

Comparación de la estimación de gasto cardiaco por ecocardiografía versus biorreactancia y monitor ultrasónico de gasto cardiaco

Comparison of cardiac output estimation by echocardiography, bioreactance and ultrasonic cardiac output monitor

Comparação da estimativa do débito cardíaco pela ecocardiografia versus biorreatância e monitor ultrassônico

Julia Cuesta Torres,* Enrique Monares Zepeda,* Jorge Cruz López,* Luis Cabrera Miranda,* Clemente Barrón,* Carlos Galindo Martín*

RESUMEN

En terapia intensiva uno de los monitoreos más frecuentes fundamentales para la toma de decisiones clínicas en la reanimación del choque séptico es la estimación del gasto cardiaco. La ecocardiografía se ha posicionado como el estándar de oro en monitoreo no invasivo del gasto cardiaco; sin embargo, este tipo de monitoreo es operador dependiente y debe ser realizado por un experto. Otras técnicas, como la biorreactancia y USCOM, son 100% no invasivas, y estas mediciones no dependen del operador ni del experto.

Objetivo: Analizar la concordancia del gasto cardiaco por ecocardiografía versus biorreactancia y USCOM.

Material y métodos: Estudio observacional prospectivo en el que se midió en 26 pacientes diagnosticados con shock séptico ingresados en la Unidad de Cuidados el gasto cardiaco por ecocardiografía, biorreactancia y sistema USCOM. El método de Bland Altman se realizó para analizar el acuerdo entre las diferentes técnicas. También se calculó el coeficiente de Linn en los mismos grupos de mediciones.

Resultados: La biorreactancia frente a la ecocardiografía informó un sesgo (media de las diferencias) de -0.08 con una desviación estándar (precisión) de 0.85 y un intervalo de confianza de 95% de 1.59 a -1.75, finalmente un error de 24% y un coeficiente de Linn de 0.78. USCOM versus ecocardiografía informó un sesgo (media de las diferencias) de 1.11 con una desviación estándar (precisión) de 0.95 y un intervalo de confianza de 95% de 2.98 a -0.75, finalmente un error de 41% y un coeficiente de Linn de 0.6.

Conclusiones: La biorreactancia es un prometedor monitoreo continuo al parecer comparable a la ecocardiografía, por otro lado el monitoreo USCOM no es equiparable a ecocardiografía o biorreactancia. Se necesitan más estudios para comprobar esta observación.

Palabras clave: Choque séptico, gasto cardiaco, monitoreo hemodinámico.

ABSTRACT

Cardiac output is the most frequent advanced monitoring in critical care units given its utility to guide resuscitation in septic shock. Echocardiography has been postulated as the gold standard for non-invasive cardiac output measurement, however this technique is operator-dependent and should be performed by an expert. Other techniques such as bioreactance and Doppler monitoring by semiautomatic USCOM system are 100% non-invasive techniques, also these measurements are not operator or expert dependent.

Objective: To analyze the agreement of cardiac output by echocardiography vs Bioreactance and USCOM.

Material and methods: Prospective observational study in which 26 patients diagnosed with septic shock admitted to the intensive care unit were cardiac output was measured by echocardiography, bioreactance and USCOM system. Bland Altman method was performed to analyze the agreement between the different techniques: echocardiography vs USCOM and echocardiography vs bioreactance. Also Linn coefficient was calculated in the same groups of measurements.

Results: Bioreactance vs echocardiography reported a bias (mean of the differences) of -0.08 with a standard deviation (precision) of 0.85 and a 95% confidence interval of 1.59 to -1.75, finally an error of 24% and Linn coefficient of 0.78. USCOM vs echocardiography reported a bias (mean of the differences) of 1.11 with a standard deviation (precision) of 0.95 and a 95% confidence interval of 2.98 to -0.75, finally an error of 41% and Linn coefficient of 0.6.

Conclusions: Bioreactance is a promising technique for cardiac output measurement given its good agreement with echocardiography, in the other hand USCOM did not showed a satisfactory agreement with echocardiography,

more studies are needed to verify the clinical usefulness of these different techniques.

Keywords: Septic shock, cardiac output, hemodynamic monitoring.

RESUMO

Na unidade de terapia intensiva, um dos monitoramentos mais frequentes essenciais para a tomada de decisão clínica na ressuscitação do choque séptico é a estimativa do débito cardíaco. A ecocardiografia tem sido posicionada como o «padrão ouro» na monitorização não invasiva do débito cardíaco, no entanto esse tipo de monitoramento é dependente do operador e deve ser executado por um especialista. Outras técnicas como a biorreatância e o USCOM, são técnicas 100% não invasivas, e essas medidas não dependem do operador ou do especialista.

Objetivo: Analisar a concordância do débito cardíaco pela ecocardiografia versus Biorreatância e USCOM.

Material e métodos: Estudo observacional prospectivo em que 26 pacientes com diagnóstico de choque séptico admitidos na unidade de terapia intensiva, onde mediram-se o débito cardíaco por ecocardiografia, biorreatância e sistema USCOM. O método de Bland Altman foi utilizado para analisar a concordância entre as diferentes técnicas. O coeficiente de Linn também foi calculado nos mesmos grupos de medidas.

Resultados: A biorreatância versus ecocardiografia relatou uma tendência (diferenças médias) de -0.08 com um desvio padrão (precisão) de 0.85 e um intervalo de confiança de 95% de 1.59 a -1.75, finalmente um erro de 24% e um coeficiente de Linn de 0.78. USCOM versus ecocardiografia relatou uma tendência (média de diferenças) de 1.11 com um desvio padrão (precisão) de 0.95 e um intervalo de confiança de 95% de 2.98 a -0.75, finalmente um erro de 41% e um coeficiente de Linn de 0.6.

Conclusões: Biorreatância é um monitoramento contínuo promissor aparentemente comparável ao ecocardiograma; por outro lado, o monitoramento por USCOM não é comparável à ecocardiografia ou biorreatância. Mais estudos são necessários para verificar essa observação.

Palavras-chave: Choque séptico, débito cardíaco, monitorização hemodinâmica.

INTRODUCCIÓN

La monitorización hemodinámica avanzada constituye una herramienta ampliamente utilizada en los pacientes críticos que permite obtener información acerca de la fisiopatología cardiocirculatoria, lo cual ayuda a realizar el diagnóstico y guiar la terapéutica en situaciones de inestabilidad hemodinámica.

Las recomendaciones en cuanto a su uso están dirigidas a los pacientes con hipoperfusión sistémica con independencia de las diferentes etiologías.¹ En este contexto, la presión de perfusión de un órgano suele tener muy buena correlación con ciertos marcadores macrohemodinámicos como la presión arterial media (PAM); sin embargo, por sí sola no aporta información sobre el estado metabólico y funcional de los órganos y tejidos. Se ha demostrado que en pacientes con alto riesgo quirúrgico, la adecuada optimización del gasto cardiaco, durante la intervención y en las horas posteriores, incide de manera directa en su pronóstico.²

* Hospital San Ángel Inn Universidad. Ciudad de México.

Recepción: 04/09/2018. Aceptación: 22/05/2019.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en www.medigraphic.com/medicinacritica

La función cardíaca puede estar alterada incluso cuando el GC es normal o elevado, como ocurre a menudo en la depresión miocárdica de la sepsis. En un ensayo que incluyó a más de 200 pacientes con choque séptico, Vieillard-Baron y colaboradores observaron que varios pacientes presentaron una FEVI de alrededor de 40% a pesar de que su IC fue superior a 3 L/min/m². Por el contrario, varios pacientes tuvieron un bajo GC, pero conservaban la función inotrópica cardíaca.³

En la actualidad existen también sistemas invasivos como el catéter de la arteria pulmonar (CAP). El GC obtenido por termodilución con el CAP es considerado el método estándar de oro para la medición del GC desde su introducción en 1970;⁴ la mayoría de los métodos de estimación del GC han sido evaluados mediante la comparación con los datos obtenidos por termodilución con el CAP. Sin embargo, la utilización del CAP ha descendido debido su capacidad invasiva y al debate sobre sus posibles complicaciones y sus indicaciones.^{4,5}

Entre los métodos semiinvasivos de estimación del GC se encuentran la termodilución transpulmonar, la litodilución y el análisis de la onda de pulso. La mayor parte de ellos proporcionan al mismo tiempo información continua de múltiples variables de precarga, postcarga y contractilidad, y permiten también el cálculo del porcentaje de variación en la presión de pulso (VPP) o en la variación del volumen sistólico (VVS), utilizados para dirigir la fluidoterapia y analizar la respuesta a la misma.

Entre los métodos no invasivos destacan la biorreactancia, el Doppler transtorácico y la ecocardiografía.

Biorreactancia: Keren y colaboradores desarrollaron un sistema basado en la biorreactancia para el cálculo del gasto cardíaco, el cual se basa en el análisis del cambio de fase que se produce en la onda eléctrica de alta frecuencia que es emitida al tórax. Los cambios de fase ocurren sólo como resultado del flujo pulsátil, por lo tanto, la señal NICOM se correlaciona casi por completo con el flujo aórtico. Sus lecturas presentan una aceptable correlación con los resultados de las mediciones del GC obtenidas a través del CAP, tanto en animales como en humanos y en diferentes situaciones clínicas.⁶

Ecocardiografía: el uso de la ecocardiografía tiene una indicación A (uso apropiado: el test es generalmente aceptable y es un procedimiento razonable para esa indicación) en situaciones de hipotensión o inestabilidad hemodinámica.⁷

Existen diversos modos de estimar el gasto cardíaco mediante ecocardiografía; de las diversas técnicas, la que mejor concordancia presenta con las mediciones realizadas con el CAP y además es de uso más frecuente en la práctica clínica es la medición del gasto cardíaco por Doppler pulsado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI)^{4,5} determinando dos variables, por un lado el diámetro del TSVI para calcular el AS y por otro lado el espectro de velocidad del flujo (ITV) para calcular

la DL. La ecocardiografía proporciona una visión muchísimo más amplia del estado hemodinámico y permite valorar situaciones de difícil comprensión con otros monitores (disfunción ventricular derecha, taponamiento, disfunciones valvulares, obstrucción del TSVI).

Ultrasonografía Doppler (sistema USCOM®): tecnología Doppler completamente no invasiva, utiliza trazados de flujo Doppler transortónico o transpulmonar para calcular el gasto cardíaco como el producto del volumen sistólico y la frecuencia cardíaca. El volumen sistólico se calcula a partir de un algoritmo patentado que aplica los principios de ultrasonido de las mediciones integrales de velocidad de la sangre (VTI) en el tracto de salida aórtica/pulmonar ventricular.

Su uso todavía no está expandido por la falta de estudios de validación. La mayoría de los estudios se han realizado en pacientes quirúrgicos o postcirugía cardíaca, comparando el dispositivo USCOM® con el catéter de arteria pulmonar, obteniendo resultados muy dispares. Thom y su equipo⁸ compararon 250 medidas obtenidas simultáneamente en 89 pacientes, encontrando una escasa correlación entre los dos sistemas. La media de las diferencias es 0.09 L/min, pero con unos límites del intervalo de confianza entre 2.83 y -3.01 L/min. Previamente, Chand y colaboradores⁹ en el mismo tipo de pacientes (n = 50) habían encontrado una excelente correlación con una media de 0.03 L/min y con unos límites entre -0.19 y 0.13 m/min.

Justificación: La sepsis y el choque séptico son entidades sumamente comunes, siendo incluso de las principales causas de ingreso a unidades de cuidados intensivos, llegándose a reportar incidencias de 60%, en el ámbito mundial tiene un gran impacto no sólo en la morbilidad de los pacientes, sino también aumentando los costos hospitalarios de manera importante, aunado a la gran discapacidad que genera en los sobrevivientes de estas entidades en muchos de los casos. El choque séptico es la manifestación más grave de sepsis con tasas de letalidad de 40-50%, que pueden llegar hasta 80%. La disfunción miocárdica por sepsis se produce en 40% de los pacientes y es un predictor de morbilidad, de aquí la importancia de identificarla de manera temprana mediante métodos disponibles y fáciles de realizar a la cabecera del paciente.

Es sin duda el compromiso de la perfusión tisular el principal componente involucrado en el empeoramiento del pronóstico en los pacientes con patologías agudas. Es por este mismo motivo que durante décadas se ha intentado medir de alguna forma el compromiso hemodinámico, sin lograrse hasta el día de hoy correlacionar la medición de parámetros hemodinámicos con el valor pronóstico para determinar la mortalidad y morbilidad de este tipo de pacientes.

Sin embargo, y a pesar de esto, el monitoreo hemodinámico es piedra angular para el manejo y segui-

to de los pacientes, así como para la instauración de protocolos terapéuticos, los cuales inciden de manera específica en el pronóstico.

La tendencia actual del monitoreo en la Unidad de Terapia Intensiva es hacia la vigilancia no invasiva, pragmática, económica y segura con altos valores de sensibilidad y especificidad obteniendo determinaciones en tiempo real que faciliten la toma de decisiones de una manera confiable. Debido a esto, al contar con una herramienta no invasiva como el ecocardiograma con el que se logra obtener valores adecuados y comparables con los obtenidos con la técnica invasiva tradicionalmente utilizada y aun considerada el estándar de oro, se pretende como objetivo de este estudio comparar dos mediciones no invasivas USCOM y biorreactancia con la ecocardiografía para el monitoreo del gasto cardiaco y determinar la concordancia entre las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio transversal, descriptivo, universo de estudio conformado por todos los pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos con diagnóstico de choque séptico durante el periodo de marzo del 2017 a marzo del 2018. *Criterios de inclusión:* adultos (> 18 años de edad) admitidos en la Unidad de Terapia Intensiva, diagnóstico de ingreso establecido como choque séptico según criterios del tercer Consenso Internacional para la Definición de Sepsis y Choque Séptico, realización de al menos una medición de gasto cardiaco con tres métodos no invasivos USCOM, biorreactancia y ecocardiografía. *Criterios de exclusión:* edad menor a 18 años, traslado a otra UCI, información incompleta por falta de datos para el diagnóstico de choque séptico y de mediciones de gasto cardiaco con USCOM y biorreactancia o ecocardiografía.

Variables independientes: Edad: en años cumplidos (discreta). Género: femenino, masculino (nominal). Choque séptico (nominal). Frecuencia cardiaca (discreta). Presión arterial media (discreta). Gasto cardiaco (continua). Lactato (continua). SOFA (discreta).

Procedimiento: al ingreso del paciente con inestabilidad hemodinámica se realizó medición de gasto cardiaco con el equipo USCOM (*Ultrasonic Cardiac Output Monitor*) acorde a las especificaciones de manufactura. Además se realiza monitoreo continuo con monitor *Cheetah Medical* que usa tecnología de biorreactancia. Durante las primeras 24 horas de ingreso se solicita ecocardiograma por un médico cardiólogo ecocardiografista, certificado por el Colegio Mexicano de Cardiología, con el equipo marca Philips HD 15, el cual realiza la medición del gasto cardiaco a través de la medición del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) y el espectro de velocidad del flujo (ITV), para calcular el volumen latido se realiza el producto del área valvular

por el ITV. A su vez la estimación del gasto cardiaco se obtiene por el producto del volumen latido por la frecuencia cardiaca del paciente.

Una vez obtenidos los datos, se registran en la base de datos interna de la Terapia Intensiva (Microsoft Excel 2007), la cual consta de las mediciones por los tres métodos no invasivos, USCOM, biorreactancia y ecocardiografía.

Validación de datos: se realizó la prueba de Shapiro Wilk con el fin de determinar el tipo de distribución de las variables continuas, presentando aquellas con distribución normal como media (desviación estándar) y no normal como mediana (rango intercuartilar).

Con base en una plantilla previamente desarrollada de Excel se realizaron las gráficas de Bland-Altman, las cuales muestran la representación gráfica, sesgo, intervalo de confianza al 95% y el coeficiente de concordancia de Linn. De la misma manera se realizaron las regresiones simples con el valor del coeficiente de determinación R². Se realizaron dos pares de análisis (Bland-Altman y regresión) de ecocardiografía vs USCOM y ecocardiografía vs biorreactancia.

RESULTADOS

Se incluyó un total de 26 pacientes en el análisis final, de los cuales 12 (46%) fueron hombres y 14 (56%) mujeres, con edad media de 56 años (27-79) y SOFA 7 (1-14).

Con relación a la concordancia de ecocardiografía con biorreactancia, el análisis de la gráfica de Bland-Altman (*Figura 1*), reporta un sesgo (media de las diferencias) -0.08, intervalo de confianza al 95% de 1.59 a 1.75, error estándar de 24%. Se muestra una R² de 0.9 y un coeficiente de Linn de 0.78.

Asimismo, la concordancia de ecocardiografía con USCOM y el análisis de la gráfica Bland-Altman (*Figura 2*) reportan un sesgo (media de las diferencias) de 1.11, intervalo de confianza al 95% de 2.98 a 0.75, error estándar de 41%. Se muestra una R² de 0.69 y un coeficiente de Linn de 0.6.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se mostró una mayor concordancia fuerte de la determinación de gasto cardiaco por biorreactancia versus ecocardiografía, que al compararla con la medición con USCOM, dicha determinación con biorreactancia muestra un error menor e intervalos más estrechos, es decir, mayor precisión y a su vez el coeficiente de Linn (concordancia) se mostró mayor.

La literatura demuestra que la utilización de las técnicas de monitorización hemodinámica contribuye a la obtención de mejores resultados clínicos en pacientes ingresados en la UCI. En los últimos años se han pu-

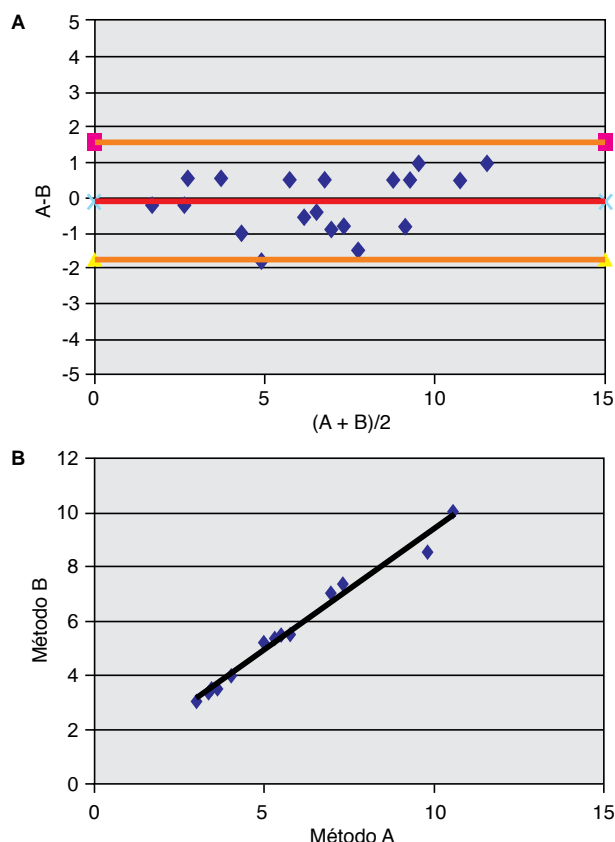


Figura 1: Gráfica de Bland-Altman y regresión lineal evaluando concordancia entre el método A ecocardiografía y el método B biorreactancia para estimar el gasto cardíaco. (A) Gráfica de Bland-Altman, (B) Regresión lineal. Las unidades de gasto cardíaco se presentan como L/min. □ × Δ = Límites de concordancia superior e inferior y la diferencia media.

blicado revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre el uso de estas técnicas de monitoreo en la optimización hemodinámica y han mostrado una asociación con mayor supervivencia, una menor estancia hospitalaria y en la UCI, y una menor incidencia de complicaciones frente a su no utilización. Hay que tener en cuenta dos circunstancias, por una parte estas técnicas no son una herramienta terapéutica en sí mismas y, por otra parte, que su uso se encuentra asociado con protocolos clínicos de tratamientos.¹⁰⁻¹²

Disponer de técnicas de monitorización adecuadas y precisas, cobra especial importancia ya que pequeños errores en los datos ofrecidos en las mediciones podrían llevar a intervenciones y tratamientos no considerados óptimos o incorrectos, en función de las necesidades del paciente. La revisión sistemática de Critchley y colaboradores¹³ realizada en el año 1999 incluyó 25 estudios que compararon la determinación del gasto cardíaco mediante múltiples técnicas invasivas y no invasivas, utilizando gráficos de Bland-Altman como método principal de concordancia. Esta revisión sistemática concluyó que un porcentaje de error aceptable debería ser menor del 30%, siendo este criterio

ampliamente utilizado posteriormente en el desarrollo de la investigación en esta línea.¹³

Una revisión sistemática llevada a cabo por Chong y Peyton publicada en 2012¹⁴ incluyó estudios que compararon la exactitud entre USCOM y la termodilución. Se excluyeron aquellos estudios que para cada paciente consideraban varias medidas y no realizaban algún ajuste estadístico para controlar este efecto, independientemente de donde se realizara el estudio (quirófano o UCI). Así, se incluyeron seis estudios que suponen un total de 320 pares de medidas, y al realizar el metaanálisis obtuvieron una media de diferencias entre las técnicas de -0.39 L/min (IC 95% -0.25 a -0.53 L/min). La precisión fue 1.27 L/min y el porcentaje de error del 42.7% (IC 95% 38.5-46.9%). En este estudio se replican los resultados ya que el porcentaje de error obtenido con USCOM fue del 41%, fuera del rango aceptable para tener una adecuada correlación con ecocardiografía.

En cuanto al uso de la biorreactancia, dos estudios evaluaron las mediciones con el dispositivo NICOM: Gujjar y su equipo¹⁵ y Sharma colaboradores,¹⁶ ambos realizados en la India. Gujjar y colaboradores¹⁵ estudiaron a 35 pacientes que han sido sometidos a una

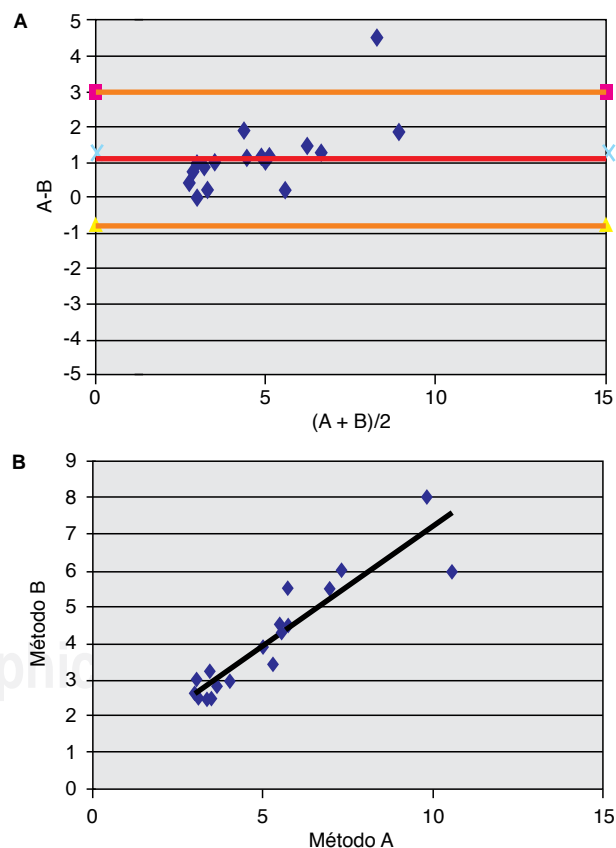


Figura 2: Gráfica de Bland-Altman y regresión lineal evaluando concordancia entre el método A ecocardiografía y el método B USCOM para estimar el gasto cardíaco. (A) Gráfica de Bland-Altman, (B) Regresión lineal. Las unidades de gasto cardíaco se presentan como L/min. □ × Δ = Límites de concordancia superior e inferior y la diferencia media.

cirugía cardíaca. La media del gasto cardíaco obtenido mediante biorreactancia fue 5.15 ± 1.27 L/min y de 5.22 ± 1.28 L/min para la obtenida mediante termodilución. Así, se obtuvo una alta correlación ($r = 0.856$ $p < 0.01$) y bajo porcentaje de error (26.44%). La media de las diferencias del gasto cardíaco entre las técnicas fue 0.0651 L/min, siendo en valores absolutos la biorreactancia inferior en una media de 65 mL/min. El límite de concordancia al 95% se situó entre 1.3 y 1.44 L/min y la precisión fue ± 1.37 L/min. Por último, la correlación entre las dos medidas de índice cardíaco fue alta ($r = 0.789$ $p = 0.01$). Estos resultados concuerdan con el presente estudio ya que el porcentaje de error fue del 24%, con un rango de error menor al 30%, y con alta correlación con la medición comparada con ecocardiografía.

La principal debilidad del presente estudio es la naturaleza observacional del mismo, lo cual no puede generar asociaciones causales, aunque el objetivo de dicho estudio es únicamente la comparación de diferentes métodos de determinación de gasto cardíaco; la inferioridad o superioridad de cada técnica sólo podría ser evaluada mediante estudios aleatorizados. Asimismo, aunque la muestra es pequeña a comparación de otros estudios de la misma naturaleza, aun así es una aproximación a la práctica diaria de la unidad donde fue realizado, su validez externa deberá ser juzgada con cautela.

CONCLUSIÓN

La biorreactancia es un prometedor monitoreo continuo al parecer comparable a la ecocardiografía, por otro lado, el monitoreo USCOM no es equiparable a ecocardiografía o biorreactancia. Se necesitan más estudios para comprobar esta observación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ochagavia A, Baigorri F, Mesquida J, Ayuela JM, Ferrandiz A, García X, et al. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de Cuidados Intensivos Cardiológicos y RCP de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Med Intensiva*. 2014;38(3):154-169.
- Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med*. 2002;30(8):1686-1692.
- Cholley BP, Vieillard-Baron A, Mebazaa A. Echocardiography in the ICU: time for widespread use! *Intensive Care Med*. 2006;32(1):9-10.
- Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *N Engl J Med*. 1970;283(9):447-451.
- 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. SUPPORT Investigators. *JAMA*. 1996;276(11):889-897.
- Keren H, Burkhoff D, Squara P. Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioreactance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;293(1):H583-H589.
- American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force; American Society of Echocardiography; American Heart Association; American Society of Nuclear Cardiology; Heart Failure Society of America; Heart Rhythm Society; et al. ACCF/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Endorsed by the American College of Chest Physicians. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(9):1126-1166.
- Thom O, Taylor DM, Wolfe RE, Cade J, Myles P, Krum H, et al. Comparison of a supra-sternal cardiac output monitor (USCOM) with the pulmonary artery catheter. *Br J Anaesth*. 2009;103(6):800-804.
- Chand R, Mehta Y, Trehan N. Cardiac output estimation with a new Doppler device after off-pump coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2006;20(3):315-319.
- Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of oesophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery. *Anaesthesia*. 2008;63(1):44-51.
- Corcoran T, Rhodes JE, Clarke S, Myles PS, Ho KM. Perioperative fluid management strategies in major surgery: a stratified meta-analysis. *Anesth Analg*. 2012;114(3):640-651.
- Giglio M, Dalfino L, Puntillo F, Rubino G, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy in cardiac and vascular surgery. A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;15(5):878-887.
- Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput*. 1999;15(2):85-91.
- Chong SW, Peyton PJ. A meta-analysis of the accuracy and precision of the ultrasonic cardiac output monitor (USCOM). *Anaesthesia*. 2012;67(11):1266-1271.
- Gujjar AR, Muralidhar K, Banakal S, Gupta R, Sathyaprabha TN, Jairaj PS. Non-invasive cardiac output by transthoracic electrical bioimpedance in post-cardiac surgery patients: comparison with thermodilution method. *J Clin Monit Comput*. 2008;22(3):175-180.
- Sharma V, Singh A, Kansara B, Karlekar A. Comparison of transthoracic electrical bioimpedance cardiac output measurement with thermodilution method in post coronary artery bypass graft patients. *Ann Card Anaesth*. 2011;14(2):104-110.

Sin conflicto de intereses.

Correspondencia:

Julia Cuesta Torres
Yacatas Núm. 169, Int. 7,
Col. Narvarte, 03020,
Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México.
Teléfono celular: 5530146201
E-mail: yulict17@hotmail.com