

ENBOMBA

ISSN: 2575. 2650 | ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PERFUSIÓN | EDITADO POR ALAP, DAVIE, FL

Asociación Latinoamericana de Perfusión



CALIDAD Y SEGURIDAD EN PERFUSIÓN

PERF. ROSSANA YAMETTI CAMPOS

FLUJO PULSÁTIL, “UNA TÉCNICA OLVIDADA” ¿OPCIÓN O ELECCIÓN?

DR. ROY ROJAS ZELEDÓN

UTILIDAD DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

DR. HERNÁN ALFONSO CHARRIS SUÁREZ

1ER CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PERFUSIÓN

11 | 12 OCTUBRE 2018
BOGOTÁ, COLOMBIA

Más de **300 especialistas participantes**
de Latinoamérica

Conferencias magistrales en
Perfusión pediátrica y de adultos

Talleres especializados en las áreas de
circulación extracorpórea y ECMO



Photograph by Mr. Alexander Rieser/ Alamy

INSCRIPCIONES ABIERTAS

A PATIR DE ENERO

www.eventosalap.com

Torre AR Centro de Convenciones, Calle 113 No. 7-80. Bogotá, Colombia



@alperfusion



operaciones@asociacionalap.com



[/perfusionlatinoamericana](https://www.facebook.com/perfusionlatinoamericana)

SUMARIO

- 45** EDITORIAL
- 46** CALENDARIO DE EVENTOS
- 47** UTILIDAD DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA
- 55** FLUJO PULSÁTIL, UNA TÉCNICA OLVIDADA. ¿OPCIÓN O ELECCIÓN?
- 64** CALIDAD Y SEGURIDAD EN PERFUSIÓN
- 71** TRASPLANTE CARDÍACO ABO INCOMPATIBLE EN PACIENTE PEDIÁTRICO CON DIAGNÓSTICO DE MIOCARDIOPATÍA DILATADA
- 75** GESTANTE SOMETIDO A LA CORRECCIÓN QUIRÚRGICA DE DISFUNCIÓN DE PRÓTESIS BIOLÓGICA MITRAL CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN CARÁCTER DE URGENCIA
- 80** ACERCA DE LA ACIDOSIS METABÓLICA POSCIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA Y SU TRATAMIENTO POR EL PERFUSIONISTA
- 86** TEST EN BOMBA
- 87** NORMAS DE PUBLICACIÓN



CONSEJO EDITORIAL

Presidente
Alileni Pérez Alemán

Vicepresidente
Brigida Aguerrevere

EQUIPO DE REDACCIÓN

Editor Jefe
Alexei Suárez Rivero

Diseño gráfico y maquetado
Valentina Lange G.

Coordinadora General
Andreina Lange G.

Operaciones y Marketing
Humberto A. Lazo

IMPRESIÓN

Impreso en
República Dominicana
por
Impresora Conadex
Soluciones Gráficas.
Prensa digital,
impresión comercial y
formas continuas.
RNC: 1-01-55286-7

Av. Ortega y Gasset, N° 103 Esq.
Calle 34
Santo Domingo, R.D

ALAP ESTADOS UNIDOS

9138 SE 23rd St, Suite D
Davie, FL
33324



EDITORIAL

Este segundo número de nuestra revista cuatrimestral *En Bomba*, es una materialización de los muchos esfuerzos que ha sido necesario engranar para llevar adelante este sueño hecho realidad, llamado ALAP. Nuestra Asociación Latinoamericana de Perfusionismo (ALAP) en poco más de dos años, ya cuenta con importantes recursos de comunicación: una muy activa página web con más de 3834 visitas, presencia en las más importantes redes sociales y esta publicación que número a número, se va a ir convirtiendo en el más auspicioso ámbito para nuestros trabajos de investigación y para compartir nuestras experiencias clínicas.

Esto solo ha sido posible gracias al trabajo, la constancia y muy especialmente, a la determinación de todos los perfusionistas que con objetivos claros, decidimos unirnos para dar respuesta a nuestras propias necesidades de formación, de reconocimiento profesional y para consolidar el desarrollo de la especialidad. A pesar de todos los obstáculos y las difíciles situaciones que afectan a algunos países de nuestra región, hubo la suficiente actividad y compromiso para dar ese primer paso trascendental.

Las bases están echadas, pero día a día tenemos que ir construyendo nuestro mejor futuro. Es un reto inmenso que nos atañe a todos y la palabra clave es PARTICIPACIÓN. Una participación activa, que permita consolidar cada logro, cada conquista; que involucre a las generaciones de relevo para garantizar nuestra permanencia en el tiempo.

Ya está en marcha la Junta Latinoamericana de Certificación, para definir y aplicar las pautas y requerimientos con miras a estandarizar el perfil y los programas de formación, nivel Master, sustentados por el rigor científico universitario para las Escuelas de Perfusionismo en Latinoamérica.

Continuaremos con el Programa de Educación Continua: simposios regionales de actualización, webinars, cursos y talleres en los que, por primera vez, se otorgan Unidades Créditos Educativos (UCE) acumulativos.

El Manual de Calidad está en etapa de elaboración. Pretendemos que sea el primer instrumento normativo y de dominio público, que funja como marco referencial para los estándares de calidad de la perfusión en Latinoamérica. Con no menor entusiasmo nos estamos preparando para nuestro Primer Congreso Latinoamericano de Perfusionismo, que celebraremos el 11 y 12 de octubre de 2018 en el Centro de Convenciones AR en Bogotá, Colombia. Esperamos contar con los decididos aportes y la presencia de todos para lograr un congreso innovador que marque una pauta de excelencia.

¡Salud!

Alileni Pérez Alemán

Alileni Pérez Alemán
Presidente
 Asociación Latinoamericana
 de Perfusionismo



NUESTRO 2017

ASÍ TRABAJÓ ALAP

Durante este año 2017, la Asociación asistió y realizó diversos eventos con el fin de compartir y expandir conocimientos a toda Latinoamérica. A su vez, se desarrollaron grandes y notables cambios internos, los cuales generaron un giro positivo por y para los perfusionistas de todas las regiones latinoamericanas. Esperamos contar nuevamente con el apoyo de ustedes para seguir avanzando y creciendo.



I Simposio de Actualización en Perfusion. Región Andina - Ecuador



Curso ECMO Cedimat. República Dominicana



I Simposio de Actualización de Perfusion Región Cono Sur. Chile

MAYO

- Lanzamiento revista En Bomba Vol. 1, #1 2017.
- Jornada Rosarina de Perfusion. Argentina
- Curso ECMO Cedimat. República Dominicana.
- I Simposio de Actualización en Perfusion Región Andina - Ecuador.

AGOSTO

- Migración de nuestro portal digital a www.asociacionalap.com
- I Simposio de Actualización en Perfusion Región Cono Sur - Chile.

NOVIEMBRE

- Congreso ELSO LATAM. Chile
- Curso ELSO. Colombia
- II Simposio de Perfusion ECMO-Soporte y Transplante Cardíaco en Pedriatría. (SOMEPEYAC) México.



Dr. Hernan Alfonso Charris Suárez
Anestesiólogo Cardiovascular
Departamento de Anestesia
Fundación Cardio-Infantil. Instituto de Cardiología
Bogotá, Colombia

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Utilidad de la ecocardiografía en circulación extracorpórea

Usefulness of echocardiography in extracorporeal circulation

RESUMEN

La ecocardiografía es el instrumento más usado para investigar y diagnosticar la enfermedad cardíaca. El eco intraoperatorio en la actualidad es considerado indispensable como equipo de monitorización y valoración diagnóstica intraoperatoria. En esta revisión se explican los usos más frecuentes de la ecografía como técnica que permite optimizar el uso de la circulación extracorpórea.

Palabras clave: ecocardiografía, circulación extracorpórea, cirugía cardíaca.

FUNDAMENTOS DE ECOGRAFÍA

El sonido es una energía mecánica que se transmite a través de un medio y se propaga en forma de ondas. El concepto ultrasonido describe las ondas sonoras que tienen una frecuencia por arriba de 20.000 Hertz, es decir que no son audibles por el oído humano. En medicina las frecuencias usadas por las máquinas de ecografía son usualmente entre 2 - 20 MHz.

Estas señales de ultrasonido son generadas por cristales piezoeléctricos, ubicados en el transductor, que son generalmente de material de cerámica, que tienen la cualidad de convertir voltaje eléctrico en deformidad mecánica, generando ondas de ultrasonido y viceversa, fenómeno conocido como efecto piezoeléctrico.

Las imágenes de ultrasonido se basan en la reflexión de las ondas al chocar con un reflector. La cantidad de ondas reflejadas dependerá de la impedancia acústica del reflector, de profundidad y del ángulo de incidencia. La formación de la imagen es estructurada a partir de las ondas que son nuevamente recibidas por el transductor y transformadas según su intensidad en señales visuales en rangos de blanco y negro. Aquellos objetos que tengan alta impedancia como el hueso, serán más brillantes y blancas, llamándose hiperecóicas. Las señales que provengan de objetos de baja impedancia como los líquidos, serán más opacas y negras llamándose hipoecóicas. En los rangos intermedios estarán todos los tejidos. (Figura 1).

SUMMARY

Echocardiography is the most commonly used instrument to investigate and diagnose heart disease. The intraoperative echo is currently considered essential as a monitor and intraoperative diagnostic assessment team. In this review, the most frequent uses of ultrasound are explained as a technique that optimizes the use of extracorporeal circulation.

Keywords: echocardiography, extracorporeal circulation, cardiac surgical procedure.

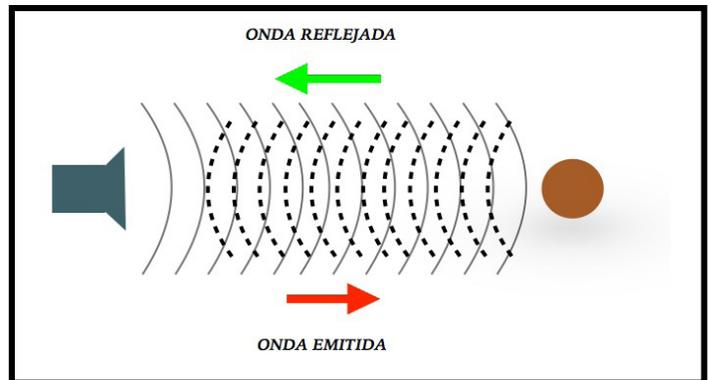


Figura 1. La onda del ultrasonido emitida es reflejada por el objeto.

Los objetos perpendiculares al haz de ultrasonido serán muy bien visualizados, por el contrario el flujo, serán mejor vistos mediante el uso del Doppler cuando este sea paralelo a la señal. La mayoría de los tubos médicos son hechos de plástico de alta densidad y metal, estos compuestos son altamente ecogénicos y tienden a crear artefactos entre ellos reverberaciones y sombras acústicas. Para evitar esta distorsiones es ideal obtener información desde diferentes vistas, donde haya un cambio en la posición del transductor. Los transductores poseen múltiples cristales piezoeléctricos para estructurar imágenes de aspecto tomográficos de los tejidos que atraviesa el ultrasonido; varían de acuerdo a su tamaño, forma y frecuencia.

En cirugía cardíaca es más frecuentemente usado el transductor transesofágico, donde la sonda se puede desplazar a lo largo del esófago hasta el estómago, sin interferir con la actividad quirúrgica. En caso de no poderse usar, la ecografía Epicárdica y Epi-aórtica son alternativas también útiles. En eco transesofágico para poder obtener las diferentes vistas ecográficas se pueden realizar movimientos de anteflexión, retroflexión, y movimientos laterales de la punta, mediante la manipulación de las ruedas ubicadas en el brazo de la sonda. Además es posible, hacer modificaciones del plano de corte de la imagen mediante rotación eléctrica del ángulo entre 0° y 180° en el sentido contrario de las manecillas del reloj, mediante la manipulación de los botones ubicados también en el brazo de la sonda.¹ Un examen transesofágico integral está constituido por 28 vistas de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Sociedad de Anestesiólogos Cardiovasculares.² Cada una de las vistas permiten el análisis anatómico y funcional de todas las estructuras cardíacas. Un examen Epi-aórtico integral incluye mínimo 5 vistas desde la unión sino-tubular hasta el arco aórtico.³ El eco transesofágico es relativamente seguro, aunque la inserción y la manipulación de la sonda puede causar trauma orofaríngeo, esofágico o gástrico. Su uso en cirugía implica la permanencia de la sonda por un mayor tiempo y la manipulación de esta en un paciente dormido y relajado que no puede quejarse. La incidencia de complicaciones parece ser similar comparado con pacientes en el medio no quirúrgico con un rango entre 0,2% y 1,2%. Más de la mitad de las complicaciones se presentan después de 24 horas del postoperatorio, razón por la cual es indispensable el seguimiento. Las más frecuente son la disfonía o ronquera, la disfagia y la odinofagia.⁴

En pacientes pediátricos la incidencia de complicaciones es igualmente baja, con mínimas lesiones. Sin embargo pueden tener otras complicaciones relacionadas con compresión de estructuras cercanas como esófago, tráquea, bronquios, aorta, o aurículas.⁵

UTILIDAD GENERAL DEL ECO EN CIRUGÍA CARDÍACA

El uso de la ecografía en cirugía cardíaca es cada vez más claro y se amplía cada vez más. Su uso antes y después de circulación extracorpórea influye en las decisiones quirúrgicas en alrededor del 9% de todos los pacientes, siendo los pacientes de procedimientos combinados de revascularización y procedimientos valvulares, en los que mayor impacto se ha observado. De las modificaciones de las conductas que se produjeron antes de circulación extracorpórea y relacionada con ella, la revisión de la posición de las cánulas es relevante, con una frecuencia entre 0,05% hasta 0,3% de los casos.⁶

EXAMEN ECOCARDIOGRÁFICO PREVIO A LA CIRCULACIÓN EXTRACÓRPOREA

Una vez se ha tomado la decisión de un procedimiento, es usual realizar un plan de acuerdo al requerimiento técnico y a las características del paciente. En relación a la circulación extracorpórea se debe garantizar que el plan quirúrgico sea viable para el caso.

1. Placas ateroscleróticas significativas en aorta ascendente: se ha asociado la presencia de placas ateroscleróticas en la aorta ascendente a una alta incidencia de disfunción neurológica y accidentes cerebro-vasculares.⁷ La incidencia de ateromas de grado moderado a severo en la zona de manipulación ocurre en 29% de los pacientes de 70 a 79 años y en 34% en pacientes mayores de 80 años sometidos a cirugía cardíaca.⁸ La manipulación de la aorta, ya sea por la canulación o el pizamiento en presencia de placas ateroscleróticas significativas puede desencadenar la embolización cerebral de detritos. El eco transesofágico puede ser usado para clasificar la enfermedad aterosclerótica aórtica en: no significativa (placas < 2mm), moderada (engrosamiento de la intima entre 2-5mm), o severa (placa > 5mm o elementos móviles) (Figura 2). La palpación manual de la aorta por parte del cirujano ha mostrado que es una forma poco sensible y específica para la detección de placas.⁹ El eco transesofágico también tiene una baja sensibilidad, a causa de la presencia del bronquio fuente izquierdo, que se interpone entre el esófago y la aorta ascendente distal y arco proximal. La técnica más idónea para evaluar la aorta ascendente en todos sus segmentos es la ecografía epi-aórtica.³ (Figura 2). Se considera que la modificación del plan quirúrgico de acuerdo a estos hallazgos podría reducir la incidencia de nuevos eventos neurológicos.¹⁰ De las modificaciones del plan quirúrgico se puede considerar cambiar el sitio de canulación, a una porción donde no haya placas dentro de la aorta ascendente, o a otro sitio como la arteria axilar o la arteria innominada. El principio de no manipulación aórtica y la realización de revascularización sin circulación extracorpórea pueden ser la mejor alternativa en estos pacientes, pues han mostrado una disminución significativa de la incidencia de accidentes cerebro-vasculares.¹¹ (Figura 3).

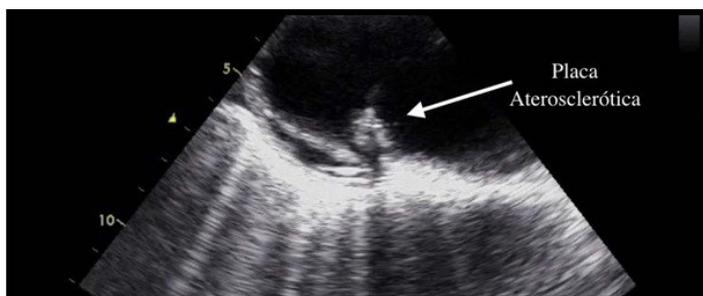


Figura 2. Vista eje corto de arco aórtico distal donde se observa placa aterosclerótica móvil.

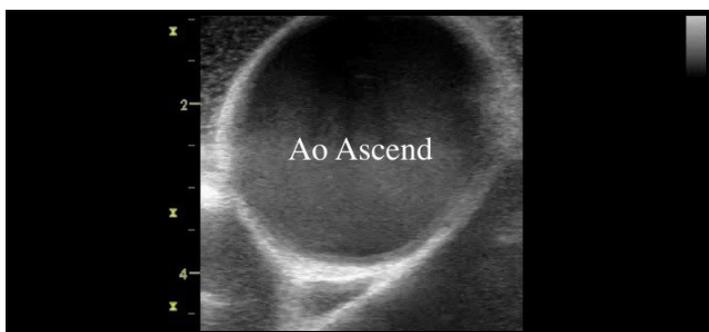


Figura 3. Eco epiaórtico de aorta.

2. Insuficiencia aórtica: la aplicación de cardioplegia anterógrada es la técnica de protección miocárdica más usada en cirugía cardíaca. Implica que haya una válvula aórtica competente que permita una distribución homogénea dentro del tejido miocárdico a través de la circulación coronaria. La presencia de una regurgitación aórtica más que leve, hacen que esta distribución no sea homogénea. Uno de los aspectos más interesantes es que esta insuficiencia aórtica se puede presentar en 43% de los pacientes con válvulas previamente normales pero que al momento de ser pinzada la aorta, se produce una distorsión anatómica de la válvula que la lleva a la insuficiencia. De estos, el 17% tuvieron insuficiencia leve, el 10% insuficiencia moderada y el 15% insuficiencia severa. A través de la utilización de contraste se encontró que el porcentaje de opacificación miocárdica es solamente del 52% en caso de insuficiencia moderada y del 48,5% en caso de insuficiencia severa.¹² Otra consecuencia de la aplicación de cardioplegia en presencia de insuficiencia aórtica es la dilatación ventricular, que predispone a disfunción ventricular postoperatoria. El uso del doppler color en la vista ecográfica llamada eje largo esófago medio, permite ver la válvula aórtica, el tracto de salida del ventrículo izquierdo y la presencia de insuficiencia aórtica. (Figura 4).

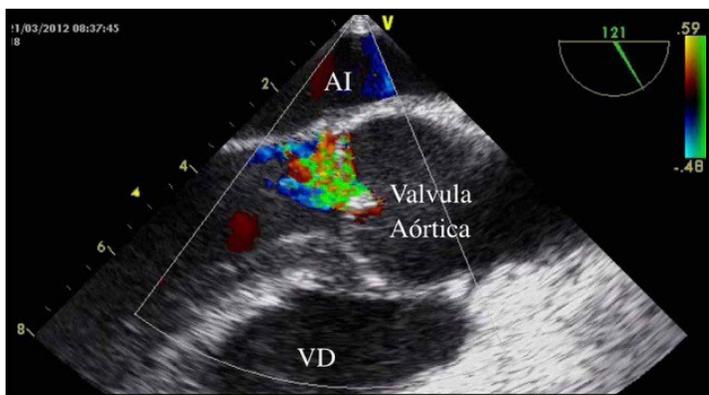


Figura 4. Vista esófago medio eje largo. Insuficiencia valvular aórtica.

3. Foramen oval permeable: esta alteración congénita tan frecuente, puede no ser evidente al momento del examen inicial. Su relevancia en relación a la circulación extracorpórea es la posibilidad de embolismo paradójico y cortocircuitos intracardiacos. Estos hallazgos pueden no ser notorios sino cuando se entra en circulación extracorpórea y la presión auricular izquierda se hace menor que la de la aurícula derecha, permitiendo la apertura del foramen. Es usualmente visible en la vista cuatro cámaras.

4. Válvula de Eustaquio y red de Chiari: es un remanente embrionario del seno venoso derecho que permitía desviar la sangre oxigenada desde la cava inferior a través del foramen oval hacia el lado izquierdo. Se observa como una estructura laminar ubicada entre la unión de la cava inferior y la aurícula. Su importancia en relación a la circulación extracorpórea es la dificultad que puede producir en la colocación o el adecuado funcionamiento de la cánula en la vena cava inferior.

5. Alteraciones congénitas: son varias las alteraciones congénitas que son relevantes para la circulación extracorpórea y la protección miocárdica. La presencia de vena cava izquierda que es la persistencia de la vena cardinal embrionaria. Un hallazgo ecográfico sugestivo es la presencia de un seno coronario grande, y se comprueba fácilmente al inyectar solución agitada a través de una vena periférica que se encuentre en el miembro superior izquierdo, mientras se observaba su drenaje al seno coronario. Su relevancia tiene que ver en caso que se haga canulación del seno coronario para aplicación de cardioplegia. En tal caso no habrá paso de ella hacia las venas cardíacas, lo que hace que la protección sea inadecuada. La presencia de una válvula de Tebesio redundante en el origen del seno coronario puede hacer difícil el paso de la cánula. Es importante el descartar la presencia de drenaje venoso anómalo a cava superior, la presencia de Ductus Arterioso persistente, alteraciones que harán que el retorno venoso no sea adecuado. Todas las alteraciones que produzcan comunicaciones intercavitarias deben ser tenidas en cuenta por la probabilidad de embolismo paradójico; son ejemplo de ellas la presencia de comunicación interauricular o interventricular, ductus arterioso persistente, etc.

6. Permeabilidad de las venas cavas: es indispensable asegurar que existe permeabilidad de cavas y ausencia de masas. En estos casos es necesario usar doppler color que nos permita tener claridad y certeza.

POSICIÓN DE LAS CÁNULAS

Es indispensables tener certeza de la adecuada posición de las cánulas para garantizar que la circulación extracorpórea pueda desarrollarse sin complicaciones. Una presión alta en la línea arterial o un drenaje venoso inadecuado, entre otros pueden ser explicados por una mala posición de las cánulas. Usualmente es visible el sitio de canulación y el cirujano puede hacerlo, pero solo es posible tener certeza cuando son observadas en la luz del vaso donde se ubican. La cánulas serán observadas usualmente como sombras acústicas.

Cánula Arterial: Usualmente se coloca en la aorta ascendente, la cual puede ser observada con eco transesofágico a través de la vista eje largo del arco aórtico o a través de la vista eje largo de la aorta ascendente. La dificultad mayor es de observar la porción distal de la aorta ascendente, por la interposición de la tráquea. Es importante observar que la cánula no este pegada a la pared posterior de la aorta. (Figura 5). Otras posiciones también son posibles según el requerimiento del procedimiento. Puede usarse canulación axilar¹³, el cual es usualmente a través de un injerto de Dacron, para no comprometer la circulación del brazo. También se puede considerar la canulación femoral, la cual conlleva a un riesgo aumentado de embolización retrógrada, razón por la cual es obligatorio tener certeza del estado de la aorta en toda su extensión.¹⁴ Existe también un riesgo aumentado de isquemia de la pierna, de infección o disección. Es deseable evaluar la aorta descendente antes, durante y después de la circulación extracorpórea. En estas otras posiciones no es posible observar mediante eco transesofágico la ubicación de la cánula. Igualmente con doppler color debe observarse el flujo de la cánula.



Figura 5. Vista eje corto aorta distal. Cánula aórtica cercana a arteria subclavia.

En caso de una cirugía para disección aórtica, es indispensable que la cánula arterial se encuentre en la luz verdadera. No existe entre los cirujanos un acuerdo entre cual es la mejor alternativa de canulación. La canulación en la aorta ascendente tiene la ventaja de la

perfusión anterograda, pero el riesgo de la canulación de la falsa luz. La luz verdadera debe ser revisada al momento de la canulación y del inicio de la circulación extracorpórea.¹⁵ (Figura 6).



Figura 6. Eje corto aorta descendente. Disección aórtica.

Cánula de la vena cava inferior: La ecografía transesofágica permite ver si la posición de la cánula de la vena cava inferior es correcta.¹⁶ Cuando la posición es inadecuada la cánula se aloja en la vena suprahepática derecha. Un factor predisponente es una corta distancia entre la válvula de Eustaquio y el origen de la vena suprahepática derecha. Cuando la cánula se encuentra bien ubicada dentro de la cava inferior, ella producirá ecograficamente una sombra acústica, sobre la vena suprahepática derecha, lo que no permitirá verla. Una ubicación inadecuada de la cánula no implica que el drenaje venoso vaya ser inadecuado, esto explicado por la gran cantidad de orificios para drenaje disponibles en la cánula. Pero si es importante que el grupo de perfusión evalúe periódicamente la calidad del drenaje. Uno de los factores relevantes en el drenaje inadecuado de la vena cava inferior es si la cánula se encuentra muy profunda dentro de la cava inferior y también es fácilmente evaluable con el eco transesofágico. La distancia desde la punta de la cánula a la aurícula debe ser menor a 10cm, que es la distancia entre los orificios proximales y distales de la cánula. Es de anotar que con la colocación de la cánula no se van producir cambios significativos en el valor de la presión venosa central, aunque su ubicación no sea la ideal. (Figura 7).



Figura 7. Vista eje largo cava inferior. Cánula venosa dentro de vena suprahepática derecha.

Pueden presentarse además posiciones anómalas de la cava inferior en la auricular derecha, en caso de cardiopatía congénitas, las cuales son infrecuentes, pero deben ser tenidas en cuenta, al evaluar la posición de la cánula.^{7,18}

Cánula de la vena cava superior: en este caso la posición de la cánula es fácilmente visible y palpable por el cirujano. Solamente ante la presencia de otras anomalías congénitas como el drenaje venoso parcial a cava superior merece especial atención, pues muchas veces no es visible y se puede asociar a una comunicación ínterauricular tipo seno venoso.

Canulación del seno coronario: usualmente el seno coronario es canulado a través de la palpación de la cánula en el surco aurículo-ventricular izquierdo. Sin embargo esta maniobra puede ser difícil en caso de reoperación, por la presencia de adherencias. En tales circunstancias la ecografía permite ubicar el seno coronario en una vista cuatro cámaras.¹⁹ (Figura 8).

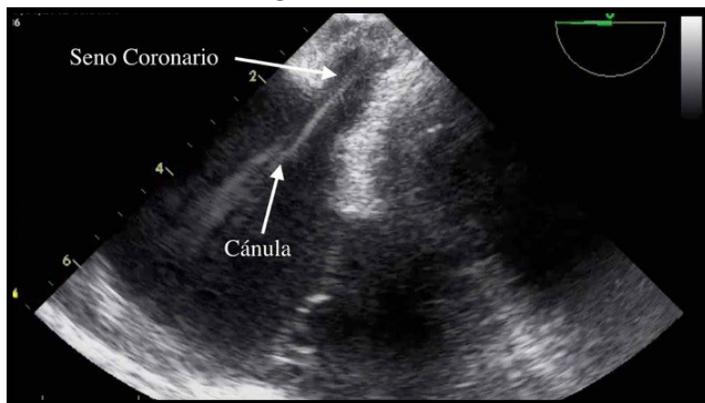


Figura 8. Vista cuatro cámaras bajo cánula entrando al seno coronario.

Colocación del vent: la colocación del vent usualmente es realizado a través de la vena pulmonar superior derecha y en un procedimiento a ciegas es dirigido por el cirujano buscando que quede ubicado hacia la aurícula o el ventrículo izquierdo. La ecografía transesofágica permite observar el paso de la cánula desde la aurícula izquierda hacia la válvula mitral y el ventrículo izquierdo.

UTILIDAD EN CIRUGÍA MINIMAMENTE INVASIVA

La cirugía mínimamente invasiva representa un avance en la cirugía cardíaca, al minimizar el trauma quirúrgico mediante el uso de incisiones pequeñas, que buscan tener unos resultados comparables, minimizando el dolor y acelerando la recuperación de los pacientes. Pero implica retos especiales para todo el grupo quirúrgico. La ecografía intraoperatoria es un instrumento indispensable en estos procedimientos, pues permite hacer una evaluación de la preparación, el procedimiento y las posibles complicaciones asociadas. Si existe una contraindicación para la ecografía transesofágica entonces no se debe considerar para cirugía mínimamente invasiva.

Fuera de los aspectos antes mencionados de la evaluación antes de circulación extracorpórea, la colocación de las cánulas en forma percutánea requiere el apoyo de la ecografía para su funcionamiento.

La cánula venosa es introducida a través de la vena femoral. Para ello se inserta una guía que debe llegar hasta la cava superior, observada en una vista bicava, sin que se observen giros de la guía dentro de la aurícula (Figura 9). Una vez que se pase la cánula, debe corroborarse su posición final, de acuerdo a las necesidades del procedimiento. La cánula puede ubicarse en la cava superior, cercana a la aurícula, usando como referencia la rama derecha de la arteria pulmonar que es visible en una vista bicava. Puede ubicarse en la aurícula, a 2-3 cm de la cava. Otra posibilidad es la colocación de otra cánula en la cava superior a través de una punción eco-guiada de la vena yugular interna derecha y la punta debe quedar a aproximadamente 2 cm de la unión de la cava superior y la aurícula derecha, para permitir la manipulación adecuada. La cánula de la cava inferior debe ubicarse usualmente a aproximadamente 2 cm de la unión entre la cava inferior y la aurícula derecha. En caso que no sea visible la punta de la cánula es posible la aplicación de solución agitada antes de iniciar la circulación extracorpórea.

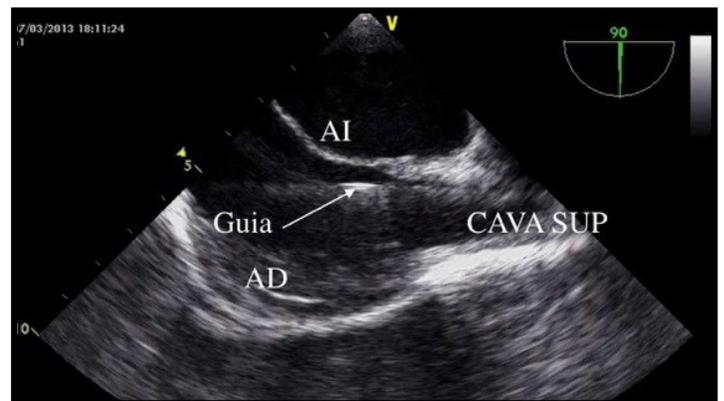


Figura 9. Vista bicava. Guía desde cava inferior a superior para colocación de cánula venosa por vena femoral.

Para la canulación arterial usualmente es usada la arteria femoral. Es indispensable que la aorta sea sana y con tortuosidad significativa. El examen ecocardiográfico exige su evaluación en toda su extensión, para que descarte la presencia de placas o elementos móviles en su interior. El paso de la guía debe seguirse en su recorrido y excluir la presencia iatrogénica de disección aórtica.²⁰ La aplicación de la cardioplegia suele hacerse actualmente a través de la aorta ascendente en forma anterograda, para lo cual se usa una aguja larga. Anteriormente fue usual usar un catéter de oclusión aórtica a través de la arteria femoral, que debía ser ubicado con guía ecográfica arriba de la unión sino-tubular, sin que hubiera oclusión

distal de tronco braquiocéfálico. A través de este mismo era aplicada la cardioplegia.

Puede ser necesario la canalización del seno coronario, para lo cual se usa una cánula multilumen que se coloca percutáneamente mediante punción yugular derecha ecoguiada. Dicho catéter es dirigido mediante eco transesofágico, desde la vista bicava modificada o cuatro cámaras donde se observe el seno coronario. Puede modificarse el ángulo de dicho catéter para facilitar la alineación con el seno coronario. Es indispensable conocer el tamaño del seno coronario para evitar que al inflar el balón haya lesión. A través de esta vena yugular se puede pasar también un vent de arteria pulmonar, el cual se pasa con ayuda ecográfica y la punta se ubica antes de la bifurcación de la arteria pulmonar.²¹

UTILIDAD DEL ECO DURANTE CIRCULACIÓN EXTRACÓRPOREA

Una vez iniciada la circulación extracorpórea es importante que se compruebe que la posición de las cánulas es correcta y que se hayan desocupado adecuadamente las cavidades cardíacas. De no ser así, nuevamente debe evaluarse la posición de las cánulas.

Después de colocada la pinza aórtica, se evaluará ecográficamente la presencia de insuficiencia aórtica que pueda hacer inefectiva la protección miocárdica. En caso de insuficiencia aórtica debe además evaluarse que no haya una significativa dilatación del ventrículo izquierdo; en tal caso puede ser necesario colocar un vent a través de la vena pulmonar superior derecha.

En caso de que el corazón este bien desocupado, no será posible observar las cavidades. Usualmente no se evalúa el flujo en la aorta; cuando se usa doppler pulsado sobre la aorta descendente, se observará un patrón continuo.

Al final del procedimiento y antes de liberar la pinza aórtica es importante proceder a la de-aireación de las cavidades cardíacas buscando la presencia de bolsas de aire y burbujas. El aire puede tener diferentes aspectos pudiendo presentarse como zonas brillantes en las imágenes ecocardiográficas. Dependiendo de la cantidad de aire estas zonas pueden verse como puntos brillantes que se mueven a través de la cavidad. (Figura 10).

La técnica de remoción de aire consiste en la ventilación para promover el paso de sangre a través de las venas pulmonares, la aurícula izquierda, el ventrículo izquierdo y la aorta donde es succionado.

DETECCIÓN DE COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LA CIRCULACIÓN EXTRACÓRPOREA

Diseción aórtica: esta es una de las complicaciones mas temidas en cirugía cardíaca, cuya incidencia oscila entre el 0,12% hasta el 0,35% con una mortalidad operatoria entre el 14% y el 43%. En forma rutinaria se debe incluir un examen



Figura 10. Vista cuatro cámaras. Aire dentro de la cavidad cardíaca que se observa como puntos brillantes.

intraoperatorio en búsqueda de diseción de aorta después de la canulación y después del inicio de la circulación extracorpórea.²² Si existe duda diagnóstica con eco transesofágico, el eco epiaórtico, será una alternativa más clara. La sensibilidad del eco transesofágico para detectar diseción es del 94%-100% y la especificidad del 77% al 100%.²³ El diagnóstico diferencial es el hematoma subadventicial, que es usualmente pequeño y fácilmente compresible, de lento crecimiento y detiene su progresión cuando se inicia la circulación extracorpórea. El hallazgo más importante que debe hacer sospechar una diseción es la alta impedancia de la cánula aórtica al inicio de la circulación extracorpórea, lo cual obliga a evaluar la posición de la cánula.²⁴ La diseción también puede presentarse en la arteria femoral en forma retrógrada con una incidencia de el 0,2% - 1,3% y es muy probable causada por lesión directa del vaso o sobre un placa aterosclerótica. Es indispensable el examen de la aorta con eco transesofágico al momento de iniciar la circulación extracorpórea; en este momento podría ser susceptible de corrección con stent.²⁵

Embolismo aéreo: puede ser una complicación severa durante la circulación extracorpórea. Múltiples son los mecanismos descritos por los que puede haber entrada de aire y son diferentes los sitios de entrada. En la literatura hay muchos reportes de casos.^{26, 27, 28} Las nuevas técnicas de drenaje venoso asistido no están exentas de estas complicaciones.²⁹ Lo que nos permite la ecografía es la detección en el momento de la llegada a las cavidades cardíacas, o a la aorta e iniciar rápidamente el manejo y la búsqueda de la causa.

Mal-posición de cánulas: las alteraciones en el drenaje venoso y los aumentos de las presiones en la cánula arterial deben ser informados al grupo quirúrgico con el fin de que sea revisada la posición de las cánulas.

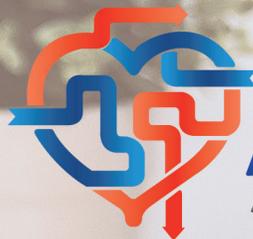
CONCLUSIÓN

La evolución de las técnicas ecográficas han permitido mejorar los resultados quirúrgicos y garantizar que la perfusión sea segura y óptima. La búsqueda activa de las cánulas permitirá garantizar que su funcionamiento es adecuado y así evitar complicaciones relacionadas con la circulación extracorpórea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bakhru RN, Schweickert WD. Intensive care ultrasound: I. Physics, equipment, and image quality. *Ann Am Thorac Soc.* 2013;10(5):540-8.
- Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26(9):921-64.
- Glas KE, Swaminathan M, Reeves ST, Shanewise JS, Rubenson D, Smith PK, et al. Guidelines for the performance of a comprehensive intraoperative epiaortic ultrasonographic examination: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists; endorsed by the Society of Thoracic Surgeons. *Anesth Analg.* 2008;106(5):1376-84.
- Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK, Bulwer BE, D'Ambra MN, Eltzschig HK. Safety of transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(11):1115-27.
- Ayres NA, Miller-Hance W, Fyfe DA, Stevenson JG, Sahn DJ, Young LT, et al. Indications and guidelines for performance of transesophageal echocardiography in the patient with pediatric acquired or congenital heart disease: report from the task force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18(1):91-8.
- Eltzschig HK, Rosenberger P, Löffler M, Fox JA, Aranki SF, Shernan SK. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography on surgical decisions in 12,566 patients undergoing cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(3):845-52.
- Goto T, Baba T, Matsuyama K, Honma K, Ura M, Koshiji T. Aortic atherosclerosis and postoperative neurological dysfunction in elderly coronary surgical patients. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(6):1912-8.
- Royse A, Royse C. A standardised intraoperative ultrasound examination of the aorta and proximal coronary arteries. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2006;5(6):701-4.
- Royse C, Royse A, Blake D, Grigg L. Screening the thoracic aorta for atheroma: a comparison of manual palpation, transesophageal and epiaortic ultrasonography. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;4(6):347-50.
- Hangler HB, Nagele G, Danzmayr M, Mueller L, Ruttman E, Laufer G, et al. Modification of surgical technique for ascending aortic atherosclerosis: impact on stroke reduction in coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(2):391-400.
- Zhao DF, Edelman JJ, Seco M, Bannon PG, Wilson MK, Byrom MJ, et al. Coronary Artery Bypass Grafting With and Without Manipulation of the Ascending Aorta: A Network Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(8):924-36.
- Voci MDPDP, Bilotta MDF, Caretta MDQ, Chiarotti BSF, Mercanti MDC, Marino MDB. Mechanisms of Incomplete Cardioplegia Distribution during Coronary Artery Surgery An Intraoperative Transesophageal Contrast Echocardiography Study. *Anesthesiology.* 1993;79(5):904-12.
- Sinclair MC, Singer RL, Manley NJ, Montesano RM. Cannulation of the axillary artery for cardiopulmonary bypass: safeguards and pitfalls. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):931-4.
- Murzi M, Glauber M. Central versus femoral cannulation during minimally invasive aortic valve replacement. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015;4(1):59-61.
- Thorsgard ME, Morrissette GJ, Sun B, Eales F, Kshetry V, Flavin T, et al. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography on acute type-A aortic dissection. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28(5):1203-7.
- Kirkeby-Garstad I, Tromsdal A, Sellevold OF, Bjorngaard M, Bjella LK, Berg EM, et al. Guiding surgical cannulation of the inferior vena cava with transesophageal echocardiography. *Anesth Analg.* 2003;96(5):1288-93.
- Takeda K, Matsumura K, Ito T, Nakagawa T, Yamaguchi N. Anomalous insertion of the superior or the inferior vena cava into the right atrium. *Pediatr Cardiol.* 1998;19(6):474-6.
- Kuroda M, Tokue A, Miyoshi S, Kadoi Y, Saito S. Echo rounds: anomalous insertion of the inferior vena cava into the right atrium. *Anesth Analg.* 2011;112(6):1296-9.
- Teo EY, Ittleman F, Hamlin MP. A Chiari network and difficult cannulation of the coronary sinus for retrograde perfusion. *Anesth Analg.* 2010;111(1):79-81.
- Jha AK, Malik V, Hote M. Minimally invasive cardiac surgery and transesophageal echocardiography. *Ann Card Anaesth.* 2014;17(2):125-32.
- Labriola C, Paparella D, Labriola G, Dambruoso P, Cassese M, Speziale G. Reliability of Percutaneous Pulmonary Vent and Coronary Sinus Cardioplegia in the Setting of Minimally Invasive Aortic Valve Replacement: A Single-Center Experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017;31(4):1203-9.
- Ramchandani M, Al Jabbari O, Abu Saleh WK, Ramlawi B. Cannulation Strategies and Pitfalls in Minimally Invasive Cardiac Surgery. *Methodist DeBakey Cardiovasc J.* 2016;12(1):10-3.
- Singh A, Mehta Y. Intraoperative aortic dissection. *Ann Card Anaesth.* 2015;18(4):537-42.
- Drabek T, Subramaniam K. An increase in cardiopulmonary bypass outflow resistance: small flap, big troubles. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23(3):427-9.
- Culp WC, Jr, Morgan-Vanderlick KJ, Reiter CG. Transesophageal echocardiographic evaluation of an intraoperative retrograde acute aortic dissection: case report. *Cardiovasc Ultrasound.* 2006;4:19.
- van der Zee MP, Koene BM, Mariani MA. Fatal air embolism during cardiopulmonary bypass: analysis of an incident and prevention measures. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014;19(5):875-7.
- Mishra R, Reddy P, Khaja M. Fatal Cerebral Air Embolism: A Case Series and Literature Review. *Case Rep Crit Care.* 2016;2016:3425321.
- Shah J, Jiwa N, Mamdani N, Hill D. Venous and arterial air embolism: a rare phenomenon with fatal consequences. *BMJ Case Rep.* 2016;2016.
- Jahangiri M, Rayner A, Keogh B, Lincoln C. Cerebrovascular accident after vacuum-assisted venous drainage in a Fontan patient: a cautionary tale. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(5):1727-8.
- Guidelines for the Use of Transesophageal Echocardiography (TEE) in the ED for Cardiac Arrest. *Ann Emerg Med.* 2017;70(3):442-5.

WEBINARS



ALAP

Asociación Latinoamericana de Perfusión

**MANTENGAMOS
LA COMUNICACIÓN
DE MANERA INTERACTIVA**

CONÉCTATE Y PARTICIPA

EN NUESTRAS REUNIONES Y SEMINARIOS DIGITALES

¡ÚNETE!

Síguenos en nuestras redes sociales, actualízate y **demostremos nuestro trabajo de manera creativa**

www.asociacionalap.com



@alperfusion



operaciones@asociacionalap.com



/perfusionlatinoamericana



Dr. Roy Rojas Zeledón.
Médico Anestesiólogo y Perfusionista.
Hospital San Juan de Dios.
Costa Rica.

Flujo pulsátil, una “técnica olvidada”. ¿Opción o elección? Pulsatile flow, a “forgotten technique”. Option or choice?

“La sangre en los animales pulsa dentro de las venas. Las venas pulsan como un todo de manera sincrónica y exitosa de manera tal que ellas dependen del corazón. El corazón sigue moviéndose y ellas también” Aristóteles (384–322 D.C.)

RESUMEN

Este trabajo resume las recomendaciones existentes sobre el flujo pulsátil. La realización de recomendaciones responden a la necesidad o cuestionamiento del beneficio de determinado procedimiento, son el consejo que se la da a una persona por considerarse ventajoso o beneficioso, la mayoría de veces soportado por la experiencia y/o la revisión de literatura. Es importante decir que ante cualquier recomendación el juicio clínico siempre impera y es necesario que el lector conozca tres conceptos básicos: no son estándares, ni guías, ni un requisito absoluto; no garantizan una evolución específica; pueden ser adoptadas, modificadas y/o rechazadas.

El flujo pulsátil es una técnica que ha estado un poco olvidado y esta revisión trata no de convencer al lector sobre una técnica, sino más bien de valorar la utilidad del flujo pulsátil durante la circulación extracorpórea. Se trata de un concepto que se llama perfusión a la medida, individualizada o personalizada, donde basado en el recurso existente tanto humano como de equipamiento, factores propios del paciente y tipo de cirugía, se optimice la conducción de la circulación extracorpórea.

Palabras clave: flujo pulsátil, circulación extracorpórea, cirugía cardíaca.

INTRODUCCIÓN

El interés en el flujo pulsátil (FP) no es algo nuevo y se ha reconocido su importancia desde hace muchos años^{1,2} La primera máquina de CEC diseñada por el Dr. John Gibbon Jr. no utilizaba un FP dado la complejidad que para ese momento representaba poder construir un dispositivo capaz de hacerlo. Pasaron 20 años y a finales de los 70's se lanza un sistema (Figura 1) de bomba de rodillo pulsátil por Stockert, de hecho su funcionamiento no dista mucho de las sistemas actuales. Ha existido un interés creciente por ésta técnica ya que es considerada más fisiológica y beneficiosa que el flujo no pulsátil o continuo (FNP). El FP no es ampliamente utilizado y una de las razones es la falta de datos objetivos o convincentes de la efectividad de este método, aunado a algunas controver-

SUMMARY

This paper summarizes the existing recommendations on the pulsatile flow. The recommendations respond to the needs or questions of the benefit of a particular procedure, they are the advice given to a person because it is considered advantageous or beneficial, most times supported by the experience and / or literature review. It is important to say that with any recommendation the clinical judgment always prevails and it is necessary that the reader knows three basic concepts: they are not standards, nor guides, nor an absolute requirement; they do not guarantee a specific evolution; they can be: adopted, modified and / or rejected.

The pulsatile flow is a technique that has been somewhat forgotten and this review tries not to convince the reader about a technique, but rather to assess the use of pulsatile flow during extracorporeal circulation. It is a concept called customized, individualized or personalized perfusion, where, based on the existing human and equipment resource, patient's own factors and type of surgery, the conduct of the extracorporeal circulation is optimized.

Keywords: pulsatile flow, extracorporeal circulation, cardiac surgery.



Figura 1. Bomba de rodillo pulsátil por Stockert (Munich, Germany).

sias del manejo de la técnica propiamente dicha muchas veces por la poca experiencia existente.

Tiene múltiples beneficios tales como: mejorar el movimiento del fluido tisular alrededor de la célula, mejorar la microcirculación e incrementar la difusión, disminuir las resistencias y mejorar el consumo celular. En resumen un mejor acoplamiento del aporte (DO_2) y consumo metabólico (VO_2).³

ENTENDIENDO EL FLUJO PULSÁTIL

El flujo biomimético ideal o fisiológico debe de tener las siguientes características: un volumen latido completo enviado dentro de una arteria elástica de calibre apropiado en un tiempo sistólico adecuado y a una frecuencia apropiada. La combinación de estas características proveen un flujo cíclico normal, a una presión de propagación a través de un árbol arterial hasta los diferentes tejidos y además permite un flujo diastólico durante cada ciclo. Lo anterior garantiza un acoplamiento del DO_2 , VO_2 y el mantenimiento de la homeostasis celular. Las bombas capaces de dar FP tratan de imitar lo anteriormente expuesto. Existen dos tipos de bombas: centrífuga y de rodillo. La mayoría de bombas de rodillo tiene un módulo destinado al FP, pero pocas bombas centrífugas lo hacen. Clínicamente las de rodillo son la única opción disponible para FP, sin embargo esto probablemente vaya a evolucionar y a mediano plazo se cuente con más y mejores opciones.

Para estudiar el FP hay que partir de un concepto básico, este nunca es igual a la generación del pulso fisiológico y el flujo generado por un rodillo es solamente una aproximación para su estudio. La configuración de la onda generada es una relación entre el dispositivo mecánico y el medio en el cual se distribuye la onda (oxigenador, filtros, tubuladura, cánulas, vasos sanguíneos, etc).

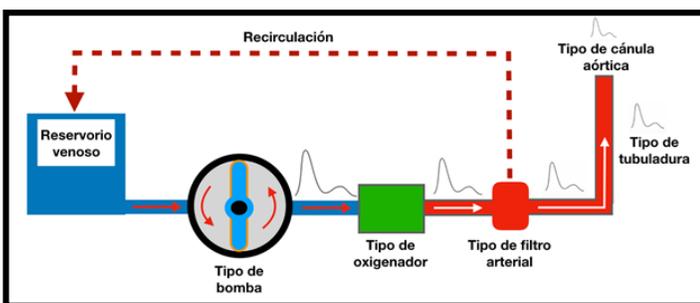


Figura 2. Cambios de la onda pulsátil en los diferentes componentes del circuito CEC.

La Figura 2 muestra como a medida que avanza la onda pulsátil la presión generada es menor y por ende la configuración varía. El rodillo tiene un función aspirante e impelente, al impulsar el flujo este genera una onda a una determinada presión. Existen varios obstáculos que provocan un efecto negativo a la pulsabilidad por

la caída en la presión del flujo que generan (oxigenador, filtro arterial, tubuladoras, cánulas, etc), a menor caída de presión mejor es la pulsabilidad. Es importante conocer la caída de presión que generan los oxigenadores utilizados y escoger aquel que provoque una menor caída de la presión. Las cánulas arteriales son las que causan una caída de presión más significativa del circuito y afectan la pulsabilidad. La variaciones geométricas de las mismas (ángulo, diámetro interno, longitud, material, etc) provocan grandes cambios en la resistencia al flujo. Siempre se debe de escoger una cánula adecuada independientemente de si es FP o FNP. Existen otros factores, no menos importante que los anteriores, que causan variaciones a la calidad de la pulsabilidad como son: hematocritos, resistencias sistémicas, fármacos vasoconstrictores, temperatura, velocidad del flujo, duración de la perfusión, diámetros, elasticidad y materiales de las tubuladuras entre otras.

La determinación de presiones y características de la onda a nivel de la línea arterial son un indicador muy válido de la efectividad del FP.⁴ La onda generada tiene una serie de componentes que se pueden comparar con los vistos en el monitor (Figura 3).

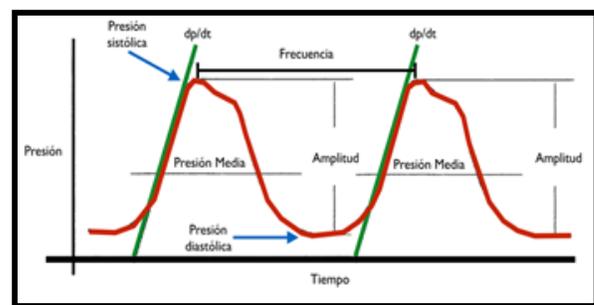


Figura 3. Características de las ondas de FP.

Los componentes de la curva son:

- La velocidad de cambio de presión en el tiempo (dp/dt)
- Presión sistólica (PS). Máxima presión registrada durante el ciclo pulsátil.
- Presión diastólica (PD). Presión mínima registrada durante el ciclo pulsátil.
- Presión de pulso (PP). Resultado de la resta de la PS menos la PD.
- Presión arterial media (PAM). PD menos 1/3 de la PP o el promedio de las presiones registradas durante el ciclo.
- Frecuencia. Número de ciclos por minuto.

El FP se cuantifica por medio de la PP o la presión equivalente de energía (PEE). En la primera se toma en cuenta el gradiente de presión durante cada ciclo y en la segunda se representa al gradiente de energía hemodinámica. No existe una definición precisa o ampliamente reconocida de lo que es pulsabilidad y como se cuantifica el FP.

Tradicionalmente, la PP que representa el gradiente de presión durante cada ciclo, se utiliza para cuantificar la pulsabilidad. Se considera FP cuando la PP generada es mayor de 15 mmHg, si es menor es un flujo no pulsátil (FNP). En la Figura 3 la PP es de 21 mmHg, que clínicamente corresponde a un FP bastante adecuado. La PP es la manera también como se evalúa clínicamente la pulsabilidad ventricular nativa, pero puede que no sea adecuado para cuantificar la pulsabilidad en los pacientes en CEC, dado que la presión arterial y la onda de flujo de estos dispositivos en los pacientes es significativamente diferente de aquellos generados por el corazón. El flujo de sangre depende en última instancia de los gradientes de energía para su movimiento, tal vez sea más apropiado expresar la energía hemodinámica.⁵ La energía hemodinámica total (EHT), es el total de energía llevada por la sangre y está dada por la fuerza del flujo de sangre que actúa en una área de la sección de corte en un momento dado. Se expresa en erg/cm^3 o dinas/cm^3 . Shepard describió un concepto de PEE desde 1966 y es lo que se utiliza hoy en día para evaluar la efectividad de la pulsabilidad.⁶ El concepto de PEE y energía hemodinámica excedente (EHE) ha sido introducido como una manera más adecuada de cuantificar la energía hemodinámica durante el FP, la cual correlaciona el flujo de sangre enfocado en los gradientes de energía más que en los gradientes de presión tal y como se conduce las fuerzas del flujo sanguíneo.⁷ Estos valores son más difíciles de utilizar en la clínica pero son la base de la mayoría de estudios. La PEE es la relación del área bajo la curva del poder hemodinámico y el área bajo la curva del flujo de bomba y se calcula como la relación de la integral bajo la curva del gradiente de flujo y de presión ($\int QPdt/\int Qdt$ (mmHg)), donde Q es el flujo sanguíneo en un momento dado (ml/s), P es la presión en un momento dado (mmHg) y T es el tiempo (segundos). La PEE debería ser igual a la PAM en un FNP y más alto que la PAM en un FP. La EHE se calcula como $1,332 \times (PEE - \text{MAP})$ (ergs/cm^3) y se refiere a la energía extra creada por la pulsación.

Este método es más preciso y clínicamente relevante, desde que la generación del pulso por sí solo no necesariamente resulta en una transmisión de energía extra relacionada a bombas no pulsátiles.

Se cree EHE es el mecanismo que mejora la perfusión tisular en el FP. Cuando la PEE es igual a la PAM (circulación no pulsátil), la EHE se convierte en 0 ya que la EHE indica cuanta más energía es dada a la circulación con la misma PAM.^{8,9}

Tal vez lo que más interesa al perfusionista es la programación del FP. Observe la Figura 4 los diferentes componentes de la curva de bombeo pulsátil.

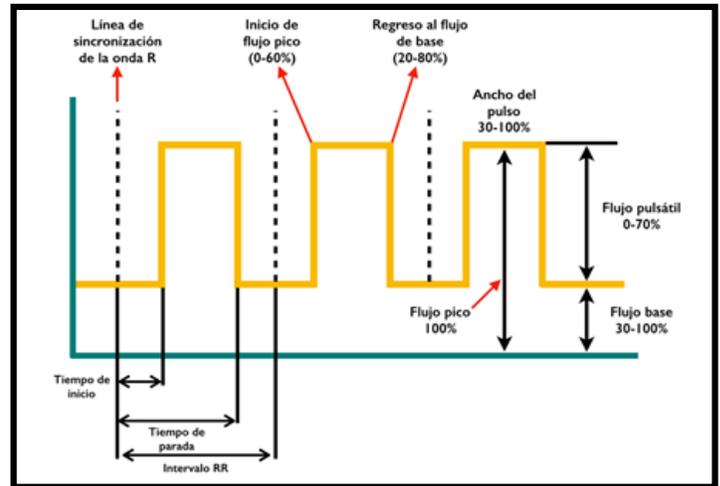


Figura 4. Curva de bombeo pulsátil.

Recordemos que un ciclo de pulso consiste de un periodo de alta velocidad y un periodo de baja velocidad del flujo. Básicamente la mayoría de bombas dan tres parámetros a configurar: ancho del pulso, flujo de base y frecuencia del pulso. El ancho del pulso es el cantidad de tiempo que el ciclo de pulso esta en alta velocidad o es el tiempo que tarda la bomba en enviar un volumen determinado. El ancho esta determinada por el tiempo desde el inicio del flujo pico y el regreso al flujo de base.

El ancho se determina porcentualmente, si se disminuye el porcentaje esto acorta el tiempo y la velocidad para entregar un volumen determinado tiene que ser mayor lo cual genera una onda pulsátil de mayor amplitud. El flujo base o simplemente la base, es el flujo continuo sin el componente pulsátil expresado en porcentaje del volumen en cada ciclo o dicho de otra forma, el tiempo que el ciclo de pulso esta en baja velocidad. Por ejemplo si la base es de 0% todo el volumen en cada ciclo corresponde a un FP, esto implica que la bomba se detiene por completo en cada ciclo. Si la base es de 100%, no existe un FP es decir es continuo en el 100% del ciclo. De esta manera a mayor porcentaje de base menor FP y a menor porcentaje de base mayor FP. Usualmente los dispositivos en modo pulsátil no permiten flujos bases, ni ancho del pulso menores de 30% para un óptimo desempeño.

La frecuencia define cuantos ciclos ocurren por minuto. La frecuencia interna es programada por el perfusionista basada en características propias del paciente (por ejemplo: edad, etc). La frecuencia es usada durante el FP asincrónico durante el clampeo de aorta. Cuando se usa FP sincrónico la frecuencia esta relacionada a la frecuencia del electrocardiograma.

Algunos dispositivos permiten sincronizar los ciclos con la

onda R del electrocardiograma es por eso que se reconocen algunos otros parámetros como son el tiempo de inicio y el tiempo de parada. El tiempo de inicio es el momento en que inicia el FP desde el flujo base. El tiempo de parada es el momento en que el flujo regresa al nivel del flujo de base. El tiempo de inicio y de parada de la bomba reflejan el tiempo entre las dos R de las ondas del electrocardiograma.

Prácticamente todos los dispositivos hoy en día pasan de FPN a FP de manera gradual y automática. La máquina de CEC inicia desde una base de 100%, es decir FNP, y disminuye a razón de un 5% la base por cada ciclo hasta llegar al flujo fijado.

La programación de los parámetros de flujo son importantes porque ello incide directamente en la calidad de la pulsabilidad generada. Por ejemplo un flujo base bajo y un corto tiempo del ciclo o ancho del flujo generan una mejor pulsabilidad, pero las altas velocidades de aceleración incrementan la hemólisis. Si la base es alta y el ancho es alto generan pulsabilidad no tan buena con menor lesión a los componentes formes de la sangre. El flujo asincrónico solo se aconseja durante el pinzamiento de la aorta, a la salida de CEC se recomienda un flujo sincrónico con el EKG del paciente o reiniciar el flujo continuo.

PERFUSIÓN BASADA EN LA EVIDENCIA

Este apartado esta basado en estudios significativos estadísticamente, de una vigencia aceptable y realizado en humanos. La mayoría de las investigaciones relacionadas al FP parten de dos grandes hipótesis:

1. Superioridad del FP sobre el FNP
2. Ambos tipos producen resultados clínicos similares y no se demuestra superioridad de una sobre la otra.

Existen pocos trabajos que digan que el FP sea deletéreo o inferior al FNP. Por lo tanto la mayoría de revisiones concluyen a favor de una de las dos opciones mencionadas o que no existe superioridad alguna. Eso sí, algunos trabajos están dirigidos a evaluar el efecto específico del FP sobre algún órgano o sistema específico y en ese sentido se enfoca la discusión. Existe basta evidencia de la superioridad del FP y poca que dice no serlo. En una revisión hecha en la base de datos de PudMed hasta abril de 2014 cita que actualmente no existen estudios que demuestren una peor evolución con la utilización de FP, solo estudios que muestran una mejor o igual evolución al FNP.¹⁰ Los resultados no son tan consistentes porque:

1. Muchas veces no se han podido reproducir los resultados de estudios previos y esto hace que no se pueda generar una recomendación.
2. Las ventajas usualmente son más notorias en pacientes de alto riesgo de comorbilidades. Es por eso que la selección de pacientes que se haga es fundamental para poder reproducir los estudios.

3. La mayoría de estudios solo cuantifican la suma de energía pulsátil administrada por medio de la PP, lo que ha demostrado ser un pobre marcador de la EHE. Es por eso que estudios que fallaron en demostrar el efecto del FP simplemente no administraron una adecuada pulsabilidad.

A continuación se analizan los diferentes escenarios donde se ha discutido la utilidad del FNP.

GENERALIDADES

La disfunción de órganos y el tiempo de recuperación luego de la cirugía cardíaca es atribuida a factores relacionados a la CEC y no relacionados a ella. Los relacionados a ella incluyen: activación de la inflamación y coagulación dado por el contacto de la sangre con materiales artificiales, pérdida de la pulsación fisiológica, daño isquémico, embolismo, hipotermia entre otros. La pérdida de la pulsación fisiológica con el FNP es considerado uno de los factores más importantes de disfunción de órganos y recuperación prolongada.¹¹ A continuación se citan algunas de las ventajas asociadas al FP.^{12,14}

1. Existe una leve mejoría en la relación VO_2 y extracción de oxígeno.
2. Reducción del síndrome de respuesta inflamatoria y respuesta endocrina asociada a la CEC.
3. Mejor perfusión cerebral.
4. El FP muestra una recuperación más rápida de la microcirculación a la salida de CEC. Pero sin mejoría en la evolución clínica demostrada.
5. Disminución de la necesidad de inotrópicos.
6. Mejor función miocárdica, relacionado a la mejoría en la postcarga debido a disminución de sustancias endógenas vasoconstrictoras.
7. Menor edema pulmonar y tiempos de intubación.
8. Mayor gasto urinario.
9. Niveles de lactato inferiores posterior a la CEC. Mejor perfusión periférica y de órganos que implica una mejor extracción de oxígeno y por eso una menor producción de lactato.
10. Mejoría en los marcadores de función renal, hepática, pulmonar, hemostasia y endotelial.

Dos de las desventajas que más se discuten son las microembolias gaseosas y el trauma a componentes sanguíneos.

RIÑÓN

La fisiopatología de la disfunción renal asociada a la CEC es multifactorial e involucra la exposición de la sangre a superficies extrañas, hemodilución, hipotermia y “el flujo sanguíneo no pulsátil”. El riñón es uno de los órganos más impactados por

el FNP, esto tiene varias explicaciones:

1. La secreción de renina aumenta con el FNP, lo cual incrementa las resistencias vasculares sistémicas durante la CEC y esto causa un redistribución del flujo intrarrenal.

2. Existe una liberación de catecolaminas, vasopresina y vasoconstrictores locales, lo cual resulta en vasoconstricción y aumento de la postcarga.

3. Hay una disminución en los reflejos vasomotores en el arco aórtico y en los senos carotídeos con el FNP, lo que causa aumento de las RVS.

4. Se cree que existe un aumento de la liberación de la endotelina por medio de la vasculatura en el músculo liso causada por el FNP, la disminución del flujo pulmonar, el estrés quirúrgico y la liberación de tromboxano de las plaquetas activadas.

El FP tiene bastante evidencia favorable. El FP mejora el aclaramiento de creatinina (ACr) y reduce los niveles de lactato postoperatorio comparado con el FNP, mejora la preservación renal y mejora el DO_2 . Esto es más beneficioso en pacientes que *per se* tienen un riesgo aumentado de daño renal con el objetivo de utilizar un técnica que ayude maximizar el flujo renal. Existen una serie de marcadores de daño renal como lo son la Interleukina-18 (IL-18) y la lipocalina relacionada con gelatinasa de los neutrófilos (NGAL) los cuales se ven disminuidos con el FP y ello resulta en una mejor protección renal.^{15,16} Otros trabajos ratifican el efecto positivo del FP como nefroprotector en pacientes con disfunción renal leve preexistente.¹⁷ En pacientes de más de 75 años el FP muestra una mayor seguridad en la fisiología renal, resultando en un mejor mantenimiento de la filtración glomerular y disminución del daño tisular renal.¹⁶ A pesar de que el FP presenta niveles más altos de ACr y menores niveles de Cr, muestran una incidencia de daño renal agudo menor pero la incidencia de falla renal aguda fue similar.¹⁸ Existe una gran variabilidad en los métodos para generar y abordar la efectividad del FP en las diferentes revisiones, pero el FP es ventajoso en la preservación renal y debería considerarse cuando se pueda, sobretudo en pacientes seleccionados de alto riesgo de complicaciones renales luego de la CEC para maximizar el flujo sanguíneo renal.

FUNCION ENDOTELIAL

La superioridad del FP sobre el FNP es principalmente basado en el hecho de que la pulsatibilidad imita el estado hemodinámico normal al producir una onda más fisiológica y crear una transmisión de EHE al endotelio vascular. El estrés de cizallamiento cíclico endotelial resultante hace que aumente la liberación de sustancias vasodilatadoras apropiadas, disminución de las resistencias vasculares periféricas generando una mejor perfusión a órganos y una mejor microcirculación.¹⁹ La EHE tiene un impacto directo en la microcirculación y la arquitectura de la onda tiene un impacto indirecto. La generación de

un volumen cíclico pulsátil y la onda de presión resultante que se propaga a través del árbol arterial elástico causa una efecto natural de constricción y relajación que afecta los barorreceptores arteriales, ayuda a las células endoteliales que revisten el árbol arterial a mantener una producción normal de secreción de sustancias vasoactivas normales y prevenir los agentes vasoactivos anormales. En otras palabras, solo la generación de un volumen cíclico biomimético (parecido, fisiológico) produce un relajación adecuada del árbol arterial durante la diástole. La utilización de FNP nunca permite una adecuada relajación del árbol arterial. Esto crea un estado constante y atípico de estrés endotelial que interfiere con las señales simpáticas y parasimpáticas de los barorreceptores naturales, provocando una disrupción en la homeostasis corporal.^{20,22} La extravasación de fluidos durante la cirugía cardíaca es el resultado de la alteración en los gradientes de presiones hidrostáticas y oncóticas atribuidas a la administración de cristaloides y coloides, la pérdida de la integridad de la membrana basal y del glucocálix y a la disfunción de la barrera. Algunos trabajos consideran que todo se ve favorecido por la utilización de un FP, sin embargo in vitro esto no se ha demostrado.²³ La controversia sobre el tema continúa y algunos trabajos citan que no existe una diferencia significativa en la tasa de extravasación de fluidos entre el FP y el FNP en CEC de manera experimental.²⁴

RESPUESTA INFLAMATORIA

La respuesta inflamatoria es uno de los fenómenos inherentes a la CEC. El FP tiene un efecto positivo que incluye: reducción de la respuesta inflamatoria asociada a la CEC, disminuye las necesidades de soporte inotrópico, disminuye la estancia hospitalaria y permite una mejor preservación de los órganos.^{25,26} Este tema es controversial ya que algunos autores citan que no existe una ventaja en cuanto a la respuesta inflamatoria, perfusión de órganos y además existen una mayor hemólisis y probabilidad de fuga capilar con el FP. Es decir no recomiendan su uso.²⁷

MICROCIRCULACIÓN

EL FP es superior al FNP en lo que respecta a la preservación de la microcirculación, lo cual probablemente refleje la atenuación en la respuesta durante la CEC. Se sugiere la implementación del FP para optimizar la perfusión microvascular, lo cual puede mejorar la evolución de los pacientes de alto riesgo para cirugía cardíaca sobretudo si requieren tiempos de CEC prolongados.²⁸ El efecto sobre la microcirculación ha sido difícil de evaluar, sin embargo existe una tecnología promisoriosa para poder demostrar esto como lo es la imagen espectral polarizante ortogonal. Estas permiten analizar en tiempo real, cuantificar y registrar la microcirculación en una amplia variedad de escenarios clínicos. El FP disminuye la heterogeneidad en la microcirculación durante la CEC y preserva la perfusión en la microcirculación en el período temprano del postoperatorio.^{25, 28}

FUNCIÓN PULMONAR

Un metanálisis sugiere que el FP durante la CEC resulta en una mejor función pulmonar postoperatoria y estancias hospitalaria y en unidad de cuidados intensivos menores.²⁹ Aunque no es tan evidente el beneficio sobre la función pulmonar en el postoperatorio, esta no causa un efecto negativo sobre la función pulmonar.³⁰

NEUROPROTECCIÓN

No se encontró diferencia entre los tipos de flujo de bomba para disfunción cognitiva postoperatoria, ni diferencia en los marcadores de daño neurológico.³¹ No existe evidencia en pacientes con o sin estenosis carotídea de la superioridad del FP sobre el FNP para prevenir complicaciones neurológicas.³²

PERFUSIÓN PEDIÁTRICA

En este grupo etario el uso de FP mejora la microcirculación, disminuye la respuesta inflamatoria y provee una mejor protección de órganos. Se ha observado un efecto positivo en la evolución clínica, en la preservación de la homeostasis y disminución de la morbilidad asociada a la CEC.³³ Otros trabajos han demostrado que el daño a órganos se ha visto significativamente atenuado, es por eso que el FP se recomienda ya que se ha relacionado a una mejor evolución.³⁴ En neonatos la utilización de FP se relaciona con menor necesidad de inotrópicos, niveles de lactato menores, mayor gasto urinario y niveles de albúmina mayores. Además presentan una menor estancia en la unidad de cuidados intensivos y hospitalaria. De manera que se concluye que el FP se considera una mejor opción en este grupo etario.³⁵

FLUJO PULSATIL Y CEC EN EL EMBARAZO

El flujo sanguíneo placentario es un factor importante en la prevención del daño placentario. Se ha demostrado que el flujo placentario es significativamente mayor durante el FP. El FNP se relaciona con alteración en las velocidades del flujo en la arteria uterina lo cual puede provocar que no se alcance a cumplir con las demandas de la circulación feto-placentaria. El FP previene la caída de la perfusión placentaria y limita el aumento de las resistencias vasculares que se observan con el FNP. Además los niveles de lactato durante el FP se muestran muy estables, mientras que en el FNP se observa un incremento. El FP preserva la síntesis de óxido nítrico endotelial y disminuye la activación de las vías de renina-angiotensina fetal, lo cual mejora el flujo placentario en la unidad feto-placentaria.

Es recomendable la utilización de FP durante la CEC en pacientes embarazadas para favorecer el flujo como una técnica más para mejorar la evolución de la unidad feto-placentaria.³⁶

OTROS TÓPICOS

Las concentraciones plasmáticas de hormona tiroidea se encuentran dramáticamente reducidas durante y después de la CEC. Se menciona que el FP puede tener un efecto protector sobre la homeostasis de la hormona tiroidea.³⁷

La CEC tiene riesgo de daño cerebral y las generación de microembolias gaseosas (MEG) juegan un papel importante en la fisiopatología. Las microburbujas presentan un potencial aumento de la respuesta inflamatoria y de alteraciones cognitivas postoperatorias. Muchos de los oxigenadores existentes tienen filtros arteriales integrados para reducir la carga de microburbujas y mejorar la capacidad de filtración de la sangre, pero sin duda los más utilizados actualmente son los circuitos clásicos sin el filtro integrado. Se ha evidenciado que el FP disminuye las propiedades de filtración de microburbujas en los circuitos sin filtro integrado, pero no en los que el filtro está incorporado al oxigenador.³⁸ Los trabajos existentes no evalúan la implicación en la evolución clínica neurológica de aquellos pacientes en los que no se utiliza filtro integrado al oxigenador. El número de MEG es significativamente mayor durante el FP, pero que esto no provoca diferencia en cuanto al volumen o el número de sobrecarga de burbujas cuando se utiliza filtro arterial incorporado. No existe una diferencia significativa en cuanto al número de MEG, volumen o sobrecarga de burbujas a nivel del postarterial al filtro.³⁹

Es importante mencionar que se ha intentado realizar FP con el balón de contrapulsación intraórtica en automático y sincronizado con la bomba de CEC durante el clampeo. Con este se puede mejorar la respuestas multiorgánica, mejorar la protección endotelial, la perfusión general y la función de los órganos durante la CEC sin agregar un riesgo para el paciente.⁴⁰

CONCEPTOS ÚTILES SOBRE FP

- Es importante el monitoreo de la presión del circuito. La energía rotacional es transmitida a todo el circuito a presiones altas, no solo pueden romper el circuito sino también causar trauma a los componentes sanguíneos.
- Se recomienda la verificación de placas de ateroma idealmente por ecocardiografía epiaórtica o transesofágica antes de iniciar con el FP. Existe una advertencia sobre flujo pulsátil y placas de ateroma significativas (más de 5mm). La ener-

gía transmitida puede provocar un fenómeno conocido como *sandblasting* (chorro de arena) que no solo es exclusivo el FP, pero existe una mayor probabilidad de que ocurra.⁴¹ Las altas velocidades pueden desprender partículas y estas migrar a pequeños vasos causando obstrucción del flujo con una principal preocupación sobre el sistema nervioso central.

- No existe una clara contraindicación del FP en canulación femoral. Usualmente las resistencias son mayores al flujo y esto puede provocar un mayor trauma sobre la arteria, no es del todo recomendable.

- El escritor de este trabajo no quiere obviar una utilidad del FP que no se toma en cuenta durante las revisiones bibliográficas y es la determinación de la saturación arterial de oxígeno indirectamente por la curva generada en el oxímetro de pulso. Si se observa de nuevo la Figura 3 podemos ver como en amarillo se visualiza la onda de pulso (con excelente amplitud), saturación 100% y la correlación perfecta con la frecuencia de flujo pulsátil (65 latidos por minuto). El oxímetro de pulso se coloca en la falange distal, ver reflejada la onda de pulso en este sitio es un dato bastante fiel de una adecuada perfusión en el resto de los tejidos. Existen muchos centros con monitoreo de las variables de presión arterial de oxígeno y saturación en línea, pero también existen aquellos que solo lo hacen a intervalos prefijados. El FP se convierte indirectamente en un dispositivo de monitoreo de la saturación arterial muy fidedigno para el perfusionista y que ayuda a fijar la fracción inspirada de oxígeno adecuada.

¿FLUJO PULSÁTIL O CONTINUO?

Sí el FP o FNP es mejor, es la discusión más antigua en cirugía cardíaca. El debate se origina por lo contradictorio de algunos resultados del beneficio clínico de una técnica sobre la otra.

La mayoría de autores consideran que el FP tiene alguna superioridad sobre el FNP, pero existen algunas argumentos que mantiene el debate:

1. La definición y cuantificación de la presión arterial y la onda de flujo es imprecisa. Se sabe que la cuantificación depende más del gradiente de energía que del gradiente de presión. El método más preciso utilizado es la PEE. Niveles adecuados de EHE excedente mantienen una microcirculación a niveles más fisiológicos, disminuyen la respuesta inflamatoria y mejorar la recuperación de órganos vitales llevando a una mejor evolución clínica. Todos estos métodos de cuantificación permiten establecer la comparación entre modos de

perfusión y componentes del circuito.

2. La selección de los componentes del circuito de CEC tiene un efecto muy importante sobre la pulsatibilidad. El resultado de la variaciones geométricas y características únicas, el oxigenador de membrana, filtro arterial, cánula aórtica y tubuladura, crean una caída en la presión en el circuito que afecta la calidad de la pulsatibilidad. Una menor caída de la presión significa menor trauma sanguíneo y una reducción en la respuesta inflamatoria sistémica.

3. Para que la evolución sea medible esta debería ser utilizada en un tiempo suficiente. El mayor beneficio del FP ha sido establecido en pacientes de riesgo de daño a órgano blanco, por ejemplo el riñón. En pacientes sin riesgo de falla, el beneficio del FP puede ser que ocurra a niveles subclínicos, haciendo que la selección de los pacientes sea un factor significativo en la comparación de los resultados.

El FP no es una panacea para resolver los problemas asociados a la CEC, pero retomando el concepto de “perfusión individualizada, personalizada o a la medida”, existen algunas condiciones y/o escenarios donde se puede recomendar:

- Pacientes con daño renal preexistente o de riesgo de daño renal.
 - Tiempos de CEC prolongados.
 - Perfusión en la paciente senil, pediátrico o gestante
 - Pacientes con riesgo de respuesta inflamatoria aumentada, como en procesos sépticos tales como endocarditis. Con el fin de no promover una mayor respuesta inflamatoria.
 - Pacientes con resistencias vasculares periféricas disminuidos o vasopléjicos.
 - Pacientes con edemas importantes de tejidos, usualmente en situaciones de emergencias donde existe una gran extravasación de líquidos asociado al aumento en la permeabilidad capilar preexistente. Con el objetivo de no promover un mayor paso de fluidos al extravascular.
 - Cualquier otra recomendación o uso puede resultar válida, siempre que exista evidencia de mejoraría en una situación específica y sobretodo no este asociado a un daño.
- Este debate va a continuar y probablemente termine el día que la tecnología logre reproducir de manera confiable el FP producido por el corazón, con la misma calidad y sin mayores efectos adversos sobre los componentes formes de la sangre. Por ahora el FP se debe convertir en una opción más que una elección durante la CEC. Todos los perfusionistas deben de conocer y estar listos para que con criterio administren la mejor opción de flujo a sus pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kohlstaedt LA, Page IH. The liberation of renin by perfusion of kidneys following reduction of pulse pressure. *J Exp Med.* 1940; 72:201–211.
- McMaster PD, Parsons RJ. The effect of the pulse on the spread of substances through tissues. *J Exp Med.* 1938; 68:377–400.
- Poswal P, Mehta Y, Juneja R, Khanna S, Meharwal ZS, Trehan N. Comparative study of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass. *Ann Card Anaesth* 2004; 7: 44-50.
- Zhang Z, et al. Effect of pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass in terms of radial artery sphygmogram. *J Tradit Chin Med.* 2014; 34(6): 673-7.
- Shigang Wang, MD; Nikkole Haines, BS; Akif Ündar. Quantification of Pressure-Flow Waveforms and Selection of Components for the Pulsatile Extracorporeal Circuit. *The Journal of ExtraCorporeal Technology (JECT).* 2009; 41:P20–P25.
- Shepard RB, Simpson DC, Sharp JF. Energy equivalent pressure. *Arch Surg.* 1966; 93:730–740.
- Undar A, Zapanta CM, Reibson JD, et al. Precise quantification of pressure flow waveforms of a pulsatile ventricular assist device. *ASAIO Journal.* 2005; 51:56–59.
- Nicholas R, Teman y Daniel E. Mazur. A Novel Rotary Pulsatile Flow Pump for Cardiopulmonary Bypass *ASAIO J.* 2014 ; 60(3): 322–328.
- Gengo Sunagawa, Marijan Koprivanac, Jamshid H. Karimov, Nader Moazami & Kiyotaka Fukamachi. Is a pulse absolutely necessary during cardiopulmonary bypass? *Expert Review of Medical Devices.* 2014; 14(1): 27-35.
- Marjolein P. Hoefijzers. Leontien H. ter Horst. Nick Koning. Alexander B. Vonk. Christa Boer and Paul W.G. Elbers. The Pulsatile Perfusion Debate in Cardiac Surgery: Answers From the Microcirculation? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2015; 29 (3):761–767.
- Ji B, Undar A. An evaluation of the benefits of pulsatile versus non-pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass procedures in pediatric and adult cardiac patients. *ASAIO Journal.* 2006;52:357–361.
- Akcevin A, Alkan-Bozkaya T, Qiu F, Undar A. Evaluation of perfusion modes on vital organ recovery and thyroid hormone homeostasis in pediatric patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Artif Organs.* 2010;34:879–84.
- Nick J. Koning,1,2 Alexander B. A. Vonk,2 Lerau J. van Barneveld,2 Albertus Beishuizen,3. Bektaş Atasever, Charissa E. van den Brom and Christa Boer. Pulsatile flow during cardiopulmonary bypass preserves postoperative microcirculatory perfusion irrespective of systemic hemodynamics. *J Appl Physiol.* 2012; 112: 1727–1734.
- Bayram H, Erer D, Iriz E, Hakan Zor M, Gulbahar O, Ozdogan ME. Comparison of the effects of pulsatile cardiopulmonary bypass, non-pulsatile cardiopulmonary bypass and off-pump coronary artery bypass grafting on the respiratory system and serum carbonyl. *Perfusion* 2012; 27: 378-85.
- Sievert A and Sistino J. A meta-analysis of renal benefits to pulsatile perfusion in cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol* 2012; 44: 10-14.
- Milano AD et al, Pulsatile cardiopulmonary bypass and renal function in elderly patients undergoing aortic valve surgery. *The Journal of ExtraCorporeal Technology Eur J Cardiothorac Surg.* 2015 Feb;47(2):291-8.
- (Farid S1, Povey H1, Anderson S2, Nashef SA1, Abu-Omar Y3.. The effect of pulsatile cardiopulmonary bypass on the need for haemofiltration in patients with renal dysfunction undergoing cardiac surgery. *Perfusion.* 31(6). 477-81 2016)
- Nam MJ et al. *Artif Organs. A Meta-Analysis of Renal Function After Adult Cardiac Surgery With Pulsatile Perfusion.* 2015; 39(9):788-94.
- Koning NJ, Vonk AB, Van Barneveld LJ, et al. Pulsatile flow during cardiopulmonary bypass preserves postoperative microcirculatory perfusion irrespective of systemic hemodynamics. *J Appl Physiol.* 2012;112:1727–1734.
- Domanski MJ, Giddens DP. Optimization of pulsatile flow for mechanical circulatory support. *J Heart Lung Transplant.* 2013;32:577–578. Guan Y, Karkhanis T, Wang S, et al. Physiologic benefits of pulsatile perfusion during mechanical circulatory support for the treatment of acute and chronic heart failure in adults. *Artif Organs.* 2010;34:529–536.
- MohanKumar K, Killingsworth CR, McIlwain RB, et al. Intestinal epithelial apoptosis initiates gut mucosal injury during extracorporeal membrane oxygenation in the newborn piglet. *Lab Invest.* 2014;94:150–160.
- Karaci AR, Sasmazel A, Aydemir NA, et al. Comparison of parameters for detection of splanchnic hypoxia in children undergoing cardiopulmonary bypass with pulsatile versus nonpulsatile normothermia or hypothermia during congenital heart surgeries. *Artif Organs.* 2011;35:1010–1017.
- Vonk3, A. R. J. Girbes4, G. P. van Nieuw Amerongen2 and C. Boer1,*Endothelial hyperpermeability after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass as assessed using an in vitro bioassay for endothelial barrier function. *British Journal of Anaesthesia.* 2016; 116 (2): 223–32.
- Lundemoen S1, Kvalheim VL, Mongstad A, Andersen KS, Grong K, Husby P. Microvascular fluid exchange during pulsatile cardiopulmonary bypass perfusion with the combined use of a nonpulsatile pump and intra-aortic balloon pump. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(5):1275-82.
- O'Neil MP, Fleming JC, Badhwar A, Guo LR. Pulsatile versus nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass: microcirculatory and systemic effects. *Ann Thorac Surg* 2012; 94: 2046-53.
- Zhao J, Yang J, Liu J, Li S, Yan J, Meng Y, Wang X, Long C. Effects of pulsatile and nonpulsatile perfusion on cerebral regional oxygen saturation and endothelin-1 in tetralogy of fallot infants. *Artif Organs* 2011; 35: E54-8.
- Voss B1, Krane M, Jung C, Brockmann G, Braun S, Günther T, Lange R, Bauernschmitt R. Cardiopulmonary bypass with physiological flow and pressure curves: pulse is unnecessary! *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Jan;37(1):223-32.
- Koning NJ, Vonk AB, Van Barneveld LJ, et al. Pulsatile flow during cardiopulmonary bypass preserves postoperative microcirculatory perfusion irrespective of systemic hemodynamics. *J Appl Physiol.* 2012;112:1727–1734
- Choon-Hak Lim et al. A Meta Analysis of Pulmonary Function With Pulsatile Perfusion in Cardiac Surgery. *Artificial Organs.* 2015; 39(2): 110–117.
- Engels GE 1, Dodonov M, Rakhorst G, van Oeveren W, Milano AD, Gu YJ, Faggian G. The effect of pulsatile cardiopulmonary bypass on lung function in elderly patients. *The International Journal of Artificial Organs.* 2014; 37(9):679-687.
- Selen Öztürk, Mustafa Saçar, Ahmet Baltalarlı, İbrahim Öztürk. Effect of the type of cardiopulmonary bypass pump flow on postoperative cognitive function in patients undergoing isolated coronary artery surgery. *Anatol J Cardiol.* 2016; 16: 875-80.
- Tovedal T, Thelin S, Lennmyr F. Cerebral oxygen saturation during pulsatile and non-pulsatile cardiopulmonary bypass in patients with carotid stenosis. *Perfusion.* 2016;31(1):72-7.
- Talor JJ, Undar A. Pediatric cardiopulmonary bypass: does perfusion mode matter? *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2011;2(2):296-300.
- Salameh, L. Kuehne, M. Grassl, M. Gerdorn, S. von Salisch, S. Dhein, I. Däehner. Protective Effects of Pulsatile Flow during Cardio-Pulmonary Bypass. *Thorac Cardiovasc Surg* 2016; 64 - OP68
- Alkan-Bozkaya T, Akcevin A, Türkoğlu H, Ündar A. Impact of pulsatile perfusion on clinical outcomes of neonates and infants with complex pathologies undergoing cardiopulmonary bypass procedures. *Artif Organs.* 2013;37(1):82-6.
- Mukul Chandra Kapoor. Cardiopulmonary bypass in pregnancy. *India Annals of Cardiac Anaesthesia.* 2014; 17(1): 33-39.
- Akcevin A, Alkan-Bozkaya T, Qiu F, Undar A. Evaluation of perfusion modes on vital organ recovery and thyroid hormone homeostasis in pediatric patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Artif Organs.* 2010; 34(11): 879-84.
- Aldo D. Milano, Mikhail Dodonov, Francesco Onorati, Tiziano Menon, Leonardo Gottin, Giovanni Malerba, Alessandro Mazzucco and Giuseppe Faggian. Pulsatile flow decreases gaseous micro-bubble filtering properties of oxygenators without integrated arterial filters during cardiopulmonary bypass. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery.* 2013; 17: 811–817.
- Dodonov M, Milano A, Onorati F, Dal Corso B, Menon T, Ferrarini D, Tessari M, Faggian G, Mazzucco A. Gaseous micro-emboli activity during cardiopulmonary bypass in adults: pulsatile flow versus nonpulsatile flow. *Artif Organs.* 2013; 37(4): 357-67.
- Giuseppe Filiberto Serraino et al. Pulsatile Cardiopulmonary Bypass With Intra-Aortic Balloon Pump Improves Organ Function and Reduces Endothelial Activation. *Circ J.* 2012; 76: 1121 – 1129.
- McDonald, E Bolle, HF Lang, C Ribolzi, B Thomson, GD Tansley, JF Fraser and SD. Gregory. Hydrodynamic evaluation of aortic cardiopulmonary bypass cannulae using particle image velocimetry *Perfusion* 2016; 31(1): 78–86.



Perf. Rossana Yametti Campos.
Hospital Pediátrico Baca Ortiz.
Quito, Ecuador.

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Calidad y seguridad en perfusión

Quality and safety in perfusion

RESUMEN

El Instituto de Medicina de los Estados Unidos en 1999 publicó el documento: “*To Err is Human: Building a Safer Health System*” a partir de esta publicación, cualquier organismo dedicado a la calidad asistencial su objetivo principal sería: seguridad del paciente. En los años siguientes algunos países (EEUU, Holanda, Dinamarca, Australia) publicaron eventos adversos en la práctica médica, en el 5% al 10% de esos eventos la consecuencia fue la muerte del paciente, a partir de estos antecedentes se comenzaron a implementar políticas de calidad y seguridad asistencial. Hoy en día es necesario lograr patrones de comportamiento definidos a partir de los requerimientos de calidad y seguridad esperados dentro del proceso de perfusión, para ello hay que definir criterios, estándares e indicadores que nos ayudarán a evaluar y controlar el proceso de perfusión, se ha realizado una propuesta de 8 estándares de calidad con sus respectivos indicadores que abarcan todo el proceso de perfusión; tomando como base las guías de la Asociación Española de Perfusionistas y la Asociación Americana de Circulación Extracorpórea. Lo más importante de esta propuesta, es que los indicadores deben ser medibles para poder determinar si el estándar de calidad y seguridad en perfusión es aceptable y se encuentra dentro de los parámetros de excelencia exigibles internacionalmente.

La elaboración de un registro de eventos adversos y su notificación ayudan a que éstos se minimicen, la formulación de los estándares de calidad y su aplicación tienen que estar relacionados a la realidad de las instituciones.

Palabras clave: calidad, calidad asistencial, estándares, seguridad.

INTRODUCCIÓN

La seguridad del paciente es un factor esencial en la calidad asistencial, la OMS estima que cada año decenas de millones de pacientes sufren lesiones incapacitantes o mueren por consecuencia de prácticas médicas inseguras, además señala que aproximadamente 1 de cada 10 pacientes atendido en un centro tecnológicamente bien equipado sufre algún daño.¹

Por la década de los años 50 y 60 comienzan a publicarse eventos

SUMMARY

The United States Institute of Medicine in 1999 published the document: “*To Err Is Human: Building a Safer Health System*”, after this publication, any organism dedicated to healthcare quality should have as a main objective: patients’ safety. In the following years several countries (USA, Holland, Denmark and Australia) published adverse events in medical practice in which 5% to 10% of these events resulted in the death of the patient, from this background, policies for healthcare quality and safety have been implemented.

Nowadays, it is necessary to achieve defined behavioral patterns based on the quality and safety requirements expected in the perfusion process. Criteria, standards and indicators must be defined to help evaluate and control the perfusion process. For it, a proposal of 8 quality standards with their matching indicators that cover the entire perfusion process has been developed; based on the American Association of Extracorporeal Circulation and the Spanish Association of Perfusionists. The most important aspect of this proposal is that the indicators must be measurable in order to determine if the standard of quality and safety in perfusion is acceptable and is within the internationally required parameters of excellence.

The development of a registry of adverse events and their notification helps to minimize them, the formulation of quality standards and their application must be related to the reality of the institutions.

Keywords: quality, healthcare quality, security, standards.

adversos, el impulso principal al tema lo generó una publicación del Instituto de Medicina de los Estados Unidos en el año 1999, llamado “*To Err is Humans: Building a Safer Health System*” este documento colocó a la seguridad del paciente como su objetivo primordial, alrededor de estos años algunos países publicaron sus casuísticas de eventos adversos (Tabla 1). También quedó de manifiesto que entre 5% a 10% la consecuencia de estos eventos,

la consecuencia fue la muerte. Es así como se comenzaron a desarrollar e implementar políticas de salud a nivel internacional destinadas a disminuir los eventos adversos.²

MAGNITUD DE EVENTOS ADVERSOS	
PAÍS	% EVENTOS ADVERSOS
Reino Unido (2000)	10,0%
Australia (1995)	16,6%
Nueva Zelanda (2002)	12,9%
EE.UU (1992)	05,4%
Dinamarca (1998)	09,0%

Tabla 1. Casuística de eventos adversos.

DESARROLLO

Para desarrollar un programa de Calidad y Seguridad Asistencial en Perfusión, tenemos que hacer referencia a los pilares de la calidad, autores como: Joseph M. Juran (1904-2008), Edwards Deming (1900-1993), Philip B. Crosby (1926) y Kaoru Ishikawa (1915-1989). Ellos definieron el concepto y desarrollaron las guías de control de calidad basado en técnicas estadísticas, en la Tabla 2 se resumen la definición de calidad según estos autores. Es poco relevante, si el concepto de calidad surge del mundo empresarial o del mundo sanitario lo importante es definir calidad asistencial, autores como Donabedian, la Organización Mundial de la Salud y el Instituto de Medicina de la Academia de Ciencias de los EEUU, definieron calidad asistencial.^{3,4} (Tabla 3).

DEFINICIÓN DE CALIDAD	
JURAN (1951)	Consiste en aquellas características de productos que se basan en las necesidades del cliente y por eso brindan satisfacción en el producto.
DEMING (1989)	Es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción, a bajo costo.
CROSBY (1987)	Es cumplir con los requerimientos que necesita el cliente con un mínimo de error y defecto.
ISHIKAWA (1977)	Calidad de producto, calidad de servicio, calidad de trabajo, calidad de información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de los objetivos. Creador del diagrama causa – efecto.

Tabla 2. Definición de calidad.

DEFINICIÓN DE CALIDAD ASISTENCIAL	
DONABEDIAN (1980)	Es el modelo de asistencia esperado para maximizar el nivel de bienestar del paciente, teniendo en cuenta el balance de beneficio y pérdidas esperadas en todas las fases del proceso asistencial.
OMS (2000)	Es el nivel de realización de objetivos intrínsecos para mejorar la salud por los sistemas sanitarios y de receptividad a las expectativas legítimas de la población.
INSTITUTO DE MEDICINA EEUU (2001)	Es el grado por el cual los servicios asistenciales, incrementan la posibilidad de resultados deseados para individuos y poblaciones en concordancia con el conocimiento profesional actual.

Tabla 3. Definición de calidad asistencial.

La calidad asistencial, tiene que ser controlada, medida y evaluada, Donabedian propone un sistema de evaluación, que incluye la estructura refiriéndose a la organización y recursos, al proceso que son las actividades a realizar, en nuestro caso el proceso de perfusión y los resultados que son los logros adquiridos.

Es importante identificar el proceso de perfusión como un proceso operativo, para poder gestionar sobre éste, disminuir su variabilidad y aumentar la eficiencia de la práctica de la perfusión. (Figura 1).

Para lograr una perfusión segura y de calidad, tenemos que diseñar un plan de recopilación de información que obtenemos con la dinámica de gestión sobre el proceso de perfusión a través de criterios, indicadores y estándares.⁵⁻⁷

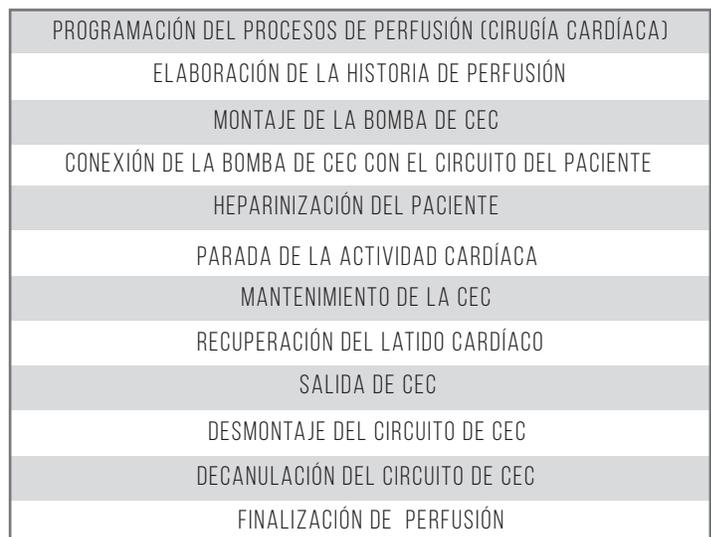


Figura 1. Proceso de perfusión.

¿Qué entendemos por criterio?:

Es el objetivo, lo que se va a medir para verificar el nivel de calidad.

Indicador: es una medida cuantitativa que valora la calidad del criterio.

Estándar: Es una norma o modelo cuyo objetivo es el grado de cumplimiento exigible a un criterio determinando con un mínimo obligatorio de aceptación.

¿Qué es un estándar de calidad?: Es la norma que cumple los requisitos mínimos en busca de la excelencia en perfusión.

Estándar de seguridad: son sistemas de control aceptados dentro del proceso de perfusión.

Para desarrollar calidad y seguridad tenemos que admitir, que potencialmente toda actividad asistencial lleva asociada algún tipo de riesgo y para evitarlos tenemos que supervisar, evaluar y controlar. Existen sistemas básicos de evaluación del riesgo, el primero es a través de la oportunidad de “hacer las cosas bien”, de mejorar y el segundo es con la implementación de sistemas de monitorización.

El riesgo es la posibilidad de que se produzca algún resultado indeseado a lo largo de un proceso. Existen dos formas de analizar los riesgos: con el análisis proactivo, que nos sirve para analizar el riesgo potencial, nos ayuda a la prevención y el análisis reactivo, que nos ayuda a intervenir en el riesgo que no se ha controlado, cuando el evento adverso se ha producido.

Existen algunas herramientas para realizar los análisis de los riesgos, una de ellas y la más conocida es Análisis Modo Fallo y sus Efectos (AMFE), éste es un estudio sistemático, que se aplica en forma prospectiva, cuyo objetivo es evitar que los eventos adversos se produzcan dentro de la actividad asistencial, este método trata de responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede fallar? (Modo)
- ¿Por qué puede ocurrir? (Causas)
- ¿Qué consecuencias o efectos puede producir el fallo? (Efectos)

Otra herramienta es el Análisis Causa Raíz (ACR), se utiliza en forma retrospectiva, cuando se ha producido el evento adverso, su objetivo es identificar y analizar las condiciones latentes o factores que contribuyen a desencadenar dicho evento.

PROPUESTAS DE ESTÁNDARES DE CALIDAD Y SEGURIDAD EN PERFUSIÓN

Hoy en día es necesario lograr patrones de comportamiento definidos a partir de los requerimientos de calidad y seguridad

esperados dentro del proceso de perfusión. Es importante aprender de los eventos adversos para eliminarlos o para reducir su probabilidad de que se vuelvan a producir, es por ello que se han desarrollado modelos de seguridad del paciente en perfusión de la Asociación Española de Perfusión, en base a factores contribuyentes a un riesgo o el modelo de la Asociación Americana de Circulación Extracorpórea en base a criterios, indicadores y estándares.⁵ (Figuras 2 y 3).

Este proyecto diseñado y pensado para ser aplicado por los perfusionistas de Latinoamérica consta de ocho estándares de calidad desarrollados en base al enfoque de las tres dimensiones de la evaluación de la calidad en salud (estructura, proceso, resultado) sobre estas bases se planifican las acciones a realizar, definiendo criterios e indicadores con un grado de excelencia y seguridad.

Objetivo general

Crear un mejor patrón de comportamiento, en los perfusionistas, de preocupación por la seguridad del paciente, para proporcionar una perfusión segura y de calidad.

Objetivos específicos

- Prevenir y notificar eventos adversos.
- Contribuir a la disminución de los eventos adversos en perfusión.
- Cumplir con los requerimientos de calidad internacional en perfusión.
- Proporcionar un método fácil y sencillo de monitorizar y evaluar el proceso de perfusión.

MODELO DE SEGURIDAD DEL PACIENTE		
Asociación Americana de Circulación Extracorpórea		
Protocolos basados en Evidencia científica y ocurrencia de los eventos en perfusión		
ESTÁNDAR	GUÍAS	PROTOCOLOS
Prácticas, tecnología y/o conductas de cuidado que las instituciones deberán reunir en orden y cumplir los mínimos requerimientos para la derivación cardio pulmonar.	Es una recomendación que se deberá considerar para mayor asistencia en el desarrollo e implementación de protocolos.	Documentos formulados, derivados de la profesión, estándares y guías que contengan decisiones, tratamientos y algoritmos específicos de cada institución.

Figura 2. Modelo de seguridad del paciente según la Asociación Americana de Circulación Extracorpórea.

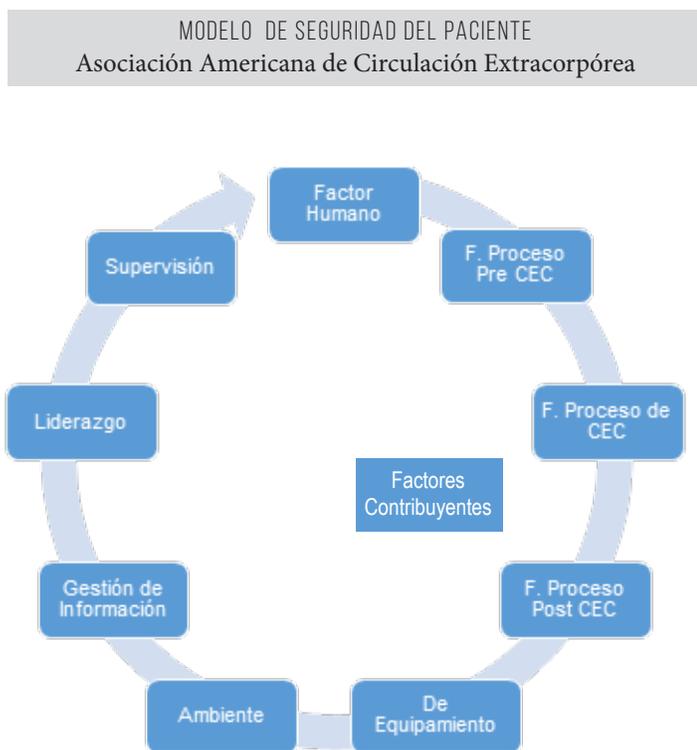


Figura 3. Modelo de seguridad del paciente según la AEP.

ESTÁNDARES

Estándar 1. Estrategia de formación y competencias de los perfusionistas.

Criterios:

- Determinar que todos los perfusionistas, para ejercer su labor profesional tendrán formación académica, actualizarse anualmente y certificarse cada 3 años.
- Favorecer por parte de las instituciones las condiciones para que los perfusionistas trabajen mínimo dos y no sobrepasen sus horas de trabajo.

Indicadores:

- Programa académico.
- Actualización a través de un programa educación continua de la Asociación Latinoamericana de Perfusión (ALAP) (Créditos acumulables – Board)
- Validación de la experiencia práctica con un número determinado de procedimientos (40).
- La formación de los nuevos perfusionistas debe regirse por un programa formal y tutorizado.
- Contar siempre con un segundo perfusionista para asistencia y suplir cualquier eventualidad.
- No sobrepasar el número de horas de trabajo, máximo 12 ho-

ras diarias.

Estándar 2. Sistemas de elaboración de registros

Criterios:

- Diseñar, formularios de registros para casuística y recolección de información para desarrollar investigación.

Indicadores:

- Registro N° de Perfusiones Institucional.
- Registro Nacional (Asociaciones Locales).
- Registro Internacional (ALAP).
- Registro del proceso pre-CEC, CEC y post-CEC.
- Hoja de perfusión con duplicado para registro de archivos.

Estándar 3. Diseño y aplicación de lista de chequeo.

Criterios:

- Favorecer la seguridad del paciente a través de checklists.

Indicadores:

- Elaborar el registro de visita de perfusión al paciente preoperatorio.
- Pre-CEC, iniciando la derivación cardiopulmonar y post-CEC.
- Equipos auxiliares.

Estándar 4. Establecer sistemas de monitorización continua.

Criterios:

- Determinar sistemas de monitorización continua en perfusión.

Indicadores:

- Presión de perfusión.
- Gases en línea.
- Anticoagulación.
- Cardioplegia: tipo, dosis, presión, concentración de potasio.
- Hematocrito y glicemia: rangos.
- Relación flujo/gas.
- Saturación venosa, saturación arterial.
- Saturación cerebral.
- PVC, PAP.

Estándar 5. Control a través de dispositivos de seguridad.

Criterios:

- Implementar sistemas de control de seguridad de acuerdo a los avances tecnológicos presentes en el mercado.

Indicadores:

- Sensores de nivel, burbujas y presión.
- Temperatura.
- Filtros.
- Válvulas de protección.
- Alarmas de seguridad visibles y audibles.
- Manivelas.
- Gases de reserva.
- Pinza de línea arterial para evitar el flujo retrógrado en bomba centrífuga.
- Set de oxigenador mas tuberías y accesorios de reserva.
- Baterías.

Estándar 6. Estrategias operativas del manejo de la perfusión

Criterios:

- Elaborar protocolos, algoritmos sobre el manejo de la perfusión de acuerdo a la realidad de cada institución.
- Involucrar a todo el equipo de cardiocirugía en el diseño de protocolos para que todos identifiquen sus funciones.

Indicadores:

- El protocolo de manejo de perfusión debe estar realizado por los perfusionistas pero en acuerdo con el equipo de cirugía cardíaca.
- Montaje de circuito.
- Cebado.
- Parámetros: presión, flujo de gas, flujo de sangre.
- Manejo de equilibrio ácido-base, alfa-stat, pH-stat.
- Cardioplegia: tipo dosis, administración, control de ión.
- Protocolo de exámenes.
- Técnicas de CEC.
- Drogas: cuáles, cuándo, dosis.
- Protocolo de anticoagulación y de sangramiento.
- Manejo de la respuesta inflamatoria.
- Protocolo de manejo de hemoderivados
- Protocolo de salida de CEC.
- Disponer de un protocolo de emergencia.

Estándar 7. Garantía de calidad y mejoras.

Criterios:

- Implementar programa de actualización e investigación para garantizar calidad y seguridad en el manejo de la perfusión.
- Establecer un programa de canales de comunicación del equipo quirúrgico.

Indicadores:

- El perfusionista debe estar actualizado.
- Programa de Educación Continua (ALAP).
- Realizar investigación en base a sus casuísticas.
- Realizar protocolos basados en evidencia científica.
- Protocolo de comunicación entre los miembros del equipo quirúrgico.

Estándar 8. Suministros y mantenimiento.

Criterios:

- Implementar programas de mantenimiento de equipos.
- Generar la necesidad de que los perfusionistas deben seleccionar y manejar los suministros de perfusión.

Indicadores

- Todos los suministros de perfusión deben ser elegidos y manejados exclusivamente por perfusionistas entrenados.
- Programa de mantenimiento de todos los equipos, cada cuanto tiempo.
- Hoja de vida de los equipos.
- Protocolo de adquisición, que participe el perfusionista, servicio técnico acreditado, disponibilidad de repuestos inmediata.
- Equipos de reserva.

EVALUACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD

La evaluación del proceso de calidad requiere de priorización de los estándares de acuerdo a las necesidades institucionales. Es necesario definir los componentes del proceso de perfusión . (Figura 1). Responder interrogantes que detallaré más adelante; el proceso de evaluación consta de cuatro etapas.

I Etapa: Selección del estándar a evaluar.

Es importante responder algunas preguntas que nos ayudarán a determinar que estándar tiene mayor urgencia de ser controlado.

- ¿Qué etapa del proceso de perfusión está generando problema o inseguridad?
- ¿Qué etapa del proceso de perfusión presenta mayor riesgo para el paciente?
- ¿Qué técnicas se realizan con mayor frecuencia?
- ¿Con qué frecuencia tenemos que evaluar?

II Etapa: Definir el nivel de calidad y aplicación.

En esta etapa, se define el nivel de calidad en base a rangos de aceptabilidad, en busca de la excelencia, que pueden ser medidos por puntajes cuantitativos (numéricos) o cualitativos. (Tabla 4).

ESTÁNDAR 3	PROGRAMACIÓN MENSUAL	RESULTADOS FIN DE MES	
		N PTE.	%
LISTA DE CHEQUEO	PORCENTAJE		
Registro de Visita de Perfusión Pre Operatoria	100	37	92,5
Registro pre-CEC	100	40	100
Registro CEC	100	40	100
Registro post-CEC	100	35	87,5
Total de pacientes	100	40	-

Tabla 4: Ejemplo de evaluación de estándar por puntaje cuantitativo.

Ejemplo de evaluación de estándar por puntaje cualitativo.

1. Seleccionar el concepto con el cual se va a evaluar. Por ejemplo: excelente, bueno, regular, malo.
2. Definir el concepto en forma cualitativa o cuantitativa.
3. Determinar un período de tiempo para aplicar la evaluación.

ESTÁNDAR 6			
ESTRATEGIAS OPERATIVAS DEL MANEJO DE LA PERFUSIÓN	INDICADORES	PARÁMETRO EN PUNTOS	EVALUACIÓN POR PACIENTE
	Protocolos de exámenes	3	3
	Protocolo de priming	2	2
TOTAL		5	5

PROTOCOLO DE EXAMENES	PUNTOS
Toma de muestras en normotermia o hipotermia	1
	1
Tiempo entre cada muestra	1
Total	3

CEBADO INFANTES (8 A 15 KG)	PUNTOS
Hemático	1
Lavado con Sol. Tampón	1
Total	2

EXCELENTE	4-5
ADECUADO	2-3
NO ADECUADO	<3

Tablas 5-8 Ejemplo de pasos para evaluación de estándar por puntaje cualitativo.

III Etapa: análisis de resultados.

En esta etapa se tabulan y analizan los resultados, con el objetivo de identificar las causas de deficiencia en el proceso y de esta manera reducir el riesgo de la presencia de un evento adverso.

IV Etapa: establecer las soluciones.

Una vez identificado el problema, se pueden direccionar soluciones hacia el área determinada por ejemplo actualización en una técnica específica, aumentar y optimizar sistemas de control y registro de datos, etc. Es importante que, en el caso de presentarse un evento adverso, es obligación del perfusionista de notificar el incidente para el registro correspondiente.

A continuación, presento una tabla basada en los estándares de calidad y seguridad para notificar eventos adversos (Tabla 5). Ésta tiene como objetivo ayudar a identificar causas de problemas en perfusión y notificar eventos adversos como medida a implementar para reducir el nivel de riesgo y aumentar el grado de eficiencia en el proceso de perfusión.

REGISTRO DE CAUSAS DE EVENTOS ADVERSOS	
ESTÁNDAR 1 Formación y competencias del perfusionista	No tener las competencias necesarias para realizar alguna técnica.
	Por realizar funciones ajenas a la perfusión.
	Sobrepasar el número de horas de trabajo.
ESTÁNDAR 2 Elaboración de registros	No contar con un segundo perfusionista.
	No realizar casuística de N° de Perfusiones.
	No realizar los registros de perfusión.
ESTÁNDAR 3 Lista de chequeo	No realizar el registro de eventos adversos.
	No realizar la lista de chequeo correspondientes.
	No realizar la lista de chequeo pre-CEC.
ESTÁNDAR 4 Monitorización continua	No realizar la lista de chequeo durante CEC.
	No realizar la lista de chequeo post-CEC.
	No disponer de protocolos de monitorización continua de: Gasometrías y exámenes metabólicos.
ESTÁNDAR 5 Control a través de dispositivos de seguridad	ACT.
	Manejo de cardioplegia.
	Manejo de saturación cerebral.
ESTÁNDAR 6 Manejo de perfusión	No disponer de sensores de nivel, burbuja, presión.
	No disponer de filtros.
	No disponer de manivelas.
ESTÁNDAR 7 Garantía de calidad y mejoras	No disponer de gases de reserva.
	No disponer de clamp de línea arterial para evitar flujo retrógrado.
	No disponer de un set de oxigenador y tuberías de reserva.
ESTÁNDAR 8 Suministros y mantenimientos de equipos	No disponer de baterías.
	No disponer de los protocolos de manejo en cuanto a flujos, cebado, cardioplegia, técnicas de perfusión.
	No disponer de protocolos de drogas.
	No disponer de protocolos de heparina y protamina.
	No disponer de manivelas.
	No disponer de protocolos de montaje de circuito.
	No disponer de protocolo de emergencia.
	No disponer de un programa de formación continua.
	No disponer de un programa de certificación.
	No disponer de un Programa de investigación.
	No disponer de un sistema de cumplimiento de estándares.
	No disponer de un programa de mantención de equipos.
	No realizar la mantención con personal certificado.
	El perfusionista no realice la selección de suministros.

Tabla 6. Tabla para notificar efectos adversos.

CONCLUSIONES

El proyecto de estándares de seguridad y calidad en perfusión, está destinado a planificar y documentar acciones preventivas para producir un cambio y mejorar la calidad del proceso de perfusión, además pretende contribuir a priorizar y gestionar la

reducción de la probabilidad de que se produzcan riesgos durante este proceso.⁵

Los estándares son una herramienta para evaluar, mejorar y controlar los riesgos; aplicar estos métodos, son necesarios para diseñar nuevos procesos seguros, los estándares de calidad, facilitan la actuación del equipo quirúrgico durante eventos adversos.

Es necesario comunicar a la organización institucional, los resultados de las actividades del mejoramiento de la calidad, con el propósito de incentivar una cultura organizacional y asegurar un proceso óptimo y seguro.

De no mejorar ni modificarse los cambios será necesario discutir con el equipo quirúrgico el programa para reevaluación y adecuación de acuerdo a las necesidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A., D. (1980). Exploration in Quality Assesment and Monistoring. The Definition of Quality and Approaches to its Assesment. Ann Arbor: Health Administration Press.
2. Campdesuñer, I. M. (16 de 08 de 2017). [www.eumed.net](http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2009/dcpf.htm). Obtenido de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2009/dcpf.htm>
3. Carmen Gomar, M. T. (2012). FISIOPATOLOGÍA Y TÉCNICAS DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA. Barcelona: ergon.
4. Kohn, L. T. (2000). To Err Is Human: Building A Safer Health System. . Washington, DC: National Academy Press.
5. Perfusionistas, A. E. (2004). AEP. Obtenido de AEP: http://www.aep.es/comisiondocumentos/7/Manual_de_calidad.pdf
6. Rioja, U. d. (s.f.). unirioja. Obtenido de unirioja: http://www.unirioja.es/servicios/ose/pdf/documentacion_%20informes.pdf
7. Technology, A. S. (Julio de 2013). AmSECT. Obtenido de AmSECT: <file:///C:/Users/Usuario/Documents/Guia%20Americana%20de%20Seguridad.pdf>



Matías Jorge Martínez.
Técnico Perfusionista en Cirugía Cardíaca
Hospital de Pediatría Dr. Juan P. Garrahan.
Buenos Aires, Argentina.

PRESENTACIÓN DE CASOS

Trasplante cardíaco ABO incompatible en paciente pediátrico con diagnóstico de miocardiopatía dilatada

ABO incompatible heart transplant in a pediatric patient diagnosed with dilated cardiomyopathy

RESUMEN

Se describe el caso de una paciente de 7 meses de vida que al mes de haber nacido se le detecta una miocardiopatía dilatada con disfunción ventricular severa. Se decide el trasplante de corazón aunque no sea del mismo grupo sanguíneo debido a la gravedad del cuadro clínico y se realiza el seguimiento durante el primer año luego de la cirugía, que coincide con la redacción de ésta publicación.

Palabras clave: circulación extracorpórea, trasplante cardíaco, incompatibilidad ABO, incompatibilidad sanguínea.

SUMMARY

We describe the case of a 7-month-old patient who one month after being born, was diagnosed with dilated cardiomyopathy with severe ventricular dysfunction. Heart transplant was decided although it was not from the same blood group due to the seriousness of the clinical case, patient is followed up during the first year after surgery, which coincides with the writing of this publication.

Keywords: extracorporeal circulation, cardiac transplant, ABO incompatibility, blood incompatibility.

ABREVIATURAS	
CEC	Circulación extracorpórea
MUF	Modificated ultrafiltration
CUF	Conventional ultrafiltration
ARM	Asistencia respiratoria mecánica
POP	Postoperatorio
SA	Saturación arterial
SV	Saturación venosa

ABBREVIATIONS	
CEC	Extracorporeal circulation
MUF	Modificated ultrafiltration
CUF	Conventional ultrafiltration
ARM	Mechanical ventilation
POP	Postoperative
SA	Arterial saturation
SV	Venous saturation

SISTEMA SANGUÍNEO ABO

El sistema ABO, inicialmente descrito por Karl Landsteiner en 1900, sigue siendo el sistema de grupo sanguíneo mas importante en la medicina transfusional y en el trasplante de órganos. Los antígenos ABO se encuentran, en la sangre, en los eritrocitos, plaquetas y varias proteínas circulantes. Mientras que también se encuentran en tejidos incluyendo el endotelio, riñón, corazón, intestino, páncreas y pulmón.

Estos antígenos pueden detectarse en los glóbulos rojos de los embriones entre la 5.ª y 6.ª semana de gestación. El nivel de expresión ABO con las características de un eritrocito adulto, se observa en general entre los 2 a 4 años de edad.

Los anticuerpos naturales anti-A y anti-B no están presentes en el suero del recién nacido, y si lo están, son de origen materno.

La concentración o título sérico de anti-A y anti-B aumenta durante la primera infancia y logra alcanzar los niveles de un adulto entre los 5 y 10 años de edad.¹

La importancia del sistema ABO en los trasplantes de órganos se evidencia en los anticuerpos del receptor, que se unen a los antígenos ABO presentes en las superficies endoteliales del órgano trasplantado ocasionando activación del complemento, daño endotelial, necrosis isquémica y rechazo hiperagudo.

A diferencia del sistema ABO, la discrepancia en el sistema Rh no tiene relevancia en los trasplantes de órganos sólidos, debido a que dichos antígenos se encuentran solamente en el tejido hematopoyético, por lo tanto no constituye una contraindicación.

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Eritrocito				
Anticuerpos en plasma sanguíneo			Ninguno	
Antígenos en los eritrocitos				Ninguno

Tabla 1: Antígenos y anticuerpos del sistema ABO.

INTRODUCCIÓN

Paciente de sexo femenino que nació por parto normal, gestación de 40 semanas, grupo sanguíneo O y factor Rh+, embarazo controlado en el Hospital Penna. Al mes de vida, la madre refiere dificultad respiratoria y dificultad para la alimentación. Se le realiza una radiografía de tórax donde evidencian cardiomegalia severa (Figura 1) y disfunción severa del ventrículo izquierdo con fracción de acortamiento igual a 14%. Deciden derivación al Hospital de Pediatría Juan P. Garrahan. En este hospital se le repiten los estudios observando los mismos resultados y sabiendo que la fracción de eyección es de 16%, aurícula y ventrículo izquierdos severamente dilatados y con deterioro leve de la función del ventrículo derecho, se indica entrar en lista de espera en estado de emergencia para trasplante cardíaco. Debido a la superficie corporal y a la edad de la paciente se la incluye en la opción de trasplante cardíaco con grupo ABO incompatible.

Durante la espera para el trasplante, la paciente estuvo internada en el Hospital Garrahan y con controles periódicos. Al momento del trasplante, la paciente tenía 7 meses de edad, un peso de 7600 g y una volemia aproximada de 600 ml, lo que la convirtió en el receptor más pequeño en edad y peso que haya recibido un trasplante de corazón en dicho hospital.

Este fue el tercer caso de trasplante cardíaco ABO incompatible que se realizó en nuestro hospital, siendo los dos anteriores también exitosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una bomba de CEC Stockert S3 e intercambiador de calor Stockert, dos oxigenadores Maquet Quadrox neonatales, dos set de tubos Maquet neonatales. Vena 1/4" y Arteria 3/16". Una cánula aórtica Medtronic DLP 10 Fr, dos cánulas venosas punta metálica Medtronic DLP 12 Fr y 16, un Hemofiltro Sorin DHF 02, una bolsa de recolección y descarte con capacidad para 2000 ml.



Figura 1: Radiografía de tórax que evidencia la cardiomegalia.

ABO RECEPTOR	COMPATIBLE	INCOMPATIBLE
0	0	A, B, AB
A	A, 0	B, AB
B	B, 0	A, AB
AB	AB, B, A, 0	--
ABONANTE		
0	0, A, B, AB	--
A	A, AB	0, B
B	B, AB	0, A
AB	AB	0, A, B

Tabla 2: Combinaciones compatibles e incompatibles de tipo sanguíneo para posibles donantes y receptores de órganos.

En base a los antecedentes de este tipo de trasplantes en el Hospital Garrahan, la conducción de la perfusión se basa en el Protocolo de Toronto. Dicho protocolo fue desarrollado en el Hospital del Niño Enfermo de Toronto, Canadá, por la Dra. Lori West. El mismo explica la manera de "reeducar" el sistema inmune de los lactantes mediante el recambio de volemias en el paciente durante la circulación extracorpórea.

En el caso de la paciente que se describe en este artículo, esta posee alto título o concentración sérica de isohemaglutininas (1/128), por lo tanto, para garantizar el total lavado de los anticuerpos circulantes y evitar que queden atrapados en el oxigenador, mas específicamente en las esponjas y filtros del reservorio venoso, se emplea la técnica de hipotermia profunda, paro circulatorio y cambio de oxigenador y tubuladuras. No se utilizó ninguna otra técnica para la neuroprotección.

Se arman dos circuitos de CEC. El que se utilizará primero, sin hemofiltro, el segundo circuito, con hemofiltro. El cebado del primer circuito se realiza con 300 ml de solución polielectrolítica con pH neutro e isoosmolar de laboratorios Rivero (similar al Plasma-Lyte), 265 ml de glóbulos rojos, de donantes de Banco, grupo 0+ irradiados, filtrados y lavados, 205 ml de plasma de Banco grupo AB, 20 ml de bicarbonato de sodio 1M y 200 mg de Cefalotina.

En la línea venosa se coloca un conector en “Y” al cual se conecta una bolsa de recolección para descarte. Entre el conector en “Y” y el oxigenador se coloca una pinza.

Se ingresa en CEC y comenzamos a enfriar al paciente hasta 21 °C. Mientras enfriamos, la volemia del paciente se recolecta en la bolsa de descarte al mismo tiempo que por la línea arterial se infunde la volemia del oxigenador (Figura 2). A lo que había en el cebado, fue necesario agregar 400 ml de glóbulos rojos O+, 400 ml de plasma AB y 200 ml de solución polielectrolítica. Cuando en la bolsa de recolección hubieron entre 1200 y 1500 ml de sangre (2 veces la volemia del paciente), se deja de recolectar y se abre la pinza que estaba entre el conector en “Y” y el oxigenador al mismo tiempo que se pinza la línea de descarte (Figura 3 y Figura 4). De ésta manera ya se logró el doble recambio de volemia al paciente y se lo continúa enfriando.

Cuando la temperatura llega a 21 °C se interrumpe la CEC (parada circulatoria), se desconectan los tubos de las cánulas (éstas quedan conectadas al paciente), se descarta el circuito usado y se arma el segundo circuito y se conectan los tubos nuevamente a las cánulas. El cebado del segundo circuito se realiza con 150 ml de solución polielectrolítica, 50 ml de albumina, 320 ml de glóbulos rojos grupo O+ irradiados, filtrados y lavados, 180 ml de plasma grupo AB. Se reingresa en CEC y se comienza a elevar la temperatura de la paciente hasta 30 °C, se realiza el explante del corazón enfermo, se implanta el corazón del donante, se suturan en forma término-terminal los casquetes de ambas aurículas izquierdas, la arteria aorta y ambas venas cavas inferiores. Momentos antes del despinzamiento aórtico se toma una muestra del oxigenador y se realiza una titulación de anticuerpos Anti-A resultando éstos indetectables, luego se administra una dosis de Solumedrol. Previo purgado de cavidades se despinza la aorta y luego se reanuda el calentamiento del paciente a normotermia. Se suturan en forma término-terminal las estructuras restantes (arteria pulmonar y vena cava superior) y se egresa de CEC. Se realiza hemofiltración modificada (MUF) y luego se administra la dosis de protamina correspondiente. Decanulación y cierre de tórax.

Durante la CEC, el flujo teórico fue de 1,1 l/min. La CUF fue de 150 ml. La parada circulatoria duró 8 minutos. La diuresis fue 20 ml. MUF: 200 ml. Con hematocrito final de 38%. Tiempo de CEC: 139 min. Tiempo de pinzamiento aórtico: 138 min.

La paciente egresa de quirófano en ARM y con infusión de adrenalina y milrinona. Comienza tratamiento con Timoglobulina, Micofenolato y Solumedrol.

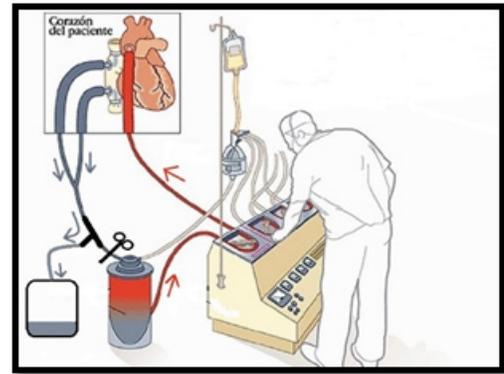


Figura 2: Se comienza la CEC drenando (en la bolsa de descarte conectada a la “Y”) toda la volemia del paciente y las dos volemias del reservorio que se infunden por la cánula arterial.

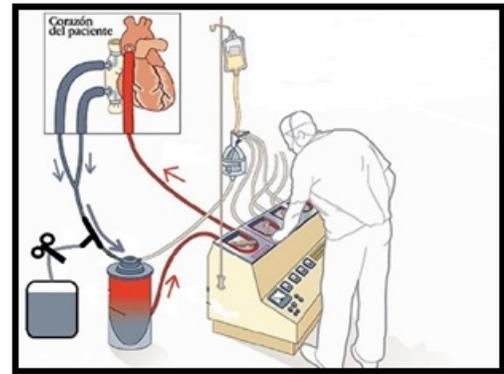


Figura 3: Luego de drenar entre 1200 ml y 1500 ml de sangre, se pinza la línea venosa de la bolsa de descarte al mismo tiempo que se despinza la línea venosa que entra al reservorio.

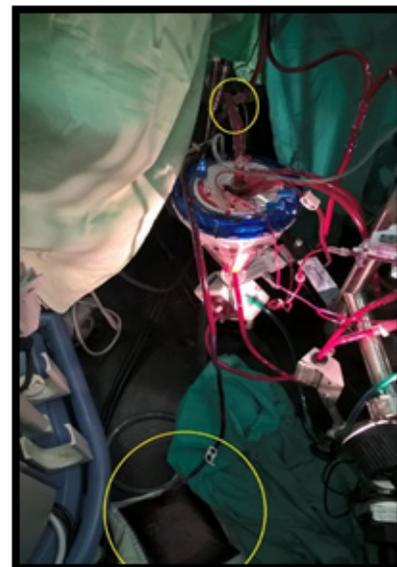


Figura 4: Los círculos amarillos destacan el conector en “Y” y la bolsa de drenaje de descarte llena y pinzada.

RESULTADOS

A las 24 h de POP la paciente sigue en ARM, experimenta bajo gasto cardíaco con extremidades frías. Administración endovenosa de adrenalina y milrinona. Requerimiento de transfusiones de glóbulos rojos. SA= 98%. SV= 60%. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. A las 48 h de POP sigue en ARM con pies fríos. Administración endovenosa de adrenalina y milrinona. SA= 98%. SV= 76%. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. A las 72 h de POP la paciente es extubada. SA= 100%. Buena temperatura distal. La paciente comienza dieta vía oral con leche maternizada. Titulación de Anti-A= NEGATIVO.

Al 4.º día de POP se suspende la adrenalina y se continúa con milrinona. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. Al 5.º día de POP la paciente se encuentra clínica y hemodinámicamente estable. Sin requerimientos inotrópicos, suficiencia respiratoria. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. Al 7.º día de POP la paciente ya respira aire ambiental. Es trasladada a habitación de internación común. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. A los 30 días de POP la paciente recibe el alta hospitalaria. Continúa con tratamiento inmunosupresor convencional y controles con el Servicio de Cardiología. Titulación de Anti-A= NEGATIVO. Cumplido un año del trasplante, la paciente se encuentra estable y solo tuvo un ingreso al Hospital Garrahan debido a una infección por citomegalovirus consecuencia de la inmunosupresión provocada por la medicación (Micofenolato) administrada luego de la cirugía que ayuda a evitar el rechazo al órgano trasplantado.

ANÁLISIS DEL PHTS (PEDIATRIC HEART TRANSPLANT STUDY)

El grupo PHTS es una organización multicéntrica que recopila datos de muchos centros de trasplante de corazón pediátrico en los Estados Unidos y Canadá. En el momento de este estudio, había 34 centros incluidos en el análisis. Se incluyeron aquellos niños que se habían sometido a un trasplante de corazón ABO incompatible entre enero de 1996 y diciembre de 2008 y poder así analizar los resultados posteriores al trasplante como la supervivencia, el rechazo y el riesgo de infección.

El grupo también incluyó pacientes que tuvieron un trasplante de corazón ABO compatible durante el mismo período. En ambos grupos, se incluyeron pacientes que tenían hasta 15 meses de edad.^{2,3}

CONCLUSIONES

El trasplante de corazones de donantes incompatibles con ABO está contraindicado debido al riesgo de rechazo hiperagudo mediado por anticuerpos preformados en el receptor a antígenos del grupo sanguíneo del donante. Esta contraindicación puede no aplicarse a los recién nacidos, que aún no producen anticuerpos contra los antígenos de células T independientes, incluidos

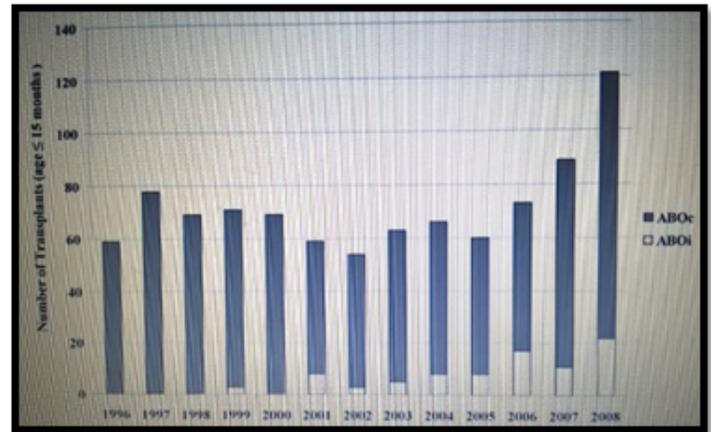


Figura 5: Volumen de trasplantes en los centros PHTS durante 12 años.

los principales antígenos de los grupos sanguíneos. Su mayor riesgo de mortalidad se deriva de la insuficiente disponibilidad de donantes compatibles con ABO.

Desde que se realizó el primer trasplante de corazón incompatible con ABO infantil en 1996, ha habido un aumento de datos que apoyan el trasplante de corazones ABO incompatibles en bebés y niños pequeños. El trasplante de corazón ABO incompatible se puede realizar con seguridad durante la infancia antes del inicio de la producción de isohemaglutininas; Esta técnica contribuye así a una marcada reducción de la mortalidad de los lactantes en lista de espera. Muchos lactantes que son sometidos a trasplantes cardíacos requieren más tarde un segundo corazón. Los resultados del estudio que dio origen al Protocolo de Toronto, indican que, dado que las células inmunitarias que hubieran respondido y atacado al órgano recibido fueron eliminadas con el primer trasplante, el paciente puede recibir nuevamente un corazón del mismo grupo sanguíneo.^{4,5}

AGRADECIMIENTOS

A Luciana Adduci, Lic. en Ciencias Biológicas, becaria doctoral AGENCIA, FCEN, UBA, por su asesoría. Al Dr. Ignacio Berra, Cirujano Cardiovascular del Hospital de Pediatría Juan P. Garrahan por colaborar en el aporte de datos, confección y revisión de la publicación. A Gregory S. Matte, Coordinador de Perfusión del Hospital de Niños de Boston, por la colaboración en el aporte de bibliografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Association of Blood Banks. Grupo Sanguíneo ABO. Manual técnico de la AABB, USA, 2012: 419-421.
2. <http://www.nejm.org/> / ABO-Incompatible Heart Transplantation in Infants
3. <http://www.intramed.net>
4. <http://www.medicinainfantil.org.ar/> / TRASPLANTE CARDIACO INFANTIL CON DISCORDANCIA DE GRUPO SANGUINEO ABO. Cruzando la barrera de la incompatibilidad.
5. <http://www.jhltonline.org/> / ABO-incompatible heart transplantation: Analysis of the Pediatric Heart Transplant Study (PHTS) database.



Perf. Flavia Cristina Gomes Alves
Especialización en Circulación Extracorpórea.
Instituto del Corazón de la Facultad de Medicina. Universidad de Sao Paulo.
Sao Paulo, Brasil.

PRESENTACIÓN DE CASOS

Gestante sometido a la corrección quirúrgica de disfunción de prótesis biológica mitral con circulación extracorpórea en carácter de urgencia

Pregnant woman submitted to the surgical correction of mitral biological prosthesis dysfunction with extracorporeal circulation as a matter of urgency

RESUMEN

Las enfermedades cardiovasculares son complicaciones presentes en el 0,2% al 4% de las gestaciones, de acuerdo con la directiva de la Sociedad de Cardiología Europea de 2011. Cuando el tratamiento clínico no es suficiente, la operación cardiovascular es recomendada. La utilización de la circulación extracorpórea aumentó la incidencia de los riesgos obstétricos y fetales, siendo que el conocimiento profundo del equipo quirúrgico sobre las repercusiones de la misma, permite el perfeccionamiento del proceso quirúrgico para reducir estos riesgos. Con el objetivo de describir el manejo de la circulación extracorpórea en una paciente primigenia de 30 semanas sometida al intercambio de prótesis biológica mitral debido disfunción grave. Se relata el caso de una mujer de 17 años, primigesta en la 30.^a semana que fue sometida a la corrección quirúrgica debido a la presencia de disfunción de prótesis biológica mitral con calcificación grave. Inicialmente, hubo la programación de acelerar la maduración fetal, pero a causa del agravamiento clínico fue sometida a la operación de urgencia con circulación extracorpórea, en la cual tomaron medidas para reducir los riesgos maternos y fetales. En conclusión, la cirugía cardiovascular de urgencia con circulación extracorpórea en gestante puede ocurrir desde que se obedezcan protocolos estandarizados y con la participación de equipo multidisciplinario.

Palabras clave: gestante, circulación extracorpórea, operación cardiovascular, urgencia.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares son complicaciones presentes en el 0,2% al 4% de las gestaciones de los países occidentales industrializados y estos números están en crecimiento, de acuerdo con la directiva de la Sociedad de Cardiología Europea de 2011. Cuando el tratamiento medicamentoso no es suficiente para promover la estabilidad clínica materna y los procedimientos percutáneos son inviables, se recomienda la operación cardiovascular.^{1,2} Inicialmente, las operaciones cardiovasculares en gestantes se realizaban a cielo

SUMMARY

Cardiovascular diseases are complications present in 0.2 to 4% of pregnancies and increasing, according to Directive of the European Society of Cardiology 2011. When clinical treatment is not enough, cardiovascular operation is recommended. The use of cardiopulmonary bypass increased the incidence of obstetric and fetal risks, and the in-depth knowledge of the surgical team about its repercussions allows the improvement of the surgical process to reduce these risks. With the aim of describing the management of cardiopulmonary bypass in a 30-week primigravida patient submitted to the exchange of mitral bioprosthesis for severe dysfunction. A case of 17-year-old woman is reported, primigravida in the 30th week who underwent surgical correction due to the presence of mitral bioprosthesis dysfunction with severe calcification. Initially, there was a schedule to accelerate fetal maturation, however, due to the clinical worsening, underwent an emergency operation with cardiopulmonary bypass, in which they took measures to reduce maternal and fetal risks. In conclusion, the cardiovascular emergency surgery with cardiopulmonary bypass in pregnant women may occur provided that standardized protocols are followed and with the participation of a multidisciplinary team.

Keywords: pregnant, cardiopulmonary bypass, cardiovascular operation, urgency.

cerrado y sin circulación extracorpórea CEC, con una mortalidad similar a las operaciones en no gestantes.^{3,4} Sin embargo, a partir del momento en que se utilizó la CEC, se observaron altos riesgos obstétricos y fetales, tales como parto prematuro, muerte fetal intraoperatorio, aborto involuntario y deterioro neurológico fetal.^{2, 4-7} El conocimiento en profundidad del equipo quirúrgico sobre las repercusiones materno-fetales de la CEC permite el perfeccionamiento del proceso quirúrgico para reducir estos riesgos.^{3, 4, 6, 8}

OBJETIVO

Describir el manejo de la CEC en una paciente primigesta de 30 semanas sometida al intercambio de prótesis biológica mitral debido a disfunción grave.

MÉTODO

La información fue obtenida por el prontuario de la paciente del Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Para la discusión del presente relato se realizó análisis de artículos de la base de datos MEDLINE y SCIELO entre los años 2003 al 2016 y otros de mayor relevancia. Se utilizaron los siguientes descriptores en la investigación: *pregnancy, cardiac surgery, valve cardiac surgery, congenital heart disease*.

RELATO DEL CASO

Mujer de 17 años, soltera, primigesta en la 30.^a semana fue sometida a la corrección quirúrgica debido a la presencia de disfunción de prótesis biológica mitral con calcificación grave. A los 12 años había sido sometida a la corrección quirúrgica de comunicación interventricular, implante de bioprótesis mitral 27 y aórtica 19, debido a la presencia de endocarditis bacteriana. A los 16 años fue sometida a la corrección de coartación de la aorta y aneurisma de la aorta descendente, con el implante de endoprótesis autoexpansiva. Poco tiempo después presentó insuficiencia cardíaca por el agravamiento de la calcificación de la prótesis biológica mitral y la reoartación de la aorta, asociada a la hipertensión arterial sistémica severa.

Inicialmente fue propuesto acelerar la maduración pulmonar del feto con la administración de corticoides para minimizar los riesgos posnatal, sin embargo, la paciente presentó exacerbación del cuadro clínico exigiendo la intervención en carácter de urgencia. Para eso, se formó un equipo multidisciplinar, compuesta por cardiólogo, obstetra y neonatólogo que fueron incorporados al equipo quirúrgico cardiovascular para el adecuado manejo de la paciente. La monitorización intraoperatoria de la paciente siguió conforme rutina quirúrgica cardiovascular, constituyéndose en electrocardiograma con electrodos en el dorso, presión arterial invasiva, catéter de Swan Ganz y diuresis por sondeo vesical. La monitorización de la frecuencia cardíaca fetal y de la dinámica uterina fueron realizadas por el cardiotocógrafo Bistos BT-300 (Figura 1 y 2) para guiar posibles medidas que podrían mejorar la perfusión placentaria. Además, se realizó monitorización metabólica por prueba de glucemia y gasometría arterial.

El posicionamiento materno fue en decúbito dorsal con inclinación leve a la izquierda para favorecer el drenaje venoso.

Datos:

Peso: 58 kg. Talla: 168 cm. Superficie Corporal: 1,66 m²

Hematocrito pre-CEC: 33%

Perfusión:

Oxigenador y tubuladura adulta: Braile Biomédica®.

Cánula arterial: 20 Fr Medtronic®.

Cánulas venosa bicava: 28 Fr y 30 Fr Medtronic®.

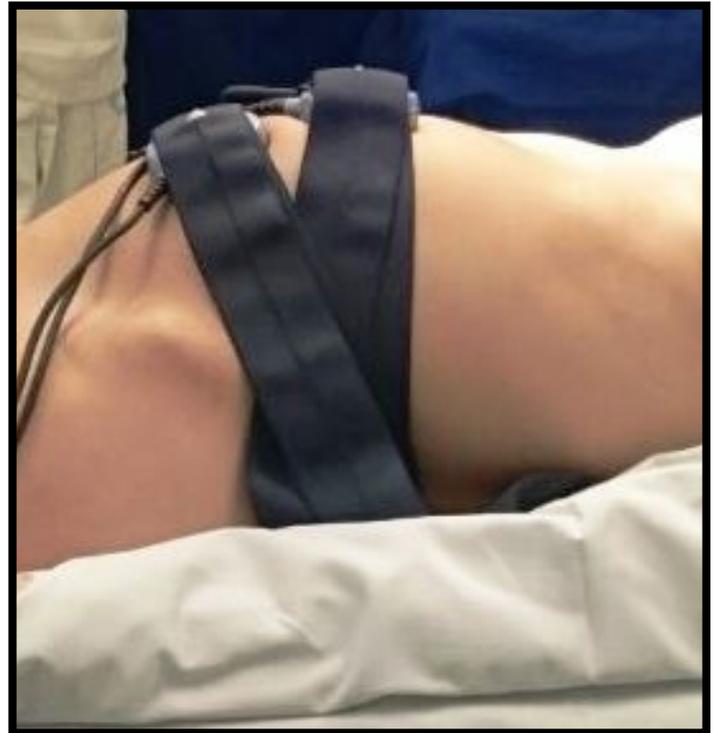


Figura 1. Electrodo del cardiotocógrafo Bistos® BT-300 fijados con una cinta elástica para monitorización de la frecuencia cardíaca fetal y de la dinámica uterina.

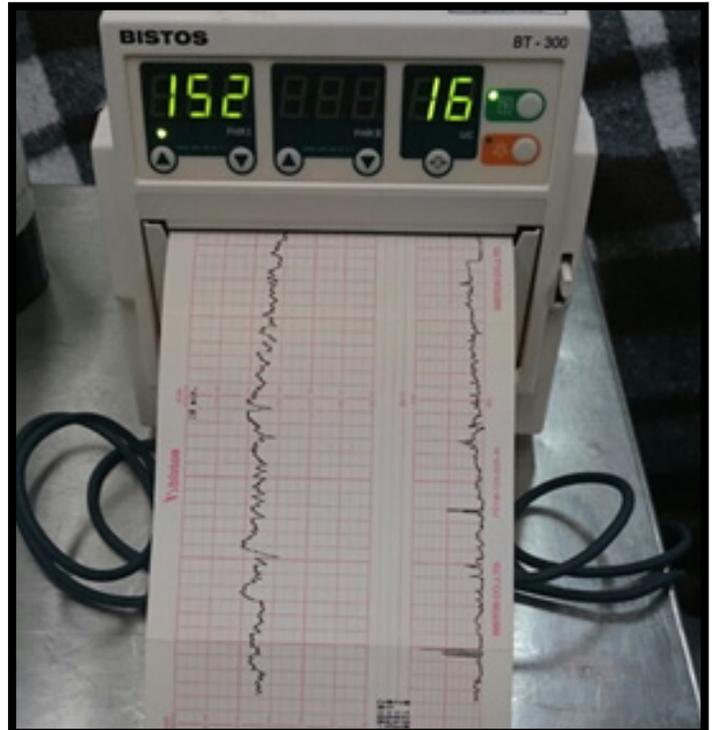


Figura 2. Monitoreo de la frecuencia cardíaca fetal y de la dinámica uterina antes de la CEC. 152 pulsaciones por minuto y 16 mmHg, respectivamente.

Perf. Flavia Cristina Gomes Alves

Hemoconcentrador: Braile Biomédica®.**Cebado de todo el circuito:** Ringer lactato: 1100 cc, Glóbulos rojos: 300 cc, Heparina de bajo peso molecular: 10 000 UI, Bicarbonato de sodio 8,4%: 20 cc, Glucosa 50%: 20cc, Albúmina humana: 50 cc. Flujo sanguíneo: 4400 a 4800 cc/min (75 a 82 cc/Kg/min). (Figura 3).**Temperatura:** 34 °C.**Presión arterial media:** mayor que 60 mmHg.**Tiempo de pinzamiento:** 47 minutos.**Tiempo de perfusión:** 60 minutos.**Cardioplejia:** 300 cc cristaloides.**Tiempo de anticoagulación:** 450 segundos.**Diuresis:** 175 cc.**UFC:** 1600 cc.**Balance:** + 650 cc.**Figura 3.** Flujo sanguíneo 4800 cc/min.

La frecuencia cardíaca fetal varió entre 53 y 124 pulsaciones por minuto (ppm). Durante la CEC presentó bradicardia (Figura 4) que fue revertida después de la salida de CEC. La contracción uterina varió entre 18 a 78 mmHg.

Para estimular la diuresis, se administró 1 ml de furosemida. Durante la CEC se administró 250 ml de manitol 20%, bajas dosis de noradrenalina para el mantenimiento de la presión arterial, glóbulos rojos: 600 cc y Bicarbonato de sodio 8,4%: 60 cc, para corrección de las gasometrías. (Tabla 1).

El procedimiento realizado fue el intercambio de prótesis biológica mitral 27 Braile Biomédica® por prótesis biológica mitral 25 Braile Biomédica®. Por el ecocardiograma intraoperatorio se observó que la prótesis aórtica presentaba las valvas con buena apertura y movilidad, con gradiente alto posiblemente debido a la desproporción paciente-prótesis, por lo que se optó por el mantenimiento de la prótesis aórtica debido al estado crítico de la paciente.

Al final del procedimiento quirúrgico y en el postoperatorio inmediato se administró óxido nítrico. Con buena evolución clínica materno-fetal fue dada de alta en el 14.º postoperatorio, permaneciendo en acompañamiento ambulatorio y con programación del parto para dos semanas.

La paciente siguió asintomática hasta el parto que fue realizado con 36 semanas de gestación cuando presentó dinámica uterina espontánea y descompensación clínica.

El parto via cesárea con anestesia general fue realizado y la paciente fue acompañada por el equipo de cardiología hasta el tercer día después del parto. El recién nacido fue de sexo masculino, nació con 2890 g y la prueba de APGAR fue 9, 9 y 10. Ambos permanecieron en observación por 5 días y siguieron con acompañamiento ambulatorial.

**Figura 4.** Monitoreo de la frecuencia cardíaca fetal y de la dinámica uterina durante la CEC: 61 pulsaciones por minuto y 78 mmHg, respectivamente.

Perf. Flavia Cristina Gomes Alves

	PH	PCO ₂	PO ₂	SAT	HCO ₃	BE	HT	HB	NA
INICIAL	7,32	44,6	255	100	22,5	-2,9	33	10,5	135
22 MIN CEC	7,34	37,0	163	100	19,8	-4,8	27,1	8,7	133
33 MIN CEC	7,35	40,9	178	99,6	22,5	-2,2	27,1	8,7	134
44 MIN CEC	7,28	42,6	241	99,8	19,7	-6,1	33,7	10,9	131
FINAL	7,36	40,2	177	99,3	22,1	-2,6	36	11,6	139

	K	CA	LACT	GLUC
INICIAL	3,9	1,14	21	110
22 MIN CEC	5,3	1,21	39	208
33 MIN CEC	4,1	1,12	38	214
44 MIN CEC	4,3	1,08	45	237
FINAL	3,5	1,24	70	237

Tabla 1. Gasometrías del intraoperatorio.

DISCUSIÓN

En la gestación hay cambios fisiológicos en el sistema cardiovascular para atender a las demandas metabólicas materna y fetal. Se produce el aumento del volumen intravascular en un 40% y del débito cardíaco en un 30% a 50%, hay hipercoagulabilidad y disminución de la resistencia vascular sistémica en hasta un 20%.

En el inicio el aumento del gasto cardíaco es debido al aumento del volumen sistólico en 20% a 30%, pero alrededor de la semana 20 hay un aumento notable de la frecuencia cardíaca, que se mantiene elevada hasta 5 días después del parto. La disminución de la resistencia vascular sistémica es debido al aumento de la concentración de la progesterona, de la prostaciclina y del óxido nítrico.

La hipercoagulabilidad ocurre debido al aumento de los factores de coagulación, fibrinógeno y adhesión plaquetaria asociados a la disminución de la fibrinólisis causando la probabilidad de tromboembolismo. También ocurren, cambios en el metabolismo de la glucosa, del colesterol y de los fármacos, debido al aumento de la perfusión renal y del metabolismo hepático.

Durante el trabajo de parto y en el posparto hay alteraciones hemodinámicas importantes debido al aumento de la presión arterial, de las contracciones uterinas y la autotransfusión uteroplacentaria para circulación sistémica materna que aumenta el retorno venoso.

Estas modificaciones influyen el manejo cardiovascular de las gestantes, y agravan el cuadro clínico de las pacientes que presentan cardiopatías, principalmente valvulares, coronarios y asociados a la hipertensión pulmonar, lo que puede llevar a la insuficiencia cardíaca e isquemia.^{2,9}

Se producen cambios fisiológicos valvulares durante la gestación, como aumento del diámetro de la raíz de la aórtica, mitral y tricúspide, incluso el flujo en la aorta se encuentra discretamente aumentado. La presentación de insuficiencia valvular leve de la mitral, tricúspide y pulmonar se espera en un 28%, 94% y 94% de las gestaciones, respectivamente. La referencia de disnea es preocu-

pante cuando afecta las actividades de vida diaria está presente en el reposo.⁹ La cardiopatía prevalente en la gestación es la estenosis mitral, con predominio de etiología reumática, seguida de las cardiopatías congénitas y la endocarditis, pudiendo ser asintomática hasta el embarazo o agravada por ella afectando la circulación pulmonar.^{2,3,8,9} Como ocurrió en la gestante acompañada, que estaba aguardando el procedimiento quirúrgico en el momento que presentó agravamiento durante el período gestacional.

Antes de la elección para la intervención quirúrgica es necesario que se hayan agotado las opciones menos invasivas de tratamiento. Para definir la prótesis a ser implantada en la posición mitral, en mujeres en la edad fértil o gestantes, hay que tener en cuenta que las prótesis mecánicas ofrecen buen desempeño hemodinámico y durabilidad a largo plazo, pero con necesidad de anticoagulación continua y las prótesis biológicas también presentan buen desempeño hemodinámico sin la necesidad de anticoagulación, sin embargo, sufren un mayor deterioro estructural, por lo que precisan de sustitución.^{1,2,3,7,10,11}

La reoperación para sustituir la prótesis valvular es más complicada, está indicada con urgencia en casos de disfunción moderada a grave sin respuesta a otros tratamientos.¹ Pero en la gestación el manejo de la reoperación es aún más difícil, compleja y es recomendada entre la 13.^a y la 28.^a semana, porque hasta la 12.^a semana hay mayor incidencia de malformaciones fetales y por encima de la semana 28.^a, de repercusiones hemodinámicas severas maternas. En general, la mortalidad materna durante la CEC es similar a la observada en las mujeres no gestantes.^{1-6,12} Sin embargo, si no es posible el retraso de la operación hasta el parto, principalmente en gestaciones superiores a la semana 26.^a, hay medidas que se pueden tomar con el fin de reducir los riesgos. Para ello es necesario realizar la monitorización fetal y uterina en el intraoperatorio, además de la completa monitorización materna.^{1-6,12,13}

El posicionamiento de la paciente es diferenciado, colocándola en decúbito lateral o dorsal con inclinación de 15° a la izquierda para reducir la compresión de la aorta y la vena cava inferior, lo que favorece la perfusión tisular y el drenaje venoso.^{2,4-6,12}

Mantener la CEC en normotermia, se tolera hipotermia leve hasta 34 °C, para reducir la ocurrencia de contracciones uterinas, esperadas principalmente durante el recalentamiento. El flujo de perfusión tiene que ser elevado de 30% a 50% del teórico y la presión arterial mantenida mayor que 60 mmHg para proporcionar un flujo útero-placentario adecuado al feto.^{2-6,12}

El manejo metabólico fetal se realiza por medio del mantenimiento del hematocrito materno por encima del 25% para una adecuada oferta de oxígeno. La adición de glucosa al volumen extracorpóreo es para aumentar el suministro energético. La experiencia del equipo quirúrgico es fundamental para minimizar el tiempo de exposición a la CEC.^{2-4,6,12} La decisión sobre la vía de parto de gestante cardiopata es restringida al equipo obstétrico y dependiente del cuadro clínico materno. Las alteraciones hemodinámicas del posparto requieren monitorización continua al menos en las primeras 24 horas después del parto y en cardiopatías es indicado que se realice en un centro especializado.²

Ávila, WS et al ⁸ acompañaron a 1000 embarazadas, siendo que el 23,5% presentó cardiopatías durante el embarazo, de las cuales 19,6% necesitó intervención quirúrgica. El 91% de las gestantes del estudio dieron a luz a bebés sanos, fracción comparable con la población en general.

CONCLUSIÓN

La gestante con necesidad de operación cardiovascular con CEC en carácter de urgencia es una situación muy grave, pero la cirugía puede realizarse si se obedecen protocolos de estandarización de evaluación clínica, quirúrgica y de CEC y con la participación del equipo de obstetricia y neonatología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, et al. 2008 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2006 Guidelines for the management of patients with valvular heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008; 52 (13): e1-142.
2. Regitz-Zagrosek V, Lundqvist CB, Borghi C, et al. ESC Guidelines on the management of cardiovascular diseases during pregnancy – The task force on the management of cardiovascular diseases during pregnancy of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2011; 32: 3147-97.
3. Arnoni RT, Arnoni AS, Bonini RCA, et al. Risk factors associated with cardiac surgery during pregnancy. *Ann Thorac Surg*. 2003; 76: 1605-8.
4. Pomerantzeff PMA, Benício A, Brandão CMA, et al. Cirurgia valvar em gestantes. Experiência em oito casos. *Arq Bras Cardiol*. 1998; 70 (6): 403-8.
5. Ávila WS, Gouveia AMM, Pomerantzeff P, et al. Evolução e prognóstico materno-fetal da cirurgia cardíaca durante a gravidez. *Arq Bras Cardiol* 2009; 93 (1): 9-14.
6. Kapoor MC. Cardiopulmonary bypass in pregnancy. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2014; 17 (1): 33-9.
7. Munoz-Mendoza J, Miranda VP, Tanawuttiwat T, et al. Severe bioprosthetic mitral valve stenosis in pregnancy. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 64: 38-42.
8. Ávila WS, Rossi EG, Ramires JAF, et al. Pregnancy in patients with heart disease: experience with 1,000 cases. *Clin Cardiol*. 2003; 26: 135-42.
9. Roeder HA, Kuller JA, Barker PCA, et al. Maternal valvular heart disease in pregnancy. *Obstetrical and Gynecological Surgery*. 2011; 66 (9): 561-71.
10. Ávila WS. Anticoagulação durante gravidez de mulher portadora de cardiopatia. *J Vasc Bras*. 2010; 9 (1): 42-5.
11. Honda K, Okamura Y. Mechanical valves and anticoagulation in pregnancy. *Circulation Journal*. 2014; 78: 825-6.
12. Arnoni AS, Andrade J, Falcão HCB, et al. Cirurgia cardíaca na gravidez. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 1986; 1 (1): 14-9.
13. Benlamkaddem S, Berdai A, Labib S, et al. Case report: a historic case of cardiac surgery in pregnancy. *Obstetrics and Gynecology*. 2016; 4 pages.



Dra. Carisa Nieves Ravord.
Medicina Crítica Pediátrica.
Departamento de Cardiología Pediátrica.
Santo Domingo, República Dominicana.

Acerca de la acidosis metabólica poscirculación extracorpórea y su tratamiento por el perfusionista

About post-extracorporeal circulation metabolic acidosis and its treatment by perfusionist

RESUMEN

La acidosis metabólica durante la circulación extracorpórea es de origen multifactorial, por lo que el perfusionista debe conocer los mecanismos implicados en su aparición, así como las estrategias adecuadas para disminuir esta complicación. Es de vital importancia emplear las técnicas de perfusión y protección miocárdica adecuadas, considerar el volumen total (el de la bomba y el volumen circulatorio del paciente), evitar administración excesiva de líquido, empleo adecuado de la ultrafiltración y el uso racional del bicarbonato, con mediciones frecuentes del mismo durante la circulación extracorpórea. El empleo inadecuado del bicarbonato puede generar complicaciones hemodinámicas, respiratorias, renales, metabólicas y neurológicas a corto y mediano plazo; que contribuyen a prolongar el tiempo en ventilación mecánica y la permanencia en la unidad de cuidados intensivos. **Palabras clave:** bicarbonato, circulación extracorpórea, perfusión, complicaciones, cirugía cardíaca.

INTRODUCCIÓN

Las alteraciones del equilibrio ácido base, representan uno de los problemas más frecuentes en la práctica diaria al realizar cirugía cardiovascular. Particularmente la acidosis metabólica produce compromiso significativo del estatus hemodinámico, ventilatorio, renal y cerebral; por lo que desarrollaré en los siguientes párrafos, los elementos que debe considerar el perfusionista para evitar su aparición y para tratar a los pacientes con esta condición durante cirugía cardíaca.

Es así que, al analizar las condiciones que pueden llevar a aparición de acidosis metabólica durante la circulación extracorpórea (CEC), tomaremos en cuenta múltiples factores que incluyen: perfusión insuficiente, oxigenación inadecuada, hipovolemia, déficit iatrogénico de bicarbonato, composición de la solución de cebado, exceso de fluidos, uso de hemoderivados, desarrollo de acidosis láctica y el fenómeno isquemia reperfusion.

SUMMARY

Metabolic acidosis during cardiopulmonary bypass has multifactorial origin, so the perfusionist must know the mechanisms involved in its appearance, as well as the appropriate strategies to reduce this complication. It is of vital importance to use adequate perfusion and myocardial protection techniques. Consider the total volumen (the pump volumen and the patients circulatory volumen), avoid excessive fluid administration, adequate use of ultrafiltration and the rational use of bicarbonate, with frequent measurements during cardiopulmonary bypass. The inadequate use of bicarbonate can lead to hemodynamic, respiratory, renal, metabolic and neurological complications in the short and medium term; which contribute to prolong the time in mechanical ventilation and the stay at the intensive care unit.

Keywords: bicarbonate, cardiopulmonary bypass, perfusion, complications, cardiac surgery.

COMPOSICIÓN DEL CEBADO, PÉRDIDA IATROGÉNICA DE BICARBONATO

La disminución iatrogénica de bicarbonato durante la CEC puede ser originada como resultado de las siguientes condiciones: el uso de cristaloides libres de bicarbonato y el cebado del circuito con paquete de glóbulos rojos.

En el primer caso la infusión de cristaloides libres de bicarbonato (soluciones acuosas que solo contienen sales minerales y/o ácidos orgánicos, sin albúmina ni fosfatos); puede diluir los niveles de bicarbonato circulantes, lo que lleva a acidosis dilucional. Los neonatos, lactantes y niños pequeños son especialmente susceptibles a este fenómeno.¹ Cuando el paciente amerita administración de volumen durante la cirugía, y empleamos soluciones cristaloides, la bomba puede aspirar durante la CEC las soluciones de cristaloides libres de bicarbonato, lo que conlleva a descenso en las cifras de este último, interpretándose esta acidosis metabólica como producida

por alteraciones en la perfusión. Por esta razón, es importante realizar analítica del cebado y medir los niveles de bicarbonato posterior a la administración de volumen, para determinar si estamos ante la presencia de una acidosis dilucional. En ese caso debe administrarse suficiente bicarbonato durante la CEC, para reemplazar las cantidades succionadas por la bomba.²

Otro aspecto de vital importancia es el volumen total empleado durante la CEC, el cual está constituido por el cebado más el volumen sanguíneo total del paciente. Esta consideración es muy relevante en el paciente pediátrico. Si sólo se emplean cristaloideos para el cebado del circuito en pacientes pediátricos, se produce hemodilución que conduce a anemia severa, especialmente en neonatos y lactantes. Por esta razón es necesario añadir paquete globular al cebado del circuito extracorpóreo, con el objetivo de mantener los niveles de hemoglobina y la capacidad para el transporte de oxígeno en el sistema circulatorio pediátrico.

El uso de cebado hemático nos lleva a analizar ciertos aspectos relacionados con el almacenamiento de los glóbulos rojos, la duración de ese almacenamiento y la velocidad de administración del hemo-derivado. Los glóbulos rojos ameritan ser preservados en soluciones amortiguadoras de citrato-fosfato-dextrosa (CPD) y en soluciones salino-adenina-glucosa-manitol (SAG-M), que tienen altos niveles de glucosa empleados para el metabolismo de los glóbulos rojos durante su almacenamiento. Además contienen ácido cítrico de las soluciones preservantes y bicarbonato diluido, lo que produce un pH disminuido en el paquete de glóbulos rojos.³

Durante el almacenamiento prolongado de los glóbulos rojos, el pH disminuye aún más debido a que los glóbulos almacenados metabolizan la glucosa a ácido láctico y pirúvico, y los hidrogeniones acumulados son amortiguados por el bicarbonato de la solución, produciendo una disminución del bicarbonato e incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2). Al ser almacenados a bajas temperaturas (4 °C), se produce parálisis de las bombas sodio- potasio a nivel de la membrana del eritrocito, lo que incrementa el potasio extracelular y disminuye el sodio.⁴

En general, los cebados con sangre presentan cifras bajas de calcio, por lo que puede ser recomendable medir los valores del mismo en el cebado, y la adición del electrolito en caso de ser necesario. Si se administra bicarbonato de sodio y cloruro de calcio de manera simultánea en el cebado, se puede formar carbonato de calcio. Este compuesto produce cristales que precipitan en el circuito extracorpóreo y, pueden ocasionar obstrucción de lechos microvasculares si pasan al paciente, generando disfunción orgánica.⁵

La transfusión rápida y masiva de glóbulos rojos durante la CEC puede llevar a una carga sustancial de hidrogeniones, dióxido de carbono y potasio, generando inestabilidad hemodinámica secundaria a alteraciones ácido base y electrolíticas. La elevación de metabolitos intermediarios de la glucosa y del ácido láctico, representan una carga metabólica o de sustratos que puede llevar a compromiso neurológico.⁴

ESTRATEGIAS DE PERFUSIÓN

La disminución de la perfusión tisular durante la CEC favorece la aparición de acidosis, por lo que el perfusionista debe emplear diversas estrategias para mantener el equilibrio ácido base durante ese periodo. Existen dos estrategias de perfusión denominadas Alfa stat y pH stat, que varían según sus objetivos terapéuticos durante la circulación extracorpórea, y serán seleccionadas tomando en cuenta: la edad del paciente, el uso de hipotermia profunda o de normotermia y la necesidad de arresto circulatorio total.

El método alfa stat permite un mejor funcionamiento metabólico, considerando que la alcalosis respiratoria es normal en hipotermia, no corrigiendo la presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2). Esta estrategia tiene como ventaja que mantiene el pH intracelular dentro de límites normales, protege la neutralidad intracelular electroquímica, se mantiene la autorregulación cerebral y mejora la eficiencia de la función enzimática intracelular. Al conservar la autorregulación cerebral, el flujo sanguíneo cerebral es acorde a las necesidades metabólicas, no existe exceso de flujo cerebral, lo que disminuye el riesgo de microembolismos cerebrales, mejorando el pronóstico neurológico.⁶

La estrategia pH stat permite actuar sobre el flujo, elemento importante en neonatos intervenidos con bajo flujo, o cuando ameritan arresto circulatorio en hipotermia profunda. Cuando se emplean temperaturas de 28 °C, se logran mantener cifras de presión parcial de dióxido de carbono (PCO_2) en 40 mmHg, generando pérdida de la autorregulación cerebral, con un aumento global del flujo cerebral y redistribución del mismo hacia áreas más profundas del cerebro; lo que implica un enfriamiento cerebral más homogéneo y rápido, junto a un mejor aporte cerebral de oxígeno. Esto se traduce en mejores resultados cognitivos a mediano y largo plazo. Una combinación de ambas estrategias (pH stat y alfa stat), puede ser empleada en casos donde se requieran bajos flujos en hipotermia profunda o cuando se requiera arresto circulatorio.^{6,7}

HEMODILUCIÓN

La tendencia en la circulación extracorpórea moderna es reducir el tamaño del circuito extracorpóreo para disminuir el volumen del cebado. Este volumen puede de hecho exceder el volumen sanguíneo del neonato entre 200%-300%, en contraste con el adulto cuyo volumen de cebado sólo representa el 25%-33% del volumen sanguíneo del paciente; haciendo que la hemodilución significativa en lactantes y niños pequeños sea inevitable.^{7,8}

La hemodilución generada por el incremento del volumen circulante (cebado más el volumen sanguíneo del paciente), tiene aspectos importantes a considerar: reduce la capacidad de transporte de oxígeno, disminuye la viscosidad sanguínea mejorando la perfusión de la microcirculación e incrementa el gasto cardíaco.

La disminución transitoria de la masa globular necesariamente disminuye el contenido arterial de oxígeno, pero los mecanismos fisiológicos compensadores como el aumento del gasto cardíaco, el incremento en la capacidad de extracción de oxígeno y despla-

zamiento de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la derecha; permiten asegurar la adecuada oxigenación tisular en un amplio rango de niveles plasmáticos de hemoglobina.⁸

Otro efecto de la hemodilución, es el descenso significativo en la concentración de los factores de coagulación y de las proteínas plasmáticas, lo que conduce a coagulopatía dilucional intra y postoperatoria. Por tal razón, limitar la hemodilución es necesario como parte de las estrategias conservadoras de sangre, para reducir el sangrado y los requerimientos transfusionales.

Si se produce una hemodilución excesiva (>50 cc/kg), con altos volúmenes de extracción, esta puede afectar el transporte de oxígeno al reducir el hematocrito por debajo de 25%. La disminución del transporte de oxígeno conduce a la aparición de la acidosis metabólica. En este contexto la rápida aparición de acidosis produce aumento de las catecolaminas endógenas, vasoconstricción y disminución del flujo sanguíneo renal, favoreciendo el compromiso de este órgano durante la cirugía. La hemodilución excesiva aumenta el riesgo de sobrecarga circulatoria por el reemplazo de altos volúmenes, inestabilidad hemodinámica, coagulopatía dilucional y edema pulmonar iatrogénico.⁹

Es necesario que el perfusionista considere el exceso de volumen administrado durante la circulación extracorpórea, como un elemento capaz de generar acidosis metabólica no relacionada a la pérdida de iones bicarbonato, sino con la disminución del transporte de oxígeno. Por tanto se plantea en primer lugar tratar de minimizar la hemodilución durante la cirugía cardíaca, evaluar los niveles de bicarbonato del cebado y optimizar el transporte de oxígeno.¹⁰

SOBRECARGA DE VOLUMEN

Durante la cirugía cardíaca pueden ser administradas grandes cantidades de volumen con cristaloides que poseen una diferencia de iones fuertes (DIF) de cero (especialmente solución salina normal, soluciones hipotónicas de cloruro de sodio), lo que reduce la diferencia de iones fuertes a nivel del plasma y del líquido extracelular. De los iones fuertes presentes en las soluciones, el único capaz de modificar el pH es el cloro.¹¹

Por otra parte, la carga recibida de cloro en relación al sodio es alta, esto incrementa considerablemente su concentración (hipercloremia); lo que produce disociación del agua y disminución de la concentración de hidrogeniones, para mantener la electroneutralidad dado el aumento en la concentración de cloro. Este tipo de acidosis se conoce también como acidosis hipercloremica o dilucional, aunque se observa también en la hemodilución normovolémica aguda. El mecanismo de dicha acidosis no es dilución del bicarbonato, sino la dilución plasmática y extracelular de la diferencia de iones fuertes y la carga aportada de cloro.

La malinterpretación de una acidosis por administración excesiva de fluidos como secundaria a hipoperfusión tisular, puede llevar a sobrehidratación del paciente durante la circulación extracorpórea. Esto puede generar la formación de edema tisular y excesiva ganancia de peso, con consecuencias deletéreas a corto y mediano plazo.¹²

FENÓMENO ISQUEMIA-REPERFUSIÓN

Durante la CEC la disminución de flujo sanguíneo lleva a las células a un periodo de hipoxia, donde se emplea la vía anaeróbica para la producción de energía. La acumulación de hidrogeniones durante la isquemia tanto a nivel celular como extracelular, favorece la aparición de la acidosis metabólica durante la circulación extracorpórea.¹³

Al ser inhibida la fosforilación oxidativa durante la isquemia, la célula necesita obtener ATP a través de la glicólisis anaerobia. Esto lleva a que se incrementen los niveles de lactato y se produzca acidificación del citosol. En su intento por restablecer el pH normal, la célula expulsa los hidrogeniones (H⁺) y los cambia por sodio (Na⁺), empleando el intercambiador sodio/hidrogenión (INH). El sodio acumulado es intercambiado a su vez por calcio a través del intercambiador sodio-calcio (INC), incrementando el calcio intracelular, elevando los hidrogeniones en el espacio extracelular y disminuyendo el pH. Condiciona además la generación de diferentes metabolitos (lactato, radicales libres, etc.) tóxicos para la célula.

(Figura 1 y 2).

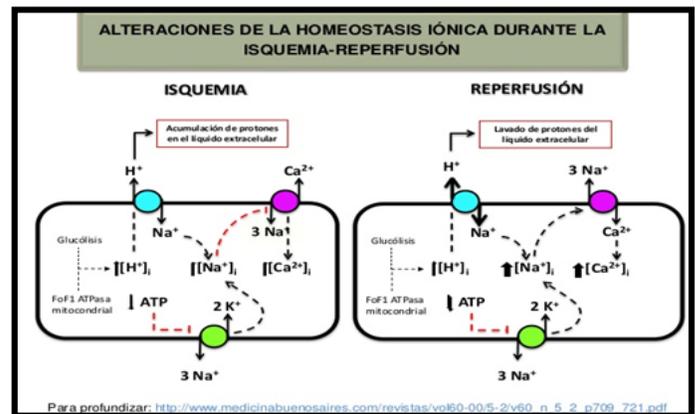


Figura 1. Alteraciones de homeostasis iónica durante la isquemia-reperfusión.

Estos fenómenos que llevan a la excesiva acumulación de calcio en la matriz mitocondrial, puede desencadenar la respuesta del poro de transición de permeabilidad mitocondrial (PTPm). El daño mitocondrial durante la isquemia, evita que la mitocondria transfiera eficientemente electrones, con lo cual se incrementa la producción de radicales libres de oxígeno (RLO). Estos últimos pueden interactuar con una serie de proteínas mitocondriales dañadas, incluyendo los componentes de la cadena de transferencia de electrones y causar peroxidación lipídica, lo que produce daño estructural y funcional, llevando a incremento del calcio intracelular (Figura 2).

Una vez finalizada la reparación o paliación quirúrgica y reactivado el aporte de flujo sanguíneo, se produce un lavado de los hidrogeniones acumulados en el espacio extracelular, normalizando el pH y desencadenándose una cascada de eventos moleculares y celulares pro inflamatorios con potencial de toxicidad. Este fenómeno denominado daño por isquemia reperfusión, tiene efectos importantes sobre los diferentes órganos como cerebro, corazón, pulmón, riñón, hígado e intestino.¹⁴

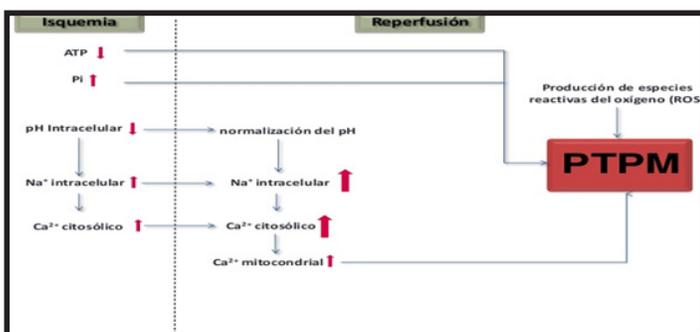


Figura 2. Mecanismo de daño por isquemia-reperfusión

RESPONSABILIDADES DEL PERFUSIONISTA

Entendiendo que el paciente que amerita cirugía cardiovascular bajo el apoyo de circulación extracorpórea, se encuentra ante la posibilidad de desarrollar acidosis metabólica y láctica a través de múltiples mecanismos; es indispensable que el perfusionista lleve a cabo un análisis de las posibles causas.

Los párrafos anteriormente desarrollados permiten entender, que no siempre la acidosis metabólica intraoperatoria es igual a administración inmediata del bicarbonato de sodio, en su lugar, la conducta apropiada es la de analizar la condición clínica del paciente y establecer el tratamiento más acertado. Por tanto, las acciones dirigidas a evitar o contrarrestar la acidosis metabólica en cirugía cardíaca deben llevarse a cabo previo a la cirugía, durante y posterior a la misma.

PRE-CIRUGÍA

Antes del inicio de la CEC, el perfusionista debe llevar a cabo el cebado del circuito extracorpóreo con soluciones electrolíticas balanceadas (Plasmalyte, Multilites, Ringer) mezcladas con bicarbonato. Esto produce un cristaloiide con bicarbonato que aporta sodio y osmolaridad adecuadas. Cada centro hospitalario realiza el cebado del circuito según protocolos establecidos. Algunos especialistas proponen emplear una solución de cebado con bicarbonato en 25 mEq/l, un sodio alrededor de 135 mEq/l y una osmolaridad cercana a los 266 mOsm/l. El añadido de bicarbonato al cebado, previene la acidosis dilucional al inicio de la circulación extracorpórea. Por otra parte, el mantener la osmolaridad de la solución cercana a la del plasma, evita el paso de agua libre del espacio intracelular al extracelular para alcanzar el equilibrio osmolar e impide la dilución del volumen extracelular.

En pacientes pediátricos en los que se utiliza el cebado hemático recordar la carga ácida aportada por los eritrocitos almacenados. Para neutralizar el efecto de la carga ácida, algunos autores sugieren administrarse al cebado 5-10 mEq de bicarbonato de sodio.²

DURANTE LA CIRUGÍA

El objetivo principal durante la circulación extracorpórea, es mantener un adecuado transporte de oxígeno tisular que disminuya al mínimo el compromiso orgánico, mientras se realiza la cirugía cardíaca. En condiciones fisiológicas el gasto cardíaco se regula según las necesidades metabólicas del organismo: si incrementan las necesidades metabólicas, el gasto cardíaco se incrementará. Sin embargo, cuando se coloca a un paciente en CEC, este balance metabólico descrito se modifica. En lugar de ser controlado por un mecanismo de retroalimentación metabólica, el gasto cardíaco será determinado por el perfusionista, quien decidirá el gasto cardíaco ideal según la edad y condición clínica del paciente.

Para mantener el flujo sanguíneo adecuado durante la cirugía, deben tomarse en cuenta diversas condiciones no fisiológicas tales como hipotermia y hemodilución; pues tienen un impacto sobre los requerimientos de flujo en cada paciente. Por otra parte la valoración del transporte y consumo de oxígeno, así como la generación de dióxido de carbono (CO_2) durante la cirugía; representan una medida de la óptima perfusión tisular y la producción de energía anaeróbica.¹⁵

Mientras la oxigenación tisular sea adecuada, se mantendrá un equilibrio metabólico y ácido base dentro de límites normales. Pero si hay un deterioro global o regional del transporte de oxígeno durante la CEC, resultará en aparición de acidosis metabólica, aumento del CO_2 , consumo de bicarbonato e hiperlactatemia.¹⁶

La presencia de acidosis metabólica en el paciente durante la circulación extracorpórea podría estar determinada por una pobre perfusión, por lo cual debe tomarse en consideración el incremento del flujo como una estrategia terapéutica cuando se presenta esta condición; y no sólo recurrir al uso de bicarbonato para corregir el pH. Pues la corrección artificial del bicarbonato empleando bicarbonato de sodio, puede enmascarar la insuficiente oxigenación resultante de una perfusión inadecuada.^{2,6}

La perfusión insuficiente produce un desequilibrio entre el aporte y la demanda del oxígeno, lo que genera hipoxia tisular. La disminución de la disponibilidad de oxígeno se traduce en un aumento del metabolismo anaerobio, con producción de lactato e hidrogeniones, derivando en acidosis metabólica e hiperlactatemia. La magnitud de la acidosis y de la hiperlactatemia se correlaciona directamente con el desarrollo de falla multiorgánica poscirugía cardíaca.¹⁷

Para corregir la acidosis metabólica secundaria a alteraciones de la perfusión y de la oxigenación tisular durante la CEC; el perfusionista tiene disponible diversas estrategias que incluyen: incrementar el flujo sanguíneo, aumentar la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2), disminuir la presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2) ó cambiar la estrategia de perfusión de Alfa stat a pH stat según sea el caso.⁶

¿Cómo corregir la acidosis metabólica durante la cirugía cardíaca si hemos determinado que el déficit de bicarbonato es la causa?

Para acidosis metabólica por pérdida de hidrogeniones se pueden aplicar las siguientes fórmulas:¹⁸

1. Por descenso en el déficit de base: Administrar 1 mEq/l por cada descenso en el déficit de base. Sólo debe administrarse si el déficit de base es mayor o igual a -4. Recuerde considerar como volumen total la suma del volumen circulante del paciente y del cebado.

2. Cálculo del déficit de bicarbonato: $0,4 \times (\text{bicarbonato deseado} - \text{bicarbonato actual}) \times \text{peso en kg}$. En acidosis extremas (bicarbonato menor o igual a 5 mEq/l) sustituir el valor x 0,6 o 0,8.

3. Fórmula de Astrup-Mellemgard: el cálculo del déficit de bicarbonato sódico se hace con esta fórmula clásica. Dosis de Bicarbonato (mEq): exceso de base (EB) \times peso kg \times 0,3.

4. Miliequivalentes de bicarbonato de sodio a administrar (mEq HCO_3^-): peso kg \times 0,3 + volumen de cebado \times exceso de base (EB)/2.

5. Dosis usual de bicarbonato: 1 mEq \times kg de peso. La administración del bicarbonato debe ser realizada siempre evitando la administración brusca del mismo y monitorizando los valores de sodio sérico. El uso excesivo de bicarbonato puede generar diversas complicaciones. En primer lugar la generación de alcalosis que desvía la curva de disociación de oxihemoglobina hacia la derecha, aumentando su afinidad por el oxígeno y disminuyendo la liberación de oxígeno a los tejidos. En segundo lugar produce hipernatremia e hiperosmolaridad, lo que resulta en fallo multiorgánico, con especial afección de riñones y cerebro. Si el sodio se eleva rápidamente por el bicarbonato de sodio en el cebado o por su administración posterior, puede producirse mielinolisis pontina central.

El compromiso neurológico producido por la administración excesiva de bicarbonato, se manifiesta con alteraciones del tono muscular y movimientos anormales de las extremidades; lo que puede llegar a ser confundido en los primeros días del postoperatorio con la Corea postbomba. Esta última es producida por isquemia de áreas ganglio basales y subcorticales profundas; alcanzando una mortalidad postoperatoria cercana al 46%.¹⁹

El exceso de bicarbonato se transforma en dióxido de carbono, el cual puede difundir a las células miocárdicas y cerebrales, contribuyendo a la acidosis intracelular.¹ El exceso de CO_2 puede generar aumento de la resistencia vascular pulmonar y empeorar la condición clínica en pacientes con hipertensión pulmonar.

En cuanto a aspectos técnicos se refiere, la administración rápida de bicarbonato puede formar émbolos gaseosos de CO_2 , los cuales pueden disparar la alarma en el detector de burbujas.²

POST-CIRUGÍA

Al finalizar la cirugía cardíaca, deben tomarse en consideración individualizando el caso clínico los siguientes aspectos: las even-

tualidades que se presentaron, el uso de hemodilución, el volumen total administrado de líquidos durante el procedimiento, el tipo de cristaloides empleados, las cifras de electrolitos séricos, cifras de hemoglobina del paciente y los valores de pH y bicarbonato.

El volumen total de sangre durante la CEC puede ser controlado empleando la ultrafiltración modificada. Con esta técnica el exceso de fluido, así como los mediadores inflamatorios son eliminados de la sangre remanente después de la terminación de la CEC; lo que puede llevar a mejorar además la hemostasia del paciente y reducir las tasas de transfusión de hemoderivados.^{10,20}

Es bien sabido que una intervención quirúrgica dispara la respuesta metabólica al trauma, caracterizada por la liberación de hormonas, aumento de la liberación de cortisol, resistencia a la insulina, aumento de catecolaminas, proteólisis y un consiguiente aumento del consumo de oxígeno tisular, lo que aumenta el riesgo quirúrgico y la morbimortalidad perioperatoria. Una rápida recuperación del déficit de oxígeno mediante una terapia dirigida a metas (antes de que se establezca la falla orgánica), reduce la mortalidad.

De modo que la optimización de la hemodinamia del paciente, debe iniciarse en esta etapa para prevenir la hipoperfusión tisular. Asegurar una adecuada hemoglobina, el aporte de inotrópicos y vasopresores, así como corregir la acidosis metabólica por pérdida de hidrogeniones constituyen objetivos terapéuticos que contribuyen a mejorar la sobrevida en el postoperatorio.²¹

Mención especial tiene la aparición de acidosis dilucional al finalizar la cirugía cardíaca y que puede perpetuarse en el postoperatorio. Esto puede generar la formación de edema tisular y excesiva ganancia de peso, lo que produce deterioro en la cicatrización de la herida quirúrgica, incremento del tiempo en ventilación mecánica y prolongación de la hospitalización en la unidad de cuidados intensivos. En este caso no es la hipovolemia o la hipoperfusión las que producen a acidosis metabólica, sino el uso excesivo de solución salina que conduce a hipercloremia. Por tanto, la medición del cloro en casos de acidosis metabólica persistente sin respuesta al aporte de volumen y/o la administración del bicarbonato, ayudan a definir la conducta y evitar la iatrogenia.⁴

Consideración especial tiene entonces la restricción de líquidos y el aporte de soluciones tipo Ringer Lactato (con una menor proporción de sodio y cloro), en lugar de solución salina normal, lo que constituye el tratamiento de la acidosis dilucional.⁹

Debemos recordar que debe evitarse la administración excesiva y rápida del bicarbonato inmediatamente previo al destete de la CEC. Esto puede resultar en reducción de la resistencia vascular sistémica generando vasodilatación, disminución del flujo sanguíneo cerebral y de la función cardíaca, lo que se traduce en hipotensión, valores disminuidos de oximetría cerebral medida por espectroscopia infrarroja cercana (Siglas en inglés NIRS) y bajo gasto cardíaco después del destete de circulación extracorpórea.²²

Finalmente cuando se administra bicarbonato simultáneamente con catecolaminas, estas últimas pueden ser inactivadas generando compromiso hemodinámico. Esto lleva a la escalada del uso de fármacos inotrópicos y vasoactivos adicionales para estabilizar al

paciente a la salida de la CEC.²³ Debemos concluir recordando la etiología multifactorial de la acidosis metabólica intraoperatoria en cirugía cardíaca que incluye la producción metabólica de ácidos durante los fenómenos de isquemia-reperusión, hipovolemia, hipoperfusión tisular, administración excesiva de fluidos (acidosis dilucional), presencia de acidosis láctica y por disminución iatrogénica del bicarbonato durante la CEC. Es de vital importancia emplear las técnicas de perfusión y protección miocárdica adecuadas, considerar el volumen total (el de la bomba y el volumen circulatorio del paciente), evitar administración excesiva de líquido, empleo adecuado de la ultrafiltración y el uso racional del bicarbonato, con mediciones frecuentes del mismo durante la circulación extracorpórea. El empleo inadecuado del bicarbonato puede generar complicaciones hemodinámicas, respiratorias, renales, metabólicas y neurológicas a corto y mediano plazo; que contribuyen a prolongar el tiempo en ventilación mecánica y la permanencia en la unidad de cuidados intensivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Doberer D, Funk GC. A critique of stewart's approach: the chemical mechanism of dilutional acidosis. *Intensive Care Med.* 2009; 35 (12): 2173-2180.
 - 2- Grist G. Other perfusión responsibilities: safe use of bicarb. *AmSECTODAY.* 2017; march-april: 24-25.
 - 3- Osthaus W, Sievers J, Breymann T, Suempelmann R. Bicarbonate buffered ultrafiltration leads to a physiologic priming solution in pediatric cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thoracic Surgery.* 2008; 7: 969-972. Disponible en: <http://academic.oup.com/icvts/article-abstract/>
 - 4- Langer T, Ferrari M, Zazzeron L, Gattinoni L, Caironi P. Effects of intravenous solutions on acid-base equilibrium: from crystalloids to colloids and blood components. *Anesthesiol Intensive Ther.* 2014 Nov-Dec; 46 (5): 350-360.
 - 5- Cerro M, Mendez M. Protocolo de perfusión. *Revista española de perfusión.* Segundo semestre 2009, 47:5-26. Disponible en www.aep.es
 - 6- Serrano F. circulación extracorpórea y protección miocárdica pediátrica: ¿son especiales? *Cirugía cardiovascular.* 2014; 21 (2): 79-85.
 - 7- De Freitas N, Martins D, Falci F. Determinantes de Complicaciones Neurológicas en el Uso de la Circulación Extracorpórea. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(6): e151-e157.
 - 8- Nichols D, Ungerleider R, Spevak P, Greeley W, Cameron D, Lappe D, Wetzel R. *Critical heart disease in infants and children.* 2006, 507-528. Second edition, Mosby Inc. an affiliate of Elsevier Inc.
 - 9- Turner K, Fisher E, Hade E, Houle T, Rocco M- The role of perioperative sodium bicarbonate infusión affecting renal function after cardiothoracic surgery. *Frontiers in pharmacology.* 2014,5(127):1-7. Doi:10.3389/fphar.2014.00127.
- Disponible en www.frontiersin.org.
- 10- Ranucci M, Barishnikova E, Simeone F, Ranucci M, Scolletta S. Moderate degree acidosis is an independent determinant of postoperative bleeding in cardiac surgery. *Minerva Anesthesiol.* 2015; 81: 885-893.
 - 11- Soto A, Cedillo H, Fortuna J, Fierro L, Rivera J. Acidosis hiperclorémica asociada a reanimación hídrica con cristaloides: evaluación mediante un modelo matemático a su ingreso a UCI. *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva.* 2010; 24 (4): 167-172, disponible en: www.medigraphic.org.mx
 - 12- Soriano R, Gomez M, Olvera C, Aguirre J, Franco J. Brecha de iones fuertes en el shock séptico. *Revista de la asociación mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva.* Octubre-diciembre 2011;25 (4): 255-261. www.medigraphic.org.mx
 - 13- Ballinger WF 2nd, Vollenweider H, Pierucci L Jr, Templeton JY 3rd. Anaerobic metabolism and metabolic acidosis during cardiopulmonary bypass. *Ann Surg* 1961;153: 499-506.
 - 14- Clermont G, Vergely C, Jazayeri S, et al. Systemic free radical activation is a major event involved in myocardial oxidative stress related to cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology.* 2002; 96: 80-87.
 - 15- De Somer, F. What is optimal flow and how to validate this. *J Extra Corpor Technol.* 2007; 39 (4):278-280.
 - 16- Minton J, Sidebotham D. Hyperlactatemia and cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol.* 2017; 49 (1):7-15.
 - 17- Bilbao J. Cirugía cardiovascular. Un modelo biológico de distintos tipos de shock. *Prosac.* 2014; 10 (2): 1-8.
 - 18- Albalade M, Sequera P, Alcázar R, Corchete E, Puerta M, Ortega M. Algoritmos en nefrología. Módulo I: trastornos hidroelectrolíticos y del equilibrio ácido base. *Sociedad Española de Nefrología.* 2011 (1): 1-42. Disponible en www.elsevier.es
 - 19- Marino B, Lipkin P, Newburger J, Peacock G, et al. Neurodevelopmental outcomes in children with congenital heart disease: evaluation and management a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2012;126 (9): 1143-1172.
 - 20- Boer C, Meesters M, Milan M, Benedetto U, Bolliger D, Von Heymann C, Jeppsson A, et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *Journal of Cardiothoracic and vascular anesthesia.* 2017, 6 (26): 1-33. <http://dx.doi.org/10.1053/j.jvca.2017.06.026>. Disponible en: www.jvcaonline.com
 - 21- Cecconi M, Corredor C, Arulkumaran N, Abuella G, et al. Clinical Review: Goal Directed Therapy. What is the evidence in surgical patients? The effect on different risk groups. *Crit Care.* 2013;17: 209-213.
 - 22- Scheeren T, Schober P, Schwarte L. monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): background and current applications. *Journal Clinical Monitoring and computing.* 2012;26 (4): 279-287. doi:10.1007/s10877-012-9348-y. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
 - 23- Velissaris D, Karamouzou V, Pierrakos C, Koniari I, Apostolopoulou C, Karanikolas M, Use of sodium bicarbonate in cardiac arrest: Current Guidelines and Literature Review. *J Clin Med Res.* 2016;8 (4): 277-283.

TEST EN BOMBA

REFRESCA TUS CONOCIMIENTOS

1. UNA CÉLULA SE ENCUENTRA POLARIZADA CUANDO:

- a) Está en su estado positivo.
- b) Cuando tiene potasio.
- c) Cuando está en su estado negativo.

2. ¿DÓNDE ACTÚA EL POTASIO EN EL POTENCIAL DE MEMBRANA?

- a) En la repolarización a -90 mV.
- b) En la despolarización a -60 mV.

3. LA LIDOCAÍNA CONTRIBUYE CON LA PARADA CARDÍACA POR:

- a) Actúa en una fase más negativa del potencial de membrana que el potasio.
- b) Compite con los receptores del calcio.

4. EN LA CURVA DE DISOCIACIÓN DE LA HEMOGLOBINA, QUE ESTÉ DESVIADA A LA IZQUIERDA SIGNIFICA:

- a) Que hay un estado de baja temperatura, por lo que el oxígeno está más unido a la hemoglobina.
- b) Que el oxígeno está libre.
- c) Que el hematocrito está bajo.

5. LAS CORONARIAS SON PERFUNDIDAS EN:

- a) Sístole.
- b) Diástole.
- c) Ambas.

6. ¿QUÉ ORGANELA MANEJA LA MAYOR PARTE DEL CALCIO DENTRO DE LA CÉLULA?

- a) Mitocondria.
- b) Retículo sarcoplásmico.

7. LA PROPORCIÓN DE LA CARDIOPLEJIA DEL NIDO ES:

- a) 1:4.
- b) 4:1.
- c) Solo cristaloides.

8. LAS CARDIOPLEGIAS EXTRACELULARES, SON AQUELLAS QUE SU COMPOSICIÓN ES IGUAL A LA COMPOSICIÓN DE LOS ELECTROLITOS EN EL INTERIOR DE LA CÉLULA:

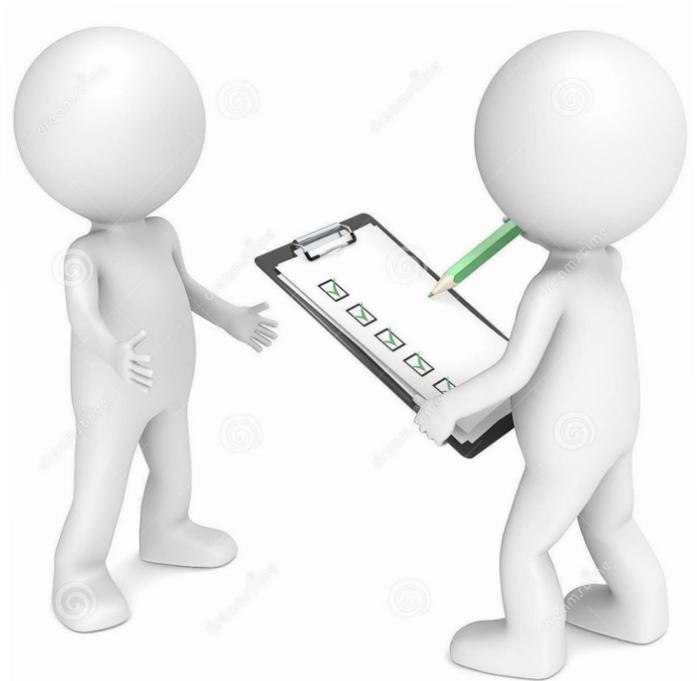
- a) Verdadero.
- b) Falso.

9. ¿QUÉ ESCENARIO OFRECE MENOR CONSUMO ENERGÉTICO?

- a) Corazón latiendo en vacío (bypass total).
- b) Óptimo drenaje del VI a través de un *vent* o aspirador de cavidad.
- c) Fibrilación.
- d) Solo a y b son ciertas.

10. LA TÉCNICA *Hot Shot* SE REALIZA PARA:

- a) Administrar cardioplegia con potasio a 37 °C.
- b) Barrer radicales libres entre otros con sangre caliente a 37 °C.
- c) Eliminar el potasio con solución cristaloides a 37 °C.



RESPUESTAS:
1) A; 2) A; 3) A; 4) A; 5) B; 6) B; 7) A; 8) B; 9) D; 10) B

NORMAS DE PUBLICACIÓN

La revista En Bomba es una revista digital internacional dedicada a la publicación de artículos científicos y de opinión dentro del campo de la circulación extracorpórea, la cirugía cardiovascular y los cuidados intensivos.

Es una publicación oficial de la Asociación Latinoamericana de Perfusión (ALAP). Publica artículos en idioma español e inglés. Con una frecuencia de tres números por año en las secciones de artículo editorial, artículos originales, artículos de revisión, caso clínico, artículo de opinión, imágenes, cartas al editor y test En Bomba.

En Bomba publica sus contenidos a texto completo en la siguiente dirección electrónica: <https://www.asociacionalap.com/> En Bomba es una revista que sigue el principio de acceso libre a todos los contenidos publicados en ella.

Todas las contribuciones originales serán evaluadas antes de ser aceptadas, por revisores expertos designados por los editores. El envío de un artículo a la revista implica que es original y que no ha sido previamente publicado ni está siendo evaluado para su publicación en otra revista. Los artículos editoriales y artículos de revisión se publicarán solo previa solicitud por parte del Editor.

Los trabajos admitidos para publicación quedan en propiedad de ALAP y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. El autor de correspondencia deberá cumplimentar la carta de cesión de estos derechos una vez que el artículo haya sido aceptado.

Envío de manuscritos

Los manuscritos para En Bomba se enviarán a través de la página web www.asociacionalap.com en la pestaña Revista En Bomba. Para enviar un manuscrito solo tiene que entrar en dicha página y seguir las instrucciones de la pantalla. En caso de duda, ponerse en contacto con la siguiente dirección editor@asociacionalap.com

Responsabilidades éticas

Los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (www.icmje.org).

Los trabajos que se envían para su evaluación, deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica:

(Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial revisada recientemente): [<https://www.wma.net/es/politicas-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>] y con animales de laboratorio de la Sociedad Americana de Fisiología, disponible en <http://www.the-aps.org/mm/Science-Policy/AnimalResearch/Animal-Research-Intro>

Los estudios aleatorizados deberán seguir las normas CONSORT 2010 disponibles en:

http://www.consort-statement.org/Media/Default/Downloads/Translations/Spanish_es/Spanish%20CONSORT%20Statement.pdf

Autoría

En Bomba se adhiere a los criterios de autoría de los artículos científicos definidos por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, por los que todo autor ha de cumplir cada una de las siguientes características:

- Contribuir sustancialmente a la concepción y el diseño, adquisición de datos, o su análisis e interpretación.
- Redactar el artículo o hacer una revisión crítica de su contenido intelectual.
- Dar la aprobación final a la versión que se publicará.
- Acceder a asumir responsabilidades sobre todos los aspectos del artículo y a investigar y resolver cualquier cuestión relacionada con la exactitud y veracidad de cualquier parte del trabajo.

Consentimiento informado

Si se reproducen fotografías o datos de pacientes, éstos no deben ser identificativos del sujeto. En todos los casos, los autores deben haber obtenido el consentimiento informado escrito del paciente que autorice su publicación, reproducción y divulgación en soporte papel y en Internet en la revista En Bomba.

Asimismo, los autores son responsables de obtener los oportunos permisos para reproducir en la revista material (texto, tablas o figuras) publicado previamente. Estos permisos deben solicitarse tanto al autor como a la editorial que ha publicado dicho material.

Conflicto de intereses

Cada uno de los autores deberá cumplimentar el documento específico del conflicto de intereses disponible en la pestaña de: Revista En Bomba bajo el título: Formulario conflicto de interés.

Protección de datos

Los datos de carácter personal que se solicitan, van a ser tratados en un fichero automatizado del que es titular ALAP con la finalidad de gestionar la publicación del artículo redactado por Ud. en la revista.

Salvo que indique lo contrario, al enviar el artículo Ud. autoriza expresamente que sus datos relativos a nombre, apellidos, dirección profesional y correo electrónico sean publicados en la revista En Bomba, así como en la página web de la revista, con la finalidad de que se conozca la autoría del artículo y de que los lectores se puedan comunicar.

Instrucciones para los autores

Se considerarán para publicación los artículos sobre metodología de estudios que cumplan con las siguientes normas:

- Estudio prospectivo aleatorizado doble ciego (o ciego en casos concretos éticos o irrefutables).
- Disponer del consentimiento del Comité Ético y de Investigación de la Institución.
- Disponer del consentimiento firmado del paciente.
- Acreditar financiación para su ejecución.

Todos los manuscritos se adecuarán a las normas de publicación.

Se entiende que el autor de correspondencia de la publicación, se responsabiliza de la normativa y que el resto de los autores conoce, participa y está de acuerdo con el contenido del manuscrito.

1. Artículos originales:

Presentación del documento

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas.

Tiene una extensión máxima de 5000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Consta de dos documentos: primera página y manuscrito. El manuscrito sigue el siguiente orden: a) resumen estructurado en español y palabras clave; b) resumen estructurado en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

Primera página

- Título completo en español e inglés (menos de 150 caracteres incluyendo espacios).
- Nombre y apellido de los autores.
- Centro de procedencia (departamento, institución, ciudad y país) y fuente de financiación, en su caso.
- Dirección postal completa del autor a quien debe dirigirse la correspondencia, teléfono, fax y dirección electrónica.
- Se especificará el número total de palabras del manuscrito (excluyendo únicamente las tablas).

Resumen estructurado

El resumen, con una extensión máxima de 250 palabras, estará estructurado en cuatro apartados: a) Introducción y objetivos; b) Métodos; c) Resultados, y d) Conclusiones. Debe ser comprensible por sí mismo y no debe contener citas bibliográficas.

No se aceptarán abreviaturas, excepto las unidades de medidas. Se aceptarán acrónimos de nombres de estudios, ensayos, registros y escalas sin desarrollar la primera vez, siempre y cuando estén ampliamente difundidos en la literatura. Se incluirán al final entre 3 y 10 palabras clave en español y en inglés. Para las palabras clave se sugiere el uso de términos establecidos descritos en los Descriptores en Ciencias de Salud, DeCS para el idioma español (disponible en: <http://decs.bvsa-lud.org/>) y los Medical Subject Headings, MeSH (para el idioma inglés disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/mesh/>).

Se incluirá traducción al inglés del resumen y de las palabras clave, con idéntica estructuración.

Texto

Constará de los siguientes apartados: a) Introducción; b) Métodos; c) Resultados; d) Discusión, y e) Conclusiones, cada uno de ellos adecuadamente encabezado. Se utilizarán subapartados adecuadamente titulados para organizar cada

uno de los apartados.

Se utilizarán un máximo de 6 abreviaturas, que serán convenientemente explicadas en forma de cuadro. Deberá remitiarse la traducción de este cuadro al inglés.

Los agradecimientos figurarán al final del texto.

Bibliografía

Las referencias bibliográficas se citarán en secuencia numérica, en formato superíndice, de acuerdo con su orden de aparición en el texto. Se emplearán números arábigos preferiblemente al final de la oración después del signo de puntuación. En el caso de que se citen secuencias consecutivas de referencias, no será necesario incluirlas todas ej. (se citan: 1, 2, 3, 4 solo sería necesario incluir 1-4); de no ser consecutivas solo se separarán por (“”).

No se incluirán, entre las citas bibliográficas, comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado. Todo ello, sin embargo, puede estar incluido entre paréntesis, dentro del texto.

El 70% de las referencias bibliográficas deben ser de publicaciones realizadas dentro de los últimos 5 años.

Si se citaran abstracts de menos de 2 años de antigüedad, se les identificará con: [abstract], colocado después del título.

Para la referencia a revistas médicas se utiliza la versión oficial abreviada del título de la revista.

El estilo y puntuación de las referencias sigue el formato sugerido por el International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver) que se recomienda en: https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html.

Por ejemplo:

Revista médica.

Lista de todos los autores. Si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros, añadiendo la partícula latina et al. Ejemplo:

1. González M, Ruiz Ros JA, Pérez-Paredes M, Lozano ML, Giménez DM, Martínez-Corbalán F, et al. Efecto de la administración precoz de pravastatina en los valores de proteína C reactiva y de interleucina 6 en la fase aguda del infarto de miocardio con elevación del segmento ST. *Rev Esp Cardiol.*2004;57:916-23.

Capítulo en libro.

Autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial y páginas. Ejemplo:

23. Nabel EG, Nabel GJ. Gene therapy for cardiovascular disease. En: Haber E, editor. *Molecular cardiovascular medicine*. New York: Scientific American; 1995. p. 79-96.

Libro.

Cite las páginas específicas. Ejemplo:

30. Cohn PF. Silent myocardial ischemia and Infarction. 3rd ed. New York: Mansel Dekker; 1993. p. 33.

Material electrónico

Artículo de revista en formato electrónico.

Ejemplo:

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs.* [serie en internet]. 2002 Jun [citado 12 Ago 2002];102(6): [aprox. 3 p.]. Disponible en: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/Wawatch.htm>

La bibliografía se remitirá como texto estándar, nunca como notas al pie. No se aceptarán los códigos específicos de los programas de gestión bibliográfica.

Figuras

Las figuras correspondientes a gráficos y dibujos se enviarán en formato TIFF o JPEG preferentemente, con una resolución no inferior a 300 dpi y utilizando el color negro para líneas y texto. Estarán ordenadas con números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

Las gráficas, símbolos, letras, etc., serán de tamaño suficiente para poderse identificar claramente al ser reducidas. Los detalles especiales se señalarán con flechas, utilizando para estos y para cualquier otro tipo de símbolos el trazado de máximo contraste respecto a la figura.

En los pies de figuras se identificarán las abreviaturas empleadas, por orden alfabético.

Las figuras no deben incluir datos que permitan conocer la procedencia del trabajo o la identidad del paciente. Las fotografías de personas deben realizarse de manera que no sean identificables (no solo es suficiente el uso de la barra negra sobre los ojos del paciente), o se adjuntará el consentimiento de su uso por parte de la persona fotografiada.

Tablas

Se numerarán con números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

Cada tabla se escribirá a doble espacio en una hoja aparte, preferiblemente en formato Microsoft Excel u otro que facilite su edición posterior por la revista.

Debe incluirse un título en su parte superior y en la parte inferior se deben describir las abreviaturas empleadas por orden alfabético. El contenido es autoexplicativo y los datos que se incluyen no figuran en el texto ni en las figuras.

2. Artículos de revisión:

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas.

Tendrá una extensión máxima de 5 000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. El manuscrito sigue el siguiente orden: a) resumen en español y palabras clave; b) resumen en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

Resumen

El resumen, no es necesario que sea estructurado, tendrá una extensión máxima de 250 palabras, y contendrá en un solo párrafo: Introducción y objetivos, métodos, discusión

y conclusiones. Es comprensible por sí mismo y no contiene citas bibliográficas.

El resto de los acápites se estructurarán de igual manera que en los artículos originales.

3. Casos clínicos:

Los artículos enviados a esta sección tendrán una extensión máxima de 3000 palabras contadas a partir de la página frontal y excluyendo las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. El manuscrito debe seguir el siguiente orden: a) resumen en español y palabras clave; b) resumen en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

El texto se distribuirá en las siguientes secciones: Introducción, presentación del caso, discusión y conclusiones.

4. Artículo de opinión:

En esta sección se recibirán artículos de opinión o consenso, así como aquellos de índole social o histórico que sean de común interés para la profesión y la región. Los criterios expresados en estos manuscritos no necesariamente reflejan la posición o criterio de la revista, ni de la ALAP.

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas.

Tendrá una extensión máxima de 3 000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. En el manuscrito se incluirá el texto. Los acápites quedan a discreción del autor, no se requiere el envío de resúmenes para estos artículos.

5. Imágenes:

En esta sección se recibirán artículos con imágenes representativas consideradas de interés científico para la profesión.

El envío debe incluir un primer documento donde se incluya la información general, solicitada para los otros artículos, sólo se aceptará un máximo de tres autores.

Se aprobará un máximo de tres imágenes en formato JPG o TIFF, con un tamaño no mayor de 10 MB. En el caso de audiovisuales (video) un fichero digital cuya resolución mínima debe ser de 720 píxeles y una duración de no más de 15 minutos. Se recomienda en formato MPG con un tamaño no mayor de 50 MB.

Las imágenes se enviarán con un texto explicativo de no más de 250 palabras, acompañado de palabras clave en idioma español e inglés. Todas las señalizaciones o marcas en las imágenes deben estar explicadas en el texto.

6. Cartas al editor:

Debe remitirse a este apartado la correspondencia sobre temas editoriales o relacionada con artículos publicados en la

Revista. Solo se admitirán para valoración las cartas recibidas en las 8 semanas posteriores a la publicación del artículo de referencia y que no incluyan datos originales. Excepto en los casos que se publique en esta sección por encargo del Comité Editorial de la Revista.

El envío debe hacerse en dos documentos, en la primera debe incluirse la información solicitada sobre los autores y el título en idioma español e inglés, según las normas descritas para los artículos originales, incluyendo un máximo de cuatro autores.

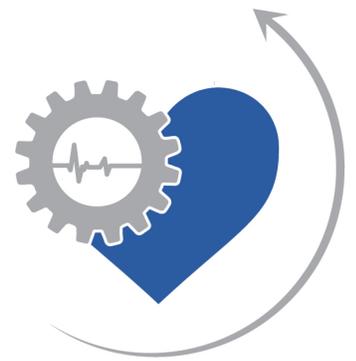
El manuscrito tendrá una extensión máxima de 800 palabras, dos figuras o imágenes y ninguna tabla.

7. Test En Bomba

En esta sección fija de la revista se publicará un cuestionario de tipo test, para ayudar a la formación continuada de los perfusionistas. Las respuestas correctas serán publicadas en el mismo número, en la última página, siguiente junto al nuevo cuestionario.

C & A Service and Suppliers

We Maintain Productivity



Asesoramiento de compras de equipos y servicios de mantenimiento para equipos médicos nuevos y usados.

Trabajamos de la mano de **los perfusionistas** para llevar **el ritmo del corazón**



Century™

 CardioQuip