

Flujo pulsátil inducido por el balón de contrapulsación intraaórtico durante circulación extracorpórea. Revisión de literatura.

Pulsatile flow induced by the intra-aortic balloon pump during cardiopulmonary bypass. Literature review.

TINOCO GCA¹, BONAFANTE WT², CABALLERO EAH³, CHANG SY⁴, FREITAS ML⁴, ALVES FCG⁵, FIORELLI AI⁶.

1. Enfermera Perfusionista Doctora en Ciencias - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

2. Instrumentador Perfusionista - IQ Medical Sciences - San Juan/Colombia

3. Enfermero Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP- Bogota/Colombia

4. Biomédica Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

5. Enfermera Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

6. Director de la Unidad de Perfusion - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

RESUMEN

Introducción: Diferentes técnicas y dispositivos fueron desarrollados con el objetivo de imitar el flujo pulsátil durante la circulación extracorpórea, aunque, todos sin resultado. Los principales factores limitantes son la complejidad de los sistemas de CEC y el traumatismo a los elementos sanguíneos impuestos por ellos. Todavía, los beneficios del empleo de la contrapulsación han sido ampliamente resaltados en diferentes investigaciones clínicas. Una de las propuestas para obtener flujo pulsátil es la utilización del balón de contrapulsación intraaórtico durante la CEC. Sin embargo, pocos centros tienen por hábito mantener el BCIA con el objetivo de generar flujo pulsátil durante la CEC. **Objetivo:** Realizar un análisis crítico sobre la mantención del BCIA activado durante la CEC. Para eso, fue realizada una revisión de literatura. **Resultados:** La utilización del flujo pulsátil inducido por el BCIA ejerce beneficios sobre la perfusión tisular con relación al flujo continuo y ningún efecto deletéreo fue asociado a la utilización del BCIA durante la CEC, sin embargo, la mayor parte de los estudios presentados no muestran diferencias significativas en la morbilidad y mortalidad asociada a la utilización de este abordaje. **Conclusiones:** De esta forma, se concluye que, a pesar de haber controversias en cuanto a las ventajas del empleo de flujo pulsátil producido por el BCIA durante la CEC, esta práctica se trata de un terreno fértil para investigaciones futuras, teniendo en cuenta las posibilidades de obtener un patrón de flujo semejante al fisiológico durante a CEC.

Palabras clave: Balón de contrapulsación intraaórtico; Flujo pulsátil; Flujo continuo; Circulación extracorpórea y Procedimientos Cardíacos.

SUMMARY

Introduction: Different techniques and devices were developed with the aim of imitating pulsatile flow during cardiopulmonary bypass (CPB), although all without result. The main limiting factors are the complexity of the CPB systems and the trauma to the blood elements imposed by them. Still, the benefits of using counterpulsation have been widely highlighted in different clinical investigations. One of the proposals to obtain pulsatile flow is the use of the intra-aortic counterpulsation balloon (IAPB) during the CPB. However, few centers have the habit of maintaining the BCIA with the aim of generating pulsatile flow during the CPB. **Objective:** To carry out a critical analysis on the maintenance of activated IAPB during the CPB. For this, a literature review was carried out. **Results:** The use of pulsatile flow induced by IAPB exerts benefits on tissue perfusion in relation to continuous flow without deleterious effect associated; however, most of the studies presented do not show significant differences in the morbidity and mortality associated with the use of this approach. **Conclusion:** In this way, it is concluded that, despite controversies regarding the advantages of using pulsatile flow produced by the IAPB during the CPB, this practice is fertile ground for future research, taking into account the possibilities to obtain a flow pattern similar to the physiological during CPB.

Key words: Intra-aortic balloon pump; Pulsatile flow; Continuous flow; Extracorporeal circulation and cardiac procedures.

INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la CEC ha traído un avance innegable para la cirugía cardíaca, aunque, todavía hay mucha necesidad de mejoría de este abordaje, una vez que muchos pacientes presentan una serie de problemas inducidos por esta práctica, incluyendo la disfunción neuropsicológica y daños a los órganos vitales. Estos problemas se deben a las intervenciones de la CEC sobre la fisiología basal del organismo como a la hemodilución, la hipotermia y la alteración del tipo de flujo sanguíneo proporcionado durante el procedimiento.^{1,2}

El tipo de flujo utilizado durante la CEC puede ser continuo o pulsátil. El flujo continuo es definido como flujo no pulsátil e independiente del gradiente de presión cíclica (sistólica y diastólica).³ Actualmente esta modalidad de flujo es la más comúnmente utilizada durante la CEC, a pesar de eso, existen desventajas relacionadas a esta práctica. El flujo continuo está asociado a una condición inevitable de vasoconstricción sistémica⁴, debido a la activación del sistema renina-angiotensina, a la secreción de catecolaminas, vasopresina y

otros vasoconstrictores.^{5,6} Este fenómeno puede perjudicar la perfusión tisular de los órganos vitales y asociarse a un peor resultado clínico de los pacientes sometidos a CEC.

La perfusión pulsátil es la perfusión fisiológica. Las dos diferencias fundamentales entre flujo pulsátil y no pulsátil son la arquitectura de las formas de ondas de presión del flujo (forma del complejo de flujo-presión) y el gradiente de energía. La superioridad del flujo pulsátil sobre el flujo no pulsátil durante la CEC se basa principalmente en la teoría de que la pulsatilidad imita el estado hemodinámico fisiológico, produciendo formas de ondas pulsátiles las cuales transmiten energía para el endotelio vascular.^{3,7,8} De esta forma, se promueve cizallamiento cíclico del endotelio lo que propicia la liberación de sustancias vasodilatadoras que confiere efectos benéficos asociados a la pulsatilidad. A pesar de esto, otros investigadores afirman que no hay diferencias en la recuperación de órganos vitales asociados al tipo de flujo utilizado durante la CEC.^{9,10} Parte de esta indefinición sobre

el beneficio del flujo pulsátil durante la CEC proviene de la imprecisión de los métodos utilizados para determinar cuales dispositivos pulsátiles realmente son capaces de transmitir la pulsatilidad por ellos generadas al paciente y de hecho resultar en un flujo pulsátil.^{11,12}

Varias tecnologías para generar flujo pulsátil ya fueron creadas: bombas de rodillo, bombas centrifugas, placas de compresión y bombas ventriculares, sin embargo, todas sin éxito. Estos equipos representan un costo superior a las tecnologías que generan flujo continuo, son más complejos y, además de eso, la onda de pulso generada por estas tecnologías, interactúa con los componentes del circuito de CEC los cuales, adsorben la energía hidráulica y de esta manera la amplitud de la onda que llega a la aorta es incapaz de generar un real flujo pulsátil.^{11,12} Adicionalmente la imprecisión de la evaluación del flujo pulsátil y la propagación ineficiente de la onda de pulso, la interacción entre la bomba pulsátil y el circuito de CEC se asocia a un mayor riesgo de microembolia gaseosa y a hemólisis.^{11,13-15}

Todavía, pacientes con disfunción sistólica de origen isquémico sometidos a cirugía de revascularización miocárdica, frecuentemente son encaminados para cirugía cardíaca con la instalación previa de BCIA debido a los beneficios comprobados de esta conducta. El BCIA es un dispositivo de soporte circulatorio mecánico temporal que tiene la finalidad de aumentar la oferta y reducir la demanda de oxígeno consumido por el miocardio. Este dispositivo es posicionado en la aorta descendente localizado aproximadamente 2 cm por debajo de la arteria subclavia. El actúa através de la contrapulsación generada por la insuflación de su cámara de gas (cebado por helio, un gas inerte), durante la diástole lo que desplaza un volumen de sangre por la aorta torácica y su desinsuflación en el inicio de la sístole, la cual genera un espacio muerto y disminuye la poscarga. Este proceso lleva a un incremento de cerca de 20% del gasto cardíaco y un aumento de la perfusión coronaria.¹⁶

Existen indicios de que el flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC, presenta efectos benéficos sobre la perfusión tisular y no se relaciona a efectos deletéreos.¹⁷⁻²³

Por otro lado, esta práctica representa potencial superior a las tecnologías pulsátiles extracorpóreas gracias a la propagación

de una mayor amplitud de onda de pulso y a la reducción de los riesgos de interacción con el circuito de la CEC. Para proporcionar el flujo pulsátil inducido por el balón de contrapulsación intraórtico, solo es necesario encender el dispositivo internamente a 80 latidos por minuto durante el período en que el corazón está detenido (pinzamiento aórtico).

Sin embargo, la inducción de flujo pulsátil a través del balón de contrapulsación representa un dilema para los cirujanos. Un estudio reveló que el 80,5% de los cirujanos cardíacos de Irlanda y Reino Unido desactivan el BCIA durante la CEC. Este hecho no ocurre aisladamente en estas regiones, es una realidad mundial.²⁴ De esta forma, el objetivo de este trabajo es investigar los efectos de la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en cirugía cardíaca por medio de una revisión sistemática de la literatura.

MÉTODO

Fue realizada una revisión sistemática de la literatura por medio de consulta en Pubmed con los siguientes descriptores: Balón de contrapulsación intraaórtico; Flujo pulsátil y Circulación extracorpórea. A partir de esta búsqueda fueron encontrados 25 artículos, y de estos fueron seleccionados respetando los siguientes criterios:

-Criterios de inclusión: Ensayos clínicos, escritos en lengua inglesa, presentan como tema central los efectos clínicos del uso de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en cirugía cardíaca y poseen texto completo disponible en Pubmed.

-Criterios de exclusión: Investigaciones experimentales o artículos de revisión, escrito en lengua no inglesa, tema diferente del propuesto en los criterios de inclusión y poseer apenas el resumen disponible en Pubmed.

De esta forma, fueron seleccionados 7 artículos científicos y descartados los otros 18 trabajos.

DESARROLLO

La producción del flujo pulsátil ha sido un desafío, pues, a pesar de inúmeros dispositivos creados para esta finalidad, ninguno de ellos se mostró eficaz. Dentro de las dificultades asociadas a este evento, está la inferencia del flujo pulsátil generado por la bomba pulsátil con el restante del circuito

de CEC. Este fenómeno, perjudica la propagación de onda de pulso y favorece la ocurrencia de microembolia gaseosa y hemólisis.^{11,14} Una alternativa para eludir la adsorción de onda de pulso por el circuito es la propagación de flujo pulsátil de forma interna en el organismo, así, ya no hay interferencia de la onda generada con el circuito de CEC.

En este sentido, teóricamente, la manutención del BCIA encendido en modo interno durante la CEC, puede propagar

el flujo pulsátil y favorecer la perfusión tisular^{17,19}, aunque, todavía existen dudas sobre el real beneficio de esta técnica, bien como posibles riesgos asociados a esta práctica.

Como forma de investigar el efecto de la utilización de flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC esta revisión de la literatura fue realizada. A partir de esto, fueron seleccionadas las mejores evidencias clínicas, a fin de aclarar los reales beneficios y bien como posibles desventajas asociadas a esta práctica.

TABLA 1: ARTÍCULOS SELECCIONADOS Y EL PRINCIPAL EFECTO CLÍNICO

Autor, año	Lugar	Muestra	Aleatorización	Observaciones
PERFUSIÓN CEREBRAL				
Kawahara, 1999	Japón	22	Sí	No tuvo diferencia en la perfusión cerebral con el flujo pulsátil, ya que no hay diferencia en la saturación cerebral entre los grupos.
PERFUSIÓN PULMONAR				
Onorati, 2006	Italia	50	Sí	La perfusión pulsátil inducida por el BCIA preservó significativamente la función pulmonar en pacientes con EPOC, demostrado por menor tiempo de intubación, mejor relación PaO ₂ / FiO ₂ y mejor compliancia del sistema respiratorio.
PERFUSIÓN RENAL				
Onorati, 2007	Italia	100	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA está asociada a mejor función renal durante la reperfusión miocárdica, demostrado por mayor depuración de creatinina.
SISTEMA DE COAGULACIÓN				
Onorati, 2008	Italia	96	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA comprobó un efecto benéfico sobre la coagulación, demostrado por menor gasto del tubo de tórax, menor necesidad de transfusión, menor INR y menor conteo de glóbulos blancos.
INFLAMACIÓN				
Onorati, 2009	Italia	40	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA demostró un efecto benéfico sobre la inflamación, pues, tuvo reducción de la activación de células endoteliales y mayor secreción de citoquinas antiinflamatorias.
PERFUSIÓN SISTÉMICA				
Onorati, 2009	Italia	80	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA en pacientes adultos mayores de 70 años sometidos a cirugía de revascularización miocárdica mejoró la perfusión sistémica de estos pacientes.
Onorati, 2009	Italia	158	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA comprobó una mejor perfusión sistémica de los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca.

BCIA: balón de contrapulsación intraaórtico; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FiO₂: fracción inspirada de oxígeno; PaO₂: presión arterial de oxígeno; INR: relación normalizada internacional.

Analizando los artículos seleccionados tenemos la publicación más antigua de 1999 y la más reciente de 2009. El autor que más publicó sobre este tema fue Onorati, en Italia. Dentro los 7 artículos elegidos, 6 son de este autor y todos los artículos

son estudios clínicos aleatorizados. El mayor número de muestra es de 158 pacientes y el menor es de 22 pacientes. Todos los pacientes fueron sometidos a revascularización del miocardio.

Los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA sobre la perfusión cerebral fueron objetivo de investigación de un artículo publicado por Kawahara en 1999, en Japón. Este trabajo fue realizado por medio de un ensayo controlado aleatorizado con 22 pacientes, los cuales fueron divididos en dos grupos, con y sin utilización de BCIA durante la CEC en condición de normotermia. A partir de esto, la oxigenación cerebral y la saturación venosa de la yugular derecha fue evaluada. Con base en estos hallazgos podemos concluir que tuvo una reducción significativa de las saturaciones en el inicio del tiempo de CEC con relación a otros periodos, sin embargo, no tuvo diferencias significativas entre los grupos en ningún momento. Por lo tanto, se puede concluir, en este estudio que el uso de flujo pulsátil inducido por BCIA no ejerce ningún efecto benéfico sobre la oxigenación cerebral.¹⁷

Tratándose de perfusión pulmonar, fue publicado en 2006 un único artículo, el cual investigó el efecto del flujo pulsátil inducido por el BCIA balón sobre la función pulmonar en 50 pacientes con historia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) divididos en dos grupos: Grupo A (BCIA activado durante la CEC) y Grupo B (BCIA desactivado durante la CEC). Fueron evaluadas las variables: Estancia en la UCI; Estancia hospitalaria posoperatoria; Tiempo de intubación; Relación oxígeno inspirado / saturación de oxígeno; y las alteraciones del sistema respiratorio durante las 8 primeras horas de posoperatorio. Según el análisis de los resultados el grupo que fue sometido a flujo pulsátil presentó menor tiempo de intubación, mejor relación PaO_2 / FiO_2 , mejor compliancia del sistema respiratorio. De esta forma, se concluye que el uso de BCIA en modo interno a 80 lpm durante la parada cardioplégica preservó significativamente la función pulmonar en pacientes con EPOC sometidos a revascularización miocárdica.²³

Con respecto a la perfusión renal, en 2007 el mismo autor, Onorati, publicó un artículo investigando el efecto del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC sobre la función renal. Para tal análisis el estudio contó con 100 pacientes divididos aleatoriamente en Grupo A (BCIA desactivado) y Grupo B (BCIA activado). A partir de esto, fue evaluada la función renal a través de la depuración de la creatinina. De acuerdo con los hallazgos el grupo que permaneció con BCIA activado durante la CEC presentó valores de ritmo y filtración glomerular superiores a los de grupo control, de esta forma el

empleo de esta técnica fue asociado a la mejoría de la función renal.²⁰

Con respecto al sistema de coagulación, Onorati, publicó un artículo en 2008, el cual evaluó el efecto del flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC sobre la coagulación. Para esto, 96 pacientes fueron aleatoriamente divididos en dos grupos: Grupo A- flujo no pulsátil y Grupo B - Flujo pulsátil inducido por BCIA. Las variables analizadas fueron: sangrado torácico, necesidad de transfusión sanguínea, conteo de glóbulos blancos y evaluación del índice internacional normalizado (INR). El grupo que recibió flujo pulsátil inducido por BCIA, presentó valores de hematocrito, plaquetas y fibrinógeno más altos con relación al otro grupo. Además, los pacientes sometidos al flujo pulsátil presentaron tasas significativamente más bajas de sangrado en el 1ro y 2do día posoperatorio, menor necesidad de transfusión sanguínea, conteo más bajo de glóbulos blancos e índices normalizados internacionales más bajos. Con base en estos hallazgos el autor concluye que la perfusión pulsátil inducida por BCIA tiene un efecto benéfico sobre la coagulación.¹⁸

Bajo la finalidad de investigar el efecto del flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC sobre los factores inflamatorios, Onorati publicó un estudio en 2009. Para eso, fueron seleccionados 40 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos: Grupo A, sometidos al flujo pulsátil inducido por BCIA (N=20) y Grupo B, con flujo no pulsátil durante la CEC (N=20). Fueron evaluados entonces las siguientes variables: presión arterial media; índice cardíaco; resistencia vascular pulmonar y marcadores endoteliales tales como factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), proteína quimioatracción de monocitos (MCP-1), bien como la secreción de citoquinas antiinflamatorias y proinflamatorias.

A partir del análisis de los resultados se observó que el grupo que recibió flujo pulsátil inducido por BCIA presentó menor liberación de factores de activación endotelial y mayor secreción de citoquinas proinflamatorias, de esta forma, se concluye en este estudio que, la perfusión pulsátil inducida por BCIA fue capaz de atenuar la inflamación.²¹

En otros dos artículos publicados por el grupo de Onorati, en 2009, analizó los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA sobre la perfusión sistémica. El primer artículo

fue publicado en enero de 2009 y evaluó 158 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos: Grupo A, los cuales recibieron flujo continuo durante la CEC (n=71) y Grupo B, que recibieron flujo pulsátil inducido por BCIA (n=87). Fueron evaluados parámetros hemodinámicos y bioquímicos como: presión arterial media, el retorno venoso sistémico, los valores de lactato, la $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$, marcadores de función renal y hepática. Según el análisis de los resultados obtenidos, el grupo que recibió flujo pulsátil presentó mayores valores de presión arterial media durante la CEC, menor retorno venoso y mejoría clínica en el posoperatorio inmediato. Así, según los datos obtenidos en este trabajo, la perfusión pulsátil inducida por BCIA demostró una mejor perfusión sistémica.¹⁹

En marzo del mismo año (2009), fue publicado un artículo para evaluar los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en una población de adultos mayores de 70 años. Este trabajo fue desarrollado con 80 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos, siendo estos: Grupo A, flujo de CEC no pulsátil (40 pacientes) y en el Grupo B, flujo de CEC pulsátil inducido por BCIA (40 pacientes). Para eso, fueron evaluadas las siguientes variables: Función hemodinámica, lactato y transaminasas, bilirrubina, amilasa, función renal, función respiratoria, compliancia respiratoria, radiografía de tórax, tiempo de intubación, necesidad de ventilación con presión positiva no invasiva, coagulación, necesidad de transfusiones y complicaciones relacionadas al BCIA.

Con base en estas evaluaciones, se observó que, en el grupo sometido al flujo pulsátil, los pacientes presentaron: valores menores plasmáticos de transaminasas, bilirrubina, amilasa, creatinina y lactato; mayor depuración de creatinina; mejor función respiratoria, mejor puntuación en la radiografía de tórax; menor necesidad de ventilación no invasiva con presión positiva; menor tiempo de intubación; menor sangrado por el tubo a tórax, menor necesidad de hemotransfusión y mejor coagulación. Basado en estos hallazgos, la conclusión del artículo fue que la perfusión pulsátil inducida por BCIA resultó en una mejoría de la perfusión sistémica en adultos mayores de 70 años.²²

Los resultados presentados por los trabajos seleccionados demostraron que la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA ejerce algún beneficio en la perfusión tisular con relación al flujo continuo. Apenas un estudio no encontró

ninguna diferencia significativa sobre la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA con relación a la utilización de flujo continuo. Sin embargo, ningún efecto deletéreo fue asociado a la utilización de BCIA activado durante la CEC, lo que difiere de la inducción de flujo pulsátil inducido por el BCIA de los otros dispositivos creados para esta finalidad, los cuales, están relacionados a la incidencia de hemolisis y embolia. A pesar de esto, la ausencia de efectos deletéreos puede estar relacionada al pequeño número de muestra en los trabajos concretados y de esta forma, debido al número restringido de evidencia clínica, que sustenta la utilización de esta práctica, la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC es poco difundida entre los cirujanos cardiovasculares.

El bajo empleo del flujo pulsátil inducido por BCIA se debe, no solamente, al bajo número de evidencias científicas que confirman los beneficios de la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC, si no también, debido a los estudios que relacionaron flujo pulsátil inducido por otras técnicas a efectos deletéreos como embolia y hemolisis.¹⁴ Dentro de estos estudios, se destaca la publicación de INTERMACS 2012, la cual contribuyó mucho para que la sociedad científica desacreditara la utilización de flujo pulsátil.²⁵

El INTERMACS 2012, fue una investigación clínica, multicéntrica, realizada con más de 4000 pacientes entre junio de 2006 a junio de 2011, la cual demostró que la utilización de la asistencia circulatoria mecánica de flujo pulsátil se relaciona a una menor sobrevida comparada a la utilización de asistencia circulatoria mecánica de flujo continuo.²⁵ A pesar de la fuerte evidencia presentada por el INTERMACS 2012 de que la utilización de flujo pulsátil está asociada a la menor sobrevida, es importante resaltar que en este estudio, los datos presentados se refieren al flujo pulsátil inducido en asistencia circulatoria mecánica de larga duración y no a flujo pulsátil inducido por BCIA durante la circulación extracorpórea.

La circulación extracorpórea difiere de la asistencia cardiorrespiratoria de larga duración en varios aspectos. La asistencia cardiorrespiratoria de larga duración como el propio nombre dice puede durar días, semanas o hasta meses, diferente de la circulación extracorpórea, que es una práctica que dura entre minutos hasta algunas horas. De esta forma, los efectos asociados a la utilización de terapias pulsátiles en

asistencia de larga duración no pueden ser extrapoladas a la circulación extracorpórea.

Además, la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA es una práctica diferente de otras tecnologías pulsátiles extracorpóreas, pues, el flujo pulsátil inducido por el BCIA interactúa poco con el circuito de CEC, ya que el flujo que sale de la bomba de CEC es continuo y se torna pulsátil apenas después a la actuación del BCIA dentro de la aorta del paciente, sin que haya puntos de estasis sanguíneo asociados a la utilización del BCIA. De manera opuesta, el flujo pulsátil inducido por mecanismos pulsátiles de larga duración, sean ellos intracorpóreos o paracorpóreos, están asociados a efectos deletéreos como: disturbios de la coagulación; traumatismo de elementos sanguíneos; y peor resultado clínico. Parte de estos efectos deletéreos están relacionados con interacción de los dispositivos pulsátiles de larga duración con el organismo, ocasionando puntos de estasis sanguíneo, lo que no sucede cuando se trata del empleo del BCIA durante la CEC.

En vista que todavía no existe un consenso sobre la mejor modalidad de flujo utilizada durante la CEC y considerando los indicios de que el flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC presenta efectos benéficos y aparentemente, libre de riesgos, más estudios precisan ser realizados, ampliando el número de muestra, para esclarecer los efectos de la mantención del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC.

CONCLUSIÓN

Hay controversias en cuanto a las ventajas del empleo del flujo pulsátil producido por el BCIA durante la CEC, debido al número restringido de evidencia clínica contundente que sustente esta práctica. Sin embargo, los trabajos publicados hasta el momento evidencian efectos benéficos y ausencia de efectos deletéreos asociados a la mantención del BCIA activado durante la CEC. De esta forma, se trata de un terreno fértil para investigaciones futuras, teniendo en cuenta la posibilidad de obtener un patrón de flujo semejante al fisiológico durante la CEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murphy, G. S., Hessel, E. A. & Groom, R. C. Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. *Anesthesia & Analgesia*.2009;108(5):1394–1417.
2. Poullis, M. Perfusion and aortic surgery: patient directed cardiopulmonary bypass and quality improvement. *The journal of extra-corporeal technology*.2011;43(1):P68-71.
3. Undar, A., Frazier, O. H. & Fraser, C. D. Defining pulsatile perfusion: quantification in terms of energy equivalent pressure. *Artificial organs*. 1999;23(8):712–6.
4. Hornick, P. & Taylor, K. Pulsatile and nonpulsatile perfusion: the continuing controversy. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*.1997;11(3):310–5.
5. Kohlstaedt, K. G. & Page, I. H. The liberation of renin by perfusion of kidneys following reduction of pulse pressure. *The Journal of experimental medicine*. 1940;72(2):201–16.
6. Many, M. et al. The physiologic role of pulsatile and nonpulsatile blood flow. II. Effects on renal function. *Archives of surgery*.1960;95(5):762–7.
7. Shepard, R. B., Simpson, D. C. & Sharp, J. F. Energy equivalent pressure. *Archives of surgery*.1966;93(5):730–40.
8. Wright, G. Hemodynamic analysis could resolve the pulsatile blood flow controversy. *The Annals of Thoracic Surgery*.1994;58(4):1199–1204.
9. Chow, G. et al. Stöckert roller pump generated pulsatile flow: cerebral metabolic changes in adult cardiopulmonary bypass. *Perfusion*.1997;12(2):113–9.
10. Saito, S. et al. End-organ function during chronic nonpulsatile circulation. *The Annals of thoracic surgery*.2002;74(4):1080–5.
11. Gourlay, T., Gibbons, M. & Taylor, K. Pulsatile Flow Compatibility of a Group of Membrane Oxygenators. *Perfusion*.1987;2:115–126.
12. Wang, S., Haines, N. & Undar, A. Quantification of pressure-flow waveforms and selection of components for the pulsatile extracorporeal circuit. *The journal of extra-corporeal technology*.2009;41(1):P20-5.
13. Karichev, Z. R., Muler, A. L. & Vishnevsky, M. E. Spontaneous gas bubbling in microporous oxygenators. *Artificial organs*.1999;23(10):904–9.
14. Kayser, K. L. Pulsatile perfusion problems. *The Annals of thoracic surgery*.1979;27(3):284–5.
15. Pearson, D. T., Holden, M. P., Poslad, S. J., Murray, A. & Waterhouse, P. S. A clinical evaluation of the performance characteristics of one membrane and five bubble oxygenators: gas transfer and gaseous microemboli production. *Perfusion*.1986;1(1):15–27.

16. Elias V Haddad, MD, F. A. Intra-aortic Balloon Counterpulsation.[internet] Disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/1847715-overview#a1>. Revisado en: febrero 2020.
17. Kawahara, F. et al. Balloon pump-induced pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass does not improve brain oxygenation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*.1999;118(2):361-366.
18. Onorati, F. et al. Intra-aortic Balloon Pump-induced Pulsatile Flow Reduces Coagulative and Fibrinolytic Response to Cardiopulmonary Bypass. *Artificial Organs*.2008;32(6):433-41.
19. Onorati, F. et al. Body perfusion during adult cardiopulmonary bypass is improved by pulsatile flow with intra-aortic balloon pump. *The International journal of artificial organs*.2009;32(1):50-61.
20. Onorati, F. et al. A Randomized Trial of Pulsatile Perfusion Using an Intra-Aortic Balloon Pump Versus Nonpulsatile Perfusion on Short-Term Changes in Kidney Function During Cardiopulmonary Bypass During Myocardial Reperfusion. *American Journal of Kidney Diseases*.2007;50(2):229-38.
21. Onorati, F. et al. Intra-aortic balloon pump induced pulsatile perfusion reduces endothelial activation and inflammatory response following cardiopulmonary bypass. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*.2009;35(6):1012-19.
22. Onorati, F. et al. Pulsatile perfusion with intra-aortic balloon pumping ameliorates whole body response to cardiopulmonary bypass in the elderly*. *Critical Care Medicine*.2009;37(3):902-911.
23. Onorati, F. et al. Intraaortic Balloon Pumping During Cardioplegic Arrest Preserves Lung Function in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *The Annals of Thoracic Surgery*.2006;82(1):35-43.
24. Hosmane, S. R. & Dawson, A. G. In patients coming to theatre with an intra aortic balloon pump, is it better to turn it off or keep it on while on bypass? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*.2010;11(3):314-21.
25. Kirklin, J. K. et al. The Fourth INTERMACS Annual Report: 4,000 implants and counting. *The Journal of heart and lung transplantation*.2012;31(2):117-26.

Fecha de recibido: 23/05/2020.

Fecha de aceptado:17/06/2020.