerebral oximetry: a replacement for pulse oximetry? *Middle East J Anaesthesiol*. 2012 Oct;21(6):807-13. Review. PubMed PMID: 23634561

Tabla I. Saturación Cerebral

	SrO2 Dcho		SrO2 Izqo	
	N	%	N	%
Menos de 50	1	5,3%	1	5,3%
De 50 a 54	3	15,8%	2	10,5%
De 55 a 59	3	15,8%	4	21,1%
De 60 a 64	4	21,1%	3	15,8%
65 y mas	8	42,1%	9	47,4%

Tabla II. Resultados SEDLINE

	N	%
Menos de 8	1	5,3%
De 8 a 15	2	10,5%
De 16 a 23	6	31,6%
De 24 a 31	4	21,1%
De 32 a 39	4	21,1%
40 y más	2	10,4%

Figura 1. EEG

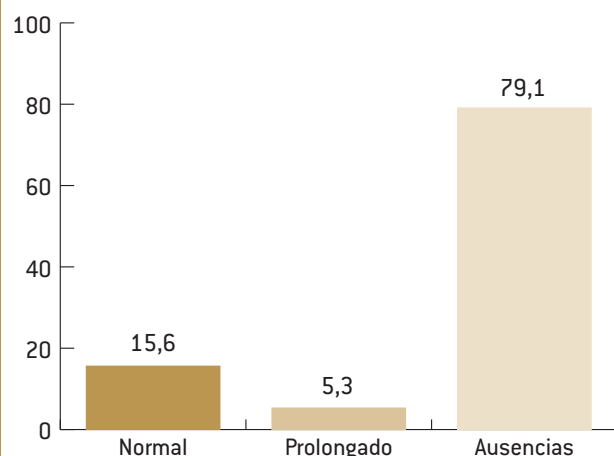


Figura 2. Test Pfeiffer postoperatorio

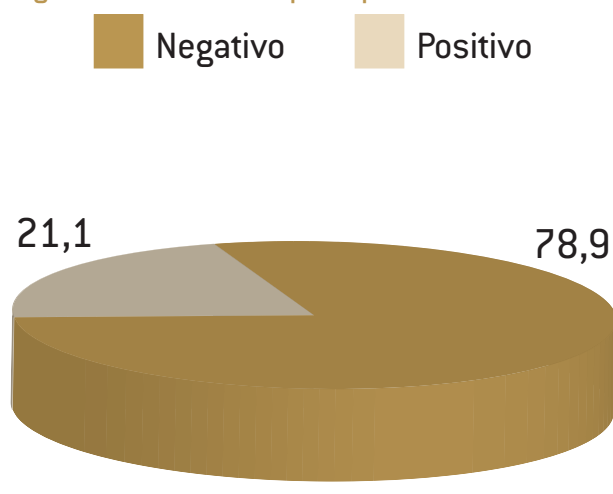
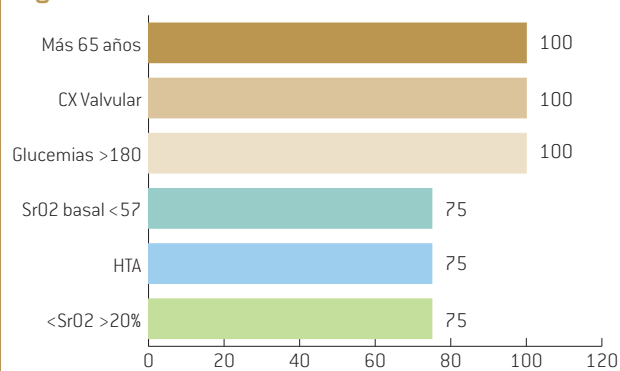


Figura 3. Pacientes con daño





# WE BACK YOU.

## The Largest Cannula Portfolio Worldwide

**DLP™**  
Aortic Root Cannula  
with Flow-Guard™ Introducer

**Soft-Flow™\***  
Extended Arterial Cannula

**Bio-Medicus™ NextGen**  
Pediatric Venous Cannula



## We are your partner, and we're here to stay

As others leave the cannula market, we continue to invest. It's what we've been doing for more than 35 years, bringing you reliable, trusted favorites — such as DLP™, Bio-Medicus™, and Soft-Flow™\* cannulae — for each type of patient and procedure.

The largest cannula portfolio worldwide,  
backed by an even larger commitment — to you.

[medtronic.com/CannulaeHereToStay](http://medtronic.com/CannulaeHereToStay)

### Important Safety Information

Care and caution should be taken to avoid damage to vessels and cardiac tissue during cannulation or other cardiac surgery procedures. For a listing of indications, contraindications, precautions, warnings, and potential adverse events, please refer to the Instructions for Use. Caution: Federal law (USA) restricts this device to sale by or on the order of a physician.

Soft-Flow arterial cannulae are manufactured by MC3, Inc. and exclusively distributed by Medtronic.

©2018 Medtronic. All rights reserved. Medtronic, Medtronic logo and Further, Together are trademarks of Medtronic. ™\*Third party brands are trademarks of their respective owners. All other brands are trademarks of a Medtronic company. UC201806426EE 11/2017

**Medtronic**  
Further, Together

# Análisis de la monitorización de gases en línea CDI500<sup>®</sup> y SYSTEM M-M4<sup>®</sup>.

## ¿Son herramientas comparables para la práctica clínica de la perfusión?

### RESUMEN / ABSTRACT

**Objetivo:** comparar los datos obtenidos del CDI500<sup>®</sup> y Spectrum M4<sup>®</sup> para valorar la fiabilidad de los resultados y su repercusión en la Circulación Extracorpórea.

**Material y métodos:** estudio observacional prospectivo de pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con CEC entre enero-2017 y febrero-2018. Se recogieron los datos proporcionados por CDI y M4. Se utilizaron como control gasometrías arteriales y venosas realizadas en Radiometer ABL90 Flex<sup>®</sup>. Con la primera muestra se ajustaron los datos de ambos analizadores. Se realizó un mínimo de dos muestras y un máximo de cuatro.

**Resultados:** se estudiaron 100 pacientes y 292 muestras (32% mujeres) con una edad media de 65,2 ± 11,5 años. Los parámetros del CDI y M4 prácticamente no presentaron diferencias significativas tras el primer ajuste, y sin afectar a la práctica clínica, excepto en el bicarbonato y el exceso de base donde CDI no se ajusta a los valores. Se realizó un análisis con los gráficos de Bland/Altman, la PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub> fueron mejor medidas por el CDI mientras que Hto, Hb y SvO<sub>2</sub> por M4, lo cual se corroboró comparando los porcentajes de error menores al ± 5% en ambos sistemas, siendo las diferencias significativas en los cinco parámetros.

**Conclusión:** ambos sistemas proporcionan datos fiables, aunque necesitan de una calibración previa. El M4 permite valorar de forma directa datos que facilitan una perfusión dirigida a objetivos.

**Palabras clave:** circulación extracorpórea; monitorización en línea; análisis de gases sanguíneos; perfusión dirigida a objetivos.

### Analysis of online gas monitoring CDI 500<sup>®</sup> and SYSTEM M-M4<sup>®</sup>. Are they comparable tools for clinical perfusion practice?

**Objective:** to compare the data obtained from the CDI500<sup>®</sup> and Spectrum M4<sup>®</sup> to assess the reliability of the results and their impact on cardiopulmonary bypass.

**Methods:** a prospective observational study of patients undergoing cardiac surgery with CPB was conducted between January-2017 and February-2018. The data provided by CDI and M4 was collected. Arterial and venous blood gases taken from Radiometer ABL90 Flex<sup>®</sup> were used as control. With the first sample, the data of both analyzers were adjusted. A minimum of two samples and a maximum of four were made.

**Results:** 100 patients and 292 samples (32% women) with a mean age of 65.2 ± 11.5 years were studied. The parameters of the CDI and M4 practically did not present significant differences after the first adjustment, and without affecting the clinical practice, except in the bicarbonate and the excess of base where CDI does not adjust to the values. The analysis was done with the Bland / Altman charts, the PCO<sub>2</sub> and PO<sub>2</sub> were better measured by the CDI while Hto, Hb and SvO<sub>2</sub> by M4, which was corroborated comparing the error percentages less than ± 5% in both systems, the significant differences being in the five parameters.

**Conclusions:** both systems provide reliable data, although they require a previous calibration. The M4 allows direct evaluation of data to help a goal directed perfusion.

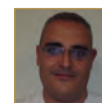
**Keywords:** cardiopulmonary bypass; in line monitoring; blood gas analysis; goal directed perfusion.



**Mariluz Recio Recio**  
Enfermera Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga



**Mª Carmen Santos Palomino**  
Enfermera Perfusionista  
Hospital «Virgen de la Victoria» de Málaga



**Carlos Casado Sánchez**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Juan Carlos Santos Palomino**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Antonio Cabrera López**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

**Rafael Cid Vivas**  
Enfermero Perfusionista  
Hospital Regional de Málaga

Juan Carlos Santos Palomino  
Avenida Carlos Haya s/n  
29010 Málaga  
e-mail: pscj17@hotmail.com

Recibido: febrero de 2019  
Aceptado: abril de 2019

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de determinados parámetros en la Circulación Extracorpórea (CEC) se ha convertido en algo imprescindible para la toma de decisiones durante la misma. Desde que se podían hacer gasometrías en el laboratorio, posteriormente se tuvo un analizador de gases sanguíneos cerca y hasta que hace un par de décadas que se dispuso del primer sistema de gases en línea,<sup>1</sup> la evolución ha sido constante en este campo. Mientras que el «gold standard» sigue siendo el analizador de gases en quirófano, donde se pueden obtener los datos en pocos minutos pero cada cierto espacio de tiempo, la medición de gases en línea poco a poco se ha ido imponiendo y se ha convertido en algo común, ya que la información continua permite un ajuste mayor a los parámetros óptimos de perfusión,<sup>2,3,4</sup> lo que facilita el manejo de la CEC y permite la detección precoz de errores en la transferencia de gases de la membrana.<sup>5</sup>

El CDI 500® (Terumo Europe NV, Leuven, Belgium, CDI) lleva, como hemos dicho, más de veinte años en el mercado, pero en realidad sin muchas actualizaciones importantes, que hayan cambiado el comportamiento del sistema, quizás porque casi no ha tenido competencia durante este tiempo. Es una monitorización mínimamente invasiva con dos tipos de sensores distintos, una cubeta para hematocrito (Hto), hemoglobina (Hb) y saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>); y un sensor para determinación de gases sanguíneos y potasio, normalmente colocado en la parte arterial. En distintos estudios ha presentado una buena correlación de sus datos con los valores analíticos obtenidos en gasómetros y laboratorios.<sup>6,7,8</sup>

Hace solo unos años apareció el System M-M4® (Spectrum Medical, Gloucester, UK, M4), un sistema de medición de gases en línea no invasivo, sin necesidad de material fungible, midiendo una variedad de parámetros mayor que la del CDI, que permiten hacer el cálculo del aporte de oxígeno (DO<sub>2</sub>), consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), ratio entre oxígeno consumido y aportado (ecO<sub>2</sub>ER), medición directa de la fracción expirada de CO<sub>2</sub> (FeCO<sub>2</sub>), total CO<sub>2</sub> extraído (VCO<sub>2</sub>), y el ratio de perfusión, cociente entre aporte y CO<sub>2</sub> extraído (ecPR). Estos parámetros aportan una información mayor y dan la posibilidad de realizar una perfusión dirigida a objetivos. Este sistema tiene actualizaciones frecuentes que han ido mejorando la calidad de sus resultados, aunque en sus inicios no eran tan ajustados como cabía esperar.<sup>9</sup>

Por eso nos hemos planteado como objetivo comparar los datos obtenidos del CDI500® y System M-M4® para valorar la fiabilidad de los resultados y su aplicación en la práctica clínica de la Circulación Extracorpórea tomando como referencia los del gasómetro ABL90 Flex.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, analítico de pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca con CEC entre enero de 2017 y febrero de 2018 en el Hospital Regional de Málaga. Se usaron simultáneamente ambos aparatos para la medición de gases en línea, M4 y CDI. Como criterios de inclusión fueron cirugía programada, posibilidad de uso del M4 y la realización de un mínimo de 2 controles en el Radiometer ABL90 Flex (Radiometer Medical, Bronshoj, Denmark, ABL90). Como criterios de exclusión consistieron en el uso de CO<sub>2</sub> en el campo quirúrgico y cirugía urgente.

Cada control incluyó una gasometría arterial y venosa realizada en el ABL90, la captura de los datos de la pantalla del CDI y del M4 en el momento de la extracción, así como minuto de CEC, FiO<sub>2</sub>, flujo de gas, flujo de bomba y temperatura. CDI y M4 solo compartían los siguientes parámetros de medición: presión parcial arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), presión parcial arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>), SvO<sub>2</sub>, Hto y Hb. El resto de los parámetros del CDI se compararon con los del ABL90, excepto el potasio que no estudió.

Para ambos aparatos se usaron las instrucciones facilitadas por el fabricante para su uso. En el caso del CDI, se realizó la calibración previa, y en el del M4, aparte, se introdujeron los datos pertinentes para el cálculo de los parámetros.

El primer control se realizó tras la primera dosis de cardioplejia y sirvió para ajustar los parámetros de ambos analizadores, de ahí que necesitáramos un mínimo de dos controles para valorar el adecuado funcionamiento de ambos, además en el análisis conjunto de los datos se excluyó ese primer control por este motivo.

El M4 creó un registro de cada paciente en una tabla de cálculo, donde recogieron todos los datos cada 5 segundos, tanto los medidos como los calculados. Se calculó de dicha tabla la media y la desviación estándar de la DO<sub>2</sub>, para comprobar si la medición puntual era similar a la medición continua durante toda la CEC.

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS v 16. Primero se realizó un análisis descriptivo de las variables, todos los datos se expresaron en media ± desviación estándar. Posteriormente se realizó un análisis inferencial en el que usó la correlación de Pearson entre variables cuantitativas, y se aplicó la t de Student para comparación de medias. Como complemento se aplicó el prueba de Bland-Altman,<sup>10</sup> que es un método gráfico que se usa para valorar el grado de acuerdo entre variables cuantitativas, se aplica a casos en los que se requiere medir la diferencia entre un método nuevo con respecto a uno ya establecido, y así poder validar o no el nuevo en función de si resulta fiable y reproducible según los resultados. Para ello, el método de Bland-Altman cuantifica la diferencia media entre ambos



sistemas y un rango de confianza, entre los cuales se espera que se incluyan el 95 % de las diferencias entre una técnica de medida y la otra. Para ello hay que calcular en una variable la diferencia entre la medida de un sistema y el de referencia (eje Y), y esa diferencia se pone en relación con el resultado obtenido con el sistema de referencia (eje X), a su vez se trazan tres líneas, la central, que marca la media de la diferencia entre ambas medidas y los límites superior e inferior del rango de confianza que se obtienen de multiplicar la desviación estándar por 1,96, que serían los límites de acuerdo (LA). Es el propio investigador el que tiene que fijar previamente los límites de las diferencias máximas aceptables en base a criterios biológicos y/o analíticos y en este caso se aceptó una diferencia máxima del 5 %. Cuanto más se acerque la diferencia al 0, será un índice de concordancia de los resultados, otro aspecto importante es la cercanía de los puntos a esta línea, ya que igualmente indicará menos diferencia entre las dos mediciones. A la vez se mantuvieron las escalas iguales en los gráficos relacionados para poder comparar visualmente la dispersión de los puntos. También se calculó el porcentaje de error de cada medición con la efectuada por el ABL, admitiendo como aceptable un error menor al  $\pm 5\%$ , pero teniendo en cuenta que cada aparato en sí puede tener un error del  $\pm 5\%$ , se hizo un grupo entre el  $\pm 5-10\%$  y un tercero mayor al  $\pm 10\%$ . La significación en el resto de las pruebas se fijó  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Se recogieron datos de 100 pacientes, un total de 292 muestras (100 en la primera y segunda cada una, 82 en la tercera y 10 en la cuarta), siendo una media de 2,9 muestras por paciente, un 32 % de mujeres. La edad media fue de  $65 \pm 11$  años. Los tiempos de CEC de  $103' \pm 34'$  y de isquemia de  $75' \pm 28'$ .

Si hacemos un primer análisis cuantitativo, en la tabla I podemos ver los resultados obtenidos por los 3 sistemas de medición en cuanto a la  $\text{PaCO}_2$ ,  $\text{PaO}_2$ ,  $\text{SaO}_2$ ,  $\text{SvO}_2$ , Hto y Hb, diferenciando la primera muestra, la segunda muestra y agrupando la 3ª y 4ª muestra, debido a que el número de cuartas muestras era muy pequeño, así mismo hay que tener en cuenta que en la primera muestra los sistemas de medición CDI y M4 no habían tenido una calibración previa. En la  $\text{PaCO}_2$  aparecen diferencias significativas sobre todo en las últimas muestras: ABL  $37,3 \pm 2,4$  mmHg, CDI  $38,3 \pm 2,7$  mmHg ( $p=0,014$ ) y M4  $38,4 \pm 3,1$  mmHg ( $p=0,009$ ). Mirando inicialmente la  $\text{SvO}_2$ , el CDI antes de ser calibrado, da unos valores significativamente elevados, que se vuelven más ajustados en las siguientes muestras. Algo parecido ocurre con el Hto y la Hb, hace una medición inicial significativamente optimista, que una vez regulado se correlaciona con los datos de los otros dos aparatos.

Centrándonos en el CDI, puesto que el M4 carece de la medición de pH, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y exceso de base (EB), en la tabla II se pueden observar los resultados obtenidos de estos tres parámetros. Con respecto al pH se mantiene un punto por encima el CDI, con diferencias solo estadísticamente significativas. Mientras que  $\text{HCO}_3^-$  y EB presentan las mayores diferencias que hemos visto en el estudio, tanto en las primeras muestras como en las siguientes, cuya diferencia se va ampliando, ya que estos parámetros no hay posibilidad de calibrarlos directamente (tienen cierta corrección cuando se realiza el ajuste del pH), siendo más llamativo en el EB: 1ª muestra  $-0,4 \pm 3,0$  vs  $1,3 \pm 3,5$  ( $p < 0,0001$ ) y última muestra  $-0,8 \pm 2,5$  vs  $1,7 \pm 2,6$  ( $p < 0,0001$ ).

Si aplicamos el método gráfico de Bland-Altman para la  $\text{PaCO}_2$  (Figura 1), la medias son  $0,74 \pm 1,53$  (LA  $-2,25$  y  $3,73$ ) en el CDI y  $0,57 \pm 2,25$  (LA  $-3,84$  y  $4,98$ ) en el M4, aunque la media es ligeramente inferior en este último, al tener una desviación estándar mayor hace que los límites de acuerdo sean más amplios, por lo que podemos ver una mayor dispersión de puntos en el gráfico del M4. En el caso de la  $\text{PaO}_2$  (Figura 2) ocurre algo parecido, CDI  $-1,1 \pm 29,0$  (LA  $-57,9$  y  $55,7$ ) y M4,  $7,1 \pm 37,5$  (LA  $-66,4$  y  $80,6$ ). En la Figura 3, los cuales se han agrupado por su interrelación Hto y Hb, los datos son  $0,05 \pm 1,6$  (LA  $-3,18$  y  $3,08$ ) y  $0,17 \pm 0,62$  (LA  $-1,04$  y  $1,38$ ) en el CDI y de  $0,35 \pm 1,45$  (LA  $-3,19$  y  $2,49$ ) y  $0,04 \pm 0,5$  (LA  $-0,94$  y  $1,02$ ) en el M4. En estas variables existe una mayor dispersión en la diferencia media de los valores registrados por el CDI. Lo mismo se puede ver en la figura 4 con la  $\text{SvO}_2$ , el CDI presenta  $1,27 \pm 4,24$  (LA  $9,61$  y  $-7,09$ ), mientras que M4 tiene  $0,38 \pm 3,54$  (LA  $7,31$  y  $-6,55$ ).

Si analizamos el margen de error que hemos fijado que sea menor al  $\pm 5\%$ , los resultados vienen a coincidir con los gráficos de Bland-Altman, la  $\text{PaCO}_2$  y la  $\text{PaO}_2$  presentan un menor error en la medición del CDI si la comparamos con el M4. Mientras que ocurre lo contrario cuando nos referimos a Hto, Hb y  $\text{SvO}_2$ , donde existe un mayor acuerdo entre M4 y ABL (Tabla III). Si comparamos los grupos  $< 5\%$ , en todos los parámetros hay diferencias significativas.

Si comparamos las medias de  $\text{DO}_2$  de la medición continua y de la medición puntual, vemos que es ligeramente superior la medición puntual sin ser significativa ( $261 \pm 43$  vs  $255 \pm 44$ , ns), pero podemos ver en la Figura 5 que la correlación entre ambas medidas es prácticamente absoluta ( $r=0,925$ ).

## DISCUSIÓN

En primer lugar, no se puede olvidar que tanto CDI como M4, según recomendaciones de los fabricantes, deben ser usados como aparatos de medición de tendencias, así como aconsejan hacer un ajuste tras la primera muestra obtenida del gasómetro. Por lo que aún no podemos pres-

cindir de los datos de referencia de dicho gasómetro durante toda la CEC, pues ambos aparatos pueden facilitar datos que pueden no ajustarse a la realidad de forma puntual.

Una vez dicho esto, la variación en las medidas de CDI y M4 comparadas con ABL90, aunque haya diferencias significativas en los resultados, es mínima, lo que de forma inicial ambos aparatos nos aportarían datos fiables de cara a la aplicación clínica durante la CEC, teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior. Lo que no se puede perder de vista es que el M4 nos facilita parámetros continuos de  $DO_2$ ,  $VO_2$ ,  $ecO_2ER$ ,  $FeCO_2$ ,  $VCO_2$  y  $ecPR$ , que nos facilitan una perfusión dirigida a objetivos, aunque algunos de ellos se podrían calcular con datos del CDI, hay otros que no. Es un nivel superior de información para el perfusionista.

Primeramente, en la  $PCO_2$  arterial vemos que no existen diferencias entre los aparatos incluso sin haber sido calibrados M4 y CDI, lo mismo ocurre en la segunda muestra y aunque en la tercera hay diferencias significativas, estas no lo son en el aspecto clínico, al existir una mínima diferencia de 1 mmHg, si hablamos de comparar las medias. Mientras que si la analizamos mediante los gráficos de Bland-Altman, vemos que el valor medio es muy similar, pero las líneas de acuerdo difieren bastante entre ambos, viéndose claramente una mayor dispersión en el gráfico del M4, a la vez que presenta una tendencia a sobrestimar valores bajos de  $PCO_2$  y subestimar los valores altos. Si se valora el porcentaje inferior al 5%, el 79,4 % es el acuerdo del CDI con el ABL, mientras que 62,5 % en el M4. ( $p=0,006$ )

La  $PO_2$  se encuentra bien relacionada entre todos los aparatos en la Tabla I. Sin embargo, en los gráficos Bland-Altman se puede observar una media más cercana a cero y unos límites de acuerdo más ajustados para el CDI, así como una mayor concentración de los puntos en torno a la línea media. Por el contrario, en el M4 se identifica una mayor dispersión de los puntos y una tendencia a sobrestimar los valores más bajos y a subestimar los valores más altos de  $PO_2$  igual que ocurría con el parámetro anterior. Además, es el parámetro que menos valores tiene por debajo del 5%, 42,5 % para CDI y 28,1 % para M4, y lo podemos explicar diciendo que tratamos un valor alto (media en torno a 190). Aun así, si aceptamos valores inferiores al 10 %, los porcentajes serían 73,9 para CDI y solo un 50,5 para el M4 siendo sus diferencias significativas ( $p<0,0001$ )

Con respecto a la  $SaO_2$ , ni M4 ni CDI aportan decimales lo que hace que las diferencias numéricas no deban ser tenidas muy en cuenta, ya que no superan las 2-3 décimas por lo que no se ha seguido analizando en mayor profundidad como el resto de los parámetros.

Si nos vamos al lado venoso en el CDI en la Tabla I, los parámetros  $SvO_2$ , Hto y Hb de forma inicial presentan diferencias significativas con respecto a las medidas de ABL90, llegando a ser de relevancia clínica, pero una vez ajustado, las mediciones tuvieron coincidencia casi completa. Por el

contrario, el M4 tuvo un comportamiento similar al ABL90 durante toda la CEC. En los gráficos Bland-Altman para Hto y Hb, vemos que, aunque el valor medio del Hto en el CDI es más próximo a 0, existe una mayor dispersión en los puntos con un margen de acuerdo más amplio, además se pueden observar que las diferencias fuera del rango se dan tanto en valores bajos como en valores altos. Igualmente, en la Hb se observa una menor dispersión en los puntos del M4, teniendo un buen ajuste en valores inferiores a 10 gr/dl, cosa que no ocurre con el CDI. En los gráficos de la  $SvO_2$  existe una distribución parecida, aunque los valores del M4 están menos dispersos (valor medio más cercano a 0 y líneas de acuerdo más próximas). Se observa en ambos que sobrestiman cuando hay una  $SvO_2$  baja y tienen tendencia a infravalorarla cuando hay una  $SvO_2$  más alta. Centrándonos en los porcentajes, en el Hto, la diferencia es la menor que se ha apreciado, 82,8 % en M4 contra 77,6 % en el CDI, aunque sigue siendo significativa ( $p<0,0001$ ). En la Hb esa diferencia se amplía desde 79,2 % a 69,3 % ( $p<0,0001$ ). Siendo para la  $SvO_2$  de 78,6 vs 72,4, a favor también del M4 ( $p<0,0001$ ). En este aspecto nuestros resultados presentan diferencias con el estudio realizado por Reagor,<sup>9</sup> donde CDI sale mejor parado en cuanto a  $SvO_2$  y Hb. Pensamos que las actualizaciones del M4 posteriores a la publicación de su artículo probablemente han mejorado la medición de estos parámetros.

Los parámetros del CDI a los que menos se ajustan los resultados son el bicarbonato y exceso/defecto de base, con el problema añadido de que no se pueden calibrar, tan solo el ajuste del pH los modifica. Durante la CEC las diferencias solo van aumentando, llegando a un nivel donde puede comprometer la decisión de administrar bicarbonato sódico o no (son 2,5 puntos de diferencia). La alternativa es trabajar con la tendencia y tener la referencia del ABL90 antes de corregir el defecto de base.

Digamos que en nuestro caso, la medida puntual de  $DO_2$  es muy similar a la medida continua y era una forma de controlar que no se cambiaban determinados valores para la toma de la muestra y así obtener unos mejores resultados. Por lo que para futuros estudios no sería imprescindible el cálculo de la media de los datos registrados en el M4.

## CONCLUSIONES

Tanto CDI como M4, son aparatos de tendencias que necesitan tanto una calibración inicial como un control durante la CEC con los datos de un gasómetro, que continúa siendo el estándar de oro. Aun siendo los datos de ambos aparatos fiables, el M4 va un paso por delante pues permite cambiar la práctica clínica y realizar una perfusión dirigida a objetivos.

**CONFLICTO DE INTERES**

Los autores no presentan conflictos de intereses

**REFERENCIAS**

- Southworth R, Sutton R, Mize S, Stammers AH, Fristoe LW, Cook D, et al. Clinical evaluation of a new in-line continuous blood gas monitor. *J Extra Corpor Technol.* 1998;30(4):166-172.
- Trowbridge CC, Vasquez M, Stammers AH, Glogowski K, Tremain K, Niimi K, et al. The effects of continuous blood gas monitoring during cardiopulmonary bypass: a prospective, randomized study--Part II. *J Extra Corpor Technol.* 2000;32(3):129-137.
- Trowbridge CC, Vasquez M, Stammers AH, Glogowski K, Tremain K, Niimi K, et al. The effects of continuous blood gas monitoring during cardiopulmonary bypass: a prospective, randomized study--Part I. *J Extra Corpor Technol.* 2000;32(3):120-128.
- Ottens J, Tuble SC, Sanderson AJ, Knight JL, Baker RA. Improving cardiopulmonary bypass: does continuous blood gas monitoring have a role to play? *J Extra Corpor Technol.* 2010;42(3):191-198.
- Santos JC, Recio ML, Santos MC, Cabrera A, Cid R, Romero LM, et al. Fallo progresivo en la transferencia de gases de un oxigenador: interposición de una nueva membrana en serie. *Rev Esp Perfus.* 2018;64:5-10.
- Fried DW, Leo JJ, Mattioni GJ, Mohamed H, Rector RP, Weber F, et al. CDI Blood Parameter Monitoring System 500--a new tool for the clinical perfusionist. *J Extra Corpor Technol.* 2000 Mar;32(1):25-30. PubMed PMID: 10947620.
- Santos JC, Rodriguez R, Santos MC, Romero R. Evaluación del analizador de gases en línea CDI 500 como sistema de control en la infusión de K+ en un protocolo simplificado de miniplejía. *Rev Esp Perfus.* 2008;45:11-16.
- Bellaiche AL, Nielsen PF, Brantlov S, Møller MB, Winterdahl M. Clinical evaluation of the accuracy and precision of the CDI 500 in-line blood gas monitor with and without gas calibration. *J Extra Corpor Technol.* 2011;43(2):53-57.
- Reagor JA, Gao Z, Lombardi JP, Millin BB, Tweddell JS, Cooper DS. Accuracy of the Spectrum Medical M4 and Terumo CDI 500 compared to the Radiometer ABL90 FLEX benchtop blood analyzer. *Perfus (United Kingdom).* 2017;32(7):523-528. doi:10.1177/0267659117702710
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England).* 1986;1(8476):307-310. doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8

**Tabla I. Valores de la PCO<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, SvO<sub>2</sub>, hematocrito y hemoglobina**

		1ª MUESTRA		2ª MUESTRA		3ª-4ª MUESTRA	
		Media ± DE	p	Media ± DE	p	Media ± DE	p
PCO <sub>2</sub>	ABL90	38,5 ± 3,1	-	37,3 ± 2,5	-	37,3 ± 2,4	-
	CDI	38,4 ± 2,8	NS	37,9 ± 2,2	NS	38,3 ± 2,7	0,014
	M4	38,5 ± 3,1	NS	37,6 ± 2,3	NS	38,4 ± 3,1	0,009
PO <sub>2</sub>	ABL90	188 ± 44	-	179 ± 36	-	190 ± 49	-
	CDI	194 ± 43	NS	180 ± 33	NS	186 ± 43	NS
	M4	193 ± 45	NS	186 ± 32	NS	193 ± 37	NS
SaO <sub>2</sub>	ABL90	99,6 ± 0,5	-	99,5 ± 0,5	-	99,5 ± 0,5	-
	CDI	99,5 ± 0,6	NS	99,4 ± 0,5	NS	99,4 ± 0,7	NS
	M4	99,8 ± 0,5	0,03	99,8 ± 0,4	0,001	99,8 ± 0,3	0,001
SvO <sub>2</sub>	ABL90	76,4 ± 5,9	-	76,0 ± 5,9	-	73,9 ± 6,4	-
	CDI	81,2 ± 5,1	,0001	77,8 ± 4,9	0,018	74,6 ± 5,8	NS
	M4	76,6 ± 3,1	NS	76,7 ± 5,0	NS	73,9 ± 5,7	NS
Hto	ABL90	30,1 ± 4,6	-	31,0 ± 4,6	-	30,8 ± 4,4	-
	CDI	32,3 ± 5,4	,003	30,9 ± 5,0	NS	30,8 ± 4,5	NS
	M4	30,1 ± 5,0	NS	30,7 ± 4,5	NS	30,6 ± 4,1	NS
Hb	ABL90	9,9 ± 1,5	-	10,2 ± 1,5	-	10,1 ± 1,4	-
	CDI	10,8 ± 1,9	,0001	10,3 ± 1,7	NS	10,3 ± 1,6	NS
	M4	9,9 ± 1,6	NS	10,2 ± 1,5	NS	10,1 ± 1,3	NS

Tabla II. Valores de pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y EB en ABL y CDI

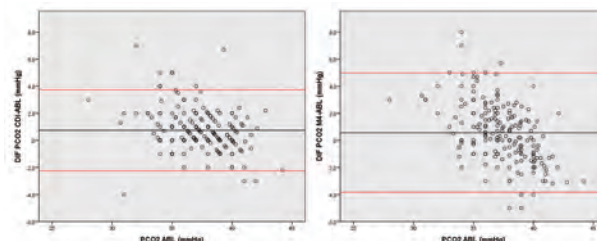
		1ª MUESTRA		2ª MUESTRA		3ª-4ª MUESTRA	
		Media ± DE	p	Media ± DE	p	Media ± DE	p
pH	ABLgo	7,40 ± 0,04	-	7,41 ± 0,04	-	7,41 ± 0,04	-
	CDI	7,41 ± 0,05	,034	7,42 ± 0,05	NS	7,42 ± 0,05	0,023
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ABLgo	24,2 ± 2,4	-	24,1 ± 2,1	-	23,8 ± 2,1	-
	CDI	25,2 ± 3,0	0,016	25,1 ± 2,3	0,002	25,5 ± 2,2	,0001
EB	ABLgo	-0,4 ± 3,0	-	-0,4 ± 2,7	-	-0,8 ± 2,5	-
	CDI	1,3 ± 3,5	,0001	1,4 ± 2,8	,0001	1,7 ± 2,6	,0001

Tabla III. Porcentaje de error en comparación con ABL90

	SISTEMA	%	N	%
PCO <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	153	<b>79,7</b>
		5-10%	28	14,6
		>10%	11	5,7
	M4 (N=192)	<5%	120	<b>62,5</b>
		5-10%	51	26,6
		>10%	21	10,9
PO <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	93	<b>48,4</b>
		5-10%	49	25,5
		>10%	50	26,0
	M4 (N=192)	<5%	54	<b>28,1</b>
		5-10%	43	22,4
		>10%	95	49,5
HTO	CDI (n=192)	<5%	149	<b>77,6</b>
		5-10%	30	15,6
		>10%	13	6,8
	M4 (N=192)	<5%	159	<b>82,8</b>
		5-10%	24	12,5
		>10%	9	4,7
HB	CDI (n=192)	<5%	133	<b>69,3</b>
		5-10%	38	19,8
		>10%	21	10,9
	M4 (n=192)	<5%	152	<b>79,2</b>
		5-10%	28	14,6
		>10%	12	6,3
SV0 <sub>2</sub>	CDI (n=192)	<5%	139	<b>72,4</b>
		5-10%	33	17,2
		>10%	20	10,4
	M4 (N=192)	<5%	151	<b>78,6</b>
		5-10%	30	15,6
		>10%	11	5,7

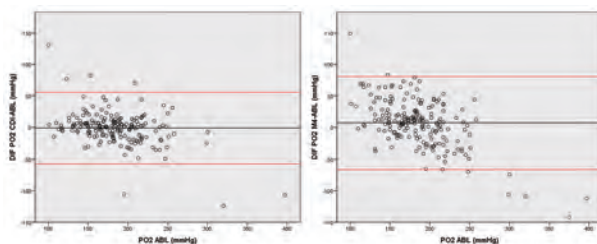
Mientras que para PCO<sub>2</sub> y PO<sub>2</sub> el CDI presenta mayor porcentaje de acuerdo con los resultados del ABL, el M4 lo hace para Hto, Hb y SvO<sub>2</sub>. Las diferencias entre ambos sistemas en los valores inferiores al 5% fueron significativas en las cinco variables.

Figura 1. Gráfico Bland-Altman para análisis de la PCO<sub>2</sub>



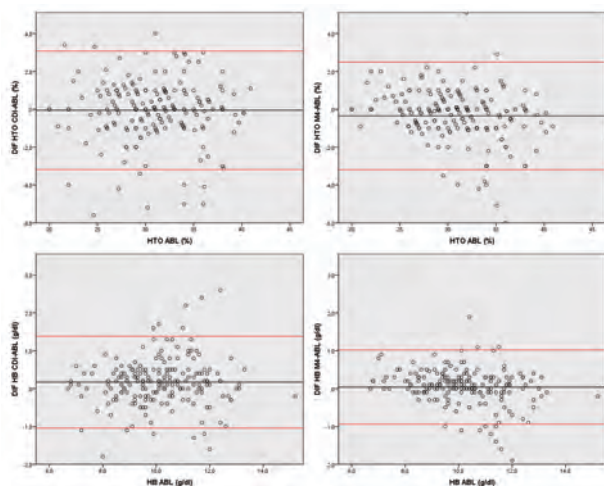
Existe una mayor agrupación de los datos en el CDI, aunque el valor medio es muy similar, las líneas de acuerdo difieren bastante entre ambos, viéndose claramente una tendencia en M4 de sobre estimar valores bajos de PCO<sub>2</sub> y subestimar los valores altos.

Figura 2. Gráfico Bland-Altman para la PO<sub>2</sub>



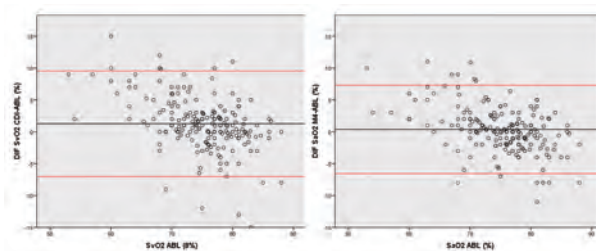
Se observa una media más cercana a cero y unos límites de acuerdo más ajustados para el CDI, así como una mayor concentración de los puntos en torno a la línea media. Mientras que en el M4 se identifica una mayor dispersión de los puntos y una tendencia a sobrestimar los valores más bajos y a subestimar los valores más altos de PO<sub>2</sub>.

Figura 3. Gráfico Bland-Altman para hematocrito y hemoglobina



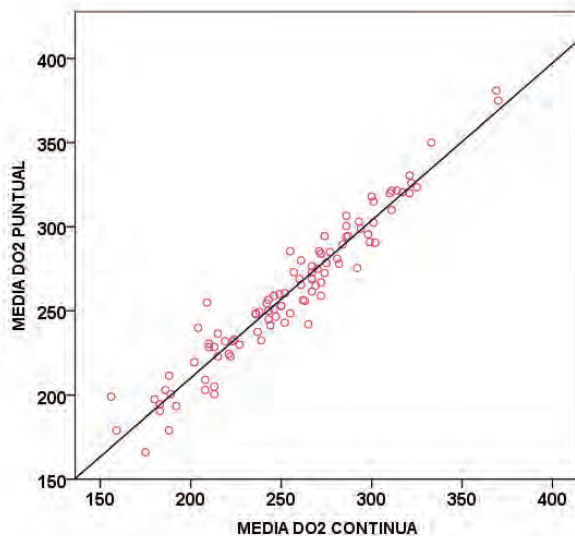
Aunque el valor medio del Hto en el CDI es más próximo a 0, existe una mayor dispersión en los puntos que hace que el margen de acuerdo sea más amplio, además se puede observar las diferencias fuera del rango dan tanto a valores bajos como a valores altos. Mientras en la Hb se observa una menor dispersión en los puntos del M4, teniendo un buen ajuste en valores inferiores a 10 gr/dl, cosa que no ocurre con el CDI..

Figura 4. Gráfico Bland-Altman para la SvO<sub>2</sub>



Existe en los dos gráficos una distribución parecida, aunque los valores del M4 están menos dispersos (valor medio más cercano a 0 y líneas de acuerdo más próximas). Se observa en ambos que sobreestiman cuando hay una SvO<sub>2</sub> baja y tienen tendencia a infravalorarla cuando hay una SvO<sub>2</sub> más alta.

Figura 5. Relación entre la medición puntual y continua de DO<sub>2</sub>



Powerful beyond compare.

Capiox<sup>®</sup> NX19  
Oxygenator with UltraPrime™ Technology

## The evolution of oxygenation.

The Capiox<sup>®</sup> NX19 oxygenator with UltraPrime™ Technology is our smallest, most advanced full-size adult oxygenator to date. Building on Terumo's oxygenator legacy, the Capiox NX19 oxygenator features high gas transfer utilizing new proprietary hollow fiber, enhanced GME removal technology, and a highly efficient heat exchanger that delivers the standard of safety and performance that you trust from Terumo Cardiovascular Group<sup>1</sup>. By uniquely combining materials and technologies engineered to optimally deliver ultra performance, the Capiox NX19 oxygenator is, once again, taking oxygenation to the next level.

Ultra performance. No compromise.™



# Efectividad hemodinámica y funcional del paciente sometido a tromboendarterectomía pulmonar

## RESUMEN / ABSTRACT

**Objetivo:** evaluar la efectividad hemodinámica y funcional del paciente sometido a tromboendarterectomía.

**Material y métodos:** se realizó un estudio descriptivo de serie de casos de pacientes postoperados de tromboendarterectomía del 2002 al 2016 con registros completos. Se hizo recolección de datos con cédula «ex profeso» de 10 ítems demográficos, 2 de somatometría, 6 hemodinámicos, 1 funcional, 6 gasométricos y 9 de conducción de perfusión, con respuestas abiertas y dicotómicas. Para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva y pruebas de U de Mann-Whitney y supervivencia de Kaplan-Meier; la significancia se fijó en  $p < 0.05$ .

**Resultados:** se estudiaron 25 pacientes, prevalecieron masculinos (68%), edad  $43 \pm 18$  años. El tiempo de circulación extracorpórea fue de  $222 \pm 73$  min. y el de pinzamiento  $121 \pm 71$  min.; en el 80% se realizó paro circulatorio total por periodos de 20 min. y tiempos de reperusión de 10 min entre cada uno. El 20% de los pacientes se manejó con perfusión cerebral selectiva. La tromboendarterectomía disminuyó las resistencias vasculares pulmonares ( $p < 0.0001$ ) y la presión arterial pulmonar media ( $p = 0.001$ ) e incrementó el gasto cardiaco ( $p = 0.009$ ),  $PaO_2$  ( $p = 0.035$ ) y  $SaO_2$  ( $p = 0.015$ ). El 72% mejoró la clase funcional de III-IV a I-II. Hubo mortalidad del 20% asociada a persistencia de hipertensión arterial pulmonar y la supervivencia a tres años fue del 80%. Dos pacientes requirieron ECMO A-V, ambos exitosos.

**Conclusión:** la tromboendarterectomía es el tratamiento de elección para pacientes con tromboembolia pulmonar crónica mejorando significativamente parámetros hemodinámicos y funcionales, viéndose reflejado en su calidad de vida y la supervivencia.

**Palabras clave:** tromboembolia pulmonar crónica, hipertensión arterial pulmonar, tromboendarterectomía pulmonar, derivación cardiopulmonar.

### Hemodynamic and functional effectiveness of the patient undergoing pulmonary thromboendarterectomy

**Objective:** to evaluate the hemodynamic and functional effectiveness of the patient undergoing thromboendarterectomy.

**Material and methods:** a descriptive study of series of cases in postoperative patients of thromboendarterectomy from 2002 to 2016 with complete records was carried out. The data collection was done with an "ex profeso" sheet of 10 demographic items, 2 of somatometry, 6 hemodynamics, 1 functional, 6 gasometric and 9 of perfusion conduction, with open and dichotomous responses. For the data analysis, descriptive statistics, U Mann-Whitney tests and Kaplan-Meier survival analysis were applied; the significance was set at  $p < 0.05$ .

**Results:** 25 patients were studied, male prevalence (68%), age  $43 \pm 18$  years. The cardiopulmonary bypass time was  $222 \pm 73$  min. and the aortic clamp of  $121 \pm 71$  min; in 80% total circulatory arrest was performed for periods of 20 min and reperfusion times of 10 min between each one. 20% of the patients were managed with selective cerebral perfusion. Thromboendarterectomy decreased pulmonary vascular resistance ( $p < 0.0001$ ) and mean pulmonary arterial pressure ( $p = 0.001$ ) and increased cardiac output ( $p = 0.009$ ),  $PaO_2$  ( $p = 0.035$ ) and  $SaO_2$  ( $p = 0.015$ ). 72% improved the functional class from III-IV to I-II. There was mortality of 20% associated to persistence of pulmonary arterial hypertension and the three-year survival was 80%. Two patients required ECMO A-V both successful.

**Conclusion:** Thromboendarterectomy is the treatment of choice for patients with chronic pulmonary thromboembolism, significantly improving hemodynamic and functional parameters, reflected in their quality of life and survival.

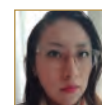
**Keywords:** Chronic Pulmonary Thromboembolism, Pulmonary Arterial Hypertension, Pulmonary Thromboendarterectomy, Cardiopulmonary bypass.



Gabriela Valdez Sánchez

Enfermera Perfusionista

Hospital para el niño del Instituto Materno Infantil del Estado de México



Mayra Lucia Antonio Díaz

Enfermera Perfusionista

Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca. México



Adriana Alejandra Pineda Palafox

Enfermera Perfusionista

Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. México.

Gabriela Valdez Sánchez  
Paseo Cristóbal Colón s/n esquina paseo Tlalocan  
Col. Isidro Fabela. Toluca.  
Estado de México.  
gaby281291@hotmail.com

Recibido: febrero de 2019

Aceptado: abril de 2019

## INTRODUCCIÓN

La tromboembolia pulmonar (TEP) es un padecimiento que se caracteriza por el enclavamiento de trombos en una o varias arterias pulmonares, provenientes de sitios extra pulmonares donde se formaron y se fragmentaron, migrando por la circulación venosa hasta los pulmones y obstruyendo la circulación pulmonar, lo que ocasiona cambios isquémicos, hemodinámicos y funcionales, constituyendo así una enfermedad con un espectro amplio de manifestaciones clínicas, con diferente pronóstico y tratamiento. El factor pronóstico más importante es la situación hemodinámica en el momento del diagnóstico de la enfermedad. Dependiendo de la presentación clínica, el tratamiento se dirige a restablecer el flujo por las arterias pulmonares ocluidas o prevenir recurrencias precoces potencialmente mortales.

La obstrucción del lecho vascular pulmonar contribuye al desarrollo de la hipertensión arterial pulmonar (HAP), la cual determina diversos grados de disfunción ventricular derecha, hipoxia y bajo gasto cardiaco (GC), afectando la supervivencia en estos pacientes. Dicha hipertensión arterial pulmonar tromboembólica crónica es potencialmente reversible a través de la tromboendarterectomía pulmonar (TEnd).

Más del 70 % de los pacientes con TEP presentan trombosis venosa profunda (TVP), aunque los trombos no sean detectables clínicamente, se estima que hasta el 50 % de las TVP embolizan en algún momento al pulmón, la mayoría de las veces de forma silenciosa.<sup>1</sup> El Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) reporta que en Estados Unidos de América (EUA) el número exacto de personas afectadas por TVP o embolia pulmonar (EP) se desconoce; sin embargo, se estima que hasta 900.000 personas (1 a 2 por cada 1.000) pueden verse afectadas anualmente. De estas mueren entre 60.000 y 100.000 personas al año; pero entre el 10 al 30 % mueren en el mes siguiente al diagnóstico de forma repentina. No obstante, una tercera parte de las personas con TVP o EP tendrá una recaída en los 10 años siguientes.

Un estudio realizado por Cabrera y Nellen<sup>2</sup> en el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social de México, reportó que en la última década del siglo xx se realizaron 1.685 necropsias, donde se informaron 252 casos con TEP representando el 15 % de los casos. Pero la incidencia para ambos sexos fue similar y, aunque encontraron un amplio rango de edad, la mayoría de casos tenía entre 60 y 80 años. En el 28 % la TEP fue la causa directa de muerte y contribuyó indirectamente en el 62 %; no obstante, en sólo el 10 % constituyó un hallazgo incidental.

En la actualidad y casi cinco décadas después de la primera TEnd, existen métodos y técnicas quirúrgicas que han sido mejoradas o implementadas como la protección mio-

cárdica, la parada circulatoria y la neuroprotección que permiten garantizar una mejoría del estado funcional y hemodinámico de un paciente sometido a este tipo de cirugía, con disminución en la tasa de morbilidad posoperatoria.

Algunas complicaciones asociadas al procedimiento quirúrgico que aumentan la morbilidad y mortalidad son el fallo ventricular derecho, las lesiones por reperfusión, la hemorragia pulmonar y la persistencia de la hipertensión pulmonar, por lo que el destete de la derivación cardiopulmonar puede resultar difícil, el edema de reperfusión también es una complicación inherente a la tromboendarterectomía y aparece entre un 5 y 20 % de las intervenciones, siendo un factor de riesgo para mortalidad hospitalaria; sin embargo, existen alternativas de tratamiento como es la Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO por sus siglas en inglés) con excelentes resultados.<sup>3</sup>

En las instituciones nacionales de salud de México se encontraron pocos estudios sobre la incidencia y dado que actualmente es un problema de salud pública de primer orden, el presente estudio tuvo la finalidad de evaluar la efectividad hemodinámica y funcional del paciente sometido a TEnd. Con base en los resultados se podrá conocer la efectividad clínica y hemodinámica del paciente que ha sido sometido a tromboendarterectomía, se obtendrán datos relevantes que ayudaran a evaluar las supervivencia y calidad de vida de los pacientes postoperados en el Instituto, de la misma forma evaluar el manejo de la técnica de perfusión durante el procedimiento y así poder estandarizar un protocolo para el manejo de los pacientes sometidos a este procedimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de serie de casos de pacientes sometidos a TEnd. Cabe señalar que para fines de este estudio se definió como TEnd al tratamiento quirúrgico de elección en la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica.

De una población de 42 pacientes se obtuvo una muestra no probabilística seleccionada por conveniencia de 25; incluyendo en el estudio a los pacientes del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez de todas las edades, ambos sexos, postoperados de TEnd entre 2002 al 2016; dentro de los criterios de eliminación se consideraron a aquellos pacientes que fallecieron durante el procedimiento y/o no tenían los datos completos en el expediente clínico (n=17).

La recolección de datos se realizó mediante una cédula «ex profeso» de 7 ítems para datos demográficos: registro, edad, sexo, desenlace, fecha de defunción, intervención previa, diagnóstico médico; 2 para somatometría: peso y talla; 6 hemodinámicos: presión arterial pulmonar sistólica y



diastólica, presión arterial pulmonar media (PAPM), resistencias vasculares sistémicas (RVS), resistencias vasculares pulmonares (RVP), gasto cardiaco, índice cardiaco (IC); hematológicos: trastorno de la coagulación, hemoglobina, hematocrito, tiempo parcial de tromboplastina, tiempo de protrombina; 1 para evaluar la clase funcional de la New York Heart Association; 6 gasométricos: pH, presión parcial de dióxido de carbono, presión arterial de oxígeno, saturación arterial de oxígeno; y 9 de conducción de la perfusión: tiempo de circulación extracorpórea (CEC), número de paros circulatorios, hipotermia, tiempo de reperfusión, tiempo de pinzamiento aórtico, utilización de ECMO y perfusión cerebral selectiva, con respuestas abiertas y dicotómicas.

Para limitar el riesgo de sesgo, el estudio se desarrolló a través de los siguientes pasos: 1) solicitud de autorización por parte del comité de investigación y registro ante el mismo; 2) previa capacitación de colaboradores se procedió a la recolección de datos mediante revisión metódica de cada uno de los expedientes de los pacientes que fueron seleccionados; 3) los investigadores registraron los datos encontrados en el instrumento previamente validado por juicio de expertos; 4) una vez recolectados los datos se procedió a realizar la captura y análisis de los datos; y 5) los resultados se presentaron a los gestores con la finalidad de tomar la mejor decisión y desarrollar intervenciones de mejora.

Los datos obtenidos se analizaron a través del programa estadístico para las ciencias sociales v17 con frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas (escala de la NYHA) y medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas como parámetros hemodinámicos (IC, GC, RVP, PAPM), valores gasométricos y tiempos de coagulación (TP, TTP); así como la prueba de comparación de U de Mann Whitney si la distribución no fuera normal y la supervivencia de Kaplan-Meier; considerando la significancia en  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

De los 25 pacientes revisados prevalecieron los hombres en el 68 % de los casos. La media de la edad fue  $43 \pm 43$  años, sin embargo la edad mínima que se reportó fue de un niño con 11 años y la edad máxima de 79 años. El peso promedio fue de  $71.2 \pm 19.7$  kilogramos, y talla de  $1.66 \pm 0.12$  metros.

El 90 % de la población estudiada presentó cierto grado de sobrepeso. Se encontraron pacientes que presentaban Lupus Eritematoso Sistémico en un 8 %, TVP 32 %, y un 60 % no presentó enfermedad asociada; sin embargo, hubo pacientes que presentaron síndrome antifosfolípido como factor de riesgo importante para trombosis.

Del total de la muestra, dos pacientes requirieron oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO Venó-Arterial)

secundario a fallo ventricular derecho y edema de reperfusión con resultados exitosos.

Durante el preoperatorio el 56 % de los pacientes se encontró en clase funcional II de la NYHA, 20 % en clase III, 16 % en clase IV y solo un 8 % en clase I, manifestando una notoria mejoría posoperatoria donde el 72 % de los pacientes se encontraba entre la clase funcional I y II, no obstante, los 4 pacientes con clase IV murieron durante el posoperatorio inmediato (tabla I).

Dentro de la conducción de la CEC todos los pacientes se manejaron bajo hipotermia profunda siendo  $14^\circ\text{C}$  la temperatura más baja. En el 80 % se llevó a cabo paro circulatorio total, con un máximo de 4; el tiempo total máximo de paro fue de 117 minutos, sin embargo, el 20 % de los pacientes se manejó con perfusión cerebral selectiva, dentro de los cuales el 8 % fue retrógrada y el 12 % anterógrada (tabla II).

Cabe señalar que se dio un periodo de reperfusión de 10 minutos entre cada paro circulatorio. El tiempo máximo de CEC fue de 362 minutos y el mínimo de 112 minutos ( $222.60 \pm 73.63$ ), pero no a todos los pacientes se les realizó pinzamiento aórtico ya que su manejo fue con flujos bajos y perfusión cerebral selectiva; y el tiempo máximo de pinzamiento aórtico fue de 234 minutos ( $121.6 \pm 70.9$ ). Es de resaltar que a partir del año 2010, el 80 % de los pacientes se sometieron sólo a perfusión con paro circulatorio total, sin perfusión cerebral retrógrada. Del 100 % de los pacientes el 20 % falleció dentro del primer mes del posoperatorio, debido a fallo ventricular derecho y persistencia de hipertensión pulmonar.

Como se puede ver en la tabla III los parámetros hemodinámicos antes y después de la cirugía de tromboendarterectomía, disminuyeron significativamente las RVP ( $724 \pm 616$  vs  $327 \pm 277$ ;  $Z = -3.485$ ,  $p < 0.0001$ ) y la PAPM ( $57.6 \pm 27.2$  vs  $41.4 \pm 19.0$ ;  $Z = -3.284$ ,  $p = 0.001$ ) y se incrementó el GC ( $3.7 \pm 1.5$  vs  $4.5 \pm 1.7$ ;  $Z = -2.624$ ,  $p = 0.009$ ). Hubo mejoría en cuanto a los parámetros gasométricos, donde la PO<sub>2</sub> ( $105 \pm 84.8$  vs  $137 \pm 87.4$ ;  $Z = -2.112$ ,  $p = 0.035$ ) y la SaO<sub>2</sub> ( $90.1 \pm 6.4$  vs  $92.2 \pm 18.6$ ;  $Z = -2.438$ ,  $p = 0.015$ ) se incrementaron con relación a los datos basales; no obstante el pH mostró una disminución estadísticamente significativa.

## DISCUSIÓN

La tromboendarterectomía pulmonar se ha definido como el tratamiento curativo de elección de la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica, donde la mejoría tanto en la técnica quirúrgica como en la protección miocárdica han contribuido en más y mejores resultados; dichos avances han hecho las técnicas más seguras, ofreciendo al paciente una mayor supervivencia y mejoría en la calidad de vida.<sup>4</sup>

En el presente trabajo se confirma que la tromboendarterectomía pulmonar prolonga la supervivencia, recupera la funcionalidad del ventrículo derecho, mejora los parámetros hemodinámicos, viéndose reflejado en la clase funcional del paciente.

El grado de reducción de las resistencias vasculares pulmonares y de la presión arterial pulmonar son los factores determinantes del pronóstico vital y de la mejoría clínica de los pacientes sometidos a la tromboendarterectomía pulmonar.

En nuestro estudio se observó que la tromboendarterectomía disminuye significativamente las RVP y la PAPM mientras que se incrementa el GC con una mortalidad registrada del 20 %, ésta se asocia principalmente a la persistencia de la hipertensión arterial pulmonar y fallo del ventrículo derecho. La supervivencia de los pacientes a tres años fue del 80 %, estos resultados son muy similares a lo encontrado en los estudios de López, Prieto, Mayer y Curbelo.<sup>5,6,7,8</sup>

El 40 % presentó factor de riesgo para desarrollo de trombosis, lo cual coincide a un estudio realizado por Favalloro en el Hospital Universitario Fundación Favalloro,<sup>9</sup> donde los pacientes que padecen algún trastorno de la coagulación<sup>o</sup> tienen una alta probabilidad de desarrollar TEP, siendo un factor en el pronóstico del paciente, por lo que es necesario que aquellos pacientes que padezcan alguna coagulopatía se les dé un seguimiento y sean diagnosticados en una etapa temprana evitando complicaciones.

Dentro de esta revisión la media de CEC fue de  $218.7 \pm 40.5$  min, el paro circulatorio fue de  $35.7 \pm 11.9$  minutos, los rangos de edad fueron de 11-79 años.

El 80 % de los pacientes se manejaron bajo hipotermia profunda, con paro circulatorio total, con periodos de reperfusión, sin embargo hubo casos en los que se realizó perfusión cerebral selectiva sin cambios significativos, Vuyksteke<sup>11</sup> en su estudio recomienda el paro circulatorio como la modalidad óptima para pacientes sometidos a cirugía de endarterectomía pulmonar, ya que los beneficios del mantenimiento de la perfusión cerebral anterógrada en comparación con el paro circulatorio hipotérmico profundo son semejantes.

En la experiencia del presente trabajo dos pacientes fueron tratados con ECMO Venoso-Arterial, uno de ellos presentó hipertensión pulmonar residual en el posoperatorio inmediato, definida por RVP  $>500$  dinas/sg, asociada a fallo ventricular derecho y enfermedad vascular distal, el segundo paciente presentó edema de reperfusión definida por hipoxemia severa con infiltrados pulmonares radiológicos en áreas distales a la TEnd, con presencia de hemorragia pulmonar; como dato importante es que los pacientes a su ingreso presentaban hipertensión arterial pulmonar grave y escala funcional NYHA IV, al paciente con fallo derecho se le colocó el ECMO a las 24 horas del postoperatorio y el otro

paciente con edema de reperfusión se le colocó posterior al destete de la derivación cardiopulmonar en la sala de operaciones, a ambos pacientes se les retiró de forma exitosa a los seis y siete días respectivamente. Jenkins<sup>1</sup> en su estudio menciona el uso de este dispositivo como apoyo para el edema por reperfusión, por lo que consideramos que el ECMO es una alternativa indispensable en el tratamiento de estos pacientes con muy buenos resultados.

En el Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social, en el año 2014 se reportó el primer caso exitoso informado en nuestro país con el uso de ECMO V-A para el tratamiento del fallo del VD posterior a tromboendarterectomía,<sup>13</sup> en el Instituto utilizamos el mismo sistema ECMO QUADROX PLS, (Rotaflow-Maquet Cardiovascular, Hirrlingen, Alemania), este sistema es una alternativa terapéutica para los pacientes que pudieran tener mal pronóstico debido a complicaciones después de la tromboendarterectomía pulmonar. Los pacientes estudiados mejoraron su clase funcional y su capacidad física con lo cual contribuyó a mejorar significativamente su calidad de vida, lo cual coincide con el seguimiento que llevo a cabo Delcroix.<sup>14</sup>

## CONCLUSIÓN

La tromboendarterectomía pulmonar es el tratamiento de elección en la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica siempre y cuando el paciente sea diagnosticado de manera oportuna, donde la situación hemodinámica pulmonar preoperatoria y el grado de hipertensión arterial pulmonar son factores determinantes en la supervivencia y calidad de vida. En nuestra experiencia la tromboendarterectomía pulmonar mostró una respuesta hemodinámica favorable, con mejoría en la clase funcional, y la supervivencia. En nuestro país es necesario realizar más estudios de investigación donde la evidencia científica sea la herramienta en el tratamiento de dichos pacientes.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no presentan ningún conflicto de interés

## REFERENCIAS

1. Morales JE, Salas JL, Rosas MJ, Valle MA. Diagnóstico de tromboembolia pulmonar. Arch Cardiol Mex. 2011; 81(2): 126-136
2. Cabrera RA, Nellen HH. Epidemiología de la enfermedad tromboembólica venosa. Gac Med Mex. 2007; 1(143): 3-5.
3. Figueredo A, Gómez JC, Pizarro CE, Murcia AS, Poveda AM, Ramírez AL, et al. Impacto de tres años de experiencia en

- tromboendarterectomía pulmonar. *Rev Colomb Cardiol.* 2016; 23(4): 305-312.
4. Franco AI, Alegría E, Muñiz F, Teijeiro R, Rodríguez JE, García MJ, et al. Tromboendarterectomía pulmonar en el tratamiento de la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica. *Arch Cardiol Mex.* 2017; 87(2): 125-132.
  5. López MJ, Pérez E, Forteza A, Centeno J, Eixeres A, Velázquez MT, et al. Tromboendarterectomía pulmonar en 106 pacientes con hipertensión pulmonar tromboembólica crónica. *Arch Bronco Neumol.* 2015; 51 (10): 502-508.
  6. Prieto J, García F, Ramírez S, Gutiérrez S, Mojarro MA, Gallegos LA, et al. Hipertensión pulmonar secundaria a tromboembolia pulmonar. *Lux Médica.* 2016; 33: 37-46.
  7. Mayer E, Jenkins D, Lindner J, D'Armini A, Kloek J, Meyns B, et al. Surgical management and outcome of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: results from an international prospective registry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Mar; 141(3): 702-10.
  8. Curbelo P, Caneva J, Musetti A, Torres V, Vázquez H, Favalaro R, et al. Tromboendarterectomía en hipertensión pulmonar tromboembólica crónica. Reporte de primer caso clínico en Uruguay. *Rev Urug Cardiol.* 2012; 27:223-227.
  9. Favalaro R, Peradejordi MA, Gómez CB, Santos M, Caneva JO, Klein F, et al. Tromboendarterectomía pulmonar: tratamiento de elección para la hipertensión pulmonar tromboembólica crónica, 18 años de seguimiento del Hospital Universitario Fundación Favalaro. *Rev Am Med Resp.* 2011; 2: 74-83.
  10. Guía ESC/ERS 2015 sobre diagnóstico y tratamiento de la hipertensión pulmonar. *Rev Esp Cardiol.* 2016; 69(2):177.e1-e62.
  11. Vuylsteke A, Sharples L, Charman G, Kneeshaw J, Tsui S, Dunning J, et al. Circulatory arrest versus cerebral perfusion during pulmonary endarterectomy surgery (PEACOG): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2011 Oct 15; 378(9800): 1379-87.
  12. Jenkins D. Pulmonary endarterectomy: The potentially curative treatment for patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Eur Respir Rev.* 2015; 24: 263-271.
  13. Meza LR, Santos LE, Lozano VM, Jiménez RD, Campos JZ, Rodríguez NA, et al. Uso de oxigenador de membrana extracorpórea venoarterial en un paciente con fallo del ventrículo derecho operado de tromboendarterectomía pulmonar. *Arch Cardiol Mex.* 2015; 85(4): 346-348.
  14. Delcroix M, Howard L. Pulmonary arterial hypertension: the burden of disease and impact on quality of life. *Eur Respir Rev.* 2015; 24: 621-629.

Tabla I. Clase funcional NYHA pre y posoperatoria

Escala NYHA	Preoperatorio	Postoperatorio
	Fr (%)	Fr (%)
Clase Funcional I	2 (8)	12 (48)
Clase Funcional II	14 (56)	6 (24)
Clase Funcional III	5 (20)	3 (12)
Clase Funcional IV	4 (16)	4 (16)

Tabla II. Tipo de perfusión en pacientes sometidos a tromboendarterectomía

	Fr. (%)
Perfusión con paro circulatorio	20 (80)
Perfusión cerebral retrógrada	2 (8)
Perfusión cerebral anterógrada	3 (12)

Tabla III. Parámetros hemodinámicos, gasométricos y tiempos de coagulación

Parámetros	Antes		Después		Z	p
	x	DE	x	DE		
<b>Hemodinámicos</b>						
PAPM	57.6	± 27.2	41.4	± 19.0	-3.284	0.001*
GC	3.7	± 1.5	4.5	± 1.7	-2.624	0.009*
IC	2.2	± 0.9	2.5	± 1.0	-1.443	0.149
RVP	724	± 616	327	± 277	-3.485	0.0001*
<b>Gasométricos</b>						
pH	7.40	± 0.07	7.35	± 0.08	-2.168	0.030*
PCO <sub>2</sub>	34.6	± 10.8	37.2	± 7.8	-1.211	0.226
PO <sub>2</sub>	105	± 84	137.8	± 87	-2.112	0.035*
SaO <sub>2</sub>	90.1	± 6.4	92.2	± 18.6	-2.438	0.015*
Hto.	43.2	± 5.8	34.2	± 9.9	-3.970	0.0001*
Hb.	14.1	± 2	12.0	± 1.7	-3.458	0.001*
<b>Coagulación</b>						
TP	15.4	± 5.5	17.6	± 7.7	-1.224	0.221
TPTA	52.9	± 33.6	52.94	± 36.5	-0.843	0.399

# Carta de bienvenida

## XXI Congreso Nacional de la AEP

Estimados/as amigos/as y compañeros/as:

Del 18 al 20 de junio de 2020 celebraremos en Santander el XXI Congreso Nacional de la Asociación Española de Perfusionistas.

Santander es una preciosa ciudad bañada por el Cantábrico, acogedora y abierta al mar y la montaña; idónea para la celebración de eventos culturales y científicos. Una ciudad que en 1978 acogió la primera reunión científica de perfusionistas en la que los 45 socios fundadores aprobaron los primeros estatutos de la «Asociación Española de Perfusionistas y Técnicas de Circulación Artificial», una asociación hoy en día consolidada, renovada y formada por un numeroso colectivo profesional.

El comité organizador y el científico quieren ofrecer un encuentro de alto nivel que contribuya a mantener el grado de excelencia necesario para la actividad asistencial de todos los perfusionistas, así como a obtener el reconocimiento que le corresponde a esta profesión dentro del sistema nacional de salud.

Os animamos a presentar vuestras investigaciones en este congreso que aunará los conocimientos, habilidades y aptitudes de las distintas unidades de perfusión de nuestro país, y alentamos especialmente a los más jóvenes que se inician en esta profesión. También queremos hacer extensiva la invitación a nuestros compañeros perfusionistas de Latinoamérica, tras el acuerdo de colaboración firmado entre las Sociedades de Perfusión Española y Latinoamericana (ALAP). Las nuevas competencias que debe asumir nuestro colectivo deberían abrir el camino a la alianza con otras asociaciones profesionales con intereses similares.

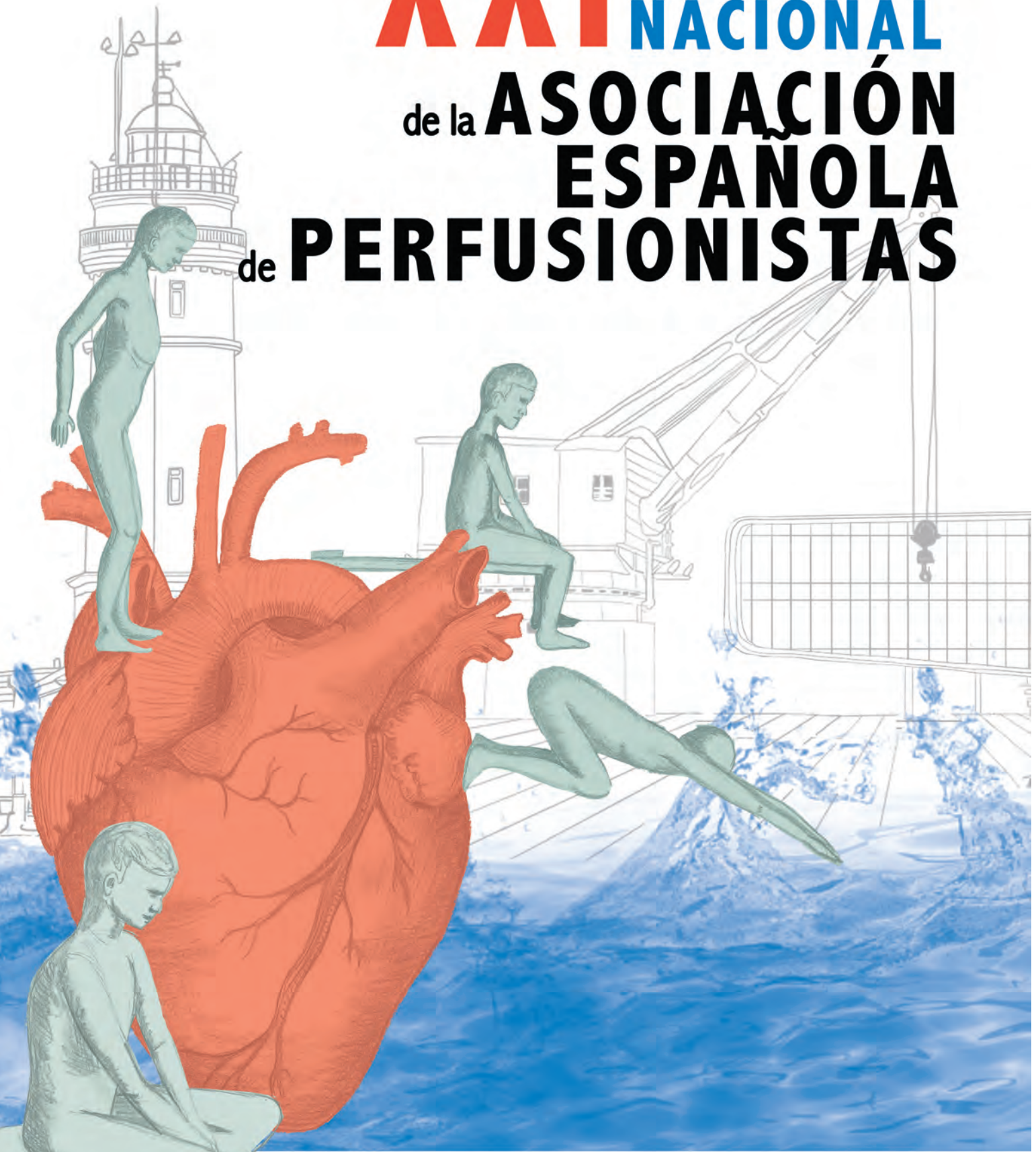
Para hacer realidad este proyecto es imprescindible vuestra presencia y vuestra participación. La Junta Directiva está trabajando a fin de facilitar las inscripciones y asistencia al Congreso por lo que agradeceremos cualquier sugerencia o proyecto que queráis proponer.

Saludos cordiales,

Carlos García Camacho  
Presidente de la AEP

# XXI CONGRESO NACIONAL

## de la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA de PERFUSIONISTAS



**SANTANDER**

18 al 20 de junio 2020



# Primer Simposio de Actualización en Perfusión



Utiliza el Hashtag

#SimposioALAP2019

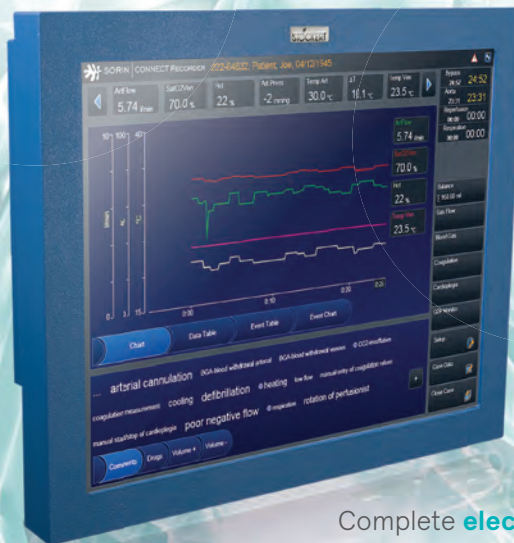
@alperfusion

## Connect and engage innovation

### CONNECT<sup>®</sup>

Implements **Goal-Directed Perfusion**

**Centralizes** all perfusion data on one screen



**Retrospective** calculations and data analysis

**Real time** monitoring and trending

Complete **electronic medical** perfusion record

**Innovative real time data calculation, trending and monitoring.**

Connect is part of the integrated HeartLink<sup>®</sup> System and allows intra-operative monitoring and trending of critical perfusion parameters.



# Nuevas normas de publicación

## INTRODUCCIÓN

La *Revista Española de Perfusión* es uno de los órganos oficiales de expresión de la Asociación Española de Perfusionistas (AEP) y constituye un elemento útil y necesario para estos profesionales en todos los ámbitos de su desarrollo laboral. Sus objetivos principales son impulsar la difusión del conocimiento, fomentar el desarrollo de la evidencia científica y favorecer la integración de dicha evidencia en la práctica clínica.

La *Revista Española de Perfusión* tiene como misión publicar editoriales, manuscritos originales, artículos de revisión, protocolos, informe de casos, cartas al editor, además de noticias de la AEP, siempre relacionados con las técnicas de perfusión y oxigenación extracorpórea, así como con todos los aspectos clínicos relacionados con la perfusión. Va dirigida principalmente al colectivo de perfusionistas de habla hispana y a todos los profesionales relacionados con la cirugía cardíaca, incluido el personal de cuidados intensivos.

## TIPOS DE PUBLICACIONES

Todos los manuscritos tienen que adaptarse a las normas de publicación; se entiende que el primer autor y/o responsable de la correspondencia se responsabiliza del cumplimiento de dichas normas y que el resto de los autores las conocen, participan y están de acuerdo en el contenido del manuscrito.

Los diferentes tipos de publicaciones que tienen cabida en la *Revista Española de Perfusión* son:

- Editorial
- Artículos originales
- Artículos de revisión
- Informes de caso (Casos clínicos)
- Protocolos
- Cartas al Editor
- Registro y Noticias AEP

En los manuscritos originales, de revisión, protocolos o de informe de casos debe aparecer una primera página separada en la que constará el título del manuscrito, en español e inglés; los autores con nombre y apellidos; el o los centro/s de trabajo, con departamento, institución, ciudad y país; y la dirección postal completa del autor a quien debe dirigirse la correspondencia, teléfono y correo electrónico, si es posible, que sean corporativos.

En todos los casos se deben incluir también fotografías de plano medio de al menos el primer autor en formato JPG o TIFF y con al menos 300 dpi de resolución y en un archivo independiente.

## ARTÍCULOS ORIGINALES

Se publicarán en esta sección trabajos de investigación originales. El manuscrito no superará las 5.000 palabras (excluidas solo las figuras y/o tablas). El número máximo de referencias bibliográficas será de 30, y el número de tablas o figuras no superará los 6 en ambos casos.

El manuscrito seguirá la siguiente estructura por este orden:

1. **Título** en español y en inglés.
2. **Resumen** estructurado en español y en inglés con palabras clave. Ambos tendrán una extensión máxima de 250 palabras, y estarán estructurados en 4 apartados: Objetivo, Material y Métodos, Resultados y Conclusiones. No contendrán citas bibliográficas, ni abreviaturas. Se pondrán entre 3-7 palabras clave, preferiblemente publicadas en MeSH o en DeCS.
3. **Texto**. Consta de los siguientes apartados: Introducción; Material y Métodos; Resultados; Discusión; y Conclusiones (este último puede ser también el final de la discusión), cada uno de ellos adecuadamente encabezado. En el último párrafo de la introducción debe ir expresado claramente el objetivo del estudio. Se pueden utilizar subapartados, principalmente en

material y métodos, subtítulos de forma adecuada para organizar cada una de las secciones y que no se preste a confusión.

Es obligatorio declarar si hay conflicto de intereses o no.

Los agradecimientos figurarán al final del texto.

4. **Bibliografía.** Las referencias bibliográficas, en número máximo de 30, se citan en secuencia numérica, en formato superíndice en el texto, de acuerdo con su orden de aparición en el mismo. Se usarán las normas Vancouver para las citas, como recomendación se puede añadir al final de ésta el DOI o PMID.

5. **Figuras y tablas.** Las figuras, en número máximo de 6, correspondientes a gráficos, dibujos y/o fotografías se enviarán en formato TIFF o JPEG preferentemente, con una resolución no inferior a 400 dpi. Estarán ordenadas con números de acuerdo con su orden de aparición en el texto. Deben llevar un título corto previo y un pie de figura posterior en el que se pueden aportar aclaraciones, así como identificar las abreviaturas usadas.

Las fotografías de personas deben realizarse de manera que no sean identificables, o se adjuntará el consentimiento de su uso por parte de la persona fotografiada.

Las tablas, también un máximo de 6, tienen el mismo tratamiento de las figuras en cuanto a numeración, orden, título y pie de tabla. Es conveniente no repetir los datos de una tabla en el texto y viceversa. Deberán ir numeradas de forma correlativa en numeración romana.

## INFORME DE CASOS (CASOS CLÍNICOS O SERIE DE CASOS)

Se aceptarán manuscritos de casos clínicos o serie de casos de excepcional interés, bien por su escasa frecuencia, bien por su evolución no habitual o por su aportación al conocimiento de la perfusión en cualquiera de sus vertientes, se admitirán con especial interés casos clínicos de eventos adversos con su análisis causa raíz.

Tendrá una extensión máxima de 2.500 palabras y 10 citas bibliográficas, además de las tablas y figuras, que no deben ser más de 8 en total.

El resumen será realizado de la misma manera que para un artículo original excepto en la estructura, que se adaptará a la misma que el texto para este tipo de manuscrito:

1. Introducción,
2. caso clínico, y
3. discusión, con las conclusiones si las hubiera.

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

En este apartado tendrán cabida tanto manuscritos solicitados por el Comité Editorial a autores de reconocida trayectoria como aquellos elaborados por propia iniciativa. Se admitirán revisiones bibliográficas, sistemáticas y metaanálisis.

Este tipo de manuscrito tendrá la misma estructura que el artículo original, con la excepción de que el número de referencias bibliográficas quedará a criterio del autor y en función del tema tratado, recomendando no exceder las 50 citas.

## EDITORIAL

Esta sección contemplará comentarios y reflexiones sobre algún tema importante o novedoso relacionado con la perfusión, o bien con otros temas que sean de interés para los perfusionistas. La extensión no excederá una página de la revista.

Los editoriales se elaborarán habitualmente por el equipo editorial de la revista, aunque la revista está abierta a propuestas sobre temas y autores que puedan desarrollarlos, siendo la decisión final de la aceptación de la publicación por el Comité Editorial.

## CARTAS AL EDITOR

En ellas se recogerán observaciones científicas y análisis críticos, formalmente aceptables sobre los trabajos publicados. También es un espacio para que los lectores envíen sus comentarios sobre temas de actualidad, en cualquier aspecto relacionado con la perfusión que pueda ser de interés para los profesionales. Es la sección idónea para el intercambio de ideas y opiniones entre los lectores, autores y equipo editorial de la revista, así como para promover la reflexión sobre temas relevantes. Tendrán cabida, asimismo, los resultados de investigación que, por su reducida extensión, no lleguen a constituir un artículo original. La extensión máxima será de 700 palabras, y se admitirán una tabla o figura, y un máximo de 5 referencias bibliográficas.

## PROTOSCOLOS

Se aceptarán protocolos de actuación en perfusión y protocolos basados en evidencias, la estructura de estos será valorada por el equipo editorial, la primera página con el mismo contenido que un manuscrito original. A nivel orientativo pueden incluir algunos apartados: título; definición de la actuación/problema; justificación; a que pobla-

ción se dirige; definir la actividad a realizar; el plan de actuación; recursos necesarios; organización y funcionamiento; sistema de registro; evaluación del protocolo; algoritmo de actuación; conflicto de intereses; bibliografía; y anexos.

## REGISTRO Y NOTICIAS DE LA AEP

LA AEP se reserva el derecho de publicar registros, documentos y noticias de interés tanto para la Asociación y como para los perfusionistas.

## ENVÍO DEL MANUSCRITO

Por favor, remita su manuscrito a la dirección de correo electrónico: revista@aep.es Recibirá un correo electrónico acusando la recepción del manuscrito.

Esta revista no aplica ningún cargo de publicación sobre los artículos.

## IDIOMA

La revista se publica en idioma español. No obstante, siempre se acompañarán del título, resumen y palabras clave en inglés. La revista se publicará en dos versiones, una en formato impreso y otra online. Si usted también tiene el manuscrito en inglés, puede facilitárnoslo y se valoraría su publicación en la versión online.

## LISTADO DE COMPROBACIÓN

Este listado le será útil en la última revisión del artículo previa a su envío a la revista. Consulte las distintas secciones de la presente Guía para autores si desea ampliar detalles de alguno de los puntos. Compruebe que ha realizado todas las tareas siguientes:

- Nombra un autor de correspondencia e incluye sus datos de contacto (dirección postal, dirección de correo electrónico).
- Contiene la lista de palabras clave.
- Están presentes todos los apartados tanto en el resumen como en el texto.
- Aparecen todas las figuras y sus títulos correspondientes.
- Aparecen todas las tablas (con el título, descripción y notas pertinentes).
- Todas las referencias a tablas y figuras en el texto coinciden con los archivos de tablas y figuras que envía.

- Realiza una corrección ortográfica y gramatical del manuscrito.
- Comprueba que todas las citas del texto se hallan en el listado de referencias, y viceversa.
- Obtiene los permisos necesarios para el uso de material sujeto a derechos de autor, también para el material que proviene de Internet.
- Incluye las declaraciones de conflicto de intereses, incluso cuando no hay conflicto de intereses que declarar.
- Revisa la normativa de la revista detallada en la presente Guía.

## CONSIDERACIONES GENERALES

### ÉTICA DE LA PUBLICACIÓN CIENTÍFICA

**Autoría del artículo:** la autoría debe limitarse a aquellos que hayan hecho una contribución significativa a la concepción, diseño, ejecución o interpretación del estudio informado. Se puede optar por la transparencia sobre las contribuciones de cada autor al manuscrito.

**Originalidad y plagio:** los autores deben asegurarse de que han escrito obras completamente originales; si los autores han utilizado la obra y/o las palabras de otros éstas deben citarse correctamente.

**Acceso y retención de datos:** se puede solicitar a los autores que proporcionen los datos sin procesar en relación con un documento para revisión editorial, y deben estar preparados para proporcionar acceso público a dichos datos.

**Publicación múltiple, redundante o concurrente:** un autor no debe, en general, publicar manuscritos que describan esencialmente la misma investigación en más de una revista o publicación primaria. No se considera los siguientes usos de una obra como publicación previa: publicación en forma de resumen; publicación como tesis académica; publicación como preimpresión electrónica.

**Reconocimiento de fuentes:** Siempre se debe dar un reconocimiento adecuado del trabajo de otros.

**Errores fundamentales en trabajos publicados:** cuando un autor descubre un error significativo o inexactitud en su propio trabajo publicado, el autor tiene la obligación de notificar de inmediato al editor de la revista o editor y cooperar con el editor para retractar o corregir el artículo.

### DERECHOS DE PERSONAS Y ANIMALES

Si el trabajo descrito conlleva la participación de personas o animales, el autor debe asegurarse de que se llevó a cabo en consonancia con el código ético de la OMS (Decla-

ración de Helsinki) sobre experimentos con humanos. El manuscrito deberá seguir las recomendaciones para la realización, registro, edición y publicación de trabajos científicos en revistas biomédicas, del ICMJE y aspirar a la inclusión de poblaciones humanas representativas en cuanto a sexo, edad y procedencia étnica, según aconsejan dichas recomendaciones. Los términos sexo y género deben utilizarse correctamente.

Si así fuese necesario, el autor debe declarar en el manuscrito que cuenta con el consentimiento informado de todos los sujetos estudiados. En todo momento debe respetarse el derecho a la privacidad de las personas.

Los experimentos con animales deben adherirse a las directrices del ARRIVE y realizarse de acuerdo con el Acta de 1986 del Reino Unido sobre Animales (Procedimientos Científicos) y las recomendaciones relacionadas de la Directiva UE 2010/63/UE para experimentos con animales, o la guía sobre el cuidado y utilización de los animales de laboratorio del National Institutes of Health (NIH Publications No. 8023, revised 1978). El autor deberá indicar claramente en el manuscrito que se han seguido estas directrices. También debe indicarse el sexo de los animales, así como, cuando proceda, la influencia (o asociación) del sexo en los resultados del estudio.

### CONFLICTO DE INTERESES

Todos los autores deben informar de cualquier relación personal o financiera con personas u organizaciones que pudieran influenciar inadecuadamente (hacer parcial) su trabajo. Ejemplos de posibles conflictos de interés: estar empleado por la organización, servicios de consultoría, titularidad de acciones, remuneración, testimonio de experto remunerado, solicitudes/registros de patentes y becas u otro tipo de financiación.

### DECLARACIONES INHERENTES AL ENVÍO DE MANUSCRITOS

La presentación de un artículo implica que el trabajo descrito no se ha publicado previamente (excepto en los casos citados antes), que no está en evaluación para publicarse en ningún otro medio, que su publicación está autorizada por todos los autores y expresa o tácitamente por las autoridades responsables de la institución en que se llevó a cabo el trabajo, y que, en caso de aceptarse, no se publicará en ningún otro medio con el mismo formato, en inglés ni en ningún otro idioma, ni siquiera en formato electrónico, sin el consentimiento por escrito del titular del copyright. Para verificar su originalidad, el manuscrito podrá ser buscado y examinado en la Web.

### AUTORÍA

Todos los autores deben haber hecho contribuciones sustanciales en cada uno de los siguientes aspectos: la concepción y el diseño del estudio, o la adquisición de datos, o el análisis y la interpretación de los datos; el borrador del artículo o la revisión crítica del contenido intelectual; y la aprobación definitiva de la versión que se presenta.

### COPYRIGHT Y DERECHOS DE LOS AUTORES

Una vez aceptado el artículo, se solicitará a los autores que rellenen un «acuerdo de publicación». Se enviará un mensaje de correo electrónico al autor de correspondencia confirmando la recepción del manuscrito y adjuntando el documento del acuerdo de publicación en la revista, o bien un enlace a la versión en línea de dicho acuerdo.

La revista se publica bajo una licencia «Creative Commons, Reconocimiento, No Comercial y Compartir Igual 4.0 Internacional» (CC BY-NC-SA 4.0)», que permite a otros compartir el trabajo con un reconocimiento de la autoría del trabajo y la publicación inicial en esta revista (con excepción de los usos comerciales).

Los autores que publican en esta revista están de acuerdo con los siguientes términos:

- a) Los autores conservan los derechos de autor (derechos morales) y garantizan a la revista el derecho de ser el primer soporte documental publicado del trabajo.
- b) Se permite y anima a los autores a difundir la versión del trabajo revisado por pares y aceptada para su publicación (por ejemplo, en repositorios institucionales o temáticos).

### OPEN ACCESS

La *Revista Española de Perfusión* es una publicación Open Access: los artículos pueden consultarse y descargarse inmediata y permanentemente de forma gratuita. La publicación de un artículo tiene un coste (también conocido como «coste de publicación del artículo»). En este caso, el coste lo asume la Asociación Española de Perfusionistas, propietaria de la publicación. La licencia Creative Commons define los usos permitidos para el mismo.

### FUENTE DE FINANCIACIÓN

Le rogamos que indique los datos de la(s) institución(es) que han proporcionado financiación económica para la realización de la investigación y/o la preparación del artículo.

lo, así como que describa brevemente el papel que ha(n) desempeñado dicho(s) patrocinador(es) en el diseño del estudio, la recolección, el análisis y la interpretación de los datos, la redacción del artículo o la decisión de enviar el artículo para su publicación. Si no existió ningún tipo de participación, por favor indíquelo también.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DATOS DE LOS PACIENTES

Los estudios realizados con pacientes o voluntarios que requieran la aprobación del comité ético y el consentimiento informado deberán incluirlos en el artículo. Cuando un autor desee incluir datos de los casos u otra información personal, o imágenes de los pacientes y de otras personas en la publicación, deberá obtener los permisos, consentimientos y cesiones apropiados. El autor deberá conservar los consentimientos por escrito, pero no es necesario que envíe copias de los mismos a la revista. Solamente si la revista lo solicita específicamente en caso de circunstancias excepcionales (por ejemplo, en caso de un problema legal), tendrá que facilitar copias de estos o las pruebas de que se han obtenido dichos consentimientos. A menos que tenga la autorización del paciente por escrito (o, cuando sea necesario, de su pariente más cercano), los datos personales del paciente incluidos en cualquier parte del artículo deben eliminarse antes de la presentación.

## PROCESO DE GESTIÓN EDITORIAL DEL MANUSCRITO

Como ya hemos mencionado anteriormente, la dirección de correo electrónico para el envío de manuscritos es [revista@aep.es](mailto:revista@aep.es)

Toda la comunicación entre autor y revista se realizará a través de este correo. Se adjuntará un archivo único y el editor adjunto lo cegará para realizar el proceso de revisión por pares. El autor de correspondencia recibirá información sobre el proceso de revisión de su manuscrito a través del email.

## REVISIÓN POR PARES (PEER REVIEW)

Tras la recepción del manuscrito, el editor jefe realizará una primera valoración para comprobar que encajan con los objetivos de la revista. En caso afirmativo, cada manuscrito se enviará por lo general, como mínimo, a dos revisores del Comité Editorial que serán los encargados de evaluar la calidad científica del mismo. Los revisores podrán dar una de estas 3 respuestas: aceptación sin correcciones; devolución para corrección, ya sean cambios menores o cambios mayores; o rechazo porque el artículo tenga fallos

conceptuales irremediables o no aporte nada nuevo a la literatura científica, haya sido publicado previamente o sea poco ético (plagio, datos manipulados o inventados).

Esta revista utiliza un sistema de revisión de doble ciego, lo que significa que tanto autores como revisores son anónimos para el proceso de revisión.

Una vez sean hechas las correcciones, el manuscrito será nuevamente revisado para la comprobación de estas.

## PUBLICACIÓN

El editor jefe es el responsable de la decisión final sobre la aceptación o rechazo del artículo para su publicación.

Cuando se realice el proceso de maquetación, se enviará una prueba al autor en archivo pdf para que haga una nueva revisión. El autor de correspondencia recibirá un correo electrónico con un archivo PDF adjunto. Si no desea utilizar la función de anotación del PDF, puede hacer una lista de las correcciones y enviarlas a [revista@aep.es](mailto:revista@aep.es) en un correo electrónico. Para cada una de las correcciones debe indicar la página y el número de línea correspondiente. Las pruebas se remiten para que el autor compruebe la corrección de la versión maquetada del artículo en lo referente al formato, edición, contenido y exactitud del texto, las tablas y las figuras remitidas. Si se solicitan cambios importantes en esta fase, será necesaria la aprobación del editor jefe. Asegúrese de que incluye todos los cambios en un solo correo electrónico antes de enviarlo, puesto que no podemos garantizar la inclusión de correcciones subsiguientes. La revisión de pruebas es responsabilidad del autor.

De esta forma, junto con la revisión realizada por la editora adjunta, se pasará junto con el resto de los artículos para la impresión y distribución en el caso de la versión impresa y para el posicionamiento en la web en el caso de la versión online.

## PROCESADOR DE TEXTOS

Es importante que guarde el manuscrito en el formato nativo del procesador de textos que utilice, siendo recomendables: Open office, Word, rtf o Wordperfect. El texto debe estar presentado en una sola columna y de la forma más sencilla posible. Tenga en cuenta que la mayor parte de los códigos de formato serán eliminados y sustituidos durante el proceso de edición del artículo. En concreto, no utilice las opciones de justificación de texto o de partición automática de palabras. Puede utilizar negrita, cursiva, subíndices y superíndices o similares. Si prepara las tablas con la herramienta del procesador, utilice una única cuadrícula para cada tabla individual. Si no utiliza cuadrícula, alinee cada una de las columnas mediante tabulaciones, pero

nunca mediante espacios. Para evitar errores innecesarios, le recomendamos encarecidamente que utilice las funciones de revisión de ortografía y gramática presentes en el procesador de textos antes del envío.

## FORMATO DE DIBUJOS, GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS

Si el tamaño de fotografías y/o figuras fuese excesivamente grande y no pudiese ir en el archivo de texto, podrán ser enviadas en un archivo aparte perfectamente identificado para facilitar su inclusión en la maquetación del manuscrito.

Si ha utilizado una aplicación de Microsoft Office, por favor remita la imagen en el formato propio del archivo.

Si ha utilizado otras aplicaciones, una vez la figura esté terminada, por favor haga un «Guardar como» o bien exporte o convierta cada uno de los archivos de imágenes a alguno de los formatos siguientes:

- EPS (o PDF): imágenes vectoriales. Incruste todas las fuentes que haya utilizado.
- TIFF (o JPEG): fotografías en color o escala de grises, con una resolución de 400 dpi/ppp como mínimo.
- TIFF (o JPEG): bitmap, píxeles en blanco y negro puros, con una resolución de 1.000 dpi/ppp como mínimo.

- TIFF (o JPEG): combinaciones de líneas bitmap e imágenes, con una resolución de 500 dpi/ppp como mínimo.

Le rogamos que no remita archivos que no sean óptimos para su utilización en pantalla (GIF, BMP, PICT o WPG, por ejemplo, suelen tener una baja resolución y un número limitado de colores), ni archivos con baja resolución.

## TABLAS

Remita las tablas como texto editable, y no como imágenes. Tiene que colocarlas al final del manuscrito tras la bibliografía. Limite la utilización de tablas y compruebe que los datos que presenta en las mismas no duplican resultados ya descritos en el texto. No utilice pautas verticales ni celdas sombreadas.

## CONSULTA

Para cualquier consulta o aclaración puede enviar un correo electrónico a [revista@aep.es](mailto:revista@aep.es)



# BI-FLOW™

## Bidirectional Femoral Arterial Cannula

### THE ONLY ARTERIAL CANNULA DESIGNED TO PREVENT LIMB ISCHEMIA



**Continuous and reliable perfusion of the limb**  
in an easy, safe and reproducible way



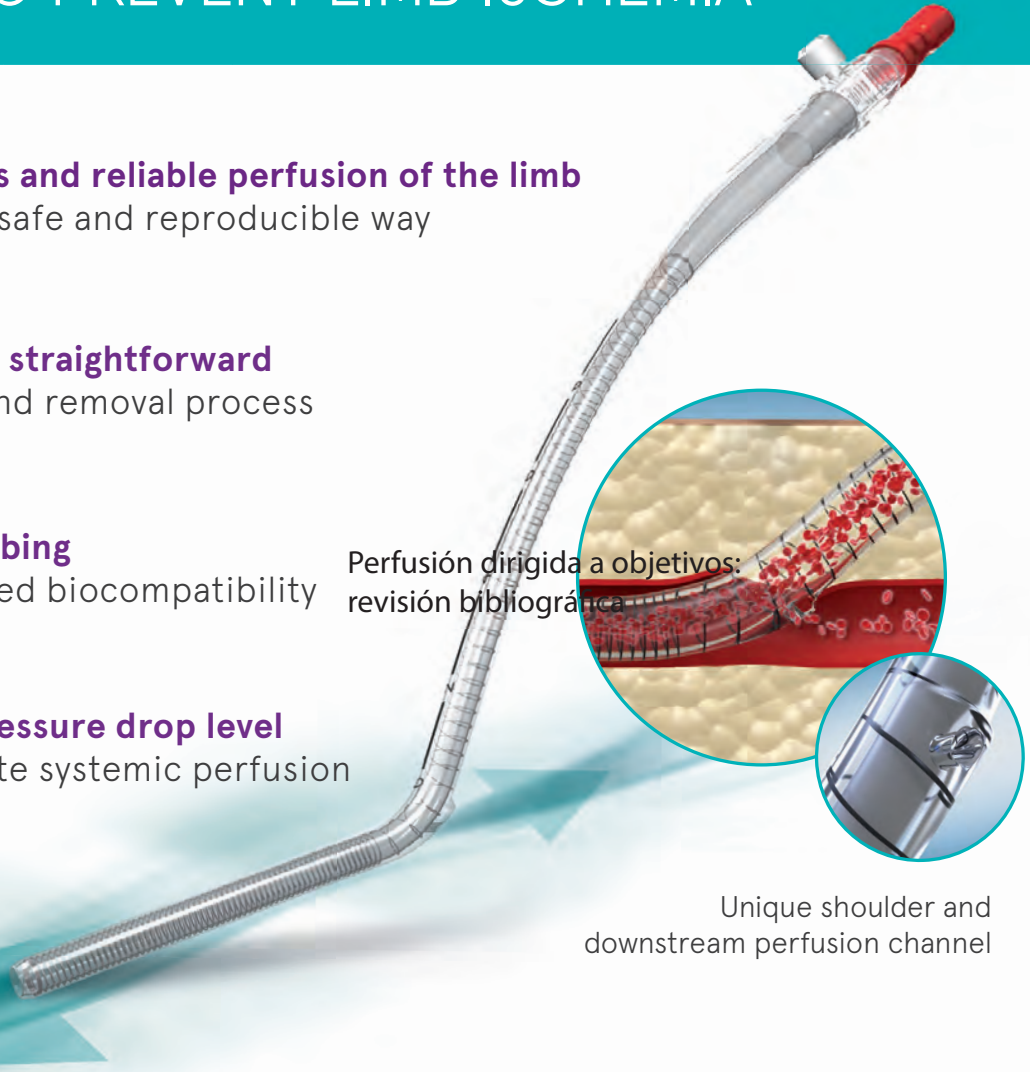
**Simple and straightforward**  
insertion and removal process



**No-DOP tubing**  
for enhanced biocompatibility



**Optimal pressure drop level**  
for adequate systemic perfusion



Perfusión dirigida a objetivos:  
revisión bibliográfica

Unique shoulder and  
downstream perfusion channel

# Bidirectional perfusion, in one unique cannula