



## MONITOREO HEMODINÁMICO TRANSANESTÉSICO: EVALUACIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO AÓRTICO POR ULTRASONIDO ECO MODO-M/DOPPLER TRANSESOFÁGICO VS CATÉTER DE FLOTACIÓN EN LA ARTERIA PULMONAR

Raúl Jesús Olivares González,\* Francisco Javier Molina,\*\* Pastor Luna Ortíz,\*\*\* Erika Reyes Espinosa del Río,^ Luis David Sánchez Velázquez,‡ Carlos Hurtado Reyes,‡ Gerardo Bermúdez Ochoa, Karla Lenia De Alba Vázquez§

### RESUMEN

**Introducción:** La cirugía del paciente crítico y/o alto riesgo quirúrgico conlleva la necesidad de un monitoreo hemodinámico transanestésico más estrecho. La vigilancia con el catéter de flotación es considerada una técnica estándar, pero es invasiva y no está exenta de complicaciones. El ultrasonido eco modo-M/Doppler esofágico al medir el diámetro y el flujo aórticos permite calcular el gasto cardiaco. **Objetivo:** Determinar la correlación y concordancia del perfil hemodinámico obtenido por termodilución (T) y Doppler esofágico (D). **Material y métodos:** Estudio clínico, prospectivo y comparativo. Se incluyeron 12 pacientes de  $54 \pm 12$  años, peso  $62 \pm 8$  kg, índice de masa corporal  $26 \pm 3$ , ASA II-III con diagnóstico de cirugía de revascularización coronaria (8), sepsis abdominal (2), pancreatitis + síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (1) y traumatismo craneoencefálico + lesión pulmonar aguda (1). A los enfermos que no tenían el catéter pulmonar, se les instaló en quirófano y se les colocó el transductor modo-M/Doppler esofágico para realizar 6 determinaciones pareadas (1 antes, 2 durante, 2 al terminar cirugía y 1 antes de salir de quirófano) a cada paciente de gasto cardiaco (GC), volumen latido (VL), resistencias vasculares sistémicas (RVS) y flujo sanguíneo aórtico (FSAo). **Análisis estadístico:** Prueba t de Student pareada, concordancia por el método de Bland-Altman y correlación de Pearson. Se consideró significativo un valor de  $p < 0.05$ . **Resultados:** Por termodilución y Doppler el GC fue de  $4.2 \pm 0.5$  y  $4.0 \pm 0.5$  l/min, VL  $49 \pm 8$  y  $47.5 \pm 8.8$  ml, RVS  $1,265 \pm 152$  y  $1,316 \pm 162$  din/cm/seg<sup>5</sup>, respectivamente. No hubo diferencia entre ambas técnicas. Por termodilución y Doppler hubo buena correlación entre GC/FSA ( $r = 0.98$ ;  $r^2 = 0.97$ ), GCT/GCD ( $r = 0.98$ ;  $r^2 = 0.97$ ), RVST/RVSD ( $r = 0.97$ ;  $r^2 = 0.95$ ) y VLT/VLD ( $r = 0.99$ ;  $r^2 = 0.99$ ). El grado de concordancia tuvo un sesgo con límite inferior y superior del GCT con FSAo de 0.95 (0.75-0.82 y 1.07-1.14 l/min) y del GCT con GCD de 0.16 (-0.01-0.05 y 0.27-0.33 l/min). **Conclusión:** El ultrasonido eco modo-M/Doppler esofágico puede ser una técnica alterna de monitoreo transanestésico en el paciente de alto riesgo.

**Palabras clave:** Flujo sanguíneo aórtico, ultrasonido Doppler esofágico, gasto cardiaco, termodilución.

### ABSTRACT

**Introduction:** A critical and/or high risk surgical patient requires more extensive transoperative hemodynamic monitoring. Monitoring these patients with a pulmonary catheter is considered standard, however this invasive technique is not without complications. The ultrasound echo M-mode/esophageal Doppler measures aortic diameter as well as aortic blood flow, which allows cardiac output to be calculated. **Objective:** To determine the correlation and agreement of the hemodynamic profile obtained by thermodilution (T) and esophageal Doppler (D). **Material and methods:** Clinical Study, prospective and comparative. Twelve patients were included, age  $54 \pm 12$  years, weight  $62 \pm 8$  kg, body mass index  $26 \pm 3$  and an ASA class II-III with diagnostic of surgery of coronary bypass graft (8), abdominal sepsis (2), pancreatitis + acute respiratory distress syndrome (1) and head trauma + acute lung injury (1). Patients without pulmonary catheter had one placed in the operating room as well as an esophageal Doppler M-mode transducer to carry out 6 paired determinations (1 prior to surgery, 2 transoperatively, 2 at the end of surgery and 1 before leaving operating room) to each patient of cardiac output (CO), stroke volume (SV), systemic vascular resistances (SVR) and aortic blood flow (ABF). **Statistical Analysis:** Student's t paired, agreement for the method of Bland-Altman and correlation of Pearson proves. It was considered significance a value of  $p < 0.05$ . **Results:** For thermodilution and Doppler the CO was of  $4.2 \pm 0.5$  and  $4.0 \pm 0.5$  l/min, SV of  $49 \pm 8$  and  $47.5 \pm 8.8$  ml, SVR of  $1,265 \pm 152$  and  $1,316 \pm 162$  din/cm/sec<sup>5</sup>, respectively. There was not significant difference between both techniques. For thermodilution and Doppler there was good correlation between CO/ABF ( $r = 0.98$ ;  $r^2 = 0.97$ ), COT/COD ( $r = 0.98$ ;  $r^2 = 0.97$ ), SVRT/SVRD ( $r = 0.97$ ;  $r^2 = 0.95$ ) and SVT/SVD ( $r = 0.99$ ;  $r^2 = 0.99$ ). The grade of agreement had a bias with its limits inferior and superior of the COT with ABF was of 0.95 (0.75-0.82 and 1.07-1.14 l/min) and of the COT with COD was of 0.16 (-0.01-0.05 and 0.27-0.33 l/min). **Conclusion:** The ultrasound echo M-mode/esophageal Doppler can be an alternative technique for transoperative monitoring in high risk surgical patient.

**Key words:** Aortic blood flow, ultrasound esophageal Doppler, cardiac output, thermodilution.

\* Médico Residente de Anestesiología del Centro Médico ABC.

\*\* Sub-jefe del Departamento de Anestesiología del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez". Médico Adscrito del Departamento de Anestesiología del Centro Médico ABC.

\*\*\* Jefe del Departamento de Anestesiología del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez". Profesor Titular del Curso Universitario de Anestesiología UNAM. Centro Médico ABC. Médico Adscrito del Departamento de Anestesiología del Centro Médico ABC.

^ Médico Residente de Anestesiología del Centro Médico ABC.

‡ Médico Adscrito de la Unidad de Terapia Intensiva. Hospital Ángeles de Interlomas.

‡ Jefe del Departamento de Anestesiología del Centro Médico ABC.

Médico Adscrito del Departamento de Anestesiología del Centro Médico ABC.

§ Médico Residente de Anestesiología del Centro Médico ABC.

The American British Cowdray Medical Center.

Solicitud de sobretiros:

Raúl Jesús Olivares González

Sur 136 # 116 - 1er. Piso - Departamento de Anestesiología. Teléfono y Fax: 5230-80-00 ext 8203. E-mail: emosonic@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

La cirugía del enfermo crítico y/o de alto riesgo conlleva la necesidad de un monitoreo hemodinámico más estrecho. El catéter arterial pulmonar, catéter de flotación o catéter de Swan-Ganz es el instrumento estándar de monitoreo hemodinámico. Al ser necesario el acceso invasivo, no está exento de complicaciones (lesión vascular, hemo neumotórax, etc.). Además, no en todos los hospitales se cuenta con el equipo necesario y/o personal entrenado para su colocación e interpretación. Se han ideado otras técnicas para conocer las condiciones hemodinámicas de los pacientes. La bioimpedancia eléctrica transtorácica aún no ha demostrado gran utilidad clínica.<sup>1</sup> El cálculo del gasto cardiaco por el método de Fick indirecto midiendo las variaciones del CO<sub>2</sub> espirado ha tenido limitaciones en su interpretación.<sup>2</sup>

Recientemente se ha perfeccionado la técnica de medición del flujo sanguíneo aórtico (FSAo) transesofágico. Éste es un método no invasivo, en tiempo real y continuo que consiste en la colocación intraesofágica de una sonda-transductor con 2 ventanas (ultrasonido eco modo-M y Doppler) para la aorta descendente torácica. Ya que la aorta descendente torácica es circular y corre paralela al esófago, con el ultrasonido modo-M se mide el diámetro (sección transversal) y con el Doppler la velocidad espacial y temporal del flujo en la aorta. De este modo, se calcula la aceleración/velocidad pico del flujo aórtico así como el tiempo de eyección ventricular izquierdo, los cuales son indicadores de la contractilidad y precarga; ambos determinantes del gasto cardiaco.<sup>3</sup> Además informa del índice cardiaco, el volumen latido y las resistencias vasculares sistémicas (postcarga), permitiendo así una intervención diagnóstica y terapéutica más temprana.

El gasto cardiaco medido por termodilución es una técnica estándar de monitoreo hemodinámico invasivo. Sin embargo, requiere colocar un catéter de flotación en la arteria pulmonar y han surgido dudas acerca de su riesgo/beneficio<sup>4,5</sup> y de su exactitud por posibles errores inducidos por una rápida inyección de la solución salina durante el empleo de la derivación cardiopulmonar.<sup>6</sup> El monitoreo transanestésico de mínima invasión con el ultrasonido eco modo-M/Doppler esofágico no ha sido extensamente estudiado y se conoce poco acerca de su correlación con la técnica invasiva estándar de termodilución.

Por lo anterior, se realizó este estudio para determinar la correlación y concordancia de las variables hemodinámicas obtenidas por el ultrasonido eco modo-M/Doppler transesofágico (HemoSonic(tm) 100) y las obtenidas por el catéter de flotación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio clínico, prospectivo y comparativo. El estudio contó con la aprobación del Comité de Investigación y Ética del Hospital y se incluyó un total de 13 pacientes que brindaron su consentimiento informado.

Los criterios de inclusión fueron: cualquier género, edad mayor de 18 años, índice de masa corporal (IMC) menor de 30, portadores de catéter de flotación y programados a cirugía. Los criterios de exclusión fueron: Presencia de sonda nasogástrica, enfermedad valvular, aorto esclerosis, arritmias, MC menor de 20 o mayor de 30 y necesidad de posición en decúbito ventral para la cirugía. Los criterios de eliminación fueron: Imposibilidad técnica para la colocación de la sonda-transductor esofágico.

Se reclutaron 13 enfermos, uno se retiró del estudio porque técnicamente no logramos obtener una ventana aórtica adecuada del transductor esofágico. Los 12 restantes que continuaron fueron 7 del sexo masculino y 5 del femenino con edad entre 42 y 68 años, peso entre 58 y 69 kilogramos, IMC entre 24.5 y 26.3, con estado físico según la Sociedad Americana de Anestesiología II-III, los diagnósticos fueron ocho cirugías de revascularización coronaria (CRVC), dos sepsis abdominal, un paciente con pancreatitis con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda y uno con traumatismo craneoencefálico con lesión pulmonar aguda. Cinco de los ocho pacientes programados para CRVC se encontraban recibiendo nitroglicerina, uno recibía nitroglicerina y dobutamina y los siete restantes no tenían catéter de flotación. Los otros cuatro pacientes ya tenían el catéter instalado en la unidad de terapia intensiva y recibían asistencia mecánica ventilatoria, norepinefrina, dopamina y dobutamina.

La premedicación se realizó en 7 de los pacientes programados para CRVC con midazolam 7.5 mg vía oral la noche previa a la cirugía. En los pacientes que se encontraban en asistencia mecánica ventilatoria, se continuaron los mismos parámetros y modo de ventilación durante el transoperatorio. Para los pacientes de CRVC la inducción de la anestesia general fue con diazepam 10 mg, fentanyl 7-15 mg/kg y pancuronio 0.1 mg/kg. En los demás pacientes fue con fentanyl 3 mg/kg, etomidato 0.2 mg/kg y atracurio 0.4 mg/kg intravenoso.

Al llegar a quirófano, se colocaron un catéter en la arteria radial y el de flotación en quienes no los tenían. El primero fue un catéter calibre # 20 para vigilancia de presión arterial invasiva y toma de muestras sanguíneas. El catéter de flotación pulmonar 7.5 Fr (Opticath, Abbott, Chicago, Il.) se colocó en la vena yugular interna derecha y se conectó a un monitor (Datex-Ohmeda AS/3 mod M-COP). Con la técnica estándar recomendada por el fabricante se instaló la sonda-transductor esofágico dual

de ultrasonido eco modo-M/Doppler (sonda transesofágica HemoSonic, Arrow) con ventana para aorta descendente torácica y conectada a un monitor (HemoSonic™ 100, Arrow). La posición óptima de la sonda fue confirmada por la apariencia y sonido de la señal del Doppler y la visualización de las paredes proximal y distal de la aorta. La calidad de la señal y mediciones fueron después analizadas a través del monitor (HemoSonic™ 100, Arrow).

Una vez instaladas las 2 técnicas de monitoreo, catéter de flotación y sonda-transductor esofágico dual, se llevaron a cabo 6 determinaciones pareadas y al mismo tiempo de las variables hemodinámicas en cada paciente (gasto cardiaco, índice cardiaco, volumen latido, resistencias vasculares sistémicas y flujo sanguíneo aórtico). Siendo un total de 72 mediciones pareadas. Las mediciones con el catéter de flotación se realizaron inyectando al final del ciclo espiratorio y a mano 10 ml de solución salina 0.9% a temperatura ambiente por 3 segundos y en 3 ocasiones para obtener un promedio. Los valores derivados de una medición con una curva de termodilución no aceptable fueron descartados. Si la diferencia entre 2 valores pareados por cada método fue mayor de 1 l/min, se realizó una medición adicional. El valor promedio de las mediciones obtenidas fue usado para su análisis. Todas las mediciones por termodilución fueron llevadas a cabo por el mismo anestesiólogo para evitar variación interobservador. Las mediciones pareadas se realizaron en los siguientes tiempos quirúrgicos: una antes, dos durante, dos al terminar la cirugía y una antes de salir de la sala quirúrgica. No se realizaron mediciones durante la permanencia en derivación cardiopulmonar. Los resultados del transductor esofágico dual se compararon con los valores promedio del catéter de flotación obtenidos al mismo tiempo. La dosificación de inotrópicos y vasopresores se ajustó según las necesidades hemodinámicas.

El análisis estadístico consistió en medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar). La estadística inferencial se realizó con prueba t de Student para muestras pareadas; la concordancia se evaluó con el método de Bland-Altman. La correlación de las técnicas se realizó con el coeficiente de correlación momento-producto de Pearson a 2 colas y se calculó el coeficiente de determinación para evaluar la bondad de ajuste. Se consideró significativo un valor de  $p < 0.05$ . El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS v. 10.0 (SPSS®, Chicago, Il).

## RESULTADOS

De los trece enfermos, uno se retiró del estudio porque no fue técnicamente posible obtener ventana adecuada del transductor esofágico dual para la aorta descendente

torácica. Se estudiaron 12 pacientes y sus características demográficas se presentan en el cuadro I. No hubo complicaciones durante la colocación del catéter de flotación. Un total de 72 mediciones pareadas (6 en cada paciente y por cada técnica) se obtuvieron.

Por la técnica de termodilución y Doppler esofágico, el gasto cardiaco fue de  $4.2 \pm 0.5$  y  $4.0 \pm 0.5$  l/min, el volumen latido de  $49 \pm 8$  y  $47.5 \pm 8.8$  ml, las resistencias vasculares sistémicas de  $1,265 \pm 152$  y  $1,316 \pm 162$  din/cm/seg<sup>5</sup>, respectivamente. No hubo diferencia estadísticamente significativa de estas variables entre ambas técnicas ( $p > 0.05$ ). El flujo sanguíneo aórtico medido a través del Doppler esofágico fue de  $3.5 \pm 0.5$  l/min (Cuadro II).

El análisis de correlación del gasto cardiaco medido por la técnica de termodilución y el flujo sanguíneo aórtico registrado con el Doppler esofágico mantuvo una relación excelente ( $r = 0.98$ ;  $r^2 = 0.97$ ,  $p < 0.01$ ) (Figura 1). Hubo correlación estadísticamente significativa ( $p < 0.01$ ) de las otras variables medidas por ter-

**Cuadro I.** Características demográficas.

No. DE PACIENTES	12
SEXO (MAS/FEM)	7/5
EDAD (AÑOS $\pm$ DS)	54 $\pm$ 12
PESO (kg $\pm$ DS)	62 $\pm$ 8
IMC	26 $\pm$ 3
ASA	II-III
DIAGNÓSTICO	
CRVC	8
SEPSIS ABDOMINAL	2
PANCREATITIS Y SIRA	1
TCE Y LPA	1

**Cuadro II.** Parámetros hemodinámicos.

PARÁMETRO	TERMODILUCIÓN	DOPPLER ESOFÁGICO	P
GASTO CARDIACO (l min $\pm$ DS)	4.2 $\pm$ 0.5	4.0 $\pm$ 0.5	NS
VOLUMEN LATIDO (ml $\pm$ DS)	49 $\pm$ 8	47.5 $\pm$ 8.8	NS
RVS (din/seg <sup>5</sup> $\pm$ DS)	1,265 $\pm$ 152	1,316 $\pm$ 162	NS
Flujo sanguíneo aórtico (l/min $\pm$ DS)		3.5 $\pm$ 0.5	

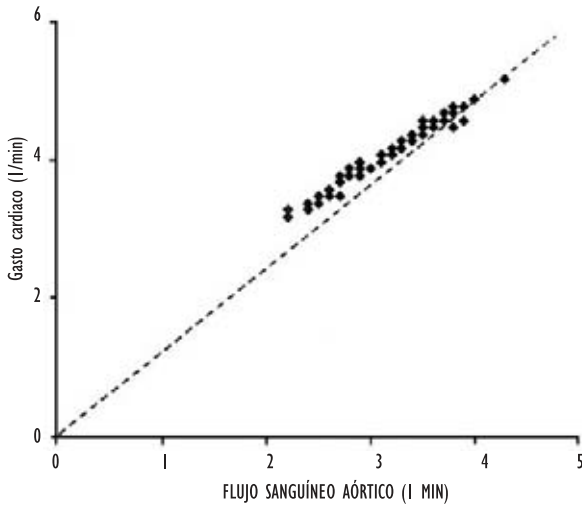
**Cuadro III.** Correlación hemodinámica por ambas técnicas.

PARÁMETRO	r	r <sup>2</sup>	P
GCT/FSAo	0.987	0.974	< 0.01
GCT/GCD	0.989	0.978	< 0.01
RVST/RVSD	0.977	0.955	< 0.01
VLT/VLD	0.995	0.990	< 0.01

GCT y GC = Gasto cardiaco por termodilución y Doppler; RVST y RVSD = Resistencias vasculares sistémicas por termodilución y Doppler; VLT y VLD = Volumen latido por termodilución y Doppler; FSAo = Flujo sanguíneo aórtico.

**Figura 1**

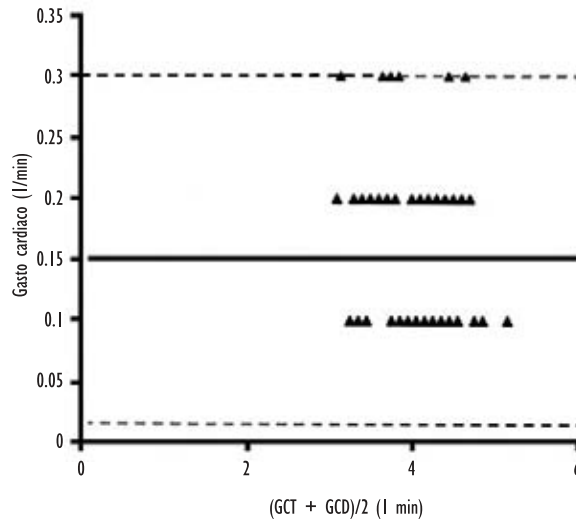
Correlación del gasto cardiaco por termodilución y Doppler esofágico.



Se encontró una relación por ambas técnicas

**Figura 3**

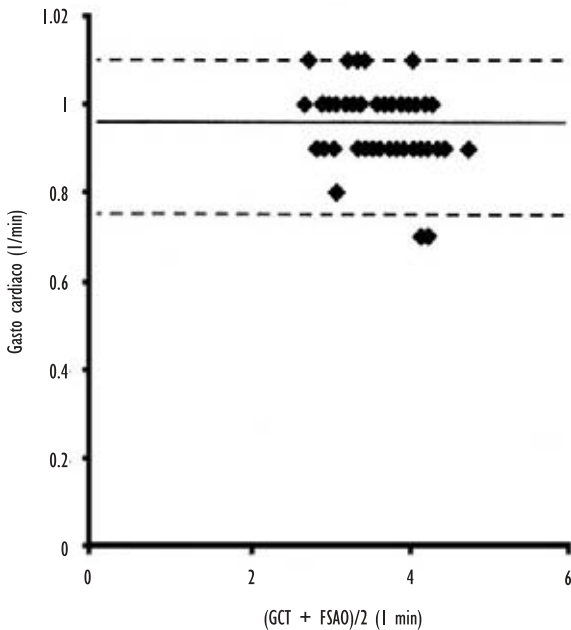
Concordancia del gasto cardiaco medido por termodilución y Doppler esofágico.



GCT = Gasto cardiaco por termodilución; GCD = Gasto cardiaco por Doppler esofágico

**Figura 2**

Concordancia del gasto cardiaco por termodilución y FSAO por Doppler esofágico.



GCT = Gasto cardiaco por termodilución; FSAO = Flujo sanguíneo aórtico

IC 95%) para el gasto cardiaco por termodilución con el flujo sanguíneo aórtico registrado del Doppler de 0.95 (0.75-0.82 y 1.07-1.14 l/min) (Figura 2); del gasto cardiaco medido por termodilución y el registrado con el Doppler de 0.16 (-0.01-0.05 y 0.27-0.33 l/min) (Figura 3); de las resistencias vasculares sistémicas por termodilución y las registradas con el Doppler de -54 (-401 a -276 y 167-292 din/cm/seg<sup>5</sup>) (Figura 4) y del volumen latido de 1.81 (-0.39-0.40 y 3.21-4.00 ml).

### DISCUSIÓN

En pacientes con alto riesgo de complicaciones perioperatorias los sistemas de monitoreo cardiovascular asumen mayor importancia. Para la validación de nuevas técnicas aplicables en la práctica clínica se requiere de su comparación con una técnica de referencia establecida. El principal hallazgo de nuestro estudio comparativo es que efectivamente se demostró que existe una excelente correlación entre el gasto cardiaco medido con la técnica de termodilución a través del catéter de flotación pulmonar y el FSAO registrado con el ultrasonido eco modo-M/Doppler esofágico ( $r = 0.98$ ). Charles y colaboradores,<sup>7</sup> comparando estas variables con las mismas técnicas en pacientes sometidos a cirugía cardiaca, también encontraron una estrecha relación ( $r = 0.77$ ,  $p < 0.001$ ) sugiriendo que el Doppler esofágico puede ser una técnica de vigilancia hemodinámica menos invasiva y capaz de ofrecer una evaluación más exacta de la precarga ventricular. Cariou y colaboradores<sup>8</sup> al calcular el gasto cardiaco por termodilución y FSAO con el Doppler en pacientes críticos, obtuvo buena correlación ( $r = 0.80$ ) y encontró la misma va-

modilución y Doppler: Gasto cardiaco ( $r = 0.98$ ,  $r^2 = 0.97$ ), resistencias vasculares sistémicas ( $r = 0.97$ ,  $r^2 = 0.95$ ) y volumen latido ( $r = 0.99$ ,  $r^2 = 0.99$ ) (Cuadro III).

El grado de concordancia de las variables hemodinámicas analizadas por el método de Bland-Altman tuvo un sesgo con límite inferior y superior (expresado en

riación del patrón hemodinámico al hacer ajustes de dobutamina en ambas técnicas. Bernardin y colaboradores<sup>9</sup> hicieron mediciones simultáneas del FSAo por Doppler y gasto cardiaco por termodilución en pacientes de Terapia Intensiva y el grado de correlación ( $r = 0.92$ ) fue muy semejante al encontrado en nuestro estudio.

Nuan-Yen y colaboradores<sup>4</sup> compararon el gasto cardiaco administrando bolos de solución salina y continuo a través del catéter pulmonar con el obtenido por Doppler en pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria y encontraron mejor correlación entre continuo/Doppler ( $r = 0.85$ ) que en bolos/Doppler ( $r = 0.41$ ), pero sin diferencia significativa ( $p = 0.20$ ). Klein y colaboradores<sup>10</sup> al comparar el gasto cardiaco calculado por medio del FSAo y termodilución en pacientes sometidos a cirugía mayor mostró una relación cercana por estas técnicas ( $r = 0.90$ ).

Siendo la postcarga uno de los determinantes del gasto cardiaco, en este estudio también comparamos la correlación de las resistencias vasculares sistémicas por ambas técnicas encontrando estrecha correlación en ambas ( $r = 0.97$ ).

Una señal de onda continua emitida por el Doppler y dirigida a la aorta torácica desde el esófago provee un monitoreo continuo de la velocidad del flujo sanguíneo. Esta velocidad aplicada a una ecuación que incluye el diámetro aórtico nos permite calcular el gasto cardiaco. En el pasado, el diámetro de la aorta descendente torácica era estimado usando un nomograma del tamaño aórtico basado en la edad, peso y estatura del paciente. Ahora y con equipo que empleamos en el presente estudio, que tiene incorporado el eco modo-M, podemos calcular en tiempo real y continuo el diámetro y velocidad de flujo y con ello las variables hemodinámicas.

Existen algunas limitaciones de este estudio. El uso del Doppler esofágico puede ser poco aplicable a pacientes con enfermedad valvular cardiaca y/o aortoarteriosclerosis, patologías relativamente frecuentes en la población adulta. La colocación del Doppler esofágico la hizo un anestesiólogo entrenado, por lo que puede existir variación interobservador cuando se está en etapa temprana de la curva de aprendizaje. Studinger y colaboradores<sup>11</sup> han reportado variaciones en el diámetro aórtico durante el ciclo cardiaco de hasta un 10%, lo cual posiblemente pueda influir en la interpretación de los resultados. Si bien en nuestro estudio excluimos a pacientes con valvulopatía; Sivamainthan y colaboradores<sup>12</sup> refieren sub-estimación de la fracción de eyección derecha y sobre-estimación del gasto cardiaco por termodilución en presencia de insuficiencia tricuspídea; proponiendo que el Doppler

puede ser más exacto al calcular el gasto cardiaco a partir del flujo sanguíneo a nivel aórtico.

Ya que muchas instituciones limitan el uso de cualquier técnica de monitoreo invasivo para reducir costos o complicaciones, el Doppler esofágico puede ser una alternativa a ello, ya que es reusable, no invasivo y su curva de aprendizaje no requiere de un periodo de entrenamiento prolongado y especializado como lo puede llegar a ser el catéter pulmonar, que en la mayoría de los casos, es sólo instalado por el personal de Terapia Intensiva.

En conclusión, dada la buena correlación y concordancia del perfil hemodinámico entre el catéter de flotación pulmonar y el ultrasonido eco modo-M/Doppler esofágico, esta última técnica puede ser una alternativa para el monitoreo transanestésico de pacientes con alto riesgo quirúrgico.

## REFERENCIAS

- Weil MH. Electrical bioimpedance for noninvasive measurement of the cardiac output. *Crit Care Med* 1997;25:1445.
- Orr JA, Westenkiv D, Turner R. A noninvasive cardiac output system using the rebreathing Fick method. *J Clin Monitor* 1996;12:464-5.
- Tortoli P, Bambi G, Guidi F, Muchada R. Toward a better quantitative measurement of aortic flow. *Ultrasound Med Biol* 2002;28(3):249-57.
- Nuan-Yen S, Chun-Jen H, Peisan T, Yung-Wei H, Yu-Chun H, Ching-Rong C. Cardiac Output measurement during cardiac surgery. Esophageal Doppler versus Pulmonary artery catheter. *Act Anaesth Sin* 2002;40:127-33.
- Connors AFJ, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FEJ, Wagner D, Desbiens N, Goldman L, Wu AW, Califf RM, Fulkerson WJ, Vidaillet H, Broste S, Bellam P, Lynn J, Knaus WA. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. SUPPORT investigators. *JAMA* 1996;276:889-97.
- Bazara MG, Petre J, Novoa R. Errors in thermodilution cardiac output measurements caused by rapid pulmonary artery temperature decreases after cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1992;77:31-7.
- DiCorte ChJ, Latham P, Greilich PE, Cooley MV, Grayburn PA, Jessen ME. Esophageal Doppler monitor determinations of cardiac output and preload during cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1782-6.
- Cariou A, Dhainaut E. Noninvasive hemodynamic monitoring by aortic blood flow determination. Evaluation of the Sometec Dynemo 3000 system. *Crit Care Med* 1998;26(12):2066-72.
- Bernardin A, Tiger F. Continuous non-invasive measurement of aortic blood flow in critically ill patients with a new esophageal echo-Doppler system. *J Crit Care* 1998;13(4):177-83.
- Klein G, Emmerich M. Clinical evaluation of non-invasive monitoring aortic blood flow by a transesophageal echo-Doppler device. *Anesthesiology* 1998;89(3A):A953.
- Studinger P, Lenard Z, Renemann R, Kollai M. Measurement of aortic are distension wave with the echo-track technique. *Ultrasound Med Biol* 2000;26:1285-91.
- Sivamainthan V, Evasovich MR, Keating KP. Esophageal Doppler monitor correcting pulmonary artery catheter hemodynamic data in the presence of tricuspid regurgitation. *CHEST* 1999;116(4):421-22.