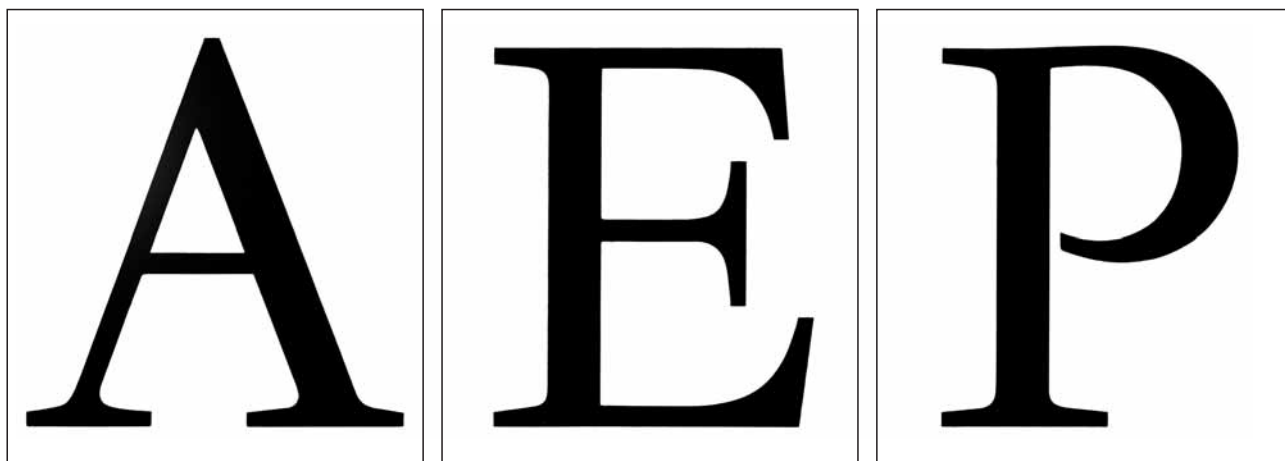


---

47

Segundo Semestre 2009



Revista Española de Perfusión



# el ideal sistémico

La evolución del CPB,  
mejorando la flexibilidad  
clínica y la biocompatibilidad  
sin sacrificar la seguridad  
del paciente.

CE 0123  
SYNERGY  
ADULT INTEGRATED MINI BY PASS SYSTEM



**SYNERGY**

Sistema Integrado  
para Mini CPB  
y como soporte para  
la cirugía cardíaca

 **SORIN GROUP**  
AT THE HEART OF MEDICAL TECHNOLOGY

# SUMARIO

Editada por la Asociación Española de Perfusionistas

N.º 47 - Segundo Semestre de 2009

Conexión a Internet: [www.aep.es](http://www.aep.es)

## DIRECTORA

Marisol García Asenjo  
Presidenta de la A.E.P.  
Hospital de Basurto • Bilbao

## DIRECCIÓN TÉCNICA

M. Àngels Siesto  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau • Barcelona

## JEFE DE REDACCIÓN

Domènec Santiago  
Hospital Germans Trias i Pujol (Can Ruti)  
Badalona (Barcelona)

## COMITÉ DE REDACCIÓN

Elisenda Bruguera  
Esther Colillas  
Margarita Olivares  
Francis Iglesias  
Hospital Universitari de Bellvitge • Barcelona

Rosa Molera  
Ana Segovia  
M. Àngels Siesto  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau • Barcelona

Domènec Santiago  
Hospital Germans Trias i Pujol (Can Ruti)  
Badalona (Barcelona)

Carme Ayats  
Marta González  
Maite Mata  
Xavier Román  
Hospital Clínic i Provincial • Barcelona

Rosa Aguilar  
Hospital Sant Joan de Deu • Barcelona

Montserrat Planas  
Centre Quirúrgic Sant Jordi • Barcelona

## SEDE Y SECRETARÍA DE LA REVISTA

Dirección:  
M. Àngels Siesto  
Secretaría de Cirugía Cardíaca (Perfusión)  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau  
Sant Antoni M. Claret, 167 • 08025 Barcelona  
Tel. 93 291 93 30

## PUBLICIDAD

Elisenda Bruguera  
Departamento de Cirugía Cardíaca  
Hospital Universitari de Bellvitge  
Feixa Llarga, s/n. Bellvitge (Barcelona)  
Tel. 93 260 76 08

## VOCALES DE ZONA

Norte Juana Cautado Bernardo  
Hospital General de Asturias • Oviedo  
Levante Mario García Nicolas  
Clínica Recoletas • Albacete  
Centro M. Jesús Vázquez Rodríguez  
Hospital Clínico San Carlos • Madrid  
Catalunya Francis Iglesias Gordillo  
Hosp. Univ. de Bellvitge • Barcelona  
Sur Rafael Cid Vivar  
Hospital Carlos Haya • Málaga

## 1 Sumario

## 3 Editorial

## 5 Originales

### Protocolo de perfusión pediátrico

*Mercedes Cerro García, M<sup>a</sup> Dolores Méndez Marín*

## 28 Protocolo de perfusión para control de glucemia en cirugía cardíaca bajo circulación extracorpórea

*Carlos García Camacho, Sergio Caballero Gálvez, M<sup>a</sup> José Sánchez Martín*

## 33 Estrategias de ahorro de sangre en CEC

*Cubero Nieto, T., Aguado Velasco, M.J., López Relea, G., Maroto, L., Flórez, S.*

## 42 Notas

## 46 Agenda

## 49 Normas

## 52 Suscripción



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

Depósito legal: B.25.383-90  
ISSN 0211-2167

**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

# EDITORIAL

El pasado mes de junio celebramos nuestra XXXI Asamblea, en la que una vez más el compromiso de todos para con esta organización hizo posible la aprobación de los nuevos estatutos con la asistencia y participación de la mayoría de los socios, tanto de manera presencial como en la delegación de los votos, hecho este que viene a demostrar una vez más que nuestro colectivo, a pesar de las dificultades, sigue participando activamente en todo aquello que mejore nuestra Asociación y enriquezca nuestra profesión, lo que nos anima a seguir adelante.

Presentamos este nuevo número de la revista con el mismo espíritu e ilusión que la mantiene desde su creación, el deseo de divulgar la investigación científica y técnica de los perfusionistas.

Aun cuando el camino está siendo más largo y penoso de lo esperado, el reconocimiento de nuestra especialidad de perfusión nos ha mantenido, y nos seguirá manteniendo, como un colectivo unido y cohesionado que sigue formándose y avanzando en el crecimiento profesional pese a la falta de ese reconocimiento oficial.

Las últimas normativas, los últimos acontecimientos, todo ello nos hace pensar que no puede estar lejos el reconocimiento de las especialidades de enfermería en nuestro país.

Queda mucho por hacer, pero las bases están asentadas y la ruta está marcada, por todo ello nos será mucho más fácil seguir adelante y seguir trabajando con la misma ilusión y dedicación, fieles a la propia identidad, al margen de esta falta de reconocimiento los perfusionistas españoles siguen mirando al futuro con ilusión y esperanza.

El protocolo de perfusión pediátrica que presentamos en este número, viene a llenar un vacío importante en nuestro colectivo. Está realizado con una importante revisión bibliográfica y en él está plasmado también la gran experiencia de sus autores, estamos seguros que servirá de guía y orientación para evitar la gran variabilidad en este y otros temas, creemos además que servirá para crear consenso entre todos los perfusionistas que realizan perfusión pediátrica.

El control de glucemia durante la circulación extracorpórea, así como el ahorro de hemoderivados son temas de gran actualidad, que también creemos deben de estar presentes siempre en todos los perfusionistas, los autores aportan con este trabajo una buena ayuda y orientación para poder establecer nuestros propios protocolos.

Marisol García Asenjo  
Presidenta de la AEP





**UNA GRAN IDEA  
NO SE MIDE  
POR  
SU TAMAÑO**

[cirugiacardiaca.spain@medtronic.com](mailto:cirurgiacardiaca.spain@medtronic.com)

## **PERFORMER™ CPB**

Sistema Avanzado de Circulación Extracorpórea



**Medtronic**

*Aliviar el dolor · Devolver la salud · Alargar la vida*

# ORIGINALES

## Protocolo de perfusión pediátrico

**Mercedes Cerro García** (Perfusionista)

**M<sup>a</sup>. Dolores Méndez Marín** (Anestesiista)

Unidad de Perfusión. Servicio de Anestesiología y Reanimación Pediátrica.  
Hospital Universitario "Doce de Octubre". Madrid

### Resumen

Las cardiopatías congénitas pueden ser corregidas, la gran mayoría con tratamiento quirúrgico, cada vez en momentos más precoces de la vida. El objetivo de esta revisión es recordar las diferencias fisiológicas entre el niño y el adulto, que deter-

minan una técnica de circulación extracorpórea (CEC) diferente, las nuevas tendencias en perfusión pediátrica y, por último, intentar establecer unas guías en circulación extracorpórea (CEC) en pediatría.

### Summary

The congenital cardiopathy could be corrected, most of them with surgery, every time early on in life. The aim of this revision is to remember the physiological differences between a young person and an

adult, which determine a different extracorporeal circulation technique, a new trend in paediatric perfusion and, finally, try to establish a handbook in Extracorporeal Paediatric Circulation.

En la actualidad, todas las cardiopatías congénitas, sin excepción, pueden ser corregidas mediante algún tipo de tratamiento quirúrgico. Los defectos cardíacos son las anomalías congénitas graves más frecuentes, afectando a 9 de cada 1000 nacidos vivos a término. Aproximadamente la mitad de ellas son asintomáticas, pero el resto, son consideradas severas por ser letales o precisar reparación quirúrgica, dada su complejidad anatómica o su impacto funcional, siendo responsables de un elevado porcentaje de las muertes atribuibles a malformaciones congénitas en el período perinatal y en la infancia.

En la mayoría de las ocasiones, el objetivo es la reparación quirúrgica lo más precoz y definitiva posible; esto determina, un mayor número de procedimientos realizados en edades tempranas. En el momento actual, aproximadamente el 40% de las

intervenciones para corrección de una cardiopatía congénita se realizan en pacientes de menos de 1 año, y un 20% de ellas en neonatos (STS database, 1998-2002), lo cual condiciona una duración mayor del tiempo de circulación extracorpórea y tiempo de isquemia, con las importantes consecuencias fisiopatológicas derivadas.

Las diferencias en la fisiología del niño, y sobre todo del neonato, así como, la enorme variedad de patologías con diferentes expresiones anatómicas y distintas correcciones quirúrgicas, obligan a considerar las técnicas de perfusión pediátrica y neonatal, como estrategias de circulación cardio-pulmonar diferentes y, no como modificaciones de las técnicas de perfusión del adulto.

Es difícil decidir que aspectos son más importantes en perfusión pediátrica y cuales son las líneas de

actuación más adecuadas; el objetivo de esta revisión es recordar las diferencias fisiológicas entre el niño y el adulto que determinan una técnica de circulación extracorpórea diferente, marcar las nuevas tendencias en perfusión pediátrica y, por último, intentar establecer las guías en circulación extracorpórea en pediatría.

### COMPARACIÓN TÉCNICA DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN EL NIÑO Y EL ADULTO

Son muchos los aspectos que condicionan un manejo mucho más complejo en el niño, pero nos centraremos en aquellos, con consecuencias más importantes.

#### 1. Hemodilución

Uno de los mayores problemas planteados con la CEC en pediatría, y sobre todo en neonatos es la hemodilución. A pesar de los grandes esfuerzos para disminuir el volumen del circuito, la **hemodilución**, puede llegar a ser 3-15 veces superior a la observada en el adulto.

#### ¿Por qué preocupa la hemodilución?

La hemodilución es responsable de una serie de efectos, que tienen consecuencias clínicas importantes:

- Síndrome de escape capilar, que puede empeorar el curso postoperatorio del paciente.
- Anemia por dilución, que obliga a una mayor transfusión de concentrados de hemáties, con una mayor exposición a sangre de donante, y un mayor coste por proceso (en nuestro país aunque la donación de hemoderivados es altruista, el almacenaje y el procesado es caro, y en el paciente pediátrico, se tiende al uso de sangre irradiada, lo cual aumenta su coste).
- Dilución de los factores de la coagulación y, otros componentes sanguíneos, y por tanto, necesidad de administración de plasma fresco congelado, concentrados de plaquetas, fibrinógeno, durante el procedimiento, o inmediatamente después del mismo.

Es recomendable conocer la cuantía de la hemodilución esperada pues, junto a la patología del paciente y la técnica quirúrgica, condiciona las características de los líquidos a emplear. El cálculo de una serie de valores nos orientará hacia el grado

de hemodilución que vamos a alcanzar en nuestro paciente, esta operación deberá ser aplicada a cada uno de los componentes sanguíneos. El cálculo de la cifra de hematocrito esperado en el circuito es importante. Un ejemplo, *neonato de 3 kilogramos de peso con hematocrito 40%, su volumen sanguíneo estimado es 270 mililitros (3 kg x 90 ml/kg volemia estimada); si el volumen de cebado mínimo necesario de nuestro circuito es 500 mililitros (ml), la hemodilución alcanzada será superior al 50% para el volumen sanguíneo total, es decir la cifra de hematocrito esperada es inferior al 20%*. El resto de los componentes sanguíneos, como plaquetas, proteínas plasmáticas y, sobre todo los factores de la coagulación muestran un descenso significativo tras el inicio de la CEC, que condiciona los trastornos de la coagulación posteriores.

La cifra de hematocrito inicial del paciente junto a las características del circuito de extracorpórea, y de los líquidos empleados en el cebado del mismo, determinan la cifra de hematocrito al inicio de la circulación extracorpórea. En condiciones fisiológicas normales, la anemia aguda es compensada por aumento del gasto cardíaco, aumento de la extracción de oxígeno, redistribución del flujo sanguíneo y desplazamiento de la curva de disociación de la hemoglobina a la derecha.<sup>(1)</sup> El valor de la cifra de hematocrito segura en el circuito de extracorpórea es controvertido. En estudios experimentales, cifras de hematocrito inferiores al 18% se acompañaron descenso significativo del transporte de oxígeno y aumento de la extracción de oxígeno, junto a disminución de las resistencias vasculares, lo cual hace necesario aumentar el flujo en bomba para poder mantener la presión arterial media.<sup>(2)</sup> Existen estudios en adultos que muestran que cifras de hematocrito inferiores al 22% se asocian con mayor morbilidad y complicaciones postoperatorias.<sup>(3)</sup> En niños, hay series con un número reducido de pacientes que muestran procedimientos seguros con cifras de hematocrito cercanas al 20%, pero con algunas dificultades para la separación del paciente de la circulación extracorpórea, sobre todo en pacientes portadores de cardiopatías cianóticas.<sup>(4,5)</sup>

Otro aspecto que debe sopesarse, son los riesgos y beneficios condicionados por la transfusión de derivados sanguíneos. La población sometida a procedimientos cardíacos consume más del 80% de los hemoderivados transfundidos en relación con procedimientos quirúrgicos, por tanto el uso de los mismos en esta población debe seguir unas



guías de administración basadas en la evidencia científica.<sup>(6)</sup>

## 2. Presiones de perfusión

En adultos, se aceptan presiones de perfusión de 50-80 mmHg que son adecuadas para mantener el gasto urinario, la autorregulación cerebral y las presiones críticas de cierre de los demás órganos. El uso de agentes vasoconstrictores, como **Fenilefrina**, es recomendable para mantener la presión "ideal", sobre todo en pacientes portadores de arteriosclerosis.

En niños, fundamentalmente en neonatos, la presión de perfusión puede estar por debajo de 20-30 mmHg. El flujo es el que mejor refleja la adecuada perfusión de los órganos, debido a la elasticidad de los vasos. El adecuado manejo de los gases venosos, la regulación global de la temperatura y la utilización de flujos altos son garantía de una adecuada perfusión tisular, no estando indicado el uso de vasoconstrictores para garantizar una presión "ideal". Por el contrario, en el paciente pediátrico por debajo de los 4 años de edad, y sobre todo en el neonato, el objetivo es disminuir las resistencias vasculares sistémicas para asegurar un flujo adecuado a todos los órganos que permita: un enfriamiento global y homogéneo, acorte los períodos de enfriamiento y calentamiento, aumente el transporte de oxígeno durante la fase de calentamiento, disminuyendo la acidosis metabólica y la respuesta celular al stress.

Existen diversas medidas destinadas a disminuir las resistencias vasculares: uso de hipotermia moderada con alto flujo, evitar hipotermia profunda con parada circulatoria, administración de fármacos destinados a disminuir la respuesta inflamatoria (corticoides), uso rutinario de ultrafiltración, bloqueo alfa adrenérgico (Fenoxibenzamina, Urapidilo).

El manejo anteriormente descrito es válido para niños hasta 4-5 años, pues a partir de esta edad se produce un aumento progresivo de las resistencias vasculares sistémicas, y es recomendable mantener una adecuada presión de perfusión.

En niños cianóticos, con importante descenso del flujo pulmonar se desarrollan abundantes colaterales aortopulmonares. Su presencia puede dificultar la exposición y técnica quirúrgica, por lo cual puede ser necesario descender el flujo, de manera que es obligado el descenso de la temperatura. En estos casos debe conseguirse una correcta vasodilatación durante el enfriamiento, para evitar el secuestro

sanguíneo desde las colaterales. Por este motivo hay que recordar la contraindicación absoluta de la administración de vasoconstrictores en presencia de colaterales aortopulmonares.

## 3. Flujos

En adultos, el flujo debe mantenerse en un estrecho rango de 50-65 ml/kg/min, con el objetivo de conseguir una presión de perfusión "ideal".

En niños, el flujo mantenido puede oscilar entre 0-200 ml/kg/min, es decir un extremo del rango es la parada circulatoria, y el otro, las altas demandas metabólicas con la necesidad de flujos más altos por la presencia de cortocircuitos.

La tendencia en pediatría es el uso de altos flujos, sin olvidar que estos flujos deben adaptarse a cada situación y paciente. La monitorización de gases en línea y/o la realización frecuente de toma de muestras de gases deben dirigir el manejo de estos pacientes.

## 4. Rango de temperaturas

En el paciente pediátrico el rango de temperaturas puede oscilar desde la normotermia hasta la hipotermia profunda con o sin parada circulatoria.

Desde el punto de vista clínico, se considera **hipotermia** (ya sea accidental o inducida), cuando la temperatura central es inferior a 35° C. Según el grado de hipotermia alcanzado se considera **hipotermia ligera o superficial** entre 35°-32° C, **hipotermia moderada** entre 32°-26° C, **hipotermia profunda** por debajo de 26° C e **hipotermia muy profunda** por debajo de 20° C. La monitorización de la temperatura en diversos lugares (timpánica, rectal, nasofaríngea, cutánea...) permite conocer mejor el adecuado flujo a los diferentes órganos, y valorar la uniformidad en el enfriamiento y calentamiento del paciente.

Las ventajas teóricas de la hipotermia son, entre otras, la reducción del metabolismo (sobre todo cerebral), que permite la reducción del flujo durante la CEC. De esta manera se facilita la exposición quirúrgica, además de aportar un mayor margen de seguridad en caso de producirse un mal funcionamiento del equipo, un embolismo aéreo, o cualquier otro fallo del procedimiento.

Hay que recordar que el consumo de oxígeno en humanos desciende un 7% por cada grado centígrado que disminuye la temperatura. De manera que una temperatura de 30° C supone un descenso del 50% del metabolismo, y a 23° C el consumo de oxígeno se reduce al 25%. Pero, a pesar de estas

ventajas teóricas, la hipotermia tiene una serie de consecuencias y efectos en diferentes lugares del organismo:

#### 4.1. Célula

Cuando se decide realizar hipotermia con el objetivo de preservar la función de los órganos, debemos valorar sus efectos y el grado de protección de las funciones celulares y el tiempo de seguridad. Para un mejor conocimiento de estos efectos es recomendable conocer el Coeficiente de Temperatura o "Q10", que es la relación entre el descenso en 10° C de la temperatura y la reducción de una reacción metabólica; por ejemplo, *un Q10 cuyo valor es 2, significa que por cada 10° C que desciende la temperatura, dicha reacción metabólica se reduce a la mitad.*

Para la mayor parte de las reacciones metabólicas el coeficiente Q10 es 2 o 3; pero este valor no es igual para todos los órganos, ni para todas las células de un mismo órgano, ni tampoco es estable a todas las temperaturas, es decir, que de 35° C-25° C es 2,2, pero de 25° C-15° C es 1,9. A pesar de estas variaciones, sí puede utilizarse para conocer los márgenes de seguridad. El Q10 para la actividad metabólica del cerebro pediátrico es 3,6, es decir que por cada 10° C que desciende la temperatura cerebral, la actividad metabólica desciende por un múltiplo de 3,6.

#### ¿Cuáles son las consecuencias de este efecto?

Pues que la tolerancia del cerebro a la isquemia a 37° C tiene una duración de 3-5 minutos, a 27° C de 18 minutos, y a 17° C, de 61 minutos.

Otro efecto protector de la hipotermia a nivel celular es la disminución de la velocidad de depleción del ATP, necesario para mantener el gradiente de iones a través de la membrana. Cuando un evento isquémico sucede, el descenso de los fosfatos de alta energía produce una entrada de calcio en la célula, responsable del daño por reperfusión. La hipotermia restringe la permeabilidad de la membrana y previene la entrada de calcio, y por tanto, dicho daño.

#### 4.2. Cerebro

En el cerebro la relación entre flujo y metabolismo se encuentra acoplada, es lo que se conoce como autorregulación cerebral. Con el enfriamiento se produce un descenso del flujo lineal y un descenso del metabolismo exponencial, es decir en hipotermia

profunda la autorregulación se pierde y el flujo cerebral va a depender de la estrategia de gases utilizada.

Hay dos posible estrategias para conseguir un enfriamiento cerebral adecuado. Con la estrategia *alfa-stat* se mantiene el funcionamiento enzimático y la autorregulación, pero se pierde el acoplamiento del flujo al metabolismo. Con la estrategia *pH-stat*, hay un deterioro de la función enzimática pero la vasodilatación cerebral es significativa; la relación flujo/metabolismo es 20:1 en normotermia, pero en hipotermia profunda, con estrategia *pH-stat*, puede ser 60:1. Este "*flujo de lujo*" permite un enfriamiento global del cerebro, disminuyendo el riesgo de robo por colaterales. Este enfriamiento global puede ser más beneficioso que las ventajas de la regulación *alfa-stat*, sobre todo en niños pequeños.

#### 4.3. Riñón

La perfusión no pulsátil junto con la hipotermia aumentan la liberación de renina, que resulta en un descenso del flujo sanguíneo renal; esto, junto a la inmadurez del neonato, caracterizada por una actividad tubular disminuida, y junto a tiempos de CEC prolongados, determinan una mayor retención de líquidos que en el adulto. Todo ello sumado al mayor grado de hemodilución tiene como resultado una mayor incidencia de síndrome de escape capilar, predominantemente en la población neonatal.

#### 4.4. Pulmón

La hipotermia, la perfusión no pulsátil, la activación de leucocitos, complemento y cascada de la coagulación, como consecuencia del contacto de la sangre con el circuito de circulación extracorpórea, originan la extravasación de líquidos con descenso de la capacidad funcional residual y la complianza pulmonar, sobre todo en pacientes con cardiopatías cianóticas y con hipertensión pulmonar.

#### 4.5. Corazón

El miocardio neonatal tiene mayores depósitos de glucógeno y mayor capacidad de metabolismo anaerobio, lo cual le hace más tolerante a la isquemia. Por el contrario, el niño enfermo y sobre todo el cianótico, tiene una reserva miocárdica mucho menor. Durante la fase de enfriamiento rápido, previa al clamplaje aórtico, se produce una respuesta contráctil del miocardio con entrada de calcio, un aumento de la tensión de pared y un aumento del consumo de oxígeno. Este es el período de mayor vulnerabilidad.

Todas estas observaciones justifican el uso recomendable de la cardioplejia hemática y un menor tiempo de clampaje aórtico.

A pesar de las teóricas ventajas de la hipotermia, los estudios muestran una reducción del stress oxidativo, menor daño por reperfusión, y menor reacción inflamatoria, cuando se realiza circulación extracorpórea en normotermia con altos flujos.<sup>(7,8)</sup> La tendencia recomendada debe ser trabajar en normotermia con altos flujos, y solo descender temperatura cuando sea preciso disminuir el flujo por el tipo de procedimiento quirúrgico. Sin embargo, también se ha demostrado que en neonatos, la hipotermia profunda con parada circulatoria desencadena una respuesta inflamatoria menor que la hipotermia moderada con flujos bajos; quizás esto pueda ser explicado por la menor duración del tiempo de circulación extracorpórea, o bien por el efecto protector de la hipotermia.<sup>(9)</sup>

### 5. Manejo de gases en sangre

La presión arterial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>) es uno de los factores más importantes en la regulación del flujo cerebral durante la CEC; el manejo del pH óptimo durante la CEC con hipotermia o parada circulatoria resulta controvertido.

En el año 1992, se publicó un artículo donde se afirmaba que la incidencia de coreoatetosis era superior utilizando la estrategia alfa-stat y parada circulatoria, en neonatos intervenidos para corrección transposición de las grandes arterias. Esta publicación condicionó el uso obligado de la estrategia pH-stat con hipotermia profunda en niños pequeños. Estos autores concluyeron el empleo de la estrategia pH-stat en todos los casos con temperatura inferior a 28° C, pues el mantenimiento de una PaCO<sub>2</sub> de 40 mmHg, permite una vasodilatación cerebral, que asegura un adecuado flujo cerebral a pesar de una baja presión de perfusión, siendo aún más evidente en presencia de colaterales aortopulmonares.<sup>(10)</sup> En trabajos posteriores, la estrategia pH-stat también demostró una menor morbilidad postoperatoria, menor incidencia de acidosis e hipotensión y una reducción del tiempo de ventilación mecánica.<sup>(11)</sup>

En un trabajo más reciente, se observa que el tipo de manejo usado durante la cirugía reparadora en niños pequeños con CEC en hipotermia profunda, no tiene un efecto consistente sobre el desarrollo neurológico en el primer año de vida, y a los 2 y 4 años de edad. Los niños sometidos a cirugía reparadora precoz de Transposición Grandes Arterias y

Tetralogía de Fallot, tienden a tener un mejor desarrollo con la estrategia pH-stat. Sin embargo, comunicaciones interventriculares y canal aurículo-ventricular, operados en etapas posteriores y manejados con estrategia pH-stat, tienen peor evolución.<sup>(12)</sup>

En conclusión, la estrategia alfa-stat permite un mejor funcionamiento metabólico, mientras que pH-stat permite actuar sobre el flujo, sobre todo importante en neonatos, cuando se precisa la hipotermia profunda; por lo tanto, **esta última debe ser la estrategia elegida cuando se precisa hipotermia profunda y descenso del flujo.**

### 6. Manejo de la glucemia

El neonato, a diferencia del adulto, tiene una mayor tendencia a la hipoglucemia, ya que los depósitos de glucógeno en el hígado son mucho menores. Sin embargo esta mayor tendencia a la hipoglucemia no se debe interpretar como un aporte extraordinario de glucosa, sino como una necesidad de un control más constante de la cifra de glucemia.

Esto es importante porque la hipoglucemia puede ocasionar daño cerebral, pero la hiperglucemia, en determinados momentos, también puede ser un factor que contribuya a la lesión cerebral. En la fase de recalentamiento, cuando la oferta de oxígeno al cerebro es mayor, se produce un desacoplamiento en la oxidación de la glucosa, con un aumento transitorio del metabolismo anaerobio de la misma, que probablemente pueda ser otro factor que contribuya al daño neurológico.<sup>(13)</sup>

### 7. Colocación de las cánulas de perfusión

Las técnicas para colocación de las cánulas arteriales y venosas, en adultos, son previsibles; en neonatos y niños pueden existir limitaciones anatómicas, no solo por el peso sino por el tipo de cardiopatía, así como variaciones dependientes del tipo de corrección quirúrgica.

### 8. Equipo

Las importantes variaciones en los pesos, patologías, técnicas quirúrgicas suponen una gran variabilidad en el uso de cánulas, tubos, oxigenadores, etc. Este aspecto condicionará la necesidad de un espacio más amplio para el almacenaje, tanto de aparatos como de material fungible.

### 9. Ultrafiltración

En la actualidad parecen estar demostradas sus ventajas. En más del 90% de las perfusiones en

pacientes pediátricos se aplica este procedimiento, a diferencia de los adultos, en los que se aplica en menos del 20% de los casos.

La ultrafiltración modificada (MUF) ha demostrado importantes beneficios en cirugía cardíaca pediátrica, con reducción del agua corporal total, disminución de la concentración sistémica de mediadores inflamatorios y mejora de los índices hemodinámicas. La mejor eficacia de la MUF en relación a la ultrafiltración convencional (CUF), probablemente se deba al hecho de ser realizada inmediatamente finalizada la CEC.<sup>(14,15)</sup>

### NUEVAS TENDENCIAS EN PEDIATRÍA

Como sucede con otras técnicas y procedimientos, en pediatría, las nuevas tecnologías y productos son aplicados después de su uso en el adulto, pero muchos quedan incorporados a la práctica habitual más rápidamente.

En el año 2002 se revisó la práctica de la perfusión pediátrica en América del Norte,<sup>(16)</sup> dicha revisión se realizó mediante una encuesta enviada a diversos centros hospitalarios, donde se interrogaba sobre la técnica de circulación extracorpórea. El objetivo era conocer los cambios de la técnica de perfusión en los últimos años, mediante la comparación de los resultados con la encuesta efectuada en los años anteriores, y publicada anteriormente. El número de casos/encuestas se realizó sobre un total de 14.000 pacientes. Los resultados recibidos de estas encuestas se agruparon en los siguientes puntos:

- Uso predominante de las bombas de rodillo (82%) sobre las centrífugas.
- Uso exclusivo de los oxigenadores de membrana.
- Aumento del uso de sistemas abiertos (77%).
- Aumento del uso de la ultrafiltración en más de un 30% (en los 10 años recogidos); siendo utilizada, en el 94% de los casos.
- Incorporación del drenaje venoso asistido (24%).
- Gradiente de temperatura entre el paciente y el agua del intercambiador frío-calor, en todos los casos, no superior a 9° C durante el calentamiento.
- Aumento progresivo en la utilización de sistemas de seguridad.
- Aumento del uso de coloides en el cebado del circuito, fundamentalmente albúmina.

- Aumento uso hemoderivados irradiados.
- Uso predominante de cardioplejia hemática para protección miocárdica.
- Vigilancia de la anticoagulación.
- Aumento del uso de antifibrinolíticos.
- Aunque la estrategia alfa-stat es la predominante, el uso de estrategias mixtas en un mismo paciente está claramente en aumento, probablemente como resultado del aumento de los procedimientos realizados con hipotermia profunda en parada circulatoria, sobre todo en neonatos.
- Aumento en el uso de sistemas de asistencia circulatoria.
- Aumento monitorización: saturación venosa, glucemia, calcio...

Siguiendo esta misma línea de trabajo se publicó en el año 2004,<sup>(17)</sup> los resultados de una encuesta realizada a la audiencia de la *American Association of Thoracic Surgery* (Mayo 2003) y *Society of Thoracic Surgeons* (Enero 2004), donde quedan recogidos los aspectos de la práctica habitual de los cirujanos cardíacos pediátricos. Estos datos no tienen un carácter científico, pero ofrecen información acerca de los cambios en las líneas de trabajo en el paciente pediátrico. Los resultados de esta encuesta son:

- Utilización de líneas arteriales más pequeñas (3/16 inch), pero no de líneas venosas.
- Descenso del volumen de cebado (400-450 ml como cifra máxima).
- Mayor frecuencia de uso de cardioplejia hemática, repitiendo dosis si los tiempos de clampaje superan los 30 minutos.
- Aumento de la administración de corticoesteroides previos a la cirugía, sobre todo en neonatos, y descenso de la frecuencia de administración en el cebado.
- Utilización de antifibrinolíticos (Aprotinina).
- Aumento del flujo de perfusión hasta 150-200 ml/kg/min.
- Estrategia enfriamiento pH-stat, con o sin cambio a alfa-stat previo a la parada circulatoria.
- Tiempos de enfriamiento al menos 20 minutos, antes de la parada circulatoria.
- Monitorización de al menos dos temperaturas, siendo rectal o nasofaríngeas inferiores a 18°-20° C, antes de la parada circulatoria.
- Uso perfusión cerebral intermitente o continua durante la parada circulatoria.
- Ultrafiltración modificada.
- Cifras de hematocrito más altas; durante el enfriamiento hematocritos 20-30%, y en algu-

nos casos superiores al 30% durante el calentamiento.

En resumen, los factores que muestran un cambio progresivo en la CEC en pediatría en los últimos años son:

### 1. Flujo

El parámetro utilizado para garantizar una adecuada perfusión tisular es el flujo y no la presión arterial. El flujo habitualmente utilizado debe estar entre 100-200 ml/kg/min. En la mayoría de los centros, actualmente, el flujo de bomba es reducido durante la parte central del procedimiento (se mantienen bajos flujos). El daño inducido por el bajo flujo (trastornos metabólicos, lesión endotelial, vascular, miocárdica, neurológica, hematológica y respiratoria) no es diferente del producido por el descenso de la temperatura. La tendencia en la actualidad es trabajar en normotermia o hipotermia ligera, con flujos más altos, en todas las fases del procedimiento quirúrgico, y si es preciso descender el flujo para mejorar la manipulación quirúrgica, se realizará un descenso paralelo de la temperatura.

### 2. Hematocrito

La protección cerebral es mayor con cifras más altas de hematocrito. En la actualidad la tendencia es alcanzar cifras de hematocrito entre 25-30%, incluso en hipotermia profunda (durante la fase de enfriamiento), y cifras de hematocrito superiores al 30% (en la fase del calentamiento), sobre todo en la población neonatal.

### 3. Rango de temperaturas

El descenso de la temperatura tiene un efecto protector celular, pero el grado de hipotermia puede influir en la respuesta inflamatoria durante la CEC. Esta respuesta inflamatoria es multifactorial, pero en niños es mayor que en adultos, probablemente por la mayor exposición de la sangre a las superficies artificiales y, por las características preoperatorias de las cardiopatías complejas con valores más altos de citoquinas, sobre todo en pacientes con síndrome de Down. Esta respuesta inflamatoria es mayor a medida que disminuimos la temperatura, pues la CEC con normotermia está asociada con una disminución del stress oxidativo.

El objetivo debe ser la normotermia o hipotermia ligera; cuando es preciso descender mucho el flujo, la hipotermia profunda con parada circulatoria origina una respuesta inflamatoria menor que la hipotermia

moderada con bajo flujo. Son los tiempos de pinzamiento aórtico y circulación extracorpórea prolongados los responsables de una mayor respuesta inflamatoria, por tanto, el objetivo debe ser disminuir la duración del procedimiento.<sup>(18)</sup>

### 4. Eliminación de leucocitos

El papel de los leucocitos como causa del síndrome de inflamación postoperatoria ha dirigido hacia el uso hemoderivados irradiados.<sup>(19)</sup> Muchos de los efectos nocivos de la CEC son debidos a la activación de leucocitos durante la misma. Los filtros para retirada de leucocitos en diferentes localizaciones del circuito de CEC son capaces de eliminar leucocitos de la circulación para mejorar la función de los diferentes órganos. La mejor función endotelial, pulmonar, la disminución del daño por repercusión y la mejora de la función cerebral después de la parada circulatoria son efectos atribuidos a la depleción de leucocitos, pero sin efecto clínico consistente. Hay evidencia que durante la CEC la eliminación de leucocitos puede activar las células blancas y empeorar su función.<sup>(20,21)</sup> Debido a la no existencia de claro beneficio clínico, no está justificado el uso de filtros antileucocitarios en el circuito de extracorpórea.

### 5. Uso de antifibrinolíticos

El aumento del riesgo de sangrado en pacientes con cardiopatías congénitas, sobre todo cianóticos es un serio problema. Tres drogas juegan un importante papel en la limitación de la fibrinólisis y disminución del volumen de hemoderivados transfundidos; el ácido epsilon-aminocaproico (EACA) inhibe la fibrinólisis por inhibición de los inhibidores del plasminógeno y en menor grado por actividad antiplasmina; el ácido tranexámico (TXA) cuya actividad es similar al EACA, pero 10 veces más potente, ambos son considerados como inhibidores de la lisina; y, la Aprotinina, una proteína bovina que inhibe las proteasas, originando atenuación de la respuesta inflamatoria, de la fibrinólisis y de la generación de trombina.

Desde la década de los 80, la terapia antifibrinolítica ha sido utilizada en cirugía cardíaca. Numerosos estudios muestran la eficacia del uso de los inhibidores de la lisina (TXA y EACA) y Aprotinina sobre el descenso de sangrado y necesidades de transfusión, su combinación muestra beneficios terapéuticos, pues inhiben la fibrinólisis por mecanismos diferentes. El beneficio de su uso es mayor en aquellos grupos con mayor riesgo de sangrado como, pacientes cianóticos, cirugía compleja y

reintervenciones quirúrgicas.<sup>(22,23)</sup> Ninguno de estos fármacos tiene aprobado su uso en cirugía cardíaca infantil, ni tampoco está clarificada la dosis a administrar, ni los potenciales beneficios de los efectos antiinflamatorios de la Aprotinina.<sup>(24)</sup> Cuando se compara la eficacia de estos fármacos entre sí, se observa que no existen diferencias entre Aprotinina y TXA, pero sí es menos eficaz EACA.

Con respecto a la Aprotinina, dos estudios observacionales y un metanálisis sugieren que el uso de este fármaco puede estar asociado con aumento del riesgo de trombosis y disfunción renal en el postoperatorio de cirugía cardíaca.<sup>(25,26)</sup> Estos trabajos obligaron a la FDA, en el año 2006, a la revisión de la seguridad del uso del fármaco; tras esta revisión se recomendó la restricción de su uso a pacientes con riesgo aumentado de sangrado.<sup>(27)</sup>

Tras la revisión efectuada, en el año 2007, este mismo organismo permitió su uso pero recomendó a la industria nuevos estudios sobre la seguridad (<http://www.fda.gov/cder/drug/advisory/aprotinin.htm>). En el momento actual, el uso de este fármaco no está permitido en Europa; el fármaco antifibrinolítico utilizado actualmente es el ácido tranexámico.

## 6. Estrategia de gases

El uso de la estrategia pH-stat durante la hipotermia ha demostrado disminuir el metabolismo cerebral, aumentar el flujo cerebral, aumentar la velocidad de enfriamiento cerebral y, contrarrestar el desplazamiento a la izquierda de la curva de disociación de la hemoglobina. La estrategia pH-stat permite la vasodilatación arteriolar hipercápnica y, por tanto, aumenta el flujo cerebral; este efecto es sobre todo importante durante el recalentamiento tras una parada, pues el flujo cerebral está aumentado cuando las necesidades de oxígeno también lo son, esto permite volver a la situación basal más rápidamente.

Las desventajas teóricas de la estrategia pH-stat son el mayor riesgo de embolismo por el mayor flujo cerebral, y el deterioro de la función enzimática debido al descenso del pH, actividad también suprimida por la propia hipotermia.<sup>(28)</sup> Durante la perfusión cerebral selectiva, la estrategia pH-stat al inicio del enfriamiento, permite que el enfriamiento cerebral global y regional sea uniforme, además, permite aumentar la presión de perfusión cerebral de 20-25 mmHg hasta 35-45 mmHg, sin riesgo de edema cerebral; y en la fase de recalentamiento, permite un mayor flujo cerebral y un retorno a los valores basales, antes que con la estrategia alfa-stat.<sup>(29)</sup>

## 7. Perfusión cerebral selectiva

Los períodos prolongados de hipotermia se asocian con daño neurológico. Aproximadamente un 19% de los pacientes sometidos a parada circulatoria con hipotermia profunda (PCHP) desarrollan una disfunción neurológica transitoria, que se manifiesta como agitación, confusión, retraso en el despertar de la anestesia y/o movimientos similares a la enfermedad de Parkinson.<sup>(30)</sup> Algunos estudios sugieren que estas complicaciones neurológicas son debidas al acumulo cerebral de glutamato, aspartato y glicina; el glutamato ocasiona aumento de óxido nítrico que produce daño neurológico.<sup>(31)</sup>

Los factores que contribuyen al daño neurológico son: la duración de PCHP, la velocidad de enfriamiento del paciente y la estrategia de manejo de gases en sangre. Es sabido que la duración de la parada circulatoria y el grado de hipotermia se relacionan con la severidad de las complicaciones.<sup>(32)</sup> Cualquier protocolo de PCHP debe tener en cuenta que el cerebro del niño pequeño recibe el 35% del gasto cardíaco, que la estrategia pH-stat de manejo de gases en sangre muestra ventajas y, que siempre debe realizarse monitorización neurológica.

La técnica de perfusión cerebral selectiva permite el mantenimiento del flujo cerebral durante la parada circulatoria, pero debe realizarse siguiendo una guía; algunos autores han presentado su protocolo de actuación que aplican en aquellas circunstancias que precisan parada circulatoria. Uno de los trabajos revisados, incluye a pacientes neonatos que precisan reparación del arco aórtico (interrupción o hipoplasia de arco) o cirugía de Norwood. La cánula arterial es colocada mediante un tubo de Goretex en la arteria innominada para realizar la perfusión cerebral y la cánula venosa en aurícula derecha; tras el inicio de la CEC los objetivos son los siguientes: flujo alto a 150 ml/kg/min para lo cual se precisa correcta vasodilatación del paciente (fenoxibenzamina), enfriamiento del paciente hasta 18-22° C (temperatura central) durante un período de 30-45 minutos (el gradiente entre temperatura del paciente y temperatura del agua no es superior a 9-10° C), la estrategia de enfriamiento es pH-stat, monitorización neurológica mediante espectrofotometría de infrarrojos (NIRS) y doppler transcraneal (TCD). Tras conseguir el enfriamiento del paciente se desciende progresivamente el flujo hasta la parada circulatoria; una vez interrumpido el flujo a todos los vasos, se inicia el flujo al tronco braquiocefálico y lentamente se au-

menta hasta conseguir variaciones en NIRS y TCD no superiores al 10% del valor obtenido con el flujo total; esta cifra habitualmente es conseguida con 30-40% del flujo total o 24-94 ml/kg/min. La monitorización de la cifra de ácido láctico es importante para conocer la perfusión tisular, pero guiar la perfusión cerebral según la cifra de ácido láctico puede originar hiperaflujo, aumentando el riesgo de hemorragia y/o edema cerebral.<sup>(33)</sup> El riesgo de isquemia aparece con flujos inferiores a 5 ml/kg/min y presiones de perfusión inferiores a 10 mmHg.<sup>(34)</sup> Es importante monitorizar la presión en la arteria radial o braquial para conocer cuales son las presiones cerebrales aceptables, pues el flujo a la arteria umbilical o femoral depende de las colaterales vertebrales. La estrategia de gases seguida durante el enfriamiento es pH-stat, con la adicción de CO<sub>2</sub> a la mezcla de gases. La cifra de hematocrito recomendada durante la hipotermia es más alta, 25-30%, pues ha demostrado que mejora la oxigenación cerebral.<sup>(35)</sup>

La monitorización neurológica es fundamental en cirugía cardíaca pediátrica, sobre todo, cuando se realizan técnicas como parada circulatoria con hipotermia profunda o perfusión cerebral selectiva. La oximetría cerebral (NIRS) es una técnica no invasiva que permite observar cambios en el metabolismo cerebral. El método está basado en la emisión de fotones cercanos al infrarrojo en la piel del paciente; después de dispersarse por el cuero cabelludo, cráneo y cerebro, parte son absorbidos por los tejidos y otros son reflejados. La absorción depende de la oxigenación de la hemoglobina; como la mayor parte de la hemoglobina, hasta un 75%, está contenida en el lecho venoso, la oxigenación que mide rSaO<sub>2</sub> fundamentalmente es la del lecho vascular cerebral del compartimento venoso.

Los cambios en la oximetría cerebral dependen del balance entre aporte y consumo de oxígeno. La variación interindividual de los valores normales de la rSaO<sub>2</sub> es muy amplia, y por tanto debe utilizarse como un monitor de tendencias, pero se asume que cifras inferiores a un 50% en valor absoluto o descenso de un 20% sobre la cifra inicial precisan de intervención terapéutica.

Habitualmente se colocan dos sensores sobre el cuero cabelludo a nivel frontal, de este modo, el área cerebral monitorizada es la región cerebral perfundida por las arterias cerebrales media y anterior. El uso de dos sensores permite monitorizar ambos hemisferios cerebrales, aunque en neonatos puede ser

suficiente la colocación de un único sensor sobre el lado izquierdo.<sup>(36)</sup>

## BÚSQUEDA DE UN CEBADO IDEAL

La circulación extracorpórea pone en contacto la sangre con una superficie no endotelial, no compatible que desencadena trastornos inflamatorios, inmunológicos, hemostáticos y hemolíticos, y que en la mayoría de las ocasiones son bien tolerados. Estas respuestas son atribuidas al contacto de la sangre con el circuito.

### ¿Qué papel pueden jugar los componentes del cebado en estas respuestas?

Probablemente su importancia no sea tan grande si lo comparamos con la agresión quirúrgica, anestésica y de la circulación extracorpórea, pero la mejora de uno de los elementos puede disminuir la agresión combinada de todos ellos.

La literatura es extensa comparando diferentes tipos de coloides, coloides versus cristaloides, sintéticos u orgánicos, y la adicción de numerosas sustancias, cuyo objetivo es conseguir que la circulación extracorpórea sea lo más fisiológica posible.

La elección del cebado en el paciente pediátrico debe guiarse por las siguientes premisas:

1. Edad del paciente
2. Tipo de cardiopatía y corrección quirúrgica
3. Cuantía de la hemodilución

#### 1. Edad del paciente

Uno de los principales problemas del neonato es la inmadurez de todos sus órganos, por tanto, todos los sistemas deben ser manejados como disfuncionantes. La filtración glomerular es normal, pero su función tubular está disminuida, por tanto es incapaz de diluir y concentrar la orina, así como la capacidad para acidificar la misma.

En cuanto a la función hepática, la mayoría de los sistemas enzimáticos son inmaduros y las reservas de glucógeno son inferiores. La inmadurez hepática también afecta a la síntesis de los factores de coagulación, con un descenso de los mismos y de las cifras de antitrombina III, lo cual condiciona un mayor riesgo de sangrado con un teórico riesgo de resistencia a la heparina, aunque esto no ocurre, pues las cifras de trombina y factor II activado también están reducidas. La maduración hepática continúa

hasta las 2-3 semanas de vida, pero en defectos cardíacos complejos, puede retrasarse o incluso empeorar por deterioro perfusión hepática.

## 2. Tipo de cardiopatía y corrección

Este factor puede influir en diferentes aspectos:

- Las cardiopatías congénitas cianóticas se asocian con alteración de la coagulación: niveles bajos de factores en plasma, defecto en la retracción del coágulo, trombocitopenia, coagulación intravascular diseminada y disfunción plaquetaria
- La administración preoperatoria de fármacos inhibidores de la agregación plaquetaria, como la Prostaglandina E1, ácido acetilsalicílico y otros antiagregantes plaquetarios
- Los procedimientos quirúrgicos complejos que se asocian con un mayor sangrado postoperatorio son: corrección quirúrgica de patología de grandes vasos (transposición grandes arterias, truncus arterioso, cirugía de Norwood, Glenn, Fontan)

## 3. Hemodilución

Inmediatamente después del inicio de la CEC se produce un descenso de los niveles de los factores de la coagulación en un 50%, y el recuento plaquetario puede descender en un 70%. Ni la bajada de temperatura hasta hipotermia profunda ni la exposición prolongada al circuito de extracorpórea, resultan en cambios demostrables en los factores de coagulación ni en la cifra de plaquetas; esto sugiere que el factor, que en mayor grado afecta al sistema de la coagulación durante la CEC, es la hemodilución.

Uno de los principales problemas en la decisión del cebado en pediatría es el sangrado postoperatorio, y debemos identificar aquellos pacientes que tienen un **mayor riesgo de sangrado**: pacientes sometidos a procedimientos complejos, mayor duración CEC, mayor grado de hemodilución, edad inferior a 2 años, peso inferior a 8 kilogramos, parada circulatoria con hipotermia profunda y cifras de hematocrito bajas al final de la CEC.

La elección de la calidad del líquido de cebado del circuito de extracorpórea es también importante, por la influencia sobre la presión coloidosmótica. El uso exclusivo de cristaloides se asocia con disminución de la presión coloidosmótica al inicio de la CEC, menor volumen de ultrafiltrado durante la misma, mayor aporte de cristaloides en el postoperatorio, así como mayor ganancia de peso en los 3 primeros días. La elección del tipo de cristaloides

está basada en la osmolaridad, en el contenido de electrolitos, y en el pH de la solución. Dentro de los cristaloides disponibles, quizás la solución Plasmalyte® sea la más adecuada, pero hay que sopesar su mayor coste.

La adicción de coloides está justificada en el paciente pediátrico, para evitar la disminución de la presión coloidosmótica y evitar el escape capilar. La realización del cebado exclusivamente con albúmina 5%, o con otros coloides, origina una mayor presión coloidosmótica, sobre todo tras la ultrafiltración modificada, lo cual se asocia fallo renal agudo e importantes efectos perjudiciales sobre el sistema nervioso central en neonatos y lactantes. Así mismo, las soluciones de coloides, como albúmina, no disminuyen las necesidades de transfusión, pues aumentan el agua intravascular, descendiendo la cifra de hematocrito. La albúmina ha demostrado en algunos trabajos sus ventajas sobre otras soluciones, por el retraso en la absorción del fibrinógeno, la menor activación de plaquetas, pero su coste es más elevado. Los coloides sintéticos son de coste más bajo pero tienen dosis límite (aunque es amplia) y algunos de ellos, pueden tener efectos sobre la coagulación.<sup>(37-49)</sup>

## PROTOCOLO DE PERFUSIÓN PEDIÁTRICA

El grupo de trabajo de Cirugía Cardíaca Infantil del Hospital 12 de Octubre, tras la revisión de los nuevos conceptos y tendencias en perfusión pediátrica, elaboró un protocolo que es aplicado de manera sistemática desde el año 2006 y revisado en el año 2008.

### 1. Anatomía del circuito

#### 1.1. Cánulas

Los tamaños recomendados (según el peso del paciente) de las cánulas arteriales y venosas, así como el tamaño del circuito habitualmente empleado, están recogidos en las Tablas 3, 4 y 5. Los tamaños de las cánulas pueden variar según la anatomía del paciente, o el criterio quirúrgico.

#### 1.2. Oxigenadores

Los oxigenadores utilizados son aquellos que, por sus características técnicas y superficie de membrana cubran las demandas de flujo máximo del paciente. Recordar que estas necesidades son en función del peso y la talla del paciente (Tabla 6).



### 1.3. Filtro arterial

El tamaño del filtro arterial se adaptará a las necesidades de flujo máximo de cada paciente.

### 1.4. Sistema de cardioplejia

Es válido cualquier dispositivo del mercado que, en cada uno de los casos, permita pasar cardioplejia cristaloides o hemática.

### 1.5. Hemoconcentrador

Será válido cualquier dispositivo del mercado que nos permita realizar las técnicas de hemoconcentración, según el protocolo.

## 2. Fisiología del circuito

### 2.1. Cebados

#### 2.1.1. Medicación

- **Heparina sódica 1%.**

La dosis es 10 mg por cada 500 cc de volumen de cebado. En aquellas cirugías que se prevea que puedan ser largas, es necesario añadir 10 mg más de heparina; también se añadirá cuando el cebado se realice con sangre.

- **Bicarbonato sódico.**

La dosis es 2 mEq/kg. La administración de bicarbonato debe guiarse realizando siempre analítica al cebado; en caso de urgencia, cuando no ha sido posible efectuar el control gasométrico previo debe administrarse bicarbonato, en todos aquellos casos en los cuales el cebado se ha efectuado con hemoderivados, pues la sangre procedente de banco tiene un pH bajo; esto es sobre todo obligado en neonatos, y cardiopatías cianóticas. La dosis de bicarbonato se calcula con la fórmula:  $(\text{Peso} \times 0,3) + \text{volumen de cebado} \times \text{exceso de bases} / 2 = \text{número de miliEquivalentes de bicarbonato a administrar}$ .  
*Ejemplo:  $(3 \text{ kg} \times 0,3) + 0,7 \times 6 / 2 = 5 \text{ mEq}$ .*

*La administración de cualquier sustancia al circuito de extracorpórea debe guiarse considerando el volumen sanguíneo como la suma del volumen sanguíneo del paciente más el volumen de cebado del circuito.*

- **Manitol (Osmofundina 20%).**

Dosis 0,5 gr/kg. Se añade por su efecto protector renal; aumenta el flujo sanguíneo renal y el filtrado glomerular en el momento de su administración. La dosis se reparte 0,25 gr/kg en el

cebado del circuito, y se añade una nueva dosis de 0,25 gr/kg tras desclampaje aórtico.<sup>(50,51)</sup>

- **Cloruro cálcico al 10%.**

Es recomendable realizar analítica al cebado y decidir en función del resultado. La administración de calcio, debe seguir el mismo patrón que para el bicarbonato; en general, los cebados con sangre presentan cifras de calcio bajas, por lo cual puede ser recomendable su adicción al cebado en los casos en que no sea posible su control previo. En pacientes portadores de síndrome de DiGeorge, o los casos que se acompañan de aplasia de timo, la hipocalcemia es más frecuente, por tanto, los controles de este ión son obligados. Sin embargo, la hipercalcemia también puede representar un problema, sobre todo en aquellos miocardios con riesgo elevado de isquemia, pues puede producirse la parada cardíaca sin relajación diastólica.

- **Corticoides: Metilprednisolona (Urbason®).**

Dosis 2 mg/kg. Se administrara a 35° C, siempre tras desclampaje de la aorta. La administración de corticoides al cebado del circuito ha pasado por etapas que demuestran sus enormes beneficios, seguidos por otras cuya acción estaba contraindicada. Existen diversos trabajos en la actualidad que muestran que una dosis de Dexametasona 1 mg/kg dado 1 hora antes del inicio de la CEC, es decir en la inducción anestésica tiene un efecto antiinflamatorio, manifestado por un descenso en el nivel de algunas citoquinas y por una mejora en el curso clínico del postoperatorio (no fiebre, descenso de suplemento de líquidos, disminución del gradiente alveoloarterial de oxígeno, disminución del tiempo de ventilación mecánica y del soporte inotrópico). Pero además de estas ventajas se ha demostrado un descenso significativo de los niveles de cTnI (complejo de Troponina), es decir tendría un efecto cardioprotector. Por el contrario, no ha demostrado efectos protectores cerebrales tras una parada circulatoria, pues no se modifican los niveles de algunas proteínas que aparecen tras la CEC por aumento de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, sin daño cerebral.<sup>(52,53)</sup>

- **Furosemida.**

Dosis 2 mg/kg. El objetivo de su administración es mejorar la perfusión renal en el momento de

mayor riesgo de isquemia renal (tras la salida de CEC y una vez acabada la ultrafiltración modificada) y además disminuir la presión venocapilar en el pulmón, facilitando la salida de líquido pulmonar.

**• Antifibrinolíticos:**

La administración de fármacos con propiedades antifibrinolíticas está demostrado que disminuyen las necesidades de transfusión; tanto ácido Tranexámico, ácido Epsilonaminocaproico como la Aprotinina, han demostrado sus ventajas significativas en cirugías complejas, reintervenciones y en cirugía neonatal, pues en estos pacientes la fibrinólisis está enormemente activada; en el caso de la Aprotinina además está demostrado su efecto antiinflamatorio. En el momento actual este fármaco está retirado del mercado, tras los trabajos publicados en el año 2006.<sup>(25)</sup> El protocolo de Ácido Tranexámico usado es una dosis total 90 mg/kg; dicha dosis se fracciona siguiendo la pauta 30 mg/kg en perfusión continua en los 20 minutos anteriores al inicio de la CEC, 30 mg/kg administrados en el circuito de extracorpórea y dosis de 30 mg/kg, tras finalizada circulación extracorpórea, también en perfusión continua.

En todos estos pacientes se efectúa Ultrafiltración Modificada (MUF), cualquiera que sea la patología o duración de la circulación extracorpórea. El cebado del circuito de la MUF, se realiza con sangre y plasma, lo cual requerirá de la adicción de mayor volumen de sangre; intentar utilizar siempre una fracción de sangre de la misma unidad que la usada para el cebado inicial del circuito de extracorpórea.

2.1.2. Fluidos del cebado

Diferenciamos 5 grupos de pacientes en función del peso y/o patología cianótica:

**Paciente con peso inferior de 8 Kg**

- Cebado del circuito con sangre fresca de 48 h, o concentrado de hematíes y plasma fresco congelado, en proporción 50/50 (siempre que sea posible irradiados).
- Intentar no utilizar más de una unidad de sangre y plasma para efectuar el cebado.
- Cifra de hematocrito en el cebado de 30%.
- Dosis de heparina 20 mg.

**Paciente con peso de 8 a 15 Kg con cardiopatía cianótica**

- Concentrado de hematíes y plasma fresco congelado, en proporción 50/50 (siempre que sea posible irradiados).
- Intentar no utilizar más de una unidad de sangre y plasma para efectuar el cebado.
- Cifra de hematocrito en el cebado de 30%.
- Dosis de heparina 20 mg.

**Paciente con peso de 8 a 15 Kg**

- Cebado del circuito con concentrado de hematíes y coloide (Albúmina 5%) en una proporción 50/50.
- Cifra de hematocrito 25-30%, se pueden admitir cifras de hematocrito en CEC hasta del 20%.
- La dosis de heparina 20 mg.
- En estos casos siempre se montará el recuperador de sangre, para una vez acabada la cirugía centrifugar y lavar la sangre del circuito de extracorpórea.

**Paciente con peso superior a 15 Kg con cardiopatía cianótica**

- El cebado se efectuará con cristaloide y coloide 50/50 (Plasmalyte®/Albúmina al 5%).
- Cifra del hematocrito 25-30%.
- Siempre se montará el sistema de recuperación de sangre.

**Paciente con peso superior a 15 Kg sin cardiopatía cianótica**

- El cebado se efectuará con cristaloide y coloide 50/50 (Plasmalyte®/ Voluven®).
- Cifra del hematocrito 20-25%.
- Siempre se montará el sistema de recuperación de sangre.

2.1.3. Fluidos agregados al circuito

La calidad del líquido agregado al circuito va a depender de la cifra de hematocrito:

**Paciente con peso inferior a 8 Kg**

- Hematocrito < 25% Concentrado de hematíes.
- Hematocrito 30-35% Plasma.
- Hematocrito > 35% Albúmina 5%.

**Paciente con peso de 8 a 15 kg con cardiopatía cianótica**

- Hematocrito < 25% Concentrado de hematíes.
- Hematocrito 25-35% Plasma.
- Hematocrito > 35% Albúmina 5%.

### Paciente con peso superior a 15 Kg con/sin cardiopatía cianótica

- Hematocrito < 20% Concentrado de hematíes
- Hematocrito 20-30% Voluven®
- Hematocrito > 30% Plasmalyte®

#### 2.2. Manejo de la temperatura

El cirujano establecerá el grado de hipotermia necesario en cada intervención quirúrgica. Se monitorizan las temperaturas nasofaríngea y una central (en nuestro caso rectal y timpánica) evitando la existencia de gradientes superiores a 3-4° C entre ellas. De esta forma aseguraremos un enfriamiento y calentamiento lo más homogéneo posible. Es recomendable, en estos casos, la utilización de una sonda de temperatura timpánica, ya que esta refleja con mayor exactitud la temperatura media de la masa cerebral.

La estrategia de gases utilizada es mixta; durante el enfriamiento en niños pequeños se prefiere pH-stat, pero una vez alcanzada la temperatura, la tendencia es alfa-stat. En niños mayores siempre se utiliza alfa-stat. En las tablas 1 y 2 están recogidas las cifras deseadas en cada una de las estrategias.

La temperatura del agua del intercambiador, nunca superará en 10° C la temperatura central del enfermo, ya que existe peligro de formación de microburbujas en la sangre y siempre, se mantendrá por debajo de 40° C, para no correr el peligro de provocar hemólisis masiva. Mención especial merecen aquellos casos que requieran parada circulatoria con hipotermia profunda (temperatura rectal entre 15° C y 20° C).

El tiempo de enfriamiento o calentamiento de un enfermo sometido a una parada circulatoria, lo marca la no existencia de gradientes superiores a 3-4° C, entre todas las temperaturas, siendo aproximadamente de 50-60 minutos, y nunca inferior a 30 minutos. En este caso, es recomendable reperfundir a la misma temperatura durante 10 minutos y posteriormente, iniciar el recalentamiento del paciente. Un enfriamiento o calentamiento homogéneo nos ayudará a disminuir la incidencia de disfunción neurológica transitoria. También como protector neurológico y justo antes de la parada se administrará:

- Diazepam 0, 2 mg/kg.
- Thiopental 30 mg/kg.
- Frío local. Con casco craneal de gelatina.

Durante el recalentamiento de estos pacientes no se alcanzarán temperaturas (ni central, ni nasofaríngea) superiores a 36° C.

En los últimos años, algunos equipos quirúrgicos han introducido la técnica de perfusión cerebral anterógrada selectiva; el objetivo es mantener la perfusión cerebral durante la "parada circulatoria". La técnica consiste en alcanzar hipotermia profunda (20-22° C), y posteriormente, tras la parada circulatoria, se inicia lentamente la perfusión cerebral hasta alcanzar una saturación cerebral o un flujo por Doppler que no se modifique más de un 10% del basal. Estos valores habitualmente se consiguen con un flujo de un 30-40% del flujo total (aproximadamente 30 ml/kg/min). Cuando se efectúa esta técnica de perfusión cerebral es obligada la monitorización de la presión de perfusión cerebral, lo cual, salvo alteraciones anatómicas, se consigue mediante la canalización y monitorización en el tronco braquiocefálico (arteria radial o humeral derecha). El procedimiento seguido es el siguiente: enfriamiento global, parada circulatoria tras alcanzar temperatura (20°-24° C), recolocación de la cánula arterial para iniciar el flujo cerebral de forma lenta; comenzamos por 5 ml/kg/min y se sube 5 ml/kg/min cada 2 minutos, hasta alcanzar un flujo 25-45 ml/kg/min, manteniendo presiones de perfusión nunca superiores a 40-50 mmHg.

#### 2.3. Flujos en circulación extracorporea

##### 2.3.1. Neonato (recién nacido hasta 5 Kg)

Para conseguir un enfriamiento uniforme, sobre todo si se precisa trabajar con hipotermia moderada-profunda, es recomendable la vasodilatación previa del paciente; se puede administrar Urapidilo 1 mg/kg una vez establecido el flujo total y realizado el clampaje aórtico.

##### •Enfriamiento

- Inicio de CEC 200-180 ml/min x peso
- Hasta 33° C 150 ml/min x peso
- 33-28° C 100 ml/min x peso
- < 28° C 80 ml/min x peso

##### •Calentamiento

Subir el flujo siguiendo en sentido contrario a la pauta anterior. Al llegar a 33° C y con tensión arterial media menor de 40 mmHg, mantener flujo a 180 ml/kg/min hasta alcanzar temperatura, y entonces a 150 ml/kg/min.

##### 2.3.2. Lactante (hasta 10 Kg de peso)

##### •Enfriamiento

- Inicio de CEC 150 ml/min x peso
- Hasta 33° C 100 ml/min x peso

- 33-28° C 80 ml/min x peso
- < 28° C 50 ml/min x peso
- *Calentamiento*

Subir el flujo siguiendo en sentido contrario a la pauta anterior. Al llegar a 33° C y con tensión arterial media menor de 40 mm Hg, mantener flujo a 180 ml/kg/min hasta alcanzar temperatura, y entonces a 150 ml/kg/min

### 2.3.3. Niño (más de 10 Kg de peso)

- *Enfriamiento*
- Inicio de CEC 2,4 ml/min/m<sup>2</sup>
- Al llegar a 28° C 1,6 ml/min/m<sup>2</sup>
- *Calentamiento*

Subir el flujo siguiendo en sentido contrario a la pauta anterior

### 2.4. Presiones de perfusión

En niños, fundamentalmente en neonatos, la presión de perfusión puede estar por debajo de 20-30 mmHg; es el flujo el que mejor refleja la adecuada perfusión de los órganos, debido a la elasticidad de los vasos. El adecuado manejo de los gases venosos, la regulación global de la temperatura y la utilización de flujos altos son garantía de una adecuada perfusión tisular, no estando indicado el uso de vasoconstrictores para garantizar una presión "ideal". Este manejo es válido para niños hasta 4-5 años. Hay que recordar la contraindicación absoluta para el uso de vasoconstrictores en presencia de colaterales aortopulmonares.

### 2.5. Manejo de gases

La estrategia de manejo de gases debe depender de la edad del paciente y del grado de hipotermia que se va alcanzar.

En neonatos e hipotermia profunda (<28° C) recomendamos la estrategia pH-stat, es decir, la PaCO<sub>2</sub> debe ser alta (40 mmHg) con el objetivo de conseguir vasodilatación cerebral y un enfriamiento uniforme y global del cerebro.

En el paciente de mayor edad e hipotermia moderada, la estrategia que puede recomendarse es alfa-stat (el objetivo es mantener el adecuado funcionamiento cerebral), pues en estos pacientes la estrategia pH-stat ha demostrado peores resultados. Sin embargo, como hemos explicado anteriormente, la tendencia en el momento actual es utilizar técnicas de circulación extracorpórea donde se realiza un manejo mixto de gases. También es recomendable, no perfundir con PaO<sub>2</sub> elevadas (90-150 mmHg),

sobre todo en el paciente cianótico, pues las cifras elevadas de oxígeno en sangre, se acompañan de mayor riesgo de stress oxidativo; esto es muy importante en el período de reperfusión, tanto cerebral, miocárdica o somática, pues la célula es más vulnerable a la lesión por cifras elevadas oxígeno, por peor funcionamiento de los sistemas antioxidantes.

En hipotermia, la solubilidad del CO<sub>2</sub> en sangre aumenta. Cuando la estrategia utilizada es alfa-stat, para mantener constante PaCO<sub>2</sub> se debe eliminar más CO<sub>2</sub> conforme se desciende temperatura, y los gases corregirse a dicha temperatura (Tabla 1). El principio de la estrategia pH-stat es mantener el pH constante, para lo cual es preciso aumentar PaCO<sub>2</sub>; se corrigen los gases a la temperatura del paciente. El objetivo es mantener una PaCO<sub>2</sub> igual 40 mmHg corregido a temperatura y mantener un pH 7,40 a esa temperatura (Tabla 2).

### 2.6. Técnicas de ultrafiltración

La hemofiltración durante la circulación extracorpórea (CEC) ha logrado una franca mejoría en el manejo de dos problemas: la hemodilución y la activación de la respuesta inflamatoria sistémica.

Nosotros recomendamos las dos técnicas de hemofiltración<sup>(54)</sup> que existen en la actualidad:

1.- La ultrafiltración convencional proporciona un aclaramiento de moléculas proinflamatorias desde el inicio de la CEC, momento de máxima activación del proceso inflamatorio.

2.- La ultrafiltración modificada después de salir de CEC, que proporciona un manejo idóneo de la sobrecarga hídrica, mejora de la contractilidad miocárdica y disminución de la incidencia del síndrome de escape capilar. Para realizar las técnicas, se usan bombas de rodillo y un ultrafiltro de polisulfona con una superficie 0.7 m<sup>2</sup>, de la marca Minntech, modelo D20, tanto para enfermos neonatales como pediátricos.

Los métodos utilizados para realizar ultrafiltración son:

*Ultrafiltración convencional en CEC (CUF).* - El comienzo de esta técnica durante la cirugía, se realiza en el momento en que el volumen del reservorio de cardiotorax lo permita. Siguiendo el esquema de la figura 1, se pondrá en funcionamiento el rodillo del hemofiltro, permitiendo el paso de sangre oxigenada desde la línea arterial hasta el reservorio de cardiotorax, a través de la línea C, manteniendo clampada la línea M. El flujo de la ultrafiltración, será de 10-15 ml/Kg/min y este flujo se aumentará al

total del paciente para no hipoperfundirle (Figura 1). Se ha comprobado que realizar CUF durante los 15 primeros minutos de CEC, disminuye la respuesta inflamatoria.<sup>(54)</sup>

*Ultrafiltración modificada postCEC (MUF).*- Tras salir de CEC y sin revertir la heparina, siempre a través del rodillo del hemofiltro y con una aspiración negativa aplicada a la salida del líquido ultrafiltrado, se comenzará la MUF. Se realizará durante 10-15 minutos y a un flujo entre 10-15 ml/Kg/min.

Según el esquema de la figura 2, se mantiene la cánula arterial en la aorta, se purga el sistema de cardioplegia y la línea que va hasta el paciente, a través del hemoconcentrador y la línea M. Se mantiene clampada la línea C. Tras rellenar al paciente hasta tener precarga adecuada para mantener buena hemodinámica, se comienza a purgar de forma retrógrada la sangre desde la cánula de aorta hacia el oxigenador, dejando clampado el filtro arterial, y de aquí hacia el hemofiltro, pasando por la línea M hasta el sistema de cardioplegia, donde se mantendrá una temperatura de 37° C en el intercambiador de calor, y de este, a través de la línea de la propia cardioplegia hasta la cánula que estará insertada en la aurícula derecha (Figura 2). No obstante se debe hemoconcentrar simultáneamente todo el volumen que está en el circuito de CEC y trasfundírselo al paciente, de tal forma que no quede ningún hematíe en dicho circuito. Esto se consigue permitiendo el paso continuo del rodillo arterial a menor flujo que el rodillo de la MUF.<sup>(55)</sup>

## 2.7. Cardioplegia

Habitualmente el tipo de cardioplegia utilizada es

cristaloide. Para ello infundimos la solución comercializada por el laboratorio Abboth con nombre comercial Abboplegisol®, a la que le añadimos 10 mEq de bicarbonato sódico y 15 mEq de cloruro potásico, con el objetivo de ajustar el pH y tener un potasio de 3.1 mEq/100ml. La protección miocárdica estándar que utilizamos es: anterógrada, cristaloide, fría e intermitente cada 30 minutos.

El volumen a infundir será:

Primera dosis de 30 ml/Kg.

Dosis posteriores 20 ml/Kg.

En algunos procedimientos se decide usar cardioplegia hemática 4:1 con el siguiente protocolo:<sup>(56)</sup>

### Inducción fría:

Frasco de 500 ml de solución cardiopléjica Braun® de mantenimiento con 35 mEq de CLK (añadir 23 mEq extras, a los 12 mEq de su composición).

Volumen a infundir: 30 ml/kg.

### Mantenimiento:

Frasco de 500 ml de solución cardiopléjica Braun® de mantenimiento con 35 mEq de CLK.

Volumen a infundir cada 30 min. 20 ml/ kg.

### Reperusión:

Frasco de 500 ml de solución cardiopléjica Braun® de reperusión con 16 mEq de CLK.

Volumen a infundir: 15 ml/ kg.

La infusión será anterógrada e intermitente cada 30 minutos.

## Addendum

Las tablas, medidas de seguridad, parámetros y demás datos, tienen el valor y el interés específico, de permitir realizar los distintos procedimientos con la mayor precisión, seguridad y calidad.

Siempre pensando que la información que aquí y en todo el protocolo se da, no debe reemplazar nunca el sentido común, la experiencia y el buen juicio de los profesionales a cargo del procedimiento.

La comunicación entre los profesionales que realizan cirugía cardíaca debe ser siempre abierta y directa.

<i>Estrategia alfa –stat</i>	<i>37 °C</i>	<i>Corregidos a 25°C</i>
<b>NORMOTERMIA</b>	pH = 7,40	pH = 7,40
<b>NORMOTERMIA</b>	pCO2 = 40 mmHg	pCO2 = 40 mmHg
<b>HIPOTERMIA</b>	pH = 7,40	pH = 7,57
<b>HIPOTERMIA</b>	pCO2 = 40 mmHg	pCO2 = 23 mmHG

**Tabla I.** Estrategia alfa-Stat

<i>Estrategia pH –stat</i>	<i>37 °C</i>	<i>Corregidos a 25°C</i>
<b>NORMOTERMIA</b>	pH = 7,40	pH = 7,40
<b>NORMOTERMIA</b>	pCO2 = 40 mmHg	pCO2 = 40 mmHg
<b>HIPOTERMIA</b>	pH = 7,22	pH = 7,40
<b>HIPOTERMIA</b>	pCO2 = 67 mmHg	pCO2 = 40 mmHG

**Tabla II.** Estrategia pH-Stat

PESO (Kg)	TAMAÑO (Fr)
0 - 3	6
Hasta 5	6-8
6 - 10	10
11 - 15	12
16 - 25	14
26 - 35	16
36 - 50	18
> 50	20

**Tabla III.** Cánulas arteriales

Peso (kg)	VCS (Fr)	VCI (Fr)
0 - 3	12	14
Hasta 5	14	16
6 - 10	14	18
11 - 15	16	21
16 - 25	18	24
26 - 35	24	28
>50	28	30

**Tabla IV.** Cánulas venosas

Peso (Kg)	Línea Arterial	Línea Venosa
0 – 3	3/16	3/16
Hasta 5	1/4	1/4
6 – 10	1/4	1/4
11 - 15	1/4	1/4
16 - 20	1/4	3/8
21 - 50	3/8	3/8
>50	3/8	1/2

**Tabla V.** Tamaño circuitos

Oxigenador	Peso (Kg)	Flujo Máximo
Neonatal	0 - 3 Kg	0 - 700 ml/min
Infantil	4 - 5 Kg	0 - 800 ml/min
Pediátrico	5 – 20 Kg	2300 ml/min
Pediátrico Grande	20 – 50 Kg	5000 ml/min
Adulto	>50 Kg	7000 ml/min

**Tabla VI.** Oxigenadores



pH	7.35-7.45
PaO <sub>2</sub>	90-150 mmHg
PaCO <sub>2</sub>	35-45 mmHg
SVO <sub>2</sub>	≥ 65%
TCA	≥ 480 seg
PAM	Enfriamiento 20-70 mmHg Calentamiento 30-70 mmHg
PVC	< 5 mmHg
K <sup>+</sup>	3.3-5.5 mEq/L
Glucosa	70-130 mg/dl

**Tabla VII.** Valores recomendados durante CEC

### 8. Medidas de Seguridad Recomendadas

- Lista de chequeo
- Protocolos para procedimientos especiales
- Monitorización de gases en línea
- Alargaderas arteriales con válvulas de un solo sentido, sobre todo en el filtro arterial
- Bomba de circulación extracorpórea con:
  - Monitorización de al menos 4 terminales de temperaturas
  - Monitorización de al menos 4 tiempos (Cronómetros)
  - Detector de nivel
  - Detector de burbuja
  - Medidor de flujo
- Monitorización en el paciente de:
  - Saturación arterial, venosa y/o mixta
  - Presión arterial (PA)
  - Presión venosa central (PVC)
  - Al menos las siguientes temperaturas:
    - Vesical o rectal
    - Esofágica o nasofaríngea
    - Timpánica
- Monitorizaciones adicionales:
  - Temperaturas:
    - Venosa o de retorno
    - Arterial o de salida del oxigenador
    - Solución cardiopléjica
    - Salida intercambiador de agua
  - Monitor del Tiempo de Coagulación Activado

9. Diagrama MUF

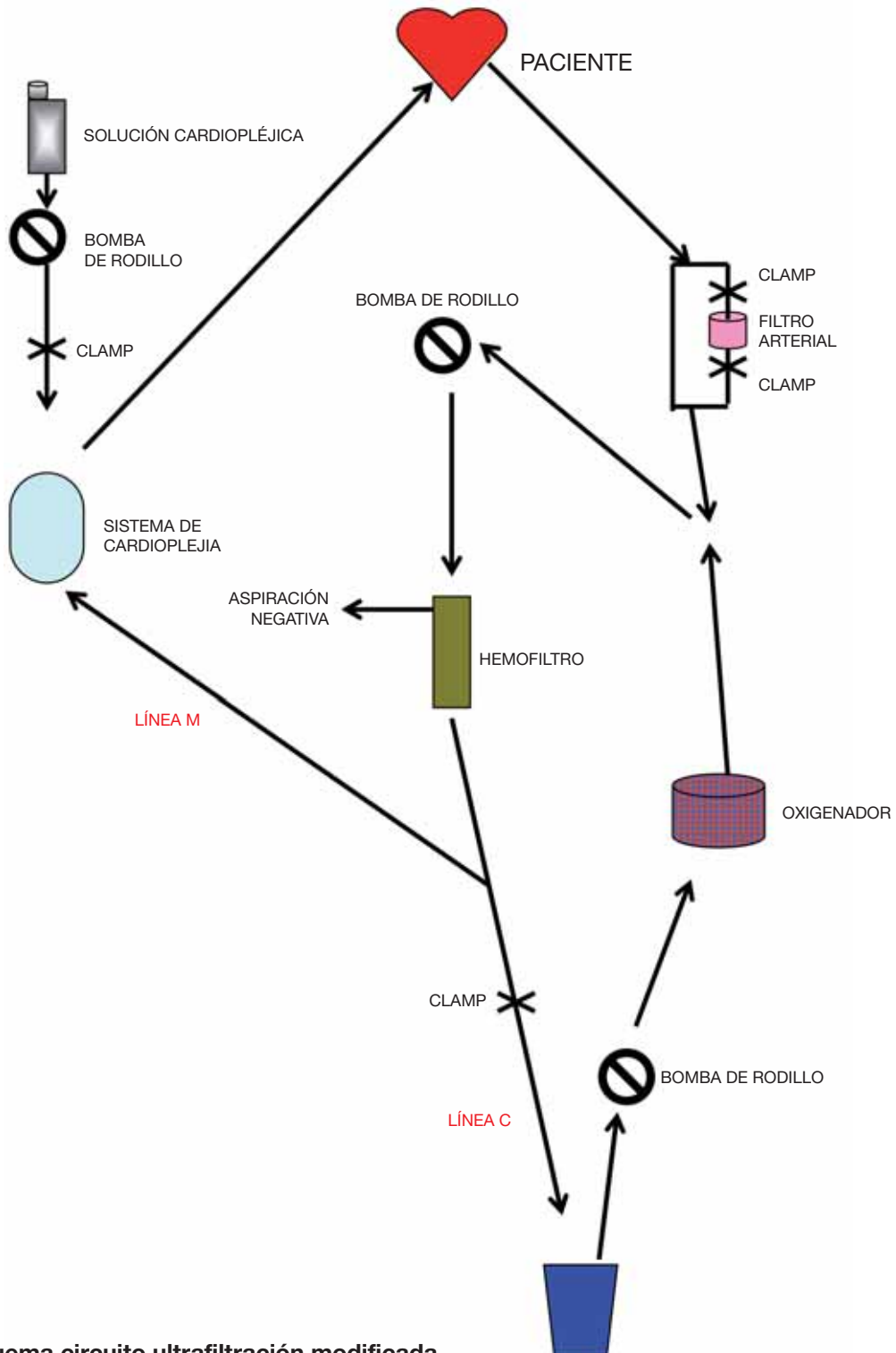


Fig. 1. Esquema circuito ultrafiltración modificada.

10. Diagrama CUF

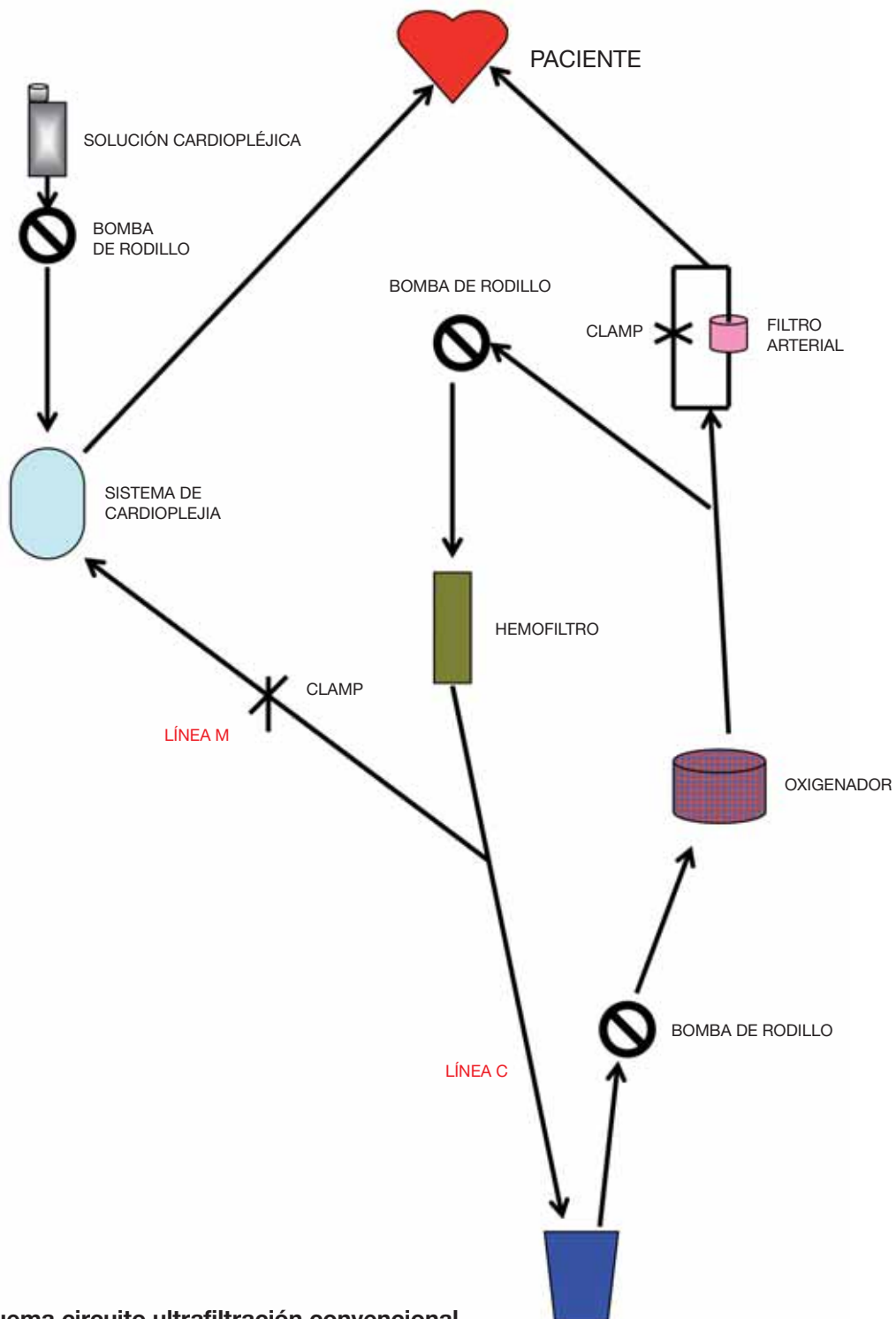


Fig. 2. Esquema circuito ultrafiltración convencional.

## Bibliografía

1. McFarland JG. Perioperative blood transfusions. Indications and options. *Chest* 1999; 115:113S-21S.
2. Liam BL, Plöchl W, Cook DJ et al. Hemodilution and whole body oxygen balance during normothermic cardiopulmonary bypass in dogs. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 1203-208.
3. Habib RH, Zacharias A, Schwann TA et al. Adverse effects of low haematocrit during cardiopulmonary bypass in the adult: should current practice be changed? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125:1438-50.
4. Tsang VT, Mullaly RJ, Regg PG. Bloodless open-heart surgery in infants and children. *Perfusion* 1994; 9:257-63.
5. Boettcher W, Merkle F, Koster A et al. Safe minimization of cardiopulmonary bypass circuit volume for complex cardiac surgery in a 3,7 kg neonate. *Perfusion* 2003; 18:377-79.
6. Ferraris VA, Ferraris SP, Saha Sp, HesselEa 2nd, Haan CK, Royston BD Bridges CR, Higgins RS Despotis G, Bfrown JR, Spiess BD, Shore-Lesserson L, Stafford-Smith M, mazer CD, Bennett-Guerrero E, Hill SE, Body S. Perioperativo Blood Transfusion and blood conservation in cardiac surgery: The society of thoracic surgeons and the society cardiovascular anaesthesiologist clinical practice guideline. *Ann Thorac Surg* 2007; 83:S27-86.
7. Eggum R, Ueland T, Moliness T et al. Effect opf perfusion temperature on the inflamatory response during pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2008; 85:611-7.
8. Caputo M, Bays S, Rogers C et al. Randomized comparison between normothermic and hipothermic cardiopulmonary bypass in pediatric open-heart surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; 80:982-8.
9. Tassani P, Barankay A, Haas F, et al. Cardiac surgery with deep hypothermic circulatory arrest produces less systemic inflammatory response than low-flow cardiopulmonary bypass in newborns. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123:648-54.
10. Wong PC, Barlow CR, Hickey PR, Jonas RA, Castaneda AR, Farrell DM, et al. Factors associated with choreoathetosis following cardiopulmonary bypass in children with congenital heart disease. *Circulation* 1992; 86(suppl): IV-118-26.
11. Jonas RA, Bellinger DC, Rappaport LA, Wernovsky G, Hickey PR, Farrell DM, et al. Relation of pH strategy and developmental outcome after hypothermic circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 106:362-8.
12. Bellinger D, Wypij D, du Plesis AJ. Development and neurologic effects of alpha -stat versus pH-stat strategies for deep hypothermic cardiopulmonary bypass in infants. *J Cardiovasc Surg* 2001; 121:374-83.
13. Pigula F., Siewers R., Nemoto E. Hypothermic cardiopulmonary bypass alters oxygen/glucose uptake in th pediatric brain. *J Thorac and Cardiovasc Surg* 2001; 121:366-373.
14. Montenegro LM, Greeley WJ. Pro: the use of modified ultrafiltration during pediatric cardiac surgery is a benefit. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12:480-2.
15. Gaynor JW. The effect of modified ultrafiltration on the post-operative course in patients with congenital heart disease. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2003; 6:128-39.
16. Cecere G, Groom R, Forest R et al. A 10 year review of pediatric perfusion practice in North America. *Perfusion* 2002; 17:83-89.
17. Ungerleider R. Practice patterns in neonatal cardiopulmonary bypass. *Pediatric Card Surg Annu Seminars Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 7:172-9.
18. Eggum R, Ueland T, Mollnes Te et al. Effect of perfusion temperatura on the inflamatory response during pediatric cardiac surgery. *ANN thorac Surg* 2008; 85:611-7.
19. Bradley A, Ilbawi M. Hypoxia, reoxygenation and the role of systemic leukodepletion in pediatric heart surgery. *Perfusion* 2001; 16(suppl):19-29.
20. Efsatathiou A, Vlachveis M, Tsonis G, Asteri T, Psarakis A, Fessatidis IT. Does leukodepletion during elective cardiac surgery really influence the overall clinical outcome? *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2003; 44:197-204.
21. Ilmakunnas M, Pesonen EJ, Ahonen J, Ramo J, Siitonen S, Repo H. Activation of neutrophils and monocytes by a leukocyte-depleting filter used throughout cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 129:851-9.
22. Carrel TP, Schwanda M, Vogt PR et al. Aprotinin in pediatric cardiac operations:a benefit in complex malformations and with high-dose regimen only. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 153-8.
23. Costello JM, Backer CL, Hoyos A el al. Aprotinin reduces operative closure time and blood product use after pediatric bypass. *Ann Thorac Surg* 2003; 75: 1261-1266.
24. Eaton M. Antifibrinolytic therapy in surgery for congenital heart disease. *Anesth Analg* 2008; 106:1087-1100.
25. Mangano DT, Tudor IC, Dietzel C. The risk associated with aprotinin in cardiac surgery. *N Engl J Med* 2006; 354: 353-65.
26. Karkouti K, Beattie WS, Dattilo KM, el al. A propensity score case-control comparision of aprotinin and tranexamic acid in high-ytransfusion-risk cardiac surgery. *Transfusion* 2006; 46:327-38.
27. Hogue CW, London MJ. Aprotinin use during cardiac surgery: a new or continuing controversy? *Anesth Analg* 2006; 103: 1067-70.
28. Nishizawa T, Usui A, Murase M, Ueda Y. pH- stat blood gas management provides better cerebral perfusion during deep hypothermic retrograde cerebral perfusion. *Interactive Cardiovascular and Thorac Surgery* 2002; 1: 88-92.
29. Ye J, Li Z, Yang Y et al. Use of a pH.stat strategy during retrograde cerebral perfusion improves cerebral perfusion and tissue oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1664-70.
30. Galla JD, McCullough Jn, Ergin Ma et al. Surgical techniques. Aortic arch and deep hypothermic circulatory arrest: Real -life suspended animation. *Cardiol Clin* 1999; 17:767-78.
31. Tseng EE, Brock Mv, Kwon cc, et al. Increased intracerebral excitatory amino acids and nitric oxide after hypothermic circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 1999; 67:371-6.
32. Gravice G, David R, Kurusz M, Utlej J. *Cardiopulmonary Bypass Principles and Practice*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000:207-11.
33. Kilpack VD, Stayer SA, McKenzie D, et al. Limiting circulatory arrest using regional low flow perfusion. *JECT* 2004; 36:133-8.
34. Watanabe T, Oshikiri N. Inui K, et al. Optimal blood flow for cooled brain at 20 °ba C. *Ann Thorac Surg* 1999; 68:864-9.
35. Duebener LF, Sakamoto T, Harsuoka S, et al. Effects of hematocrit on cerebral microcirculation and tissue oxygenation during deep hypothermic bypass. *Circulation* 2001; 104: 260-4.
36. Andropoulos DB, Stayer SA, McKenzie ED, Frase CD

Regional low-flow perfusion provides comparable blood flow and oxygenation to both cerebral hemispheres during neonatal aortic arch reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126:1714-17.

37. Boks R, van Herwerden L, Takkenberg J. Is the use of albumin in colloid prime solution of cardiopulmonary bypass circuit justified? *Ann Thorac Surg* 2001; 72:850-3.
38. Lilley A. The selection of priming fluids for cardiopulmonary bypass in the UK and Ireland. *Perfusion* 2002; 17:315-19.
39. Chambers LA, Cohen DM, Davis JT. Transfusion patterns in pediatric open heart surgery. *Transfusion* 1996; 36:150-4.
40. Williams G, Bratton S, Ramamoorthy C. Factors associated with blood loss and blood product transfusions: a multivariate analysis in children after open-heart surgery. *Anesth Analg* 1999; 89:57-64.
41. Sedrakyan A, Gondek K, Paltiel D, Eleftheriades J. Volume expansion with albumin decreases mortality after coronary artery bypass graft surgery. *Chest* 2003; 123:1853-57.
42. Kuitunen A, Hynynen M, Vahtera E, Salmenpera M. Hydroxyethyl starch as a priming solution for cardiopulmonary bypass impairs hemostasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004; 98:291-7.
43. Tigchelaar I, Gallandat Huet R, Boonstra P, van Oeveren W. Comparison of three plasma expanders used as priming fluids in cardiopulmonary bypass patients. *Perfusion* 1998; 13:297-303.
44. Tanzi M, Gardner M, Megellas M, Lucio S, Restino M. Evaluation of the appropriate use of albumin in adult and pediatric patients. *Am J Health-Syst Pharm* 2003; 60:1330-1335.
45. Kern F, Morana N, Sears J, Hickey P. Coagulation defects in neonates during cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1992; 54:541-6.
46. Jensen E, Andreasson S, Bengtsson A et al. Changes in hemostasis during pediatric heart surgery: impact of a biocompatible heparin-coated perfusion system. *Ann Thorac Surg* 2004; 77:962-7.
47. Wilkes M, Navickis R, Sibbald W. Albumin versus hydroxyethyl starch in cardiopulmonary bypass surgery: a metaanalysis of postoperative bleeding. *Ann Thorac Surg* 2001; 72:527-34.
48. Oliver W, Beynen F, Nuttal G et al. Blood loss in infants and children for open heart operations: albumin 5% versus fresh frozen plasma in the prime. *Ann Thorac Surg* 2003; 75: 1506-12.
49. McCall M; Blackwell M, Smyre J, Sistino J et al. Fresh frozen plasma in the pediatric pump prime: a prospective, randomized trial. *Ann Thorac Surg* 2004; 77:983-7.
50. Eric Jenkins, Russell Butler, Kevin Griffith and contributors (CCP). Protocols and Guidelines for Pediatric Perfusion. University of Michigan Medical Center. C.S. Mott Children's Hospital. License the Amsect. 1998.
51. www.perfusion.ca. Guidelines.
52. Lindberg L, Forsell C, Jö'f6gi P and Olsson AK. Effects of dexamethasone on clinical course, C-reactive protein, S100B protein and von Willebrand antigen after paediatric cardiac surgery. *BJA* 2003; 90 : 728-32.
53. Checchia P, Backer C, Bronicki R, and al. Dexamethasone reduces postoperative troponin levels in children undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 2003; 31:1742-45.
54. López S, Tocón G, Tocón C, Herrero F, Vergara F, Ruiz V, Borrego J M, Gutiérrez E, Hernández A, Álvarez A, Gil-Fournier M, Herruzo A. "Importancia de la hemofiltración durante los primeros 15 minutos de circulación extracorpórea. (Otra alternativa a la respuesta inflamatoria de la CEC). Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla. Revista AEP, N° 35 (2002), pag. 5-16.
55. Español R, Portela F, Quintáns J, Pensado A, Sánchez A, Eiris D, Peteiro J, Juffé A, Zavarella C. Ultrafiltración convencional y modificada a través del sistema de cardioplejía. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. Revista AEP, N° 27 (1998), pag. 5-14.
56. Sarrais P, Gómez R, Villagrà F, Sánchez PA, Pérez J, Alonso A, Brito J M. Protección miocárdica mediante cardioplejía hemática en cirugía cardíaca infantil. Hospital Ramón y Cajal.

### Agradecimientos

Damos las gracias a todas las personas que nos han precedido en la realización de protocolos pediátricos y en especial a nuestra compañera Yolanda Gil García, por sus correcciones y dotes artísticas.



## Protocolo de perfusión para control de glucemia en cirugía cardiaca bajo circulación extracorpórea

Carlos García Camacho <sup>(1)</sup>, Sergio Caballero Gálvez <sup>(1)</sup>, M<sup>a</sup>. José Sánchez Martín <sup>(2)</sup>,

<sup>(1)</sup>Perfusionista

Hospital Universitario Virgen de Fátima. Sevilla

<sup>(2)</sup>Anestesióloga

Hospital Universitario Infantil Virgen del Rocío. Sevilla

---

### Resumen

Los enfermeros perfusionistas son los encargados de sustituir la función cardiaca y pulmonar, manteniendo la circulación de la sangre e intentando minimizar los efectos deletéreos de la circulación extracorpórea en las intervenciones de cirugía cardiovascular que la precisen.

La hiperglucemia es uno de esos efectos deletéreos, resultando difícil su control durante el by-pass cardiopulmonar, tanto en pacientes diabéticos como en los no diabéticos.

Perfusionists are the ones in charge to replace the cardiac and pulmonary function, maintaining the circulation of the blood and trying to diminish the adverse effects of the Extra-corporeal Circulation in the interventions of Cardiovascular Surgery need that it. The Hyperglycemia is one of those adverse effects, being difficult its control during by-pass cardiopulmonary, as much in diabetic patients as in the non diabetic ones. After several studies of inves-

Tras varios estudios de investigación con más de 500 casos incluidos y con el objetivo de controlar las cifras de glucemia de forma adecuada durante estos procedimientos quirúrgicos, hemos diseñado un nuevo protocolo de infusión continua de insulina que presentamos a continuación.

Palabras clave:

Enfermero perfusionista, Circulación extracorpórea, Hiperglucemia, Insulina, Beneficios.

### Summary

tigation with more than 500 cases including and with the aim of controlling the numbers of glycemic of form adapted during these surgical procedures, we have designed a new protocol of insulin continuous infusion that we presented next.

Key words.

Perfusionists, Extra-corporeal circulation, Hyperglycemia, Insulin, Benefits.

---

### Introducción

Según la Asociación Española de Perfusionistas (AEP), puede definirse al perfusionista, como “un profesional sanitario con titulación académica Universitaria (Diplomado Universitario Enfermería), cuyo trabajo consiste en proporcionar los cuidados asistenciales necesarios para mantener y controlar una adecuada circulación de la sangre, en aquellos pacientes intervenidos quirúrgicamente de lesiones cardiocirculatorias en las que es necesario sustituir

la función cardiaca y/o pulmonar, así como la puesta en marcha, mantenimiento y control de las técnicas de circulación artificial derivadas de un procedimiento médico-quirúrgico que requiera circulación extracorpórea (CEC)”.<sup>(1)</sup>

El Manual de Calidad elaborado por esta Asociación científica determina que para realizar esta asistencia correctamente, el perfusionista debe tomar todas las medidas oportunas, para mantener, un

adecuado intercambio gaseoso en los tejidos y un correcto flujo y presión sanguínea, durante el by-pass cardiopulmonar, intentando minimizar los efectos deletéreos generados por la circulación extracorpórea.<sup>(2)</sup>



Fig. 1. Imagen del perfusionista y la bomba de C.E.C.

El establecimiento de la circulación extracorpórea inevitablemente está asociado a fenómenos anormales como son flujo no pulsátil, circulación de la sangre por el interior de tubos no elásticos sometidos a fuerzas de fricción y succión, contacto con superficies extrañas distintas del endotelio vascular.<sup>(3)</sup>

Estos fenómenos generan una serie de anomalías fisiopatológicas entre las que destacan: respuesta inflamatoria sistémica, activación de la cascada inflamatoria y de la coagulación, fibrinólisis, disfunción plaquetaria, producción de citocinas, activación del complemento, alteraciones enzimáticas inducidas por hipotermia, alteraciones metabólicas e hiperglucemia.<sup>(3,4,5)</sup>

La hiperglucemia aparece con frecuencia durante el by-pass cardiopulmonar, lógicamente con mayor frecuencia en pacientes diabéticos. Suele ser de difícil control, necesitando de la infusión de insulina en el intraoperatorio para mantener la homeostasis de glucosa.<sup>(6)</sup>

Recientes estudios de investigación relacionan un mal control intraoperatorio de la glucemia en sangre con mayor morbilidad y mortalidad tras una intervención de cirugía cardíaca, estableciendo rangos seguros para el paciente entre 90 y 145 mgr/dl.<sup>(7,8,9)</sup>

### Causas de la hiperglucemia en el by-pass cardiopulmonar

Entre las causas responsables de la hiperglucemia en CEC están:<sup>(6,10)</sup>

- inhibición de la producción de insulina.
- disminución del consumo celular de glucosa relacionado con la resistencia insulínica y la hipotermia.
- aumento en la liberación de Cortisol, Adrenalina y Noradrenalina por la estimulación de las glándulas suprarrenales producida por el estrés quirúrgico.
- resistencia a la administración de insulina exógena relacionada con el aumento de adrenalina y con la elevada liberación de glucosa por el hígado ante el estrés.
- aumento de la glucogenólisis (degradación del glucógeno que se transforma en glucosa y ácido láctico), y gluconeogénesis (formación de glucosa a expensa de aminoácidos, lactatos y glicerol) relacionadas con el aumento de cortisol.
- administración de glucosa exógena durante la cirugía cardíaca, normalmente en solución para los fármacos inotrópicos.
- tiempo prolongado de CEC.
- incremento de la reabsorción renal de glucosa.

### Efectos deletéreos de la hiperglucemia en el by-pass cardiopulmonar

Los efectos negativos que se asocian con la hiperglucemia consisten en:<sup>(6,10,11,12)</sup>

- empeora el daño cerebral producido por la isquemia.
- posibilidad de aumentar las lesiones neurológicas focales y globales.
- diuresis osmótica y consecuentes alteraciones electrolíticas.
- posibilidad de evolucionar al coma.
- alteración ultra estructural de los hepatocitos.
- mayor incidencia de infección en la herida esternal por afectación de los neutrófilos.
- mayor posibilidad de disfunción cardíaca.
- prolongación de la estancia hospitalaria del paciente.
- aumento de la mortalidad.

### Beneficios de la infusión de insulina en el by-pass cardiopulmonar.<sup>(13,14)</sup>

- se le atribuye un efecto neuroprotector cerebral y medular contra la isquemia.

- atenúa la acción inflamatoria de la glucosa.
- baja las concentraciones en plasma de ácidos grasos libres inhibiendo la lipólisis.
- disminuye la producción de radicales libres y del factor de migración de macrófagos.
- disminuye la producción de la Proteína p-47 (llave del sistema NADP-oxidasa).
- estimulante de la proteína d-6-desaturase y d-5-desaturase, esenciales en la formación de prostaglandinas E2 y precursores, con efectos antiagregantes plaquetarios, potentes vasodilatadores y antagonistas de la formación del factor de necrosis tumoral e interleucina 2.
- ciertos efectos protectores cardiacos por activación del metabolismo miocárdico protegiéndolo contra el daño isquémico (efecto demostrado por estudios en animales).
- permite un control estable de la glucemia durante la CEC.<sup>(15,16)</sup>

#### Protocolo para la infusión de insulina en el by-pass cardiopulmonar

Tras varios años realizando revisiones de la bibliografía relacionada, la observación de las cifras de glucemia y del consumo de insulina administrada, y el análisis de los resultados obtenidos en los estudios realizados en nuestro servicio sobre más de 500 pacientes,<sup>(15,16)</sup> presentamos el nuevo protocolo para el control de la glucemia de la Unidad de Perfusión del Hospital Universitario Puerta del Mar de Cádiz.

#### Objetivo

Mantener los niveles de glucemia en el rango óptimo entre 90-145 mgr/dl durante la circulación extracorpórea en las intervenciones de cirugía cardiaca.

#### Descripción

1. Preparar la solución de 10 unidades de Insulina rápida (U.I.) en 50 mililitros (ml) de cloruro sódico 0,9%.
2. Colocar la solución en la bomba de infusión purgando el sistema y ajustando los parámetros de velocidad de infusión y volumen a infundir.
3. Conectar el sistema de infusión a una entrada luer del reservorio venoso.

4. La perfusión se realizará en normotermia sistémica a 36° C de temperatura vesical, para lo que colocaremos el intercambiador de calor a 37° C durante todo el procedimiento, exceptuando las intervenciones que requieran obligatoriamente hipotermia o parada circulatoria total.



Fig. 2. Imagen bomba para infusión de insulina.

5. Comenzaremos la infusión de insulina con el establecimiento del by-pass cardiopulmonar.
6. La dosis estándar utilizada para conseguir nuestro objetivo será inicialmente de 0,02 U.I./kg/hora en pacientes no diabéticos y 0,04 U.I./kg/hora en pacientes diabéticos.
7. Si la cifra de glucemia medida estuviera por encima de 140 mgr/dl, esperar al siguiente control para aumentar la velocidad de infusión de insulina, ya que el pico máximo de actuación de la insulina rápida está en torno a 30 minutos.
8. Si tras ese control de comprobación, continúa en la misma cifra ajustar la velocidad de infusión hasta 0,06 u.i./kg/hora intentando mantener la glucemia por debajo de 145 mgr/dl.
9. Si la cifra de glucemia desciende por debajo de 80 mgr/dl. detener la infusión de insulina y esperar al siguiente control.



Para facilitar los cálculos de la velocidad de infusión para administrar estas dosis, hemos elaborado una tabla de conversión a ml/hora.

PESO EN Kgr.	0,01 u/kgr/h	0,02 u/kgr/h	0,03 u/kgr/h	0,04 u/kgr/h	0,05 u/kgr/h	0,06 u/kgr/h
50	2.5	5	7.5	10	12.5	15
52	2.6	5.2	7.8	10.4	13	15.6
54	2.7	5.4	8.1	10.8	13.5	16.2
56	2.8	5.6	8.4	11.2	14	16.6
58	2.9	5.8	8.7	11.6	14.5	17.2
60	3	6	9	12	15	18
62	3.1	6.2	9.3	12.4	15.5	18.6
64	3.2	6.4	9.6	12.8	16	19.2
66	3.3	6.6	9.9	13.2	16.5	19.8
68	3.4	6.8	10.2	13.6	17	20.4
70	3.5	7	10.5	14	17.5	21
72	3.6	7.2	10.8	14.4	18	21.6
74	3.7	7.4	11.1	14.8	18.5	22.2
76	3.8	7.6	11.4	15.2	19	22.8
78	3.9	7.8	11.7	15.6	19.5	23.4
80	4	8	12	16	20	24
82	4.1	8.2	12.3	16.4	20.5	24.6
84	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2
86	4.3	8.6	12.9	17.2	21.5	25.8
88	4.4	8.8	13.2	17.6	22	26.4
90	4.5	9	13.5	18	22.5	27
92	4.6	9.2	13.8	18.4	23	27.6
94	4.7	9.4	14.1	18.8	23.5	28.2
96	4.8	9.6	14.4	19.2	24	28.8
98	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.4
100	5	10	15	20	25	30
102	5.1	10.2	15.3	20.4	25.5	30.6
104	5.2	10.4	15.6	20.8	26	31.2
106	5.3	10.6	15.9	21.2	26.5	31.8
108	5.4	10.8	16.2	21.6	27	32.4
110	5.5	11	16.5	22	27.5	33
<b>RITMO DE INFUSION DE LA SOLUCION CON INSULINA EN ML/H</b>						

TABLA I. Tabla de dosis y velocidad de infusión de la insulina.



Fig. 3. Imagen analizador GEM PREMIER 3000.

- Si tras ese control de comprobación, continúa por debajo de 80 mgr/dl puede administrarse Glucosmon 33% en bolos de 3 mililitros hasta un máximo de 10 mililitros.

#### Monitorización de las cifras de glucemia.

Deben realizarse extracciones seriadas de sangre cada 10 minutos a través de la línea de muestras arteriovenosa intercalada entre la salida del oxigenador y la línea de retorno venoso.

Las muestras serán analizadas en el analizador gasométrico portátil GEM PREMIER 3000 que mide resultados de 20 mg/dL a 500 mg/dL ofreciendo resultados casi idénticos al reflectómetro convencional.<sup>(14)</sup>

#### Bibliografía

- URL: [http://www.aep.es/#SlideFrame\\_3](http://www.aep.es/#SlideFrame_3)
- URL: [http://www.aep.es/index.php?searchword=manual+de+calidad&ordering=&searchphrase=all&option=com\\_search](http://www.aep.es/index.php?searchword=manual+de+calidad&ordering=&searchphrase=all&option=com_search)
- García M. Oxigenación extracorpórea. II (20): 254. De: Gomar C, Pomar JL, Mata M. Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea. 1ª Ed. Ed. Eide. Barcelona 2003.
- Shore-Lesserson, Gravlee G, Horrow J. Handling of the

coagulation during and after the cardiopulmonary derivation; 18: 520-521; Of A practical approach to cardiac anesthesia. Hensley Jr. F, Martin D, Gravlee G., 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2003.

- Valenzuela-Flores G, Valenzuela-Flores AA, Ortega-Ramírez JA, Penagos-Paniagua M, Pérez-Campos JP. Alteraciones fisiopatológicas secundarias a circulación extracorpórea en cirugía cardíaca Cir Ciruj 2005; 73 (2): 143-149.
- Hessel E, Hild P. Physiopathology of the cardiopulmonary derivation; 20: 571-572. Of A practical approach to cardiac anesthesia. Hensley Jr. F, Martin D, Gravlee G., 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2003.
- Van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, Vlasselaers D, Ferdinande P, Lauwers P, Bouillon R. Intensive insulin therapy in the critically ill patients. N Engl J Med. 2001 Nov 8; 345 (19): 1359-67.
- Furnary AP, Gao G, Grunkemeier GL, Wu Y, Zerr KJ, Bookin SO, Floten HS, Starr A. Continuous insulin infusion reduces mortality in patients with diabetes undergoing coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg. 2003 May; 125 (5): 1007-21.
- Ouattara A, Lecomte P, Le Manach Y, Landi M, Jacqueminet S, Platonov I, Bonnet N, Riou B, Coriat P. Poor intraoperative blood glucose control is associated with a worsened hospital outcome after cardiac surgery in diabetic patients. Anesthesiology. 2005 Oct; 103 (4): 687-94.
- Martín Rojas E, Luna Ortiz P, Serrano Valdez X, Fernández Rivera B, De Micheli A. Solución de glucosa-insulina-potasio (GIK): Efectos cardioprotectores de la insulina. Archivos de cardiología de Mexico. Vol. 76 Supl. 4/Octubre-Diciembre 2006: S4, 144-151.  
URL: <http://www.medigraphic.com/pdfs/archi/ac-2006/acs064m.pdf>
- Hyperglycemia as an effect of cardiopulmonary bypass: Intraoperative glucose management .Najmaii S., Redford D. and Larson D.F. Journal of Extra-Corporeal Technology 2006 38: 2 (168-173).
- McDaniel HG, Papapietro SE, Rogers WJ, Mantle JA, Smith RL, Russell RO, Rackley CE. Glucose-insulin-potassium induced alterations in individual plasma free fatty acids in patients with acute myocardial infarction. Am Heart J 1981; 102: 10-15.
- Khaury W, Klausner JM, Ben-Abraham R, Szold O. Glucose control by insulin for critically ill surgical patients. J Trauma. 2004; 57; 1132-1134.
- Kersten Jr, Toller Wg, Gross Er, Pagel Ps, Waltier Dc: Diabetes abolishes ischemic preconditioning: Role of glucose, insulin, and osmolality. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2000; 278: H1218-24.
- ¿Es igual la relación entre Hipotermia-Normotermia y hiperglucemia-normoglucemia en la cirugía cardíaca extracorpórea durante by-pass cardiopulmonar? Estudio comparativo (García Camacho, C. Caballero Gálvez, Sánchez Martín M.J.) Revista Electrónica Portales Médicos. com. 21/11/2007.
- Hiperglucemia en el by-pass cardio-pulmonar, protocolo y resultados. XV Congreso de la AEP. Malaga 2008.
- American Diabetes Association. Bedside blood glucose monitoring in hospitals. Diabetes Care 2003; 26(S1): S119.

## Estrategias de ahorro de sangre en CEC

Cubero Nieto, T.\*, Aguado Velasco, MJ.\*, López Relea, G.\*, Maroto, L.\*\*\*, Flórez, S.\*\*\*

\* Enfermeros perfusionistas, \*\* Médico I. Residente, \*\*\* Adjunto C. Cardiaca  
Hospital Clínico Universitario. Valladolid

### Introducción

Hasta hace pocos años seguían considerándose la Hemodilución y la Hipotermia en Circulación Extracorpórea (CEC), como técnicas convenientes y comúnmente aceptadas por todos los equipos de Cirugía Cardíaca. Las trayectorias marcadas por las innovaciones en CEC seguían considerando que la Hemodilución procuraba una menor hemólisis, ya que, al diluir los elementos formes en el torrente de este tipo de circulación sanguínea, se disminuían el choque de las células entre sí y contra las paredes y filtros del circuito artificial. Esta Hemodilución era bien aceptada, no solo para evitar la destrucción de las células, sino como un medio de ahorro de sangre de Banco. Y es que los productos hematológicos para transfusión eran considerados como un bien muy escaso, y que, posteriormente, con el aumento de intervenciones quirúrgicas de todo tipo se convirtió en un preciado recurso que obligaba a su uso exclusivo en situaciones de completa necesidad. Aparte de esto, el hecho de utilizar sangre de Banco en el cebado del circuito de CEC no representaba más que un mal menor, por su escasez, pero tenía como ventaja inicial el aumento del transporte de O<sub>2</sub> a los tejidos, lo que, además, se consideraba necesario en los antiguos oxigenadores debido a su menor eficacia, que precisaba mayor tamaño y mayor volumen de cebado. Antiguamente no se valoraba con precisión el efecto deletéreo de la hemólisis y de la activación de la respuesta inflamatoria, cuyos mecanismos eran apenas conocidos.

A medida que los oxigenadores de CEC reducían su tamaño, al aumentar su efectividad en el intercambio gaseoso, se comenzó a disminuir la necesidad de utilizar sangre de Banco en el cebado del circuito. Comenzaron los tiempos de la hemodilución total. Pero esta hemodilución de la sangre disminuía a su vez el porcentaje de hematíes en el torrente circulatorio, es decir, disminuía el hematocrito de Bomba. Para evitar la posibilidad de un déficit acusado en el transporte de O<sub>2</sub>, se mantenía la hipotermia,

para reducir el consumo de oxígeno en los tejidos, de manera que el aporte del mismo era suficiente, y se seguía aprovechando la ventaja añadida que esta hipotermia proveía, en el apartado de seguridad, para casos de fallo del oxigenador, del sistema de CEC, o de la primitiva técnica quirúrgica que se conocía por entonces. De modo que la hipotermia siempre fue considerada como una técnica válida en Cirugía Cardíaca, e incluso imprescindible en la hemodilución total, al conocerse, poco a poco, los efectos indeseables de las transfusiones de los derivados sanguíneos.

El avance espectacular del conocimiento de los mecanismos de la reacción inflamatoria mediada por la CEC propugnó el avance paralelo de los recubrimientos fisiológicos, que actualmente son usados sistemáticamente para el tapizado interno del circuito de CEC y de los elementos que se unen al mismo, incluidas las cánulas que lo conectan al paciente. Fue el conocimiento posterior de los efectos no deseables de la hipotermia lo que preparó el terreno para evitar esta técnica en lo posible. No solo la hipotermia alargaba el procedimiento quirúrgico y, por tanto, aumentaba la posibilidad de infección al permanecer durante más tiempo el tórax abierto, sino que el efecto negativo de la prolongación en el tiempo de la CEC podía ser fácilmente evaluado en los primeros estudios sobre la cascada inflamatoria, el volumen de sangrado, el tiempo de estancia y la morbi-mortalidad. El hecho más simple valorado en nuestro Servicio, para la supresión paulatina de la hipotermia, era la observación de que, en los pacientes coronarios en que las anastomosis proximales se realizaban con clampaje parcial, lo que, en ocasiones, precisaba tanto tiempo quirúrgico, o más, que para las distales, la temperatura del circuito se aumentaba hasta los valores fisiológicos y se mantenía hasta la finalización de la CEC, no observándose ningún problema añadido excepto una metabolización más rápida de la heparina. Esto indujo a pensar

que la hipotermia ligera, contra la moderada o severa, no solo era segura, sino que disminuía los tiempos de calentamiento, que eran obligadamente lentos con el uso de la hipotermia, y se reducía el tiempo de CEC. En conclusión, hoy día es aceptada comúnmente el uso de la normotermia en CEC, y los oxigenadores actuales proporcionan una total seguridad en el transporte de O<sub>2</sub> a los tejidos, independientemente de la temperatura de trabajo.

Pero ninguno de estos avances, aunque siguen siendo fundamentales, han proporcionado un equilibrio total de los sistemas anticoagulante y procoagulante, es decir, entre los mecanismos imprescindibles para anticoagular perfectamente la sangre del circuito y evitar la aparición de fenómenos trombóticos de cualquier magnitud. Conociendo de antemano los efectos en el proceso inflamatorio mediado por el contacto de la sangre con las superficies extrañas, y la dificultad por disminuir los efectos adversos de las transfusiones de sangre y derivados en este tipo de cirugía potencialmente agresiva, pareció que la realización de intervenciones sin el uso de la CEC era la técnica lógica a utilizar. Sin embargo, aún hoy, después de varios años en la utilización de Cirugía sin CEC, los distintos equipos siguen sin ponerse de acuerdo en su utilización, máxime cuando se conocen los efectos negativos de la misma: menor porcentaje de injertos coronarios permeables, cierta activación de la cascada inflamatoria debida al contacto de la sangre con las paredes del mediastino y sangrados similares a algunos grupos con CEC. En consecuencia, a pesar de la lucha en la disminución o eliminación de la Circulación Extracorpórea, la Cirugía Cardíaca continúa teniendo en ésta a su único aliado para la mayor parte de los procedimientos, mientras sigue esforzándose por la disminución de los efectos adversos que la acompañan.

En este sentido, el siguiente paso realizado, tras descubrir que la hemodilución excesiva ha resultado ser la causa primaria del fallo de la hemostasia,<sup>(1,2)</sup> además de ser un importante factor en la disfunción multiorgánica y, por tanto, un elevador claro de la morbi-mortalidad a corto y largo plazo,<sup>(3,4)</sup> parece lógico trabajar en la línea de la disminución de esta hemodilución. Hay que tener en cuenta que el uso de productos de sangre homóloga se ha asociado también a una frecuencia elevada de disfunción o fallo orgánico, disfunción neurológica y riesgo de morbilidad y mortalidad a largo plazo,<sup>(5,6)</sup> además del riesgo de enfermedades transmisibles relacionadas con la transfusión, de modo que es obvio que hay

que intentar disminuir la transfusión de hemoderivados y de la disminución de la hemodilución. Esto último se ha conseguido de dos formas: disminuyendo la longitud y el diámetro de los circuitos de CEC, que son conocidos ahora como Mini-Circuitos (MC) y, en segundo lugar, con la técnica denominada como Autocebado. Este Autocebado consigue la disminución del líquido de cebado en el circuito, es decir, de la hemodilución, con el circuito clásico de CEC.

En conclusión, la finalidad más clara de la CEC sigue siendo la colaboración a la recuperación de la salud que proporciona la cirugía a corazón abierto, de la forma más efectiva posible, aplicando estrategias terapéuticas integrales y efectivas de disminución de la respuesta inflamatoria, del sangrado post-quirúrgico y de la necesidad de transfusiones de hemoderivados, lo que evitará en gran parte la disfunción multiorgánica y la activación de los componentes sanguíneos. Con este espíritu, presentamos aquí una relación de las estrategias economizadoras de sangre y sus derivados, antes, durante y después de la CEC, intentando con ello aumentar la efectividad de este complemento indispensable para la Cirugía Cardíaca.

### **Estrategias de ahorro de sangre en el preoperatorio**

Como todos los equipos de Cirugía Cardíaca conocen bien, el "trauma controlado" producido por cualquier tipo de cirugía mayor implica la realización de incisiones múltiples que van a producir un sangrado microvascular que, en ocasiones, precisa de transfusión sanguínea y que puede llegar a ser de tal magnitud que obliga a la reintervención para explorar el mediastino. Es por esto que una de las opciones practicadas hasta hace poco tiempo, era la extracción de sangre del paciente inmediatamente antes de la cirugía, para su reinfusión posterior. Esta técnica se ha revelado útil solamente en pacientes con normal o elevado volumen sanguíneo y buen hematocrito, ya que mientras se extrae la sangre suele ser necesario reponer la volemia con suero, para mantener la TA, lo que, paradójicamente coadyuva a la hemodilución, que es uno de los principales factores que hemos de evitar. De manera que este tipo de hemodilución aguda normovolémica solo es útil si se realiza con bastantes días de antelación, equilibrando la extracción con la administración de EPO y preparados de hierro. Debido a la compleja instauración de esta estrategia, nosotros abogamos por la técnica de Autocebado y/o por la extracción de un volumen de unos 500 a 1.000 c.c. de sangre,

en adultos, al comienzo de la entrada en CEC, en reservorios de cardiotorax con depósito supletorio (Dideco D903 AVANT y similares), o bien en bolsas de transfusión limpias, ya que la sangre que extraemos al inicio de la CEC está ya heparinizada. Esta sangre se reincorporará al circuito de CEC lo más tarde posible, con lo que la destrucción y activación de sus elementos será menor.

### Recuperador o lavador de sangre pre-operatorio

Este sistema es sumamente útil en reintervencio-

con los mismos inconvenientes, a los que se añade una cierta lentitud en la retransfusión de hematíes al circuito de CEC en caso de necesidad urgente de volumen de sangre. Y, por último, la técnica de retransfusión de toda la sangre sobrante en el circuito de CEC, al final de la misma, que se realiza a través de una línea conectada desde el circuito a alguna de las vías de venoclisis que instaura el Anestesiólogo, hace que el uso del Autotransfusor sea solo necesario para determinados y bien estudiados casos.



Fig. 1.

nes y durante la extracción de arterias mamarias muy traumáticas. Tiene el inconveniente de que, con las técnicas quirúrgicas actuales, el sangrado preoperatorio es mínimo, con lo que el procedimiento se encarece, ya que parte del sistema de recuperación tiene que estar montado previamente, haya o no haya sangrado quirúrgico, con lo que, en definitiva, se montan más sistemas de los necesarios, y que acaban por no ser utilizados. Sin contar con el problema añadido de que la retransfusión es solo de hematíes, desechándose todos los factores de coagulación en el lavado de los mismos.

Durante la cirugía, el recuperador sigue contando

### Estrategias durante la CEC

#### a) Mini-circuitos

Son dispositivos que disminuyen notoriamente la hemodilución y, por tanto, minimizan también gran parte de los efectos negativos de la misma. Sin embargo tienen el inconveniente de que, si usan reservorio de cardiotorax para los aspiradores, han de considerarse los efectos negativos de la succión,<sup>(7)</sup> y que si se usa Autotransfusor para los aspiradores del campo quirúrgico se enfrentarán a los problemas de eliminación de factores de coagulación después del lavado de hematíes, o a la cierta lentitud en la retransfusión urgente durante el proceso de lavado. El binomio coste-efectividad, de palpable

actualidad, hacen necesario un estudio adecuado de su utilización en contra de la técnica de Autocebado. En todo caso, creemos que es uno de los recursos más valiosos en CEC<sup>(6)</sup> aunque puede ser sustituido por la técnica de Autocebado en el caso de no disponer de estos dispositivos.

**b) Aspiradores de cardiomotía**

La constante necesidad de realizar la intervención sobre unos tejidos limpios de sangre, y de realizar la aspiración de forma casi siempre apremiante, obliga a la utilización intensa de los aspiradores de cardiomotía, ignorando la negativa influencia de esta sangre aspirada en la activación hematológica e inflamatoria.<sup>(9,10)</sup> Está ampliamente aceptado que esta sangre es la fuente primaria de generación de trombina, aún cuando se trabaje con niveles adecuados de heparinización.<sup>(11,12)</sup> Ya que el volumen de sangre aspirada durante la CEC puede ser muy elevado, y que con ella se produce la extracción de la heparina de la misma, que migra a la superficie mesotelial, el resultado es un déficit de heparina en esta sangre que pasa por el reservorio, donde se produce una cierta generación de trombina. Por otra parte, el exceso de presión negativa de aspiración produce un amplio contacto aire/sangre, que contribuye a la reacción inflamatoria y que destruye la

membrana del hematíe (hemólisis) debido a la baja resistencia de estas células a la presión negativa. Además, en esta sangre aspirada, aumenta la activación plaquetaria, lo que inhibe el factor 4 plaquetario, que no podrá ser utilizado en la inhibición del sangrado post-operatorio.

Broker RF et alts. observaron, además, que la sangre aspirada es responsable de la formación de microembolias por microagregados grasos procedentes de la grasa mediastínica, que no consiguen ser atrapados por los filtros actuales y que, si se acumulan en las arteriolas del cerebro, dan lugar a disfunción neurológica.<sup>(13)</sup> Por esta razón, algunos equipos abogan por la utilización del Autotransfusor-Lavador de hematíes, en lugar de los aspiradores del reservorio de cardiomotía. Esta solución, como hemos comentado antes, tiene los efectos negativos ya citados del retardo que se produce en el reingreso de la sangre, aspirada y lavada, al circuito de CEC, la posible eliminación de los factores de coagulación que acompañan al plasma aspirado y el aumento del coste del procedimiento. Es por esto que nuestro equipo propugna por una técnica de utilización de los aspiradores en el momento puntual necesario y limitando la nociva presión negativa excesiva de aspiración a no más de 0,5 litros por minuto, excepto en aspiración masiva obligada, lo que apenas retrasa el procedimiento quirúrgico.

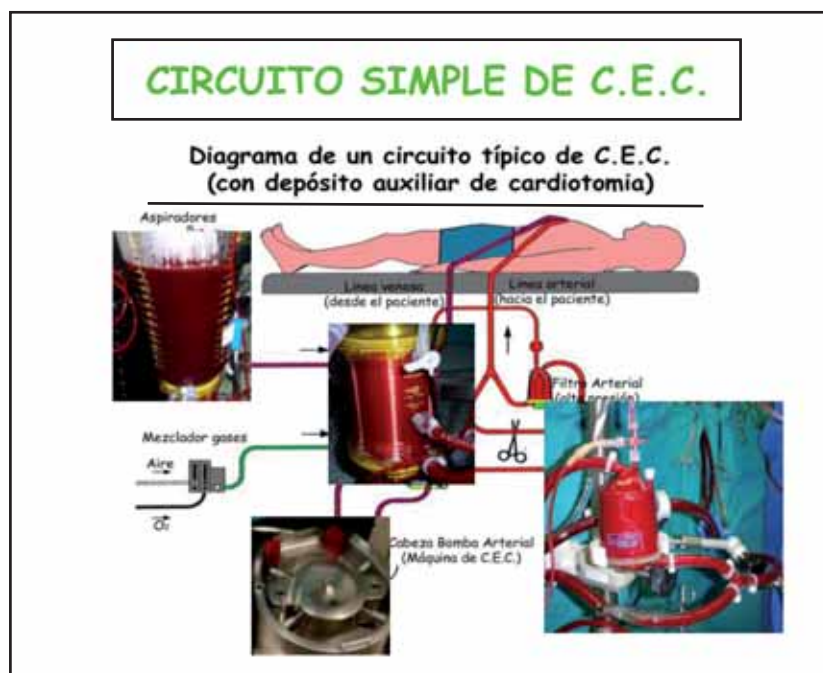


Fig. 2.

### c) Flujo pulsátil

La utilización de flujo pulsátil parece contribuir al retardo de la respuesta de citoquinas y leucocitos<sup>(14,15)</sup> secundario a cambios en la perfusión de la submucosa intestinal, con aumento de la liberación de lipopolisacáridos (LPS) y factor de necrosis tumoral (FNT). Por otra parte, los adeptos al Flujo Pulsátil no solo lo somos por evitar esta posible liberación de LPS y FNT, sino que reconocemos que todo el sistema circulatorio arterio-venoso está adaptado a este tipo de circulación pulsátil, que, además, mejora la perfusión renal y periférica al no actuar negativamente sobre los baroreceptores. Por el contrario, la Perfusión con flujo continuo, aunque está ampliamente extendida es, evidentemente, menos fisiológica.

### d) Circuitos cerrados

Según los trabajos de Shonberger JP et alts.,<sup>(16)</sup> se deberían utilizar circuitos cerrados de CEC, para evitar la interfase aire/sangre y sus efectos negativos de incremento de la fibrinólisis en el post-operatorio.

### e) Circuitos recubiertos y dosis de heparina

Desde la aparición de los primeros circuitos recubiertos de heparina, cuya principal ventaja estaba asociada a la disminución de los efectos indeseables producidos por el contacto masivo de la sangre con superficies extrañas, ya comenzaron a observarse determinados comportamientos favorables en las complicaciones pulmonares, renales y cognitivas. Aunque, en principio, no era claramente observado un descenso en la morbi-mortalidad ni en los tiempos de estancia en UCI. Esto parecía tener relación con la relativamente corta duración del recubrimiento de heparina, y de la inexperiencia a la hora de disminuir las dosis de heparina utilizadas habitualmente en CEC (ACT 480 segundos). Los estudios que fueron apareciendo posteriormente, junto con una mejor comprensión de la actuación de este tipo de recubrimientos, a los que se añadieron los recubiertos con Fosforilcolina (FFC) y otros circuitos conteniendo copolímeros que modifican su superficie interna, propició la realización de numerosos estudios que confirmaron los efectos beneficiosos de estos productos.<sup>(17,18,19)</sup> Las superficies recubiertas con la heparina, que funciona como cofactor de la Antitrombina III,<sup>(20)</sup> para la inhibición de la Trombina, autorizaban el avance de estudios que comparaban los distintos tipos de Circuitos Recubiertos con disminución de la heparinización sistémica (ACT 280

seg.), como también se estudió en los recubiertos con FFC,<sup>(21,22,23)</sup> en contraste con los no recubiertos con heparinización estándar (ACT 480 seg.). Aunque se observaron claros beneficios clínicos, como la disminución del sangrado y de las transfusiones, así como menor tiempo de estancia en UCI y, por tanto, menor coste hospitalario,<sup>(24)</sup> existía la controversia de si esos cambios positivos eran debidos a la bondad de la superficie utilizada o a la menor dosificación de heparina que se empezaba a usar. Determinados estudios no han podido demostrar ninguna mejora en la generación de trombina al hacer comparaciones con grupos control<sup>(25,26,27)</sup> y otros estudios no han conseguido demostrar grandes beneficios con superficies recubiertas si utilizaban dosis altas de heparina.<sup>(28)</sup> Por tanto, parece lógico pensar que parte de los beneficios que se dan con los circuitos recubiertos son debidos a que éstos permiten disminuir la dosis de heparina sistémica, sin complicaciones añadidas. Se ha demostrado que la heparina tiene acción antiplaquetaria por vía venosa, y está asociada con un aumento de la fibrinólisis.<sup>(29)</sup> Y es que no es muy habitual encontrar equipos que disminuyan la presión excesiva de los aspiradores, que dosifiquen la heparina en menor cuantía y que tengan en cuenta que la hemodilución, la hipotermia y las transfusiones sanguíneas son, en general, elementos que influyen negativamente en el resultado final de la cirugía. En todo caso, esto no quiere decir que los circuitos biocompatibles no tengan ventajas por sí mismos. De hecho, ha sido claramente demostrada la habilidad de los recubrimientos para disminuir la activación del complemento,<sup>(30)</sup> lo que supone una disminución paralela de la cascada inflamatoria.<sup>(31)</sup> A pesar de que el mecanismo de acción no está completamente probado, se presume que el efecto del recubrimiento biocompatible está relacionado con la inhibición de la kalikreína, por la formación de un complejo de adsorción de alto peso molecular de kininógeno-kalikreína-antitrombina III y la superficie cubierta con heparina.<sup>(32,33)</sup>

### f) Autocebado

Esta técnica consiste en la extracción del máximo volumen posible de cebado, del circuito de CEC, al inicio del procedimiento, e ir sustituyendo ese volumen de suero por la propia sangre del paciente.<sup>(34)</sup> Es decir, cuando se inicia la entrada en CEC, habremos dispuesto un equipo doble de transfusión de sangre, conectado distalmente a una salida tipo Luer

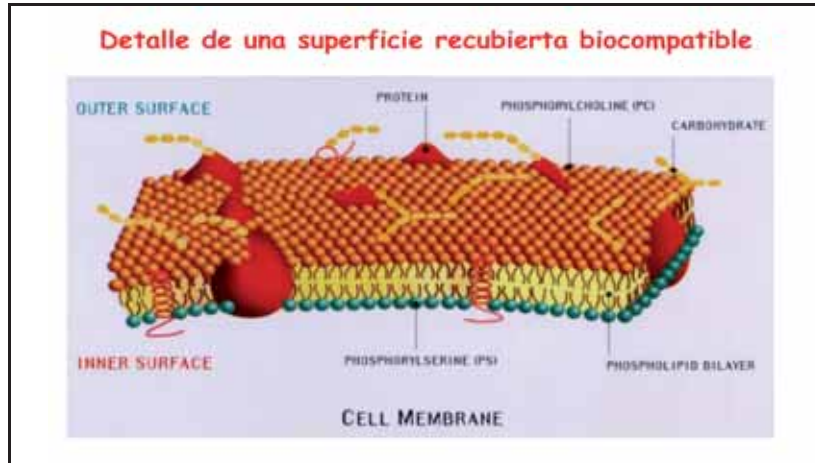


Fig. 3.

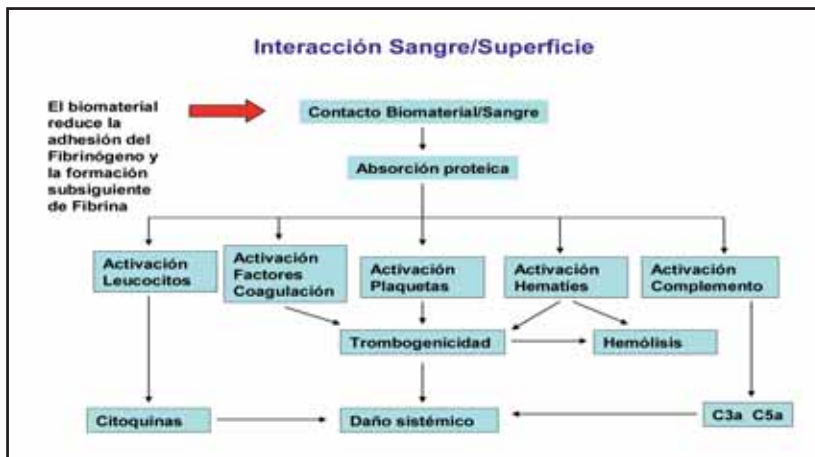


Fig. 4.

del filtro arterial, por ejemplo, y proximalmente insertado a dos bolsas vacías y limpias de extracción de sangre. A medida que abrimos el retorno venoso para dar entrada a la sangre del paciente al circuito, se pondrá en marcha la Cabeza de Bomba, manteniendo clampada la línea arterial después del filtro, para que el líquido de cebado, en lugar de ir al paciente, sea extraído a las bolsas de recolección. Obviamente, durante este tiempo en que se reemplaza el líquido de cebado por la sangre venosa del paciente, se produce una hipovolemia inducida que dará lugar a una caída de la TA. En caso de que esta sea muy importante, pero se prefiera continuar con la técnica de Autocebado, que durará solo unos segundos, será preciso ayudar con vasoconstrictores (generalmente Efedrina, aunque también puede usarse Noradrenalina), que administrará el anestesista

previamente, o bien en Bomba directamente, al ir acabando la técnica y abrir por completo la línea de entrada arterial. De este modo, según la TA y volemia del paciente, podremos extraer de 500 a 1.000 ml del líquido de cebado, y, en casos de cavidades cardiacas muy dilatadas y alto volumen, seguiremos extrayendo el líquido de cebado junto con parte de la sangre venosa del paciente, que emplearemos al final de la Extracorpórea. Al acabar la extracción, y ya en Bomba a flujo total, cambiaremos la conexión distal del equipo utilizado para la extracción de líquido a un conector Luer de entrada al reservorio del oxigenador, y que nos servirá para reponer líquido, si es necesario, durante la Extracorpórea, o bien, para empujar, al final de la misma, toda la sangre sobrante en el circuito, hacia una de las vías del anestesiólogo. Así pues, la cantidad de vasocons-



trictores a utilizar depende de las características morfológicas del paciente, de su volumen circulante, y de su TA previa. En nuestro Hospital solemos tener una ampolla de Efedrina diluída en 10 c.c. de suero, que se va administrando según necesidades. Esto no resulta ser, en absoluto, un procedimiento extraño, sino que se realiza ya de rutina, ya que el simple hecho de la administración de los fármacos anestésicos y relajantes, hacen disminuir la TA, y se utilizan vasoconstrictores de forma rutinaria. Del mismo modo que se precisan también a la entrada de CEC con hemodilución total, ya que ésta es la primera causa de disminución brusca de las resistencias sistémicas periféricas y del descenso inmediato de la TA, aún cuando aumentemos el flujo de Bomba por encima de los valores máximos calculados.

Toda esta técnica, lógicamente, precisa una curva de aprendizaje, por lo que aconsejamos la extracción inicial de pequeños volúmenes de líquido de cebado, para ir aumentándolos paulatinamente. Debe realizarse en todo tipo de pacientes, aún en los de gran volumen y hematocrito, aunque estos nos proporcionen una alta masa hemática en Bomba, excepto en los casos en que se rebase el 32% de Hto. que es el que hemos considerado que añadiría una alta densidad y fricción a la sangre, que podría resultar hemolítica. Por esto es aconsejable trabajar con temperaturas de 35,5 °C o superiores, ya que la hipotermia produce una mayor densidad a la sangre, por lo que la fricción de los elementos fomes entre sí y contra las paredes del circuito sería mayor, y, por tanto, también lo sería la hemólisis. Salvados los inconvenientes de sobrecarga de trabajo que produce el Autocebado, hemos de manifestar que los resultados son muy gratificantes, ya que nunca, con hemodilución total, se conseguían altos hematocritos de salida de CEC con la ventaja que esto supone, durante y al final del procedimiento, en cuanto a transporte de O<sub>2</sub> a los tejidos, mantenimiento de la TA y aumento de la solidez del tapón del coágulo, que proporcionará una disminución del sangrado, además de la práctica eliminación de las transfusiones sanguíneas (excepto en casos extremos), la disminución del tiempo de estancia en unidades especiales y en planta y, por supuesto, la morbilidad y mortalidad. Los estudios correspondientes que prueban esta afirmación se encuentran en proceso de realización.

¿Cuál es la filosofía del Autocebado?: Evitar la hemodilución y sus graves efectos deletéreos. Es por esto que es preciso la colaboración de todo el Equipo Quirúrgico. Primero, para observar serena-

mente que la caída de la TA, a la entrada de la CEC, es transitoria y no tiene que entrañar riesgo alguno para el paciente, y, segundo, para conseguir que la técnica anestésica se adecue en el sentido de que no sean utilizados apenas los sueros para aumentar la TA que la inducción suele hacer disminuir. No solo no suele ser conveniente la administración rápida de suero a los pacientes cardiológicos, ya que, pasado el efecto inicial de la hipotensión por la inducción, los vasos sanguíneos tienden a recuperar en parte su tono habitual y se encontrarían con un volumen extra que produciría una sobrecarga intravascular. Esto nos llevaría al círculo vicioso de administrar gases o vasodilatadores al paciente para evitar la hipertensión por el volumen extra, y que precisa una vigilancia continua para que no se vuelva a producir hipotensión, y así sucesivamente. El uso de la posición de Trendelenburg sigue siendo uno de los mecanismos más rápidos y baratos para evitar la hipotensión transitoria por la inducción anestésica, sin necesidad de recurrir a volumen de suero, muy fácil y rápido de suministrar pero muy difícil de extraer, si se necesita, de forma apremiante.

#### **Retransfusión de la sangre sobrante del circuito**

La retransfusión de la sangre sobrante en el circuito de CEC, es otra de las particularidades que, junto con la Autotransfusión, producen resultados más satisfactorios ante los inconvenientes del sangrado y las transfusiones. Especialmente cuando nos encontramos casos de pacientes con creencias religiosas que rechazan las transfusiones (Testigos de Jehová). La retransfusión final del líquido del circuito se produce al finalizar la CEC y recuperar marcha atrás la sangre de la línea arterial, justo hasta el filtro arterial, para lo cual habremos tenido la precaución de dejar conectada y cebada una línea, del calibre de un equipo de suero, desde un conector Luer de la línea arterial (por ejemplo en el filtro arterial, con una llave de tres vías, justo donde antes hemos realizado la extracción del Autocebado) y que conectaremos a una de las vías de entrada del anestesista de suficiente calibre. De esta manera mantenemos esta mini-circulación y evitamos que el anestesiólogo supla la posible caída de la TA con suero, ya que seguimos trabajando para evitar la hemodilución.

Al ir retransfundiendo la sangre residual, observaremos que, al llegar a la zona inferior del reservorio de cardiostoma, se produce el descebado del circuito, lo que, en caso de emergencia, no es aconsejable, por lo que es en ese momento cuando reponemos



Fig. 5.

con el líquido extraído de las bolsas del Autocebado. El volumen exacto que hemos de utilizar para empujar la sangre hacia el paciente por la línea del anestesiista, es el necesario para dejar completamente cebado de nuevo el sistema, de manera que lo dejamos preparado por si fuera necesaria la reentrada en CEC.

Estas técnicas, Autocebado y retransfusión de la sangre residual, nos proporcionan un dato importante: que toda la sangre del paciente, exceptuando las generalmente pequeñas cantidades de sangre que se pierden al aspirador exterior y en gasas y compresas, vuelven al paciente. De manera que no debería existir necesidad alguna de transfundir sangre de banco, ya que se ha reingresado toda su sangre al paciente, y, sin embargo, no son pocas las ocasiones en que sí se realiza al observarse un hematocrito bajo, no por pérdida de sangre, sino porque el paciente se encuentra muy hemodiluido al compensarse la hipotensión con líquido de sueros. Estas transfusiones finales en pacientes hemodiluidos producen picos de hipertensión, con sangrado, en las primeras horas de llegada del paciente a la Unidad de Cuidados Especiales. Esto es debido a que, al ir metabolizándose los anestésicos y relajantes, los vasos sanguíneos recuperan su tono normal y aumenta la tensión intravascular ante el volumen extra

recibido, por lo que se hace necesaria una vigilancia continua del balance hídrico en la fase de despertar.

#### **Retransfusión del drenado de las primeras 6 horas**

Desde hace tiempo, en que aparecieron los sistemas recolectores del drenaje postoperatorio, se plantea la posibilidad de retransfusión de la sangre drenada. Según sus partidarios, esto se puede realizar durante las primeras seis horas del drenaje. Sin embargo, nosotros, ante la sospecha de aumento de incidentes embolígenos que algunos autores han reportado, sugerimos que este drenado sea retransfundido solo en casos de extrema necesidad.

#### **Medidas farmacológicas**

La aparición del factor VII recombinante, como terapia antihemorrágica, está siendo ampliamente valorada por numerosos grupos quirúrgicos, como alternativa a la reintervención por sangrado. También es habitual el uso de Ácido Tranexámico y/o A. Amino-caproico, para intentar disminuir las pérdidas de sangre post-cirugía, pero obviamos este apartado de medidas farmacológicas en este trabajo, al considerar que las técnicas previamente descritas deberían, por sí solas, hacer innecesarias estas últimas.

## Bibliografía

- Chandler W. Effects of hemodilution, blood loss, and consumption on hemostatic levels during cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 19: 459-67, 2005.
- Swaminathan M, Phillips-Bute BG, Conlon PJ, Smith PK et al. The association of lowest hematocrit during cardiopulmonary bypass with acute renal injury alter coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg* 76: 784-91, 2003.
- Habib R, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ, Shah A. Adverse effects of low hematocrit during cardiopulmonary bypass in the adult: should the current practice be changed? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 1438.
- Groom R. High or low hematocrits during cardiopulmonary bypass for patients undergoing coronary artery bypass graft surgery? An evidence-based approach to the question. *Perfusion* 2001; 16: 339.
- Engoren MC, Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ. Effect of blood transfusion on long term survival after cardiac operation. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 1180.
- Zindrou D, Taylor KM, Bagger JP. Preoperative haemoglobin concentration and mortality rate after coronary artery bypass surgery. *Lancet* 2002; 359: 1747.
- Albes JM, Sköhr IM, Kaluza M, et al. Physiological coagulation can be maintained in extracorporeal circulation by means of shed blood separation and coating. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1504.
- Reducción del Uso de Productos Sanguíneos Asociada al Empleo Rutinario de Mini Sistemas de Derivación en Circulación Extracorpórea. M Perthel, A. Klingbeil, L. El-Ayoubi, M. Gerick y J. Laas. Herz-und Gefäßzentrum Bad Bevensen, Alemania. *Perfusión* 2007; 22: 9-14.
- F. De Somer, K. François, W. van Oeveren, J. Poelaert, D. De Wolf, T. Ebels, G. Van Nooten. Phosphorylcholine coating of extracorporeal circuits provides natural protection against blood activation by the material surface. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 18 (2000) 602-606.
- F. De Somer, Y. Van Belleghem, F. Caes, K. François, H. Van Overbeke, J. Arnout, Y. Taeymans, G. Van Nooten. Tissue factor as the main activator of the coagulation system during cardiopulmonary bypass. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* Volume 123, Number 5-951.
- de Haan J, Boonstra PW, Monnink SHJ, Ebels T, van Oeveren W. Retransfusion of suctioned blood during cardiopulmonary bypass impairs hemostasis. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 901-907.
- Chung JH, Gikakis N, Rao K et al. Pericardial blood activates the extrinsic coagulation pathway during clinical cardiopulmonary bypass. *Circulation* 1996; 93: 2014/8.
- Brooker RF, Brown WR, Moody DM et al. Cardiomyotomy suction: a major source of brain lipid emboli during cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: 1651/55.
- Andersen LW, Landow L, Baek L, Jansen E, Baker S. Association between gastric intramucosal pH and splanchnic endotoxin, antibody to endotoxin, and tumor necrosis factor-alpha concentrations in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 1993; 21: 210/17.
- Oudemans-van Straaten HM, Jansen PG, Hoek FJ et al. Intestinal permeability, circulating endotoxin, and postoperative systemic responses in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996; 10: 187/ 94.
- Schonberger JP, Everts PA, Hoffman JJ. Systemic blood activation with open and closed venous reservoirs. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 1549/55.
- De Somer F, Van Belleghem Y, Caes F, et al. Phosphorylcholine coating offers natural platelet preservation during cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 2002 Jan; 17: 39.
- Harig F, Maier C, Hakami L, et al. Phosphorylcholine-coated cardiopulmonary bypass improves biocompatibility: reduced contact activation and endothelin-1 release. *Crit Care* 2001; 5 (Supp B): 14.
- Ranucci M, Mazzucco A, Pessotto R et al. Heparin-coated circuits for high-risk patients: a multicenter, prospective, randomized trial. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 994/1000.
- Elgue G, Blomback M, Olsson P, Riesenfeld J. On the mechanism of coagulation inhibition on surfaces with end point immobilized heparin. *Thromb Haemostasis* 1993; 70: 289/93.
- M. Ranucci, G. Isgró, G. Soro, A. Canziani, L. Menicanti, A. Frigiola. Reduced systemic heparin dose with phosphorylcholine coated closed circuit in coronary operations. *The International Journal of Artificial Organs*. Vol. 27, n.º. 4, 2004. pp. 311-319.
- Ovrum E, Holen EA, Tangen G et al. Completely heparinized cardiopulmonary bypass and reduced systemic heparin: clinical and hemostatic effects. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 365/71.
- Aldea GS, Doursounian M, O'Gara P et al. Heparin-bonded circuits with a reduced anticoagulation protocol in primary CABG: a prospective, randomized study. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 410/18.
- Mahoney CB. Heparin-bonded circuits: clinical outcomes and costs. *Perfusion* 1988; 13: 192/204.
- te Velthuis H, Baufreton C, Jansen PGM et al. Heparin coating of extracorporeal circuits inhibits contact activation during cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114: 117 /22.
- Baufreton C, Jansen PG, Le Besnerais P et al. Heparin coating with aprotinin reduces blood activation during coronary artery operations. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 50/56.
- Gorman RC, Ziats NP, Rao AK et al. Surface-bound heparin fails to reduce thrombin formation during clinical cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 1/12.
- Ovrum E, AmHolen E, Tangen G, Ringdal M-AL. Heparinized cardiopulmonary bypass and full heparin dose marginally improve clinical performance. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 1128 /33.
- Khuri S, Valeri CR, Loscalzo J et al. Heparin causes platelet dysfunction and induces fibrinolysis before cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 1008/14.
- Muriithi EW, Belcher PR, Day SP, Menys VC, Wheatley DJ. Heparin-induced platelet dysfunction and cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 1827/ 32.
- Chenoweth DE, Cooper SW, Hugli TE, Stewart RW, Blackstone EH, Kirklin JW. Complement activation during cardiopulmonary bypass: evidence for generation of C3a and C5a anaphylatoxins. *N Engl J Med* 1981; 304: 497/503.
- Heller W, Fuhrer G, Gallimore MJ, Michel J, Hoffmeister HE. Changes in the kallikrein-kinin-system after different dose regimen of aprotinin during cardiopulmonary bypass operation. *Adv Exp Med Biol* 1989; 247B: 43/48.
- Ichinose A, Kisiel W, Fujikawa K. Proteolytic activation of tissue plasminogen activator by plasma and tissue enzymes. *FEBS Lett* 1984; 175: 412/8.
- E. Sánchez, E. Carral, J.L. Torres, V. Villalonga. Reducción del consumo de productos hemáticos en cirugía cardiaca mediante minimización del circuito y Autocebado con sangre del paciente. *AEP* 37, 20.

# NOTAS

## XXXI Asamblea Nacional de la Asociación Española de Perfusionistas 29 y 30 de mayo de 2009. Madrid

El pasado mes de mayo, durante los días 29 y 30, se celebró en Madrid nuestra XXXI Asamblea Nacional. Cabe destacar la elevada asistencia y participación de un gran número de asociados.

Durante la Cena de Gala, que se celebró la noche del día 29, se hizo entrega de las insignias de oro de la Asociación a los perfusionistas que llevan más de 25 años de ejercicio profesional.

También se entregaron los títulos de postgrado a los perfusionistas que finalizaron con éxito el 5º Curso de Postgrado de Perfusionión.

A todos, ENHORABUENA.

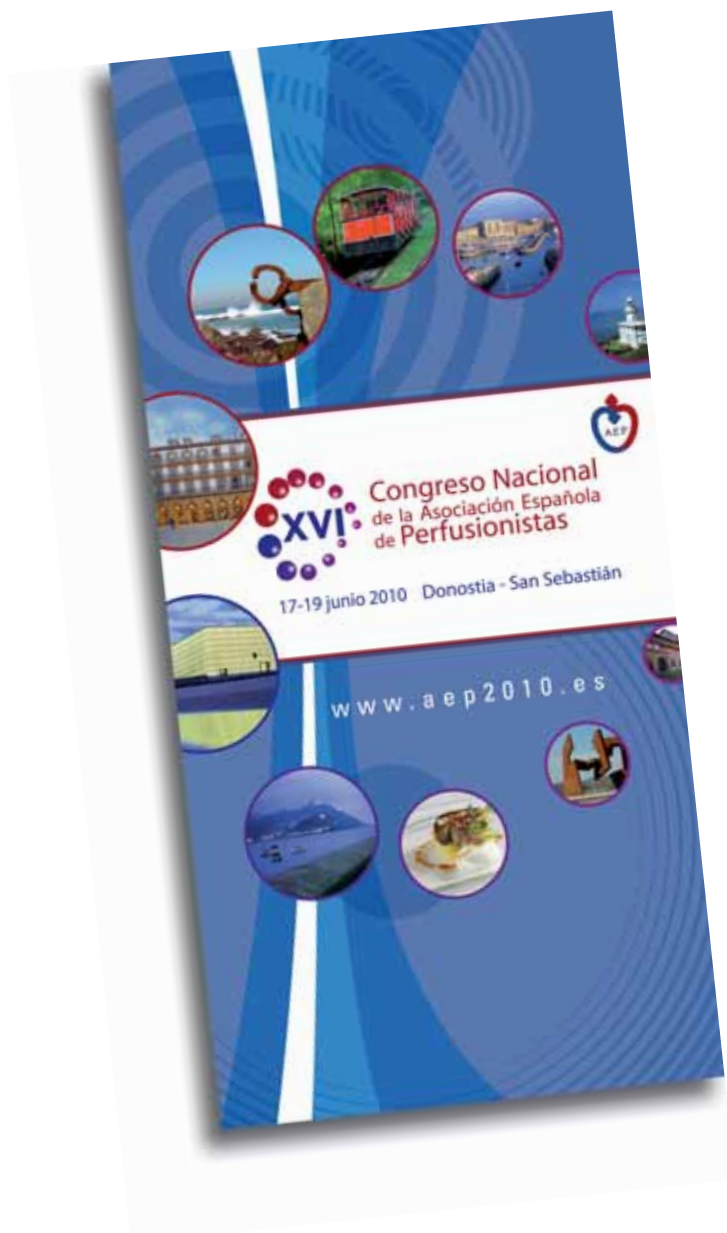




En estas instantaneas se recogen algunos de los momentos de la entrega de insignias y diplomas, por parte de nuestra presidenta Marisol García Asenjo, a los galardonados Miguel Ángel Villar, M<sup>a</sup> Eugenia Rivera, Natividad Vicario, Carmen Peaguda, Alejandro Lacruz, Carmen García, Fernando González, Ramona Millás y M<sup>a</sup> Ángeles Cardiel.



## XVI Congreso Nacional de la Asociación Española de Perfusionistas 17-19 de junio de 2010. Donostia-San Sebastián



### AVANCE DE PROGRAMA

#### Miércoles, 16 de junio

- 16.00 h. Entrega de documentación
- 20.30 h. Cocktail de bienvenida

#### Jueves, 17 de junio

- 10.00 h. Apertura de secretaría
- 11.00 h. Visita a exposición y posters
- 14.00 h. Tiempo libre para almuerzo
- 16.00 h. Conferencia inaugural
- 17.00 h. Descanso. Café
- 17.30 h. Comunicaciones libres
- 19.00 h. Fin de sesiones

#### Viernes, 18 de junio

- 09.00 h. Mesa redonda
- 10.00 h. Inauguración oficial del Congreso
- 10.30 h. Descanso. Café
- 11.00 h. Comunicaciones libres
- 14.00 h. Almuerzo
- 16.00 h. Mesa redonda
- 17.00 h. Descanso. Café
- 17.30 h. Comunicaciones libres
- 19.00 h. Cierre de sesiones
- 21.30 h. Cena de clausura

#### Sábado, 19 de junio

- Asamblea general ordinaria y extraordinaria de la AEP
- Cocktail de despedida

#### COMITÉ ORGANIZADOR:

- Presidenta: Pilar Chacón Oreja
- Vicepresidenta: Karmele Pérez Jiménez
- Vocales: Flor Aznarez Arroyo  
Amaia Jurjo Egaña  
Eider Goñi Elósegui

#### SEDE:

Palacio de Congresos Kursaal

#### SECRETARÍA TÉCNICA:

Lankor. E-mail: info@lankor.com



## CAMBIAMOS

Dadas las dificultades técnicas de fotocomposición para que los gráficos los pudiésemos ver bien en nuestra querida revista de la Asociación Española de Perfusionistas (AEP), al enorme impacto medioambiental del papel no reciclado y sobre todo pensando en la comodidad para acceder a los datos y tratarlos de forma ofimática, este año cambiamos, cambiamos el papel por una ventana en nuestro ordenador, este año toca...

[http://www.aep.es/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=25&limit=15&limitstart=0&order=name&dir=ASC&Itemid=27](http://www.aep.es/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=25&limit=15&limitstart=0&order=name&dir=ASC&Itemid=27)



Estimados compañeros Perfusionistas:

Gracias al esfuerzo realizado por gran parte de vosotros, os devuelvo los datos que un día me enviasteis de manera individual (por Unidades de Perfusionación), en forma de gráfica unificada a través del Registro Nacional de Perfusionación (RNP), pero en esta entrega, estos datos, correspondientes a los registros del 2002 al 2008, los encontrareis en nuestra página, [www.aep.es](http://www.aep.es).

En acceso usuario, donde tendréis que introducir vuestro nombre de usuario y contraseña, encontrareis todos los datos del RNP con la siguiente estructura:

- **Datos.** Todos los datos desde los años 2002 a 2008 en una hoja Excel (fácilmente transportables a cualquier aplicación ofimática): **Documentos, RNP, Registro Nacional de Perfusionación, Datos 2002-2008, y Todos los datos infantil y/o Todos los datos adultos** y le dais a **descargar**.

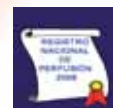
- **Resultados.** Entrando en esta carpeta, os encontrareis todos los datos desde 2002 hasta 2008 en presentaciones de PowerPoint, donde podréis

apreciar los gráficos: **Documentos, RNP, Registro Nacional de Perfusionación, RNP 2008, Resultados 2008**, aquí encontrareis una carta y los datos de adultos e infantil.

Las gráficas creo que son mas fáciles de entender, sobre todo si las veis a plena pantalla en el ordenador, pero si alguno de vosotros necesitáis alguna aclaración, no dudéis en pedírmela ([arteaga@aep.es](mailto:arteaga@aep.es)).

A finales de diciembre de 2009 o principios de enero de 2010, contactaré con vosotros vía correo electrónico, para avisaros de cuando y como podéis descargar de nuestra página de conexión a Internet ([www.aep.es](http://www.aep.es)) el RNP 2010 en el enlace que se creará oportunamente para ello.

Saludos cordiales para todos.



José Luis Arteaga Soto  
Coordinador del RNP

# AGENDA

En esta sección intentamos dar la máxima información sobre congresos, jornadas y conferencias que creemos pueden ser de nuestro interés.

## Eventos Nacionales 2010

- 17 - 19 junio XVI Congreso Nacional de la Asociación Española de Perfusionistas (A.E.P.)  
Palacio de Congresos Kursaal  
Donosti - San Sebastián  
[www.aep2010.es](http://www.aep2010.es)
- 17 - 18 junio V Curso de Actualización en Cirugía Cardíaca y Perfusión  
Hospital Universitario Vall d'Hebron  
Barcelona  
[www.cir-cardiaca.vhebron.com](http://www.cir-cardiaca.vhebron.com)

## Eventos Internacionales 2010

- 11 septiembre 10th European Conference on Perfusion, Education and Training  
Ginebra - Suiza  
[www.ebcp.org](http://www.ebcp.org)

- 6 - 9 octubre ICEBP Perfusion safety  
Toronto - Canadá  
[www.amsect.org](http://www.amsect.org)  
[www.bestpracticeperfusion.org](http://www.bestpracticeperfusion.org)
- 15 - 17 octubre VII Congreso Latinoamericano de Tecnología Extracorpórea  
Lima - Perú  
[www.apeper.com](http://www.apeper.com)  
[www.clateperu2010.com](http://www.clateperu2010.com)

## Eventos Internacionales 2011

- junio XIV European Congress on Extracorporeal Circulation Technology  
Dubrovnik - Croacia  
<http://www.fecect.org>
- 23 - 26 junio Congreso Mundial de Cirugía Pediátrica  
Estambul - Turquía







*FECECT*

Foundation European Congress on  
Extra-Corporeal Circulation Technology

*14th EUROPEAN  
CONGRESS*

*on  
Extra-Corporeal Circulation Technology*

*June 2011*

**DUBROVNIK, CROACIA**

---

For actual information, please  
browse on the internet to:

**Home pages FECECT**

<http://www.fecect.org>

**ROC** SAFE RX™

MINI CIRCUITO TERUMO



- ▶ *Elimina micro y macro burbujas*
- ▶ *Alto rendimiento*
- ▶ *Excelente biocompatibilidad*
- ▶ *Adecuado para cirugía coronaria y cirugía valvular*

*El mini circuito para máxima seguridad*

TERUMO EUROPE ESPAÑA, S.A.  
Edificio Torre La Garena  
Avda. Juan Carlos I, 13 Planta 7ª  
28806 Alcalá de Henares (Madrid)

[www.terumo-europe.com](http://www.terumo-europe.com)

**TERUMO**  
We keep life flowing

# NORMAS

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

Las normas de publicación de la Revista de la Asociación Española de Perfusionistas siguen el consenso de Vancouver y se adaptarán en todo lo posible a las resoluciones del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas. Es objetivo del Equipo Editorial de la Revista el alcanzar las mayores cotas de rigor en los trabajos que se acepten para su publicación. Es por ello que los requisitos de publicación seguirán estas normas de publicación internacionales.

Siendo conscientes de la dificultad que para algunos profesionales puede tener en un principio el cumplimiento de estas normas y no queriendo que trabajos con calidad y fruto de la práctica y la experiencia de los profesionales que trabajan en el ámbito de la perfusión puedan quedar sin ser expuestos por dificultades técnicas o administrativas, el Equipo Editorial, a través de la secretaría de la Revista podrá apoyar con los medios técnicos necesarios para su presentación correcta a los autores que lo soliciten.

### Normas para la elaboración de artículos:

1. Los manuscritos se enviarán a la secretaría de la Revista (ver final) mecanografiados en papel Din A-4 (original y dos copias) y en soporte informático (disquet o CD), debiendo éste estar etiquetado y haciendo constar en el mismo el nombre y formato del fichero. Recomendamos usar formato Word (u otro compatible), tipo de letra Arial, Times New Roman o similar, tamaño 10 a 12 e interlineado 1,5 a 2. Es recomendable evitar el uso indiscriminado del formato negrita y cursiva. La extensión máxima del trabajo no será, en general, mayor de 20 hojas. También se admite el envío de manuscritos en soporte electrónico seguro exclusivo, como correo electrónico o CD por vía postal. En cualquier caso deberá acompañarse una carta en la que los autores mencionen de forma expresa su aceptación de las normas y requisitos contenidos en este documento.
2. Las páginas estarán numeradas consecutivamente. Cada sección o apartado se iniciará en hoja aparte. En la primera de ellas, figurará el título del trabajo, nombre y dos apellidos de cada uno de los autores con el rango académico más elevado y su Centro de Trabajo, así como las señas de contacto.
3. En una segunda página se presentará un resumen que no excederá de 250 palabras, junto con tres a seis palabras claves (recogidas en el Index Medicus). Ambos apartados irán traducidos al inglés.
4. Los trabajos referidos a investigaciones originales se ordenarán según los apartados habituales: introducción, material y métodos, resultados, discusión y conclusiones.
5. Podrán publicarse notas clínicas, con una extensión máxima de 4 hojas y un número no superior a 10 citas bibliográficas.
6. Las abreviaturas figurarán siempre inmediatamente detrás de la palabra o frase a la que se refieran por primera vez. Se evitará su uso en el título del manuscrito.
7. Tablas y Figuras. Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras. Tanto éstas como las Tablas, estarán impresas cada una en una hoja independiente. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto, con números romanos las tablas, y números arábigos las figuras. En cada uno constará un título conciso. Si este no fuera suficientemente aclaratorio, se adjuntará una nota cuya lectura haga que la Figura o Tabla sea entendible por sí misma, sin necesidad de leer el texto del artículo. Se retocarán las fotografías para que no puedan ser identificados los pacientes. En caso de no poder evitar la identificación deberá obtenerse (y en este caso acompañarse una copia) autorización escrita del paciente o su representante legal.
8. Bibliografía. Recomendamos reseñar únicamente las citas bibliográficas necesarias y relevantes. Éstas se identificarán en el texto, tablas y figuras mediante números arábigos, en formato superíndice, sin paréntesis y numeradas por orden co-

relativo según su aparición en el texto. El modelo general será: Apellidos e iniciales del nombre de todos los autores, sin puntuación y separados por una coma entre sí (si los autores son siete o más, se relacionarán solo los tres primeros añadiendo “y col” en el caso de una publicación en español, y “et al” si el idioma original del artículo es diferente al español). Título del artículo en su idioma original. Abreviatura de la revista, año; volumen, páginas (primera-última). Por ejemplo: García García M, López López M y Rodríguez Rodríguez A: Revista de la Asociación Española de Perfusionistas; una apuesta por la calidad asistencial. Rev AEP 2003; 5: 133-144. Para los casos de más de seis autores, autor corporativo, suplementos, libros, capítulos de libros y aportaciones a reuniones científicas se recomienda encarecidamente revisar y seguir las normas del International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). Las referencias a artículos publicados en formato electrónico seguirán un formato estándar similar (autor/es, título, titular de la página web donde está contenido y a continuación las expresiones [En línea] [Fecha de acceso...]. URL disponible en... Por ejemplo: International Committee of Medical Journal Editors. Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. ICMJE [En línea] [Fecha de acceso 05 junio 2003]. URL disponible en <http://www.icmje.org/index.html>

9. El formato para la denominación de agentes microbianos seguirá necesariamente estos criterios: el agente podrá ser denominado según criterios taxonómicos (por ejemplo, *Streptococcus pneumoniae* ó bien *S. pneumoniae*) o con su denominación ordinaria (siguiendo el mismo ejemplo, neumococo) cuando sea comúnmente aceptada en la práctica.
10. Aceptación y publicación de los trabajos: De los trabajos recibidos se contestará con acuse de recibo. Una vez leído por el Equipo Editorial se enviará para su evaluación ciega a dos expertos del Comité Científico de la Revista. Si fuera necesario, se establecerá contacto con los autores para sugerencias, correcciones o apoyo de secretaría. El Equipo Editorial podrá encargar artículos y trabajos de los temas que considere de interés para el desarrollo de la Perfusión.

11. Los artículos deberán ir acompañados de una dirección de contacto (postal o preferentemente electrónica), que aparecerá publicada al principio del artículo original, para facilitar la interacción autor-lector.
12. Los autores deben declarar los posibles conflictos de intereses y esta información ha de ser conocida para que otros puedan juzgar por sí mismos sus efectos. Se produce un conflicto de intereses en un artículo determinado cuando alguno de los que participan en el proceso de publicación desarrolla actividades que pudieran condicionar su opinión y posicionamiento. Habitualmente, los conflictos de intereses más frecuentes consisten en la existencia de relaciones económicas directas o indirectas con industrias farmacéuticas. Sin embargo, también pueden deberse a otras razones, tales como relaciones personales, competitividad académica o posicionamiento ideológico e intelectual.
13. Al remitir un trabajo a esta Revista, los autores aceptan expresamente lo siguiente:
  - Que es un trabajo original y que no ha sido previamente publicado.
  - Que no sido remitido simultáneamente a otra publicación.
  - Que todos los autores han contribuido intelectualmente en su elaboración.
  - Que todos ellos han leído y aprobado la versión del manuscrito finalmente remitida.
  - Que, en caso de ser publicado, transfieren todos los derechos de autor al editor, sin cuyo permiso expreso no podrá reproducirse ninguno de los materiales publicados en la misma.
  - Que convienen que la editorial y el Equipo Editorial no comparten necesariamente las afirmaciones que en el artículo manifiestan los autores.
14. Puede obtenerse información adicional relativa a la elaboración de manuscritos y formato de las referencias bibliográficas, en: International Committee of Medical Journal editors (ICMJE). Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. Octubre 2001 <http://www.icmje.org/index.html>  
Normas de Vancouver. Traducción al castellano. Requisitos uniformes de los manuscritos enviados a Revistas Biomédicas etc. (<http://www.fisterra.com>)

# Integración, la gran diferencia

El primer oxigenador con  
filtro arterial integrado y  
reservorio de cardiostoma  
con geometría secuencial.  
Synthesis inicia una  
nueva era en la  
Circulación  
Extracorporea: La era de  
la integración.



**SYNTHESIS**

Oxigenador de Membrana para Adultos con Filtro Arterial Incorporado

# SUSCRIPCION

Remitir a  
A.E.P Revista de la Asociación Española de Perfusionistas  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau  
Secretaría de Cirugía Cardíaca  
Sant Antoni Maria Claret, 167  
08025 Barcelona (España)



Ruego gestionen mi suscripción a la Revista de la A.E.P.

Nombre: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_ D.P. \_\_\_\_\_  
Población: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_  
País: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Centro de trabajo: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
Categoría profesional: \_\_\_\_\_

Forma de pago:

Transferencia bancaria a la Revista de la Asociación Española de Perfusionistas.  
C/C núm. 2100 · 0885 · 65 · 0200172588 de la Caixa d'Estalvis i Pensions de Barcelona  
Agencia Travessera de Gràcia, 372-376 - Oficina 0885 - 08025 Barcelona.

Cargo en mi tarjeta de crédito:

VISA       Euro Card       Master Card

N.º Tarjeta de crédito: \_\_\_\_\_ Fecha de caducidad: \_\_\_\_\_

Suscripción anual España:      10 ¤  
Suscripción resto del mundo:      20 \$ USA

X Por favor, abstenerse de enviar cheque bancario.

# Hemochron<sup>®</sup>

## SIGNATURE PLUS

### Whole Blood Microcoagulation System



Sistema de microcoagulación que utiliza la tecnología de cubetas para determinar varios parámetros de coagulación con una sola gota de sangre.

1. ACT (ref. cubetas ACT+ y ACT-LR)  
Permite realizar la prueba de ACT igual que el sistema de tubos, con menor cantidad de muestra y mejor precisión.
2. APTT (ref. cubetas J103)  
Determinación del tiempo de cefalina.
3. PT (ref. cubetas J201)  
Determinación del tiempo de protrombina en sangre total venosa o muestra capilar.  
Resultados en segundos plasmáticos e INR.
4. Posibilidad de utilizar muestra de sangre citratada para PT y APTT. (ref. cubetas J201-C, J103-C)

El sistema permite identificar automáticamente la prueba a realizar y ofrece la posibilidad de conexión informática.



## IRMA

# TruPoint<sup>®</sup>

### Blood Analysis System

Establece el estándar para la determinación en sangre de gases, electrolitos y otros parámetros bioquímicos en cabecera de paciente.

Este sistema puede transportarse fácilmente desde el quirófano hasta la UCI.

Características del sistema:

- Exactitud. Resultados precisos en 2 minutos.
- Cartuchos de un solo uso. Sistema sin mantenimiento.
- Pantalla táctil interactiva.
- Impresora incorporada.
- Posibilidad de conexión al sistema informático.



**BIOMED, S.A.**

P T M C/ Einstein, 3 28760 Madrid Tel. 91 803 28 02 Fax 91 803 66 68 comercial@biomed.es www.biomed.es

# D 905 EOS

La solución  
en perfusión  
pediátrica  
y de adultos  
pequeños



**dideco**

A SORIN GROUP COMPANY

[www.dideco.com](http://www.dideco.com)

**Palex Medical SA**

División Cirugía

Johann Sebastian Bach, 12 - 08021 Barcelona  
Teléfono + 34 - 93 400 65 00 - Telefax + 34 - 93 400 65 01  
E-mail: [palexmedical@palex.es](mailto:palexmedical@palex.es)

[www.palexmedical.com](http://www.palexmedical.com)