

Cebado de la bomba en C.E.C.

RESUMEN / ABSTRACT

Resumen: Basándonos en una revisión bibliográfica describiremos las características, eficacia y seguridad de los fluidos empleados para el cebado de la bomba, dando una visión general sobre los cambios realizados a lo largo de los últimos años.

Conclusiones: El fin primordial del uso de coloides en el cebado de la bomba es mantener el volumen intravascular y la perfusión tisular evitando la hemodilución excesiva, preservando en lo posible la presión coloidosmótica del plasma (PCO).

El empleo de coloides en el cebado de la bomba de CEC aporta ventajas adicionales: estudios recientes indican que el HEA 130/0,4 al 6%, tiene efectos antiinflamatorios.

El uso de cristaloides solos, retrasa la recuperación de la volemia y tiene efectos negativos sobre la microcirculación, la integridad endotelial y la oxigenación tisular.

La American Thoracic Society admite el uso de los HEA de última generación en el «priming» de la CEC.

Actualmente, predominan regímenes de cebado que combinan cristaloides y coloides, en proporción 2:1, de preferencia cristaloides cuya composición sea lo más parecida al plasma (Ringer Lactado: Plasmalyte) junto HEA 130/0,4 al 6%.

La reducción del volumen de cebado supone un ahorro directo de uso de hemoderivados.

Palabras clave: Albúmina, Coloides, Hemodilución, Circulación extracorpórea.

Abstract: Cardiac surgery, and in more detail, perfusion, they have undergone major changes since 1953 when John Gibbon, made his first heart surgery performed entirely with a pump system extracorporeal circulation. Based on a literature review describe the characteristics, efficacy and safety of the fluids used for priming the pump, giving an overview of the changes made over recent years.

Conclusions: The primary purpose of the use of colloids in priming the pump is to maintain intravascular volume and tissue perfusion avoiding excessive hemodilution, preserving as much as possible the plasma colloid osmotic pressure (PCO).

The use of colloids in priming pump CEC provides additional advantages: recent studies indicate that HES 130 / 0.4 6%, has anti-inflammatory effects.

The use of crystalloid alone, delaying recovery of blood volume and has negative effects on microcirculation, endothelial integrity and tissue oxygenation.

The American Thoracic Society supports the use of the latest generation HEA in the «priming» of the CEC.

Currently, they priming dominated regimes that combine crystalloid and colloid, in the ratio 2: 1, preferably crystalloid whose composition is as close to the plasma (lactated Ringer: Plasmalyte) with HEA 130 / 0.4 6%.

Reducing priming volume is a direct saving use of blood products.

Keywords: Albumin, Colloids, hemodilution, extracorporeal circulation.



Aurea Jurado Morata

Perfusionista

Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba



Carlos J. Casado Sánchez

Perfusionista

Hospital Vithas Xanit Internacional (Benalmádena)



Agustín Elías Fuentes

Perfusionista

Hospital San Juan de Dios de Córdoba



Ana Pérez López

Perfusionista

Hospital Puerta del Mar de Cádiz

Correspondencia:

Aurea Jurado Morata

Equipo de perfusión. Cirugía Cardíaca

Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba.

Avda. Menéndez Pidal s/n

Telef.: 957 010 000 - 957 010 455

Recibido: octubre de 2015

Aceptado: enero de 2015

INTRODUCCIÓN

La cirugía cardíaca y, de forma más detallada, la perfusión han experimentado grandes cambios desde 1953. en que John Gibbon hizo su primera cirugía de corazón, realizada en su totalidad con un sistema de bomba de circulación extracorpórea. Las nuevas técnicas quirúrgicas y revisiones bibliográficas, así como la formación relacionada con la perfusión, que se hacía en principio de una forma autodidacta, hasta nuestros días, en la que existe un máster de perfusión, han favorecido un continuo cambio.

Pero el objetivo mayor sigue siendo el mismo, conseguir reducir al mínimo el impacto que supone la circulación extracorpórea.

Por muy perfecta que pueda ser esta técnica, no se puede negar que la manipulación de la sangre es muy compleja cuando se altera de una manera tan violenta su equilibrio.

La elección de fluidos para la realización del cebado de la bomba, tanto en adultos como en niños intervenidos con circulación extracorpórea, ha sido estudiada desde los inicios de la práctica de la perfusión, sin embargo, aún no hay un consenso general en relación a la decisión correcta.

Desde los tiempos de la circulación cruzada hasta hoy, han sido varios los métodos utilizados para el cebado de los primeros oxigenadores y los tubos para conectar al paciente con la máquina.

En primer lugar se utilizaba a un familiar cercano, dando paso después al relleno de todo el circuito con sangre procedente de donaciones.

A principios de los años 80, dada la escasez de sangre, costes económicos y ante cirugías de urgencia, sobre todo, se empezó a utilizar como sustituto de la sangre distintas soluciones, apareciendo entonces la Teoría de Hemodilución. Muchas fueron las situaciones de urgencia en las que ante la imposibilidad de obtener sangre para cebar todo el circuito, se utilizaron soluciones cristaloides y coloides, observándose que los pacientes presentaban mejores condiciones.

Reducir al mínimo el impacto que supone para el organismo la circulación extracorpórea (CEC), es uno de los objetivos y mayor preocupación del perfusionista. Por ello, las soluciones con que cebamos nuestros circuitos han sido estudiadas a lo largo de muchos años.

Intentamos dejar al paciente en las mejores condiciones hemodinámicas, manteniendo una oxigenación y hemoglobina adecuada, equilibrio ácido-base y osmolaridad lo más cercanas al fisiológico.

RECUERDO HISTÓRICO

Uno de los mayores avances tecnológicos en la perfusión es el cebado de la bomba con soluciones no sanguí-

neas, esto redujo en forma importante la necesidad de contar con varios donantes compatibles el día de la operación, el peligro de transmisión de enfermedades y la generación de alto nivel de hemoglobina libre.

En 1950, Zuhdi y col. describieron esta teoría y el mecanismo de la misma; en 1961, De Wall y col. confirmaron los beneficios de la dilución hipotérmica en el circuito cardiopulmonar; y fue el Prof. Dr. Deton Cooley quien, aprovechando esta teoría, opero a cientos de testigos de Jehová, creencia que impedía el uso de sangre o la reutilización de sangre que haya salido del cuerpo. Fueron muchas las soluciones presentadas para realizar el cebado de la bomba, siguiendo esta teoría. La gran mayoría eran ligeramente alcalóticas, hiperosmolares, a las que se les añadía corticoides y en ocasiones diuréticos.

Son muchos los esfuerzos realizados desde los años sesenta para encontrar la solución que garantice un cebado adecuado. Hoy día, después de tres décadas de investigación, se han desarrollado varios tipos de cristaloides y coloides, pero aún sigue habiendo una falta de consenso en la elección de la solución de cebado adecuado para adultos, de la misma manera que siguen existiendo numerables controversias en la elección de reemplazo volumen otros pacientes quirúrgicos y críticos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES DE CEBADO

SOLUCIONES CRISTALOIDES ISOTÓNICAS

Glucosa al 5%

En los años 60 se inicia el abandono del cebado con sangre y la Dextrosa fue uno de los primeros cristaloides que se utilizaron. El valor principal de la glucosa es como fuente de calorías.

La glucosa al 5% es ligeramente hipotónica y acidótica y aún más cuando se metaboliza. Sus efectos beneficiosos en la reducción del daño mecánico de los eritrocitos sin la hemodilución y la mejora de la diuresis intraoperatoria y posoperatoria, además de una disminución en los requerimientos de fluidos y la reducción de la retención de líquidos en el posoperatorio, proporcionaron este cambio.

Sin embargo, también tiene importantes desventajas, ya puede causar acidosis metabólica sistémica por su efecto sobre el bicarbonato plasmático, además del aumento de los niveles de glucosa en sangre ya elevados por el efecto de la CEC sobre la insulina y glucosa.

Aunque no hubo una evidencia clínica significativa también se asociaba a riesgo de complicaciones neurológicas relacionadas con la glucosa.

Otro de los inconvenientes para su utilización es que no debe administrarse junto con la sangre, debido a la pseudoaglutinación de eritrocitos, que ocurre cuando se admi-

nistran soluciones de glucosa libre de electrolitos junto con sangre conservada con anticoagulante ACD (adenin-citrato-dextrosa).

Solución Salina

Estas soluciones suministran los dos principales electrolitos del plasma y líquido extracelular: Na y Cl, a una concentración de 1/1. Son ligeramente más hipertónicas que el líquido extracelular, su pH es un poco más ácido, entre 5 y 7. La concentración de cloruro que contiene, condiciona la pérdida de bicarbonato y aumenta la acidez del medio. Estarían indicadas en la deshidratación y reemplazo de iones Na y Cl, así como la restauración temporal de la pérdida de volumen sanguíneo, pero no así en, hipotatemia, hipernatremia, insuficiencia cardíaca, descompensación cardiovascular y edemas.

Plasmalyte A

Su pH es de 7,4. Contiene sodio, potasio, magnesio, cloruro, acetato y gluconato. El acetato y gluconato se metabolizan en dióxido de carbono y agua, para lo que requiere consumo de iones hidrógeno y tiene un ligero efecto alcalinizante. Esta indicado cuando se necesita un aporte de agua y electrolitos, y estará contraindicado en estados de retención de Na y K hepatopatías graves, alcalosis, descompensación cardiovascular y edemas.

Solución Ringer

Tiene la ventaja de aportar los principales iones contenidos en la sangre, sodio, potasio, calcio, compensando alteraciones que su déficit puede causar. Sus indicaciones son aporte de agua, potasio y cloruro sódico y acidosis ligeras. Después de una hemorragia moderada aumenta el volumen sanguíneo, ayudando a mantener la presión arterial en límites aceptables de normalidad. No se deberían usar en Insuficiencia cardíaca congestiva y ante la existencia de edemas.

Ringer lactada

Es la modificación de la solución de Ringer a la que se le ha añadido ion lactato, que se metaboliza a dióxido de carbono y agua, o a azúcar por el hígado. Produce un efecto alcalinizante, resultante de la sustitución en el hígado del ion lactato por un ion hidrógeno. Entre sus indicaciones están la deshidratación e hipotensión durante y después de la intervención quirúrgica, mejora la diuresis durante el período anestésico favorece su regularidad durante el procedimiento quirúrgico. Así mismo está contraindicado en hepatopatías, insuficiencia cardíaca congestiva, y en desordenes metabólicos con niveles elevados de ácido láctico.

SOLUCIONES CRISTALOIDES HIPERTÓNICAS

Manitol

El manitol es un cristaloides hipertónico, de bajo peso molecular ampliamente utilizado en la práctica clínica para estimular la diuresis. Como un expansor del volumen, manitol extrae líquido inicialmente a través del capilar en el plasma. Luego se difunde rápidamente en el fluido intersticial y aumenta el volumen de la fase extracelular mediante la retirada de agua de las células. Una ventaja particular de manitol es su efecto protector sobre la función renal.

El uso de cristaloides solos en el cebado de la bomba retrasa la recuperación de la volemia y tiene efectos negativos sobre la micro circulación, la integridad endotelial y la oxigenación tisular.

SOLUCIONES COLOIDES

El nombre coloide proviene del griego *kolas*, que significa que puede pegarse. Este nombre hace referencia a la propiedad que tienen los coloides a tender a formar coágulos de forma espontánea.

Los coloides son ampliamente utilizados en la sustitución de volumen de líquido. Sin embargo, persisten las dudas en cuanto a qué coloide es mejor. Los diferentes coloides varían en su peso molecular y por lo tanto en la longitud de tiempo que permanecen en el sistema circulatorio. Debido a esto y a otras características pueden diferir en su seguridad y eficacia.

Hay varias opciones de coloides y hay un debate en curso sobre la eficacia relativa de los coloides comparados con los líquidos cristaloides.

Son soluciones que contienen partículas de alto peso molecular que no atraviesan las membranas capilares, aumentando la presión osmótica plasmática y reteniendo agua en el espacio intravascular. Son los llamados expansores del plasma y las podemos dividir en:

- Artificiales;
- Naturales.

Soluciones coloidales artificiales

—Dextranos. Son polisacáridos que tienen la propiedad de aumentar la estabilidad de la suspensión de las células sanguíneas en el plasma, previniendo y corrigiendo la aglomeración intravascular de los hematíes y en consecuencia mejorando el flujo sanguíneo capilar. Se elimina fundamentalmente por vía renal. Entre sus indicaciones están la disminución de la circulación capilar, Tromboflebitis y como expansor del plasma. Sus contraindicaciones: insuficiencia cardíaca congestiva e insuficiencia renal con anuria.

Los coloides sintéticos pueden interferir en la tipificación y en las reacciones cruzadas de los grupos sanguíneos, por tanto las muestras de sangre deben tomarse antes de su infusión. Alteran la agregabilidad plaquetaria y pueden agravar cualquier trastorno de coagulación. No deben asociarse con la heparina por lo que son poco usados en la CEC.

—Gelatinas (Hemoce y Gelafundina). Son sustitutos del plasma, derivados de la hidrólisis del colágeno bovino, son isooncóticas y ejercen un efecto osmótico inicial muy importante, pero rápidamente desaparece de la circulación por filtración glomerular.

Dos tipos de gelatinas se utilizan como fluido de cebado para la circulación extracorpórea: urea-ligado gelatina y succinil ligada-gelatina. Estas dos formulaciones se diferencian no solo por las características químicas, sino también por su capacidad de expansión, composición electrolítica y episodios adversos. Tradicionalmente, el efecto adverso más temido con el empleo de las gelatinas es la posibilidad de reacción anafiláctica, que ocurre en el 1% con la poligelina y aproximadamente en el 0,1% con el uso de gelatina succinilada

El peso molecular de la gelatina succinilada es de 35.000 Dalton, lo que hace que su vida media intravascular sea de 2 a 4 horas en sujetos normales, pero en pacientes con sepsis esta acortada, y a pesar de ello, su capacidad de expansión es similar a la del *hydroxyethyl starch* (HES, «hidroxietilalmidón») 130 (peso molecular 130.000 Da). La gelatina unida a urea tiene mucha mayor concentración de calcio (6.26 mmol/L) y potasio (5.1 mmol/L) que la gelatina succinato (0.4 mmol/L para ambos electrolitos)

Recientemente se ha comercializado en España una nueva presentación con un menor contenido en cloro, que ha sido sustituido por acetato.

Se eliminan por el riñón sin causar insuficiencia renal y favorecen la diuresis osmótica. No afectan a la determinación del grupo sanguíneo, la coagulación o la adhesividad plaquetaria. La administración simultánea de sangre y gelatina unida a urea puede provocar la formación de coágulos. Son los expansores del plasma más económicos.

—Hidroxietil-almidón (Elo-Hes 6%. Voluven 6%). Son polímeros formados por polisacáridos naturales modificados. Se obtiene a partir del almidón de maíz o patata, Su molécula es similar al glucógeno, lo que reduce de forma importante la posibilidad de liberación de histamina y de reacciones anafilácticas. Son soluciones de reposición volémica neutras isooncóticas e isotónicas.

Las primeras generaciones de HES se caracterizaban por un elevado peso molecular (450.000Da) e índice de sustitución (0,7), y posteriormente aparecieron con un peso molecular de 200.000Da y un índice de sustitución de 0,5. Su larga vida media y su acumulación en los tejidos debida a sus características fisicoquímicas explican la elevada tasa de efectos adversos, especialmente fracaso renal, asociados con su uso.

Los hidroxietil-almidones (HEA) de bajo peso molecular (PM) (130) y bajo índice de sustitución (IS) (0,4) han ganado mercado en la última década por sus mejores propiedades farmacocinéticas y de seguridad (efectos colaterales) en relación con las formulaciones antiguas. De hecho, los de PM medio-alto y con IS medio-alto dejaron de utilizarse hace años, incluso el HEA 200/0,5 prácticamente no se utiliza en España, aunque sí se sigue prescribiendo en Europa. Parece que el mecanismo de lesión renal de los HEA estaría más en relación con el PM e IS y su acumulación, tras la administración de múltiples dosis.

En los últimos 2 años, diversos documentos de consenso, ensayos clínicos y metaanálisis han arrojado serias dudas sobre la seguridad de los HEA y han creado polémica entre los profesionales que utilizan HEA 130, ajustándose a dosis e indicaciones marcadas en la ficha técnica y con parámetros hemodinámicos definidos. Llama la atención que en dichas publicaciones que los trabajos se han realizado con HEA de medio-alto PM, con distintos IS, dosis y concentraciones, con diferentes pautas de tratamiento. El punto de máximo interés en esta polémica ha sido la publicación en junio de 2013 de una nota de la PRAC de la European Medicines Agency (EMA) recomendando la suspensión de la comercialización de soluciones de infusión que contengan HEA.

Dicha recomendación se basa en los resultados de los estudios VISEP, 6 S y CHEST, pero la heterogeneidad en la metodología, en las diferentes poblaciones de pacientes y en las condiciones de utilización del fármaco, con distintos PM, IS, dosificación y origen, invitan a una revisión en profundidad de los mismos.

Otros estudios como los de Crystmas²², Muller et al.²³ y Boussekey et al.²⁴, entre otros, demuestran mayor credibilidad científica y cercanía con la realidad clínica:

El fin primordial del uso de coloides en el cebado de la bomba es mantener el volumen intravascular y la perfusión tisular evitando la hemodilución excesiva, preservando en lo posible la presión coloidosmótica del plasma (PCO), y su empleo en este, aporta ventajas adicionales. Estudios recientes indican que el HEA 130/0,4 al 6%, tiene efectos antiinflamatorios atenuando la lesión endotelial mejorando la micro perfusión y la oxigenación tisular.

En un pequeño estudio comparativo «in vitro e in vivo» de Volta et al., se ha descrito un potencial efecto antiinflamatorio del HEA del maíz, medido por el nivel de metaloproteínas circulantes, implicadas en la cicatrización de tejidos; y más recientemente, a nivel experimental en ratas, en un trabajo de Tian et al., el efecto sobre el pulmón, al disminuir la respuesta inflamatoria e inhibir los mediadores derivados de los leucocitos.

Ante la divergencia de resultados es difícil establecer conclusiones válidas. Parece obvia la inocuidad de los HEA de tercera generación en los pacientes quirúrgicos y son ne-

cesarios nuevos estudios de seguridad en los pacientes críticos que decanten la balanza de forma definitiva.

Soluciones coloidales naturales

—Albumina humana. Es un producto natural coloide, obtenida por fraccionamiento según el método de Cohn con etanol frío, a partir de un pool de plasma humano. Tiene un peso molecular de aproximadamente 69.000 Dalton. En circunstancias fisiológicas la albúmina presente en el plasma es responsable del 75%-80% de la presión oncótica.

Cuando se administran medicamentos derivados de sangre o plasma humano, no podemos excluir el riesgo de aparición de enfermedades de transmisión de agentes infecciosos y/o patógenos desconocidos, a pesar de que, se realicen todos los controles y procedimientos de seguridad para reducir riesgos.

La albúmina realiza dos funciones principales, el mantenimiento de la presión oncótica y la captación o combinación con un gran número de sustancias diferentes, tanto biológicas como sintéticas. Puede administrarse en solución al 20% (Albúmina humana 20%) y al 5% (PPL 5%). Cuando se utiliza como fluido de cebado se usa en combinación con soluciones cristaloides, para compensar la disminución de la presión osmótica coloidal intravascular causada por el cristaloides. La controversia de diversos estudios sobre sus efectos beneficiosos, la posibilidad de reacciones anafilácticas, unidos a su alto coste, han llevado al desarrollo de un importante número de fluidos sintéticos coloidales.

HEMODILUCIÓN

A principios de los años 80, ante la imposibilidad de obtener sangre para cebar todo el circuito en situaciones de urgencia, sobre todo, se empezó a utilizar como sustituto de la sangre, soluciones cristaloides y coloides, observándose que los pacientes presentaban mejores condiciones. Aparece el concepto de Hemodilución.

La hemodilución es la disminución de la hemoglobina en la concentración plasmática, provocada por la administración de fluidos que no contienen hemoglobina, en el torrente circulatorio.

En cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) la hemodilución se produce al incorporar, de forma aguda, la solución del cebado del circuito extracorpóreo al torrente circulatorio, produciéndose unos mecanismos compensadores, como son el aumento y redistribución del gasto cardíaco, el aumento de la extracción tisular de oxígeno y cambios en la afinidad de la hemoglobina.

La aplicación de hemodilución en cirugía cardíaca, fue propuesta por Pánico y Neptune a fines de la década de los cincuenta, para evitar el uso de la sangre en el llenado del

circuito extracorpóreo, pero tuvo su mayor difusión en la época de 1980.

La Hemodilución que se produce con los cebados, disminuye la concentración de factores de la coagulación, y esto puede conducir al deterioro de la misma. Otros de los factores que deben de ser considerados por el perfusionista en la elección de las soluciones de cebado son la Osmolaridad, electrolitos y los efectos causados por la propia hemodilución.

La disminución del hematocrito es una consecuencia inevitable de la CEC con cebados no hemáticos, que dependerá además del hematocrito inicial del paciente y del volumen de cebado.

Una de las ventajas de la hemodilución es la reducción de la viscosidad y por consiguiente la mejora de la microcirculación, pero tendremos que considerar que con hemodiluciones excesivas ponemos en riesgo el nivel tisular de NO₂ y contribuir a la hipotensión.

CEBADO DE LA BOMBA. HEMODILUCIÓN TOTAL-PARCIAL

El circuito de CEC debe rellenarse con líquido, para así retirar todo el aire del sistema, incluidas, las micro burbujas, al mismo tiempo debe de evitarse el vaciado del paciente, al derivar su sangre hacia la máquina de CEC. Como ya hemos dicho anteriormente, la sangre fue el primer líquido empleado como cebado, con la idea de permanecer lo más cerca posible de la fisiología al mantener la misma capacidad de oxigenación y un nivel similar de presión coloidosmótica (PCO), evitándose así el choque brusco con otros líquidos de distinto contenido hidroeléctrico y proteico. Pronto se vio que el cebado del circuito de CEC, con sangre total aportaba más inconvenientes y complicaciones que ventajas, como queda reflejado a continuación:

- Mayor hemólisis.
- Mayor fracaso renal.
- Peor perfusión tisular (viscosidad).
- Mayor incidencia de hepatitis sérica (A pesar de Antígeno Australia- incidencia 6%).
- Alto consumo de sangre de banco.
- Mayores complicaciones pulmonares.
- Mayor incidencia del «síndrome por sangre homóloga» (Debido a hemólisis de dicha sangre).
- Inmunización más frecuente frente a otros antígenos (Antígenos secundarios no bien estudiados).
- Mayor hemorragia postoperatoria.
- Por el contrario, cuando el circuito se rellenaba con soluciones no sanguíneas, se pudo ver que los pacientes presentaban mejores condiciones. Se empezaron a estudiar los efectos beneficiosos de la hemodilución:
 - Descenso de la viscosidad sanguínea.
 - Aumento del flujo de perfusión.
 - Diminución del riesgo que suponen las transfusiones.

- Desaparición del síndrome de sangre homóloga.
- Posibilidad de realizar perfusiones a pacientes con ciertas creencias religiosas.

Pero el uso de la hemodilución, no está libre de cierta controversia por sus efectos adversos:

- Alteración de la farmacocinética y farmacodinamia de los fármacos.
- Disminución de la viscosidad de la sangre en el inicio de la CEC, lo que da lugar a la disminución de la presión arterial que en ocasiones puede requerir un aumento en la presión de perfusión.
- La reducción de los niveles de hemoglobina por debajo de la normalidad, puede comprometer el transporte de oxígeno si no se compensa con el aumento del gasto cardíaco. Comparado gráficamente con los valores de hematocrito, la máxima transferencia de oxígeno se produce con hematocrito cercano al 30%.
- Puede disminuir la presión oncótica del plasma por dilución de sus proteínas y producirse el paso de líquidos al espacio extravascular favoreciendo la formación de edemas.
- Alteración de la coagulación. Durante la CEC, esto es ventajoso pero puede ser causa de sangrado postoperatorio si no está bien controlado.
- La vasodilatación que se produce con el recalentamiento, aumentan las necesidades de aporte de líquidos habiendo mayor consumo de oxígeno. Los niveles de hemoglobina habrá que mantenerlos siempre alrededor de 7-9 g/del, para asegurar un adecuado transporte de oxígeno.

La hemodilución que se utiliza en la actualidad es en la mayoría de los procedimientos total (a sanguínea) y puntualmente parcial (incluyendo hemoderivados) y su elección viene condicionada por la superficie corporal del paciente, hematocrito preoperatorio, capacidad del oxigenador y circuitos.

Las necesidades de aporte de hemoderivados en el cebado se determinaran, en primer lugar calculando la volemia teórica (Vt) del paciente. Para ello multiplicamos el peso del paciente por una constante estimada, que va en relación al peso de este:

- Recién Nacidos a menos de 10 Kg: 85 ml/Kg.
- De 10 a 20 Kg: 80 ml/Kg.
- De 20 a 30 Kg: 75 ml/Kg.
- De 30 a 40 Kg: 70 ml/Kg.
- De 40 a más Kg: 65 ml/Kg.
- $Vt = \text{peso} \times \text{constante estimada}$.

Una vez determinada la volemia teórica del paciente se calculara el volumen hemodilucional, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. añadir} = \frac{\text{Hto. Inicial} \times \text{Vol. sanguíneo}}{\text{Hto. Deseado (28\% - 30\%)}} - \text{Vol. sanguíneo}$$

COMPOSICIÓN DEL CEBADO

Las soluciones de cebado para los circuitos de CEC, deben ser similares al plasma, en cuanto a contenido electro-lítico y osmolaridad.

Los factores a tener en cuenta al elegir la solución de cebado son osmolaridad, electrolitos, volumen, hemodilución

La osmolaridad debe ser similar a la del plasma humano, para preservar el equilibrio de líquidos entre el espacio intersticial y el espacio intravascular. Se deben utilizar soluciones isotónicas o ligeramente hipertónicas. Las soluciones excesivamente hipertónicas pueden causar la destrucción de los eritrocitos y la sobrecarga de volumen en el espacio intravascular. Por otra parte las soluciones hipotónicas producen hemólisis y paso del líquido intravascular al espacio intersticial (edemas).

El nivel de concentración de electrolitos en el fluido de cebado debe ser también lo más cercana a la del plasma, para mantener el equilibrio de los mismos después de la desconexión de CEC.

Otro aspecto a tener en cuenta en el cebado de la bomba es el tipo de hemodilución que se realiza, ya que cuando se utilizan soluciones de cebado sanguíneas, los elementos formes de la sangre y las proteínas plasmáticas son diluidos en proporción al volumen de cebado.

CEBADO IDEAL DE LA BOMBA EN EL ADULTO

El cebado ideal será el que consiga una presión coloidosmótica similar al plasma, un pH lo más cercano al fisiológico, el uso razonado de coloides y la utilización del mínimo volumen total.

Actualmente no existe clara evidencia en cuanto a la disminución de la mortalidad entre el empleo de coloides o cristaloides, si bien el empleo de coloides en el cebado de la bomba de circulación extracorpórea pueden reportar una serie de ventajas adicionales. El uso de cristaloides solos, retrasa la recuperación de la volemia y tiene efectos negativos sobre la micro circulación, la integridad endotelial y la oxigenación tisular.

La revisión bibliográfica sobre los cebados utilizados actualmente, nos muestra el uso de un cristaloides y de un coloide. De forma más detallada, un mayor uso de Plasmalyte 148 en agua, como cristaloides y la incorporación de un coloide (hidroxietilalmidón).

Para conseguir la presión coloidosmótica similar al plasma, trataremos de encontrar un coloide que además de ser un buen expansor del volumen plasmático, produzca mínimas reacciones anafilácticas y menos alteraciones en la coagulación. Los hidroxietilalmidón (HEA) parecen los más cercanos al coloide ideal. Aunque, como hemos visto anteriormente, existen estudios contradictorios sobre este tema.

El uso de Albúmina como coloide, aún siendo el «ideal», no demuestra mejores resultados en cuanto a índices de mortalidad se refiere, Himpe et al.²⁵

La Sociedad Española de Perfusionistas tras discusión en la comisión de cebados y revisión de la literatura, elaboraron lo que se denominó «cebado ideal». En él se recomienda mantener una relación 2:1 (cristaloide/coloide), en el cebado de la bomba siendo los fluidos utilizados Plasmalyte 148 en agua, como cristaloide y Hidroxietilalmidón 130/0,4, como coloide. La elección del Plasmalyte 148 en agua como cristaloide ideal se debe a que su pH y su composición electrolítica son similares a la del plasma.

El uso de las nuevas soluciones de cardioplejia, nos hacen reconsiderar, en ocasiones la composición del cebado de CEC, con el uso de Custodiol y Celsior no debería usarse Manitol, ya que lo llevan en su composición en dosis de 5,46gr (30 mmol/l) el primero y 10,930gr (60 mmol/l) el segundo.

TÉCNICAS DE AHORRO DE CEBADO

En los últimos años ha habido muchas mejoras en la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) en cuanto a técnicas quirúrgicas y funcionamiento y diseños de materiales, pero a pesar de todo esto, la longitud de los tubos, el oxigenador y heparina, entre otras, siguen alterando las propiedades de la sangre, induciendo una respuesta inflamatoria sistémica.

Para minimizar todos estos efectos así como los efectos adversos del cebado, se diseñan circuitos de menor longitud, oxigenadores con mayor capacidad de oxigenar y menor volumen de cebado, que nos permite una reducción del mismo.

La irrupción de la mini CEC parecía que podría ser una de las grandes soluciones a estos problemas, pero no se ha impuesto de manera rutinaria siendo actualmente solo el 10 % de todas la CEC.

El cebado retrógrado autólogo es otra de las técnicas empleadas en los casos en los que la hemodilución compromete de manera importante la situación del paciente, aunque tampoco es usada de forma rutinaria.

Con la sustitución de la cardioplejia cristaloide por cardioplejia sanguínea, se logra reducir la hemodilución del paciente y aumentar el nivel del hematocrito.

REFERENCIAS

- Vandewiele K, Bove T, De Somer FM, Dujardin D, Vanackere M, De Smet D, et al. The effect of retrograde autologous priming volume on haemodilution and transfusion requirements during cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013 Jun;16(6):778-83. Epub 2013 Mar 12.
- Varghese R, Myers ML. Blood conservation in cardiac surgery: let's get restrictive. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2010 Summer;22(2):121-6. doi: 10.1053/j.semtcv.2010.09.010
- Cerro M, Gil Y, Ramos C, Navarro M. Cebado del circuito de circulación extracorpórea en adultos. *Rev. Esp. Perfusion*. 2006; 40: 10.
- Pensa C, Bypass cardiopulmonar, hemodilución normovolemica y autotransfusión. Un camino a lo largo del tiempo. *Rev Argent Cardiol*. 2004; 72(3): 174-177.
- Arias P, Aranda F, Reyes X, Pacheco G, Sepúlveda M. Comparación entre hes 6% 130/0,4 en solución electrolítica balanceada (hes balanceado) versus hes 6% 130/0,4 en solución salina (hes salino), en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. resultados preliminares. *Rev Chil Anest*. 2011; 40: 155-164.
- Sun P, Ji B, Sun Y, Zhu X, Liu J, Long C, et al. Effects of retrograde autologous priming on blood transfusion and clinical outcomes in adults: a meta-analysis. *Perfusion*. 2013 May; 28(3):238-43. Epub 2013 Jan 22.
- Vincent JL, Gerlach H. Fluid resuscitation in severe sepsis and septic shock: An evidence based review. *Crit Care Med*. 2004 Nov;32(11 Suppl):S451-4.
- Vincent JL, Weil MH. Fluid challenge revisited. *Crit Care Med*. 2006 May;34(5):1333-7.
- Choi PT, Yip G, Quinonez LG, Cook DJ. Crystalloids vs. Colloids in fluid resuscitation: systematic review. *Crit Care Med*. 1999 Jan;27(1):200-10.
- Bellomo R. Fluid resuscitation: Colloids vs. crystalloids. *Blood Purif*. 2002;20(3):239-42.
- Treib J, Baron JF, Grauer MY, Strauss RG. An international view of hydroxyethyl starches. *Intensive Care Med*. 1999 Mar;25(3):258-68.
- Dellinger RP, Levy MM, Carlet JM, et al. Surviving Sepsis Campaign: International guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008. *Crit Care Med*. 2008;36:296-327. doi: 10.1097/01.CCM.0000298158.12101.41.
- Boldt J. The Good, the Bad, and the Ugly: Should we completely banish human albumin from our intensive care units? *Anesth Analg*. 2000 Oct;91(4):887-95.
- Schierhout G, Roberts I. Fluid resuscitation with colloid or crystalloid solutions in critically ill patients: A systematic review of randomized trials. *BMJ*. 1998 Mar 28;316(7136):961-4.
- Cochrane Injuries Group Albumin Reviewers. Human albumin administration in critically ill patients: Systematic review of randomized controlled trials. *BMJ*. 1998 Jul 25;317(7153):235-40.
- Martin GS. Pharmacological aspects of albumin as a niche product in the intensive care unit. *Crit Care Med*. 2005 Jul;33(7):1667-9.
- Dubois MJ, Vincent JL. Use of albumin in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care*. 2002 Aug;8(4):299-301.

17. Wilkes MM, Navickis RJ. Patient survival after human albumin administration. *Ann Intern Med.* 2001 Aug 7;135(3):149-64.
18. Finfer S, Bellomo R, Boyce N, French J, Myburgh J, Norton R; SAFE Study Investigators. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit. *N Engl J Med.* 2004 May 27;350(22):2247-56.
19. Roberts I. Saline is as effective as albumin for fluid resuscitation in critically ill people. *Evidence-Based Healthcare-Public Health.* 2004; 8: 389-91.
20. Riegger LQ, Voepel-Lewis T, Kulik TJ, Malviya S, Tait AR, Mosca RS, et al. Albumin versus crystalloid prime solution for cardiopulmonary bypass in young children. *Crit Care Med.* 2002 Dec;30(12):2649-54.
21. Boldt J, Brosch C, Ducke M, Papsdorf M, Lehmann A. Influence of volume therapy with a modern hydroxyethylstarch preparation on kidney function in cardiac surgery patients with compromised renal function: a comparison with human albumin. *Crit Care Med.* 2007 Dec;35(12):2740-6.
22. Guidet B, Martinet O, Boulain T, Philippart F, Poussel JF, Maizel J et al. Assessment of hemodynamic efficacy and safety of 6% hydroxyethylstarch 130/0.4 vs. 0.9% NaCl fluid replacement in patients with severe sepsis: The CRYSSST-MAS study. *Crit Care.* 2012 May 24;16(3):R94. doi: 10.1186/cc11358.
23. Muller L, Jaber S, Molinari N, Favier L, Larché J, Motte G et al. Fluid management and risk factor for renal dysfunction in patient with severe sepsis and/or septic shock. *Crit Care.* 2012 Feb 29;16(1):R34. doi: 10.1186/cc11213.
24. Boussekey N, Damon R, Langlois S, Alfandari S, Devos P, Meybeck A, et al. Resuscitation with low volume hydroxyethylstarch 130 kDa/0.4 is not associated with acute kidney injury. *Crit Care.* 2010;14(2):R40. doi: 10.1186/cc8920. Epub 2010 Mar 18.
25. Himpe D. Colloids versus crystalloids as priming solutions for cardiopulmonary bypass: a meta-analysis of prospective, randomised clinical trials. *Acta Anaesthesiol Belg.* 2003;54(3):207-15.
26. Russell JA, Navickis RJ, Wilkes MM. Albumin versus crystalloid for pump priming in cardiac surgery: meta-analysis of controlled trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2004 Aug;18(4):429-37.