

Determinación y análisis comparativo de gasto cardíaco en enfermos críticos mediante Doppler transesofágico y termodilución en bolos. Experiencia preliminar

Max Andresen H¹, Mauricio Henríquez V^a, Marcelo Mercado F¹, Gonzalo Farías G^b, Carmen Castillo S^a, Carlos Benítez G^a, Alberto Dougnac L¹.

Comparison of cardiac output measurement in critical patients using transesophageal Doppler or thermodilution. A preliminary report

Background: Cardiac output can be measured non invasively by transesophageal Doppler. This is an alternative to measure it by thermodilution with a catheter in the pulmonary artery. **Aim:** To compare both methods of cardiac output measurement. **Material and methods:** Simultaneous measurement of cardiac output by transesophageal Doppler and thermodilution with a catheter in the pulmonary artery in four male critical patients, aged 60±12 years, hospitalized in a University Hospital. The Bland and Altman method to compare the concordance between two measurements, was used. **Results:** Forty measurements were performed. The results of both methods had a correlation coefficient of 0.98. According to the Bland and Altman method, the difference between both methods was -0.5 L with a precision of 0.52 L/min (95% confidence interval -1.51 to 0.52 L/min). Considering that a change between two sequential measurements is considered significant when the difference is more than 15%, both measurements agreed in 83% of cases, that there was a change in cardiac output. **Conclusions:** Transesophageal Doppler is a promising non invasive technique to measure cardiac output in critical care patients. It becomes a valid alternative to the thermodilution technique. This preliminary experience must be confirmed in a larger series (Rev Méd Chile 2005; 133: 761-6).

(Key Words: Cardiac output; Doppler ultrasonography; Thermodilution)

Recibido el 3 de septiembre, 2004. Aceptado el 29 de marzo, 2005.
Facultad de Medicina, Hospital Clínico Pontificia Universidad Católica de Chile.
¹Programa de Medicina Intensiva, Unidad de Tratamiento Intensivo Médico.
^aResidente de Medicina Interna
^bInterno de Medicina

Correspondencia a: Dr. Max Andresen H. Unidad de Tratamiento Intensivo Médico, Hospital Clínico Pontificia Universidad Católica de Chile. Marcoleta 367. Santiago.
E-mail: andresen@med.puc.cl

El uso de sistemas objetivos es fundamental en el monitoreo hemodinámico de pacientes críticos, tanto para realizar el diagnóstico como para guiar terapias¹. Conocer el gasto cardíaco (GC) complementa la evaluación de elementos clínicos clásicos como la presión arterial, diuresis y perfusión cutánea, que, en términos generales, es limitada en nuestros pacientes, debido a la presencia de factores que pueden modificar su manifestación².

La medición del GC por el método de termodilución (TD) a través de cateterización de la arteria pulmonar, es el más comúnmente utilizado en el mundo y es aceptado como el método estándar^{3,4}. Sin embargo, un método ideal debería ser exacto, confiable, continuo, fácil de utilizar, además de no invasivo. La monitorización hemodinámica con el Doppler transesofágico (DTE) se ha propuesto como una alternativa a la TD, debido a la posibilidad de monitorizar el GC en forma continua y segura, sin los potenciales riesgos de la monitorización invasiva con catéter de arteria pulmonar⁵.

El objetivo de este estudio fue establecer el nivel de concordancia entre ambos métodos y entre los cambios registrados por cada método en pacientes que requieran medición de GC continuo, en el mismo lapso de tiempo.

PACIENTES Y MÉTODO

Estudio clínico prospectivo, comparativo, observacional, realizado en la Unidad de Tratamiento Intensivo Médico, del Hospital Clínico de la Universidad Católica de Chile, en el segundo semestre de 2003, según criterios estrictos de indicación de monitorización de GC en forma continua.

Se midió el GC en cuatro pacientes críticos, sedados y conectados a ventilación mecánica, en forma simultánea con ambos métodos, Doppler transesofágico con el equipo CardioQ™ (Deltex Medical Group, UK) y termodilución por catéter de arteria pulmonar (Abbott Laboratories, USA).

Los criterios de inclusión y exclusión se muestran en la Tabla 1. Las características de los pacientes aparecen en Tabla 2.

Se realizaron diez mediciones por cada paciente, con cada uno de los métodos.

La sonda de DTE se instaló por la boca hasta posicionarla en el esófago, la profundidad de la sonda varió en los pacientes dependiendo de la señal obtenida, siendo aproximadamente de 35 cm desde los incisivos. Se optimizó la señal para obtener el GC continuo durante un período de 5 min.

Tabla 1. Criterios de selección de los pacientes

Criterios de inclusión

- Pacientes con indicación para monitoreo hemodinámico con catéter de flotación de la arteria pulmonar.
- Expectativas de monitorización prolongada (mayor a 5 días).
- Requerimiento de mediciones repetidas muy frecuentes por inestabilidad o titulación del requerimiento de drogas vasoactivas.
- Estabilidad hemodinámica* durante por lo menos 10 min antes de la toma de mediciones.
- Paciente en quien el estado de conciencia permita la realización de procedimientos (sedado).

Criterios de exclusión

- Antecedentes conocidos de insuficiencia tricúspide severa (ecocardiografía transtorácica).
- Uso de balón de contrapulsación intraaórtico.
- Arritmias auriculares o ventriculares.
- Contraindicaciones para el uso de ecocardiografía transesofágica.
- Malformaciones orofaríngeas así como traumas de la región facial.
- Alteraciones esofágicas: divertículos, megasófago, estrechamientos, neoformaciones, várices esofágicas susceptibles de lesiones o perforaciones.
- Coartación proximal de la aorta, aneurismas de la aorta.
- Malformaciones anatómicas torácicas o mediastinales, que pueden alterar la relación de la aorta y el esófago, llevando a resultados falsos.
- Carcinomas de esófago, faringe y laringe.
- Trombocitopenia <30.000 plaquetas/mm³.

*Se definió como estable, aquel paciente que presentó una variación menor de 10% en los valores de presión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria.

Tabla 2. Características clínicas de los pacientes

Características	n=4
Edad \pm 1 DE*	60 \pm 12
Hombres/Mujeres	4/0
Diagnóstico principal:	
Shock séptico	3
Shock cardiogénico	1
Infusión de vasoactivos:	
Norepinefrina	4
Dobutamina	1

*DE: Desviación estándar.

En un lapso de tiempo no mayor a 10 min después de la medición realizada con DTE, se realizó la medición del GC por TD, durante la espiración, un indicador (10 ml de solución glucosada al 5%, a temperatura ambiente) se inyectó en 4 s, a través del catéter de Swan-Ganz directamente en la aurícula derecha, el cambio de temperatura resultante fue detectado por un termistor en la arteria pulmonar. La curva de termodilución fue analizada en el monitor (S/5 Critical

Care Monitor, Datex-Ohmeda). Se realizaron 5 mediciones consecutivas, se obtuvo el promedio de tres de estas cinco mediciones si no tenían una diferencia mayor a 10%.

En las mediciones sucesivas realizadas según criterio clínico del tratante, la sonda Doppler fue reposicionada antes de cada medición.

Estadística. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, la prueba exacta de Fisher y el método de Bland y Altman^{6,7}, para la evaluación de la media de las diferencias (bias), la precisión (desviación estándar de las diferencias) y los límites de concordancia de 95%.

RESULTADOS

La comparación de los dos métodos en 40 mediciones (4 pacientes) tubo un coeficiente de correlación (r de Pearson) de 0,98 (Figura 1).

Por método de Bland y Altman, se encontró que el promedio de las diferencias entre ambos métodos fue de $-0,5$ L/min, con una precisión (desviación estándar de las diferencias) de $0,52$,

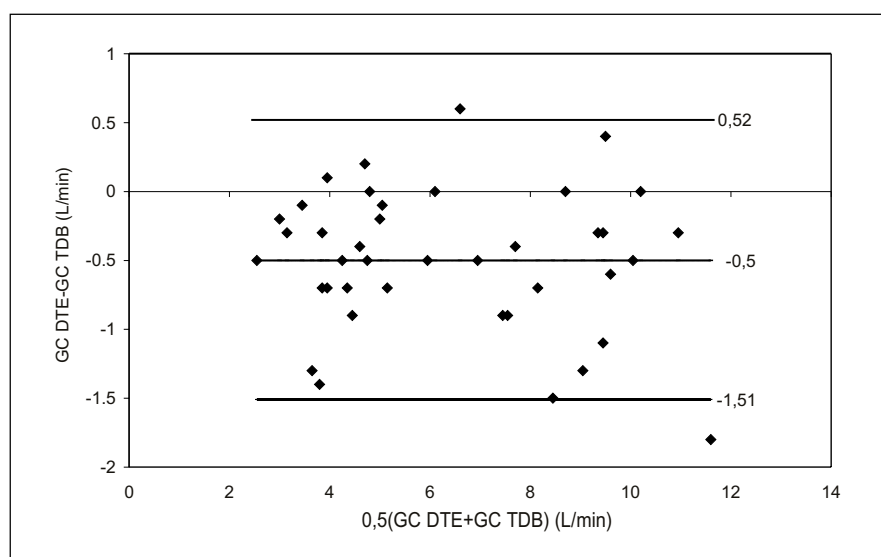


FIGURA 1. Concordancia (método de Bland y Altman) entre las mediciones de GC por DTE y TD. Las líneas gruesas representan la diferencias en el GC (bias) por DTE y TD (bias). Las líneas delgadas definen el límite del intervalo de confianza de 95%.

intervalos de confianza de 95% entre -1,51 y 0,52 (Figura 2).

Si se considera una variabilidad entre dos mediciones de hasta 15%, encontramos que ambas técnicas concuerdan en 83,3% de las ocasiones.

DISCUSIÓN

El GC es una variable fisiológica que el clínico, frecuentemente, estima durante la toma de decisiones en los enfermos graves. La mayor parte de los métodos que se basan en el principio de Fick, requieren mayor o menor grado de invasión para el paciente. Por la simplicidad y razonable concordancia con métodos más exactos, la técnica de TD se ha establecido como estándar⁴. Sin embargo, es un método que tiene fuentes de error que influyen en su precisión, de tal manera que un cambio de menos de 10-15% no puede considerarse como un cambio fisiológicamente significativo⁸.

Las complicaciones asociadas con el uso de técnicas invasivas en la evaluación del GC, ha incrementado el interés por desarrollar nuevos sistemas de monitorización hemodinámica no invasivos o mínimamente invasivos¹, incluyendo entre estos: reinhalación parcial de CO₂^{9,10} bioimpedancia eléctrica en el tórax^{11,12} tecnología Do-

ppler^{13,14} y análisis de contorno de pulso^{15,16} que han demostrado una razonable exactitud al compararse con otros métodos.

El uso de Doppler esofágico para monitorizar el GC de manera no invasiva, fue descrito por primera vez en 1971¹⁷ y posteriormente, fue refinado por Singer en 1989. Con la técnica de Doppler se puede medir la velocidad de flujo sanguíneo a través de la válvula aórtica o en la aorta descendente. Con el DTE se mide el flujo en la aorta descendente. El área de la aorta descendente puede ser estimada por un nomograma basado en la edad del paciente, peso y talla. Se utiliza un factor de corrección para transformar el flujo de sangre medido en la aorta descendente en GC¹⁸.

El rebote del sonido varía en proporción a la velocidad sanguínea que se desplaza en la aorta durante la sístole y lo que realmente mide este método, es la longitud de desplazamiento de estos elementos a través de integrar el área por debajo de la curva de velocidad-tiempo. A través de medir o estimar el área de corte transversal de la aorta descendente y conociendo el desplazamiento promedio, se puede calcular fácilmente el volumen de un cilindro que corresponde al volumen latido y con ello, el GC al multiplicarlo por la frecuencia cardíaca.

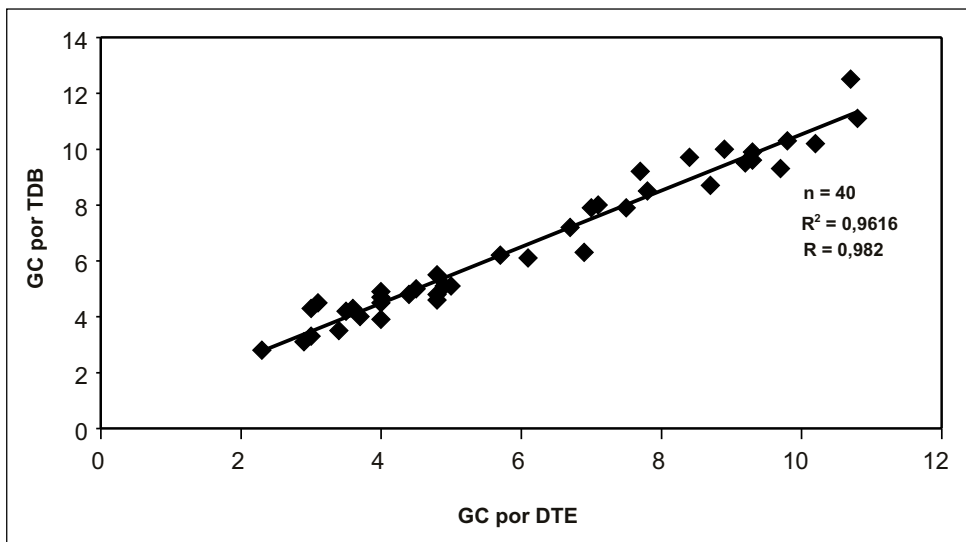


FIGURA 2. Correlaciones entre las mediciones del GC por DTE y TD. Una línea continua que representa la relación lineal.

El DTE tiene algunas ventajas que lo hacen un método atractivo para su uso en enfermos críticos; es mínimamente invasivo, permite una monitorización continua y en tiempo real, además de la serie de inferencias hemodinámicas que se pueden obtener del análisis de la curva de velocidad-tiempo. Además, a diferencia del catéter de arteria pulmonar la sonda del DTE puede ser instalada en pocos minutos, requiere un corto entrenamiento y no se asocia a complicaciones mayores^{19,20}.

La sonda es de aproximadamente el mismo diámetro que una sonda nasogástrica y la técnica de instalación es similar, excepto por el hecho que se utiliza la vía oral.

La comparación del DTE con otros métodos ha mostrado resultados diversos, desde una buena correlación con la TD en la monitorización perioperatoria²⁰⁻²² hasta la obtención de valores distintos o con variabilidad inaceptable a los obtenidos por TD, probablemente debido a la posibilidad de alteración en la distribución de flujo entre la parte superior e inferior del cuerpo. Por lo tanto, la

redistribución de flujo sanguíneo puede limitar el valor del DTE²³.

Las posibles desventajas del DTE son la necesidad de reposicionamiento frecuente de la sonda y la alteración de señal en la aorta o interferencias en la señal con el uso de instrumentos como electrobisturí. Durante nuestra experiencia fue especialmente llamativo la inestabilidad del espectro del sonido, lo que obligó a manipulación frecuente de la sonda a pesar de que todos los enfermos se encontraban sedados y bajo ventilación mecánica.

CONCLUSIÓN

El DTE es una promisoriosa técnica para la medición no invasiva del GC y que se plantea en esta experiencia preliminar como eventual alternativa a la tradicional TD por catéter de arteria pulmonar. No obstante, se requiere mayor número de mediciones y experiencias para confirmar la utilidad de este método en la práctica clínica.

REFERENCIAS

1. CHANEY JC, DERDAK S. Minimally invasive hemodynamic monitoring for the intensivist: Current and emerging technology. *Crit Care Med* 2002; 30: 2338-45.
2. CONNORS AF JR, MCCFFREE DR, GRAY BA. Evaluation of right heart catheterization in the critically ill patients without acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 1983; 308: 266-7.
3. SWAN HJ, GANZ W, FORRESTER J, MARCUS H, DIAMOND G, CHONETTE D. Catheterization of the heart in human with the use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med* 1970; 283: 447-51.
4. CONNORS AF JR, SPEROFF T, DAWSON NV, THOMAS C, HARRELL FE JR, WAGNER D ET AL. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *JAMA* 1996; 276: 889-97.
5. GAN TJ. The esophageal Doppler as an alternative to the pulmonary artery catheter. *Curr Opin Crit Care* 2000; 6: 214-21.
6. BLAND JM, ALTMAN DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
7. BLAND JM, ALTMAN DG. Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1: Correlation within subjects. *BMJ* 1995; 310: 446.
8. STETZ CW, MILLER RG, KELLY GE, RAFFIN GA. Reliability of the thermodilution method in the determination of cardiac output in clinical practice. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 1001-4.
9. GAMA DE ABREU M, WINKLER T, PAHLITZSCH T, WEISMANN D, ALBRECHT DM. Performance of the partial CO₂ rebreathing technique under different hemodynamic and ventilation/perfusion matching conditions. *Crit Care Med* 2003; 31: 543-51.
10. ROCCO M, SPADETTA G, MORELLI A, DELL'UTRI D, PORZI P, CONTI G ET AL. A comparative evaluation of thermodilution and partial CO₂ rebreathing techniques for cardiac output assessment in critically ill patients during assisted ventilation. *Intensive Care Med* 2004; 30: 82-7.
11. RAAIJMAKERS E, FAES TJ, SCHOLTEN RJ, GOOVAERTS HG, HEETHAAR RM ET AL. A meta-analysis of three decades of validating thoracic impedance cardiography. *Crit Care Med* 1999; 27: 1203-13.

12. SHOEMAKER WC, BELZBERG H, WO CC, MILZMAN DP, PASQUALE MD, BAGA L ET AL. Multicenter study of noninvasive monitoring systems as alternatives to invasive monitoring of acutely ill emergency patients. *Chest* 1998; 114: 1643-52.
13. SINGER M. ODM/CardioQ Esophageal Doppler Technology. *Crit Care Med* 2003; 31: 1888-9.
14. MARIK P. Pulmonary Artery Catheterization and Esophageal Doppler Monitoring in the ICU. *Chest* 1999; 116: 1085-91.
15. GOEDJE O, HOEKE K, LICHTWARCK-ASCHOFF M, FALTCHAUER A, LAMM P, REICHART B. Continuous cardiac output by femoral artery thermodilution calibrated pulse contour analysis: Comparison with pulmonary arterial thermodilution. *Crit Care Med* 1999; 27: 2407-12.
16. RODIG G, PRASSER C, KEYL C, LIEBOLD A, HOBBAHN J. Continuous cardiac output measurement: Pulse contour analysis versus thermodilution technique in cardiac surgical patients. *Br J Anaesth* 1999; 82: 525-30.
17. SIDE CD, GOSLING RJ. Non-surgical assessment of cardiac function. *Nature* 1971; 232: 335-6.
18. SINGER M, CLARKE J, BENNETT ED. Continuous hemodynamic monitoring by esophageal doppler. *Crit Care Med* 1989; 17: 447-50.
19. SINGER M, BENNETT ED. Non-invasive optimization of left ventricular filling by esophageal Doppler. *Crit Care Med* 1991; 19: 1132-7.
20. VALTIER B, CHOLLEY BP, BELOT JP, DE LA COUSSAYE JE, MATEO J, PAYEN DM. Noninvasive monitoring of cardiac output in critically ill patients using transesophageal Doppler. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 77-83.
21. SINCLAIR S, JAMES S, SINGER M. Intraoperative intravascular volume optimization an length o hospital stay after repair of proximal fracture: randomized controlled trial. *BMJ* 1997; 35: 909-12.
22. CARIOU A, MONCHI M, JOLY LM, BELLENFANT F, CLAESSENS YE, THEBERT D ET AL. Noninvasive cardiac output monitoring by aortic blood flow determination: evaluation of the Dynemo-3000 system. *Crit Care Med* 1998; 26: 2066-72.
23. LEATHER HA, WOUTERS PF. Oesophageal Doppler monitoring overestimates cardiac output during lumbar epidural anaesthesia. *Br J Anaesth* 2001; 86: 794-7.

Agradecimientos

A PV Equip por la colaboración prestada.