dr.germansoto@gmail.com
Germán Soto[1]
Luciano Cortiñas[2]
Guillermo Galeotti[3]

Palabras Clave
Índice de Variabilidad Pletismográfica
Hidratación Parenteral intraoperatoria
Monitoreo continuo no invasivo

1. Anestesiólogo Universitario, Docente Carrera de Posgrado de Especialista en Anestesiología, Facultad de Ciencias Médicas, UNR; Editor de la Sección de Novedades en Tecnología de la RAA
2. Anestesiólogo Universitario, Docente Carrera de Posgrado de Especialista en Anestesiología, Facultad de Ciencias Médicas, UNR; Miembro de la Sección de Novedades en Tecnología de la RAA
3. Anestesiólogo Universitario, Docente Carrera Posgrado, Especialista en Anestesiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba; Miembro de la Sección Temática Novedades en Tecnología de la RAA

Índice de Variabilidad Pletismográfica (PVI): Monitoreo continuo y no invasivo de la administración de fluidos

Resumen

Introducción: La evaluación de una adecuada hidratación parenteral (HP) es de vital importancia para mantener el gasto cardíaco y evitar así situaciones de hipovolemia e hipoxia tisular. El Índice de Variabilidad Pletismográfica (PVI) es el porcentaje de variación de la onda pletismografica, que puede ser de utilidad en la monitorización de la administración de soluciones en pacientes bajo anestesia general.

Objetivo: Revisar la literatura científica existente acerca del PVI y su posible implementación para el monitoreo de la HP intraoperatoria.

Materiales y Métodos: Revisión no sistemática mediante búsqueda de artículos relevantes en base de datos OVID, PubMed y Lilacs, en el período 2008 - 2013.

Resultados: Fueron seleccionados y analizados diferentes artículos. El hallazgo más relevante fue que la HP intraoperatoria guiada por PVI mejora la administración de soluciones y disminuye niveles de lactato intra y postoperatorio.

Conclusión: La HP guiada por PVI mejora la administración de fluidos en pacientes bajo anestesia general. Se necesitan otros estudios en poblaciones mayores que avalen los beneficios de optimizar el volumen circulante.

Introducción

La evaluación de una adecuada hidratación parenteral (HP) es de vital importancia para el mantenimiento del gasto cardíaco y evitar así situaciones de hipovolemia e hipoxia tisular. En cirugía mayor abdominal existe evidencia de que la administración de fluidos monitorizada mejora la perfusión intestinal y disminuye la respuesta inflamatoria, lo cual se refleja en una reducción de la estadía hospitalaria, reducción de complicaciones postoperatorias y un menor ingreso a Unidad de Cuidados Intensivos. Los objetivos de la administración intraoperatoria de líquidos pueden resumirse en tres puntos: 1- mantener un aporte de oxígeno adecuado, 2-mantener las concentraciones electrolíticas dentro de la normalidad, y 3- mantener la normoglicemia. Las necesidades totales de líquido están integradas por la expansión compensadora del volumen (ECV) intravascular, el reemplazo del déficit, los líquidos de mantenimiento, la restauración de pérdidas y la sustitución de la redistribución de líquidos (3er espacio)[1].

Tasa = ECV + déficit + mantenimiento + pérdidas + tercer espacio

Estas mediciones se realizan en la práctica diaria mediante balances hidroelectrolíticos de ingresos y egresos, teniendo en cuenta variables estáticas como presión arterial, frecuencia cardíaca, diuresis y monitorización invasiva que incluye catéter arterial, PVC, catéter en la arteria pulmonar y doppler transesofágico.

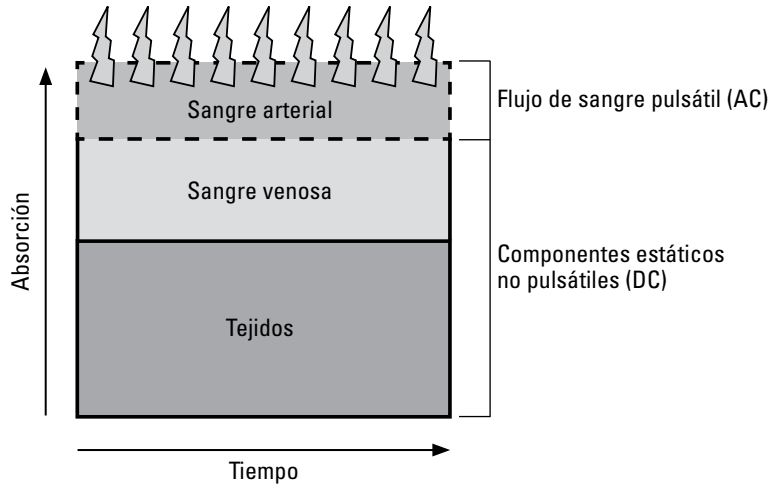
Recientes avances tecnológicos han permitido la utilización de mediciones continuas e índices dinámicos, en tiempo real y no invasivos, con potenciales aplicaciones en el manejo de la HP. Tal es el caso del Índice de Variabilidad Pletismográfica *(PVI, Masimo Corp, Irvine, CA, USA)*, el cual analiza el grado de variabilidad de la curva pletismográfica en relación a los ciclos respiratorios[2]. Esta variabilidad podría relacionarse con el estado de hidratación del paciente bajo anestesia general y en asistencia mecánica respiratoria.

Cálculo de PVI

El PVI se calcula en base al Índice de Perfusión (PI). El PI es una valoración relativa de la presión de pulso en el sitio de registro, su cálculo se basa en el hecho de que el flujo de sangre arterial es pulsátil (AC) y el resto de los tejidos no lo son (DC). La pulsación de sangre arterial modula el grado de absorción de luz que atraviesa, mientras que los otros fluidos y tejidos no lo hacen, manteniendo así una absorción constante (**FIGURA 1**). El PI se define como la proporción entre AC y DC expresado en porcentaje, con valores que van desde muy baja perfusión (0,4%) hasta una alta perfusión (20%), estimado en el sitio de medición.

FIGURA 1 Volver

RELACIÓN ENTRE FLUJO PULSÁTIL Y NO PULSÁTIL



Tomado de www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/articulos/OximetroDePulso_Lemme.doc

Por lo tanto, la proporción entre pulsátil y no pulsátil puede expresarse de la siguiente manera:

$$PI = AC/DC \times 100.$$

El PVI mide la diferencia entre la amplitud máxima y la mínima del PI en uno o más ciclos respiratorios[3]:

$$PVI = (PI\ max - PI\ min / PI\ max) \times 100$$

PVI y PI

La influencia que el PI tiene sobre el PVI está bien definida desde el punto de vista conceptual, pues es el parámetro en el que se basa el cálculo de PVI, pero en qué grado los cambios en el PI pueden afectar el comportamiento y la precisión del PVI no está bien establecido. En este sentido, Broch et al[4], analizando la precisión del PVI, encontraron que pacientes con PI mayor al 4% mejoran sustancialmente la capacidad de medición de PVI para guiar la hidratación; por el contrario, valores de PI bajos tornaban poco fiable el registro como guía de reposición líquida, sugiriendo que un PVI menor de 4% ejerce una fuerte influencia sobre la capacidad de discriminar entre pacientes respondedores y no respondedores a la administración de fluidos.

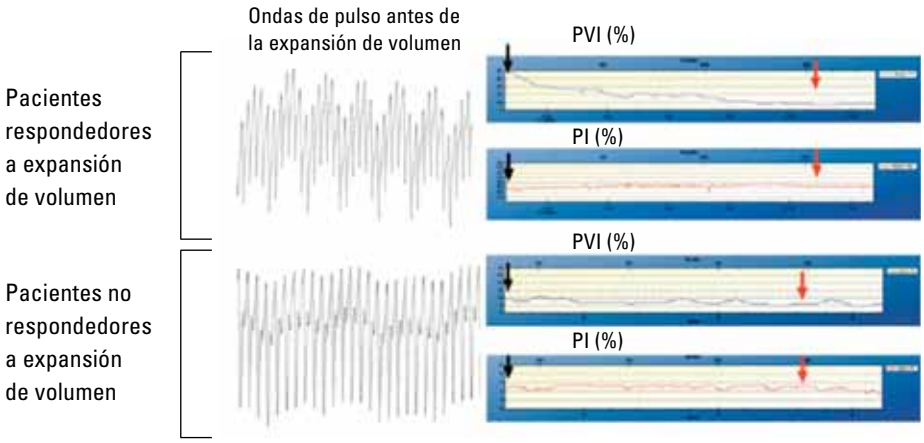
PVI y expansión de volumen

El PVI ha sido indicado como un predictor de la respuesta a la administración de fluidos en pacientes mecánicamente ventilados[5, 6], incluyendo niños[7], tanto en cirugía como en cuidados intensivos[8].

En una serie de publicaciones, Cannesson et al[5, 6] estudiaron el PVI y la expansión de volumen, diferenciando pacientes respondedores de no respondedores a la administración de líquidos. Cuando el PVI es mayor de 14% los pacientes responden a la expansión de volumen, mientras que cuando el PVI es menor de 14% los pacientes no responden a la administración de líquidos (**FIGURA 2**).

FIGURA 2

EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE VARIABILIDAD PLETISMOGRÁFICA (PVI) Y DEL ÍNDICE DE PERFUSIÓN (PI) ENTRE PACIENTES RESPONDEDORES Y NO RESPONDEDORES A EXPANSIÓN DE VOLUMEN



PVI (línea azul) y PI (línea roja). La flecha negra indica comienzo de la expansión de volumen, la flecha roja indica fin de la expansión de volumen, llevada a cabo en un período de 10 minutos. En pacientes respondedores, el PVI de 21% basal disminuye a 9% después de la expansión; en pacientes no respondedores el PVI basal de 9% disminuye a 6%. El PI permanece sin variaciones en ambos grupos.
Tomado de Cannelson et al. ***Br J Anaesth*** *2008; 101:200–6.*

Concordando con estos hallazgos, Zimermann et al[9] hallaron al PVI como un válido indicador de respuesta a la reposición de líquidos, en pacientes mecánicamente ventilados sometidos a cirugía mayor. Por el contrario, hallaron que la PVC como variable de la precarga cardíaca, no muestra correlación estadística en reconocer a los pacientes que responderán a hidratación. La PVC depende de varios factores como el volumen vascular, el tono vascular, la función miocárdica y la presión pleural. Otros investigadores también consideran a la PVC como bajo predictor del estado del volumen sanguíneo circulante. En este sentido, destacan que el PVI, por ser una variable continua y dinámica, realiza una mejor evaluación del estado de volemia del paciente.

PVI e inducción anestésica

La inducción anestésica con propofol en dosis habituales ocasiona comúnmente hipotensión pronunciada, en el orden del 25% al 40% de la presión arterial sistólica (TAS), diastólica (TAD) y media (TAM). Si bien la efedrina y otros vasopresores pueden atenuar este efecto hemodinámico adverso, el tiempo en que transcurre dicho evento requiere la atención del anestesiólogo, quien debe simultáneamente manejar la vía aérea y prepararse para la maniobra de intubación o colocación de un dispositivo supraglótico.

Tsuchya et al[10] encontraron una disminución de la TAS, TAD y TAM del 33%, 23% y 26% respectivamente, luego de la inducción anestésica con propofol a dosis estándar, en pacientes sin patologías previas y en ventilación espontánea. Mediante análisis de regresión logística hallaron correlación entre valores de PVI mayores de 15 y descenso de TAM, concluyendo que el PVI podría ser capaz de identificar aquellos pacientes susceptibles a desarrollar hipotensión arterial durante la inducción anestésica.

Se debe enfatizar que, debido a variación en la frecuencia respiratoria y volúmenes tidales, existen pocos trabajos en pacientes en ventilación espontánea[11], ya que ésta puede alterar el censado de PI.

PVI y PEEP

El PVI puede detectar los cambios hemodinámicos que se producen con el agregado de presión positiva al final de la espiración (PEEP)[12]. La estrategia de reclutamiento alveolar (ERA) cuando se aplica, mejora la oxigenación arterial y tisular durante la anestesia. Sin embargo, la ERA implica un aumento creciente de la presión inspiratoria pico y de la PEEP, provocando cambios hemodinámicos, como aumento de la poscarga del VD, disminución del retorno venoso al VD (debido al incremento de la presión intratorácica), y aumento de la precarga del VI. Las consecuencias globales de estos cambios serían una disminución del gasto cardíaco, opacando los beneficios del aumento de la presión alveolar de oxígeno.

Desebe et al[12] encontraron que el agregado de PEEP aumenta significativamente la PVI en pacientes en asistencia respiratoria mecánica (ARM) post cirugía cardíaca, con lo cual discriminaría aquellos pacientes que se comportarán hemodinamicamente inestables de aquellos que no lo harán.

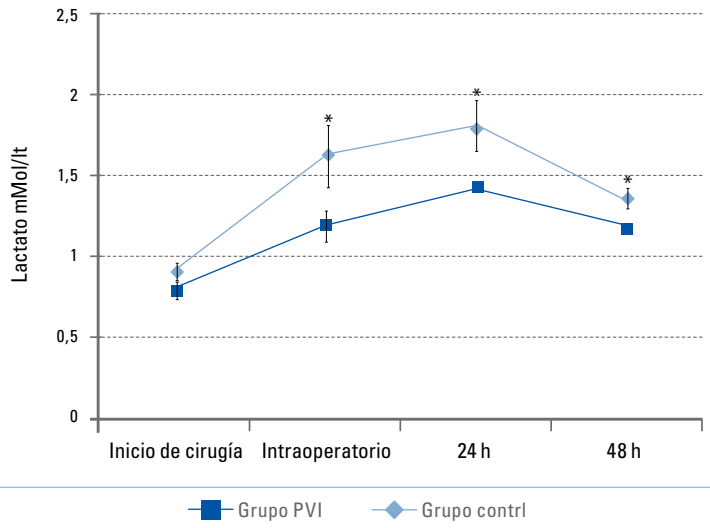
PVI y niveles de lactato

Forget et al[13] compararon dos formas de administrar soluciones en pacientes sometidos a cirugía mayor abdominal: una guiada con PVI (grupo PVI) y otra convencional (grupo control). El primer grupo recibía 250 ml de coloide si el PVI era mayor a 13; el segundo grupo recibía coloide al producirse pérdida sanguínea mayor a 50 ml, disminución de TAM menor de 65 mmHg o disminución PVC menor de 6 mmHg. Se constató la cantidad de coloides y cristaloides

administrado, obteniéndose además muestras de lactato basal intraoperatorio, 24 y 48 h posteriores a la cirugía. El estudio demostró una disminución en la administración de cristaloides y una disminución en los niveles de lactato cuando se realiza HP guiada por PVI (**FIGURA 3**). El nivel elevado de lactato en sangre es una expresión del trabajo anaeróbico celular y ofrece una evaluación indirecta del estado de perfusión de los tejidos. Por lo tanto, se infiere que el aumento del lactato está relacionado con un inadecuado volumen intravascular, redistribución de flujo sanguíneo e hipoxia tisular.

FIGURA 3

NIVELES DE LACTATO DURANTE Y DESPUÉS DE CIRUGÍA EN GRUPO PVI *VS* GRUPO CONTROL



Los datos son presentados como promedio. * p < 0,05.
Tomado de Forget y cols. ***AnesthAnalg*** *2010;111:910–914.*

PVI y vasopresores

El uso de drogas vasoactivas es parte de la práctica habitual durante la anestesia en pacientes de alto riesgo quirúrgico. Monnet et al[14] estudiaron la aplicación del PVI en una reducida población en pacientes críticos mantenidos en ARM y con soporte inotrópico con norepinefrina. Los pacientes fueron evaluados antes y después de la reposición hídrica, concluyendo que el uso de PVI en esta población es poco preciso. Sugieren que el PVI resulta poco útil en pacientes que reciben vasopresores. Además, hubo un porcentaje no despreciable de pacientes incluidos en el estudio (16%) en los cuales no se pudo registrar señal pletismográfica.

PVI *vs* EcocardiografíaTransesofágica (ETE)/doppler esofágico

El manejo del paciente hemodinámicamente inestable es un reto para el anestesiólogo. La hipovolemia (relativa o verdadera), vasodilatación y disfunción miocárdica son causas -en ocasiones simultáneas-, que deben resolverse. Tradicionalmente, las decisiones clínicas se tomaban en base a la medición de presiones (presión arterial, presión venosa central, presión de llenado ventricular, etc.). Con el avance tecnológico, comenzaron a desarrollarse sistemas que permiten poder determinar el gasto cardíaco con el cálculo de volúmenes, dando lugar a un mejor conocimiento del funcionamiento hemodinámico y la interrelación entre volumen y presión. En este sentido, la disponibilidad de la ecocardiografía transesofágica (ETE) constituye una herramienta precisa, debido a que posee todos los atributos mencionados anteriormente, permite calcular presiones, volúmenes, y una visualización directa del corazón y sus estructuras que ayuda a comprender y diagnosticar lo que el paciente precisa. El ETE permite analizar y relacionar la anatomía cardíaca, la función ventricular, precarga, isquemia miocárdica, funcionamiento valvular y asociarlo con mediciones de flujo y presión, para poder tomar decisiones concretas[15].

Hood et al[16] compararon el uso de PVI con sonda para *doppler* esofágico, ya que existe evidencia y protocolos de reposición de fluidos utilizando este tipo de monitoreo[17]. Sin embargo, el uso de *doppler* esofágico tiene limitaciones, al ser técnicamente demandante, una tecnología más cara, y además operador dependiente, debido a que la posición de la sonda ecográfica y las mediciones de flujo requieren de cierta habilidad para conseguir cortes anatómicos precisos. En contraste, el PVI es más fácil de interpretar y de menor costo respecto al ETE y a la sonda *doppler*.

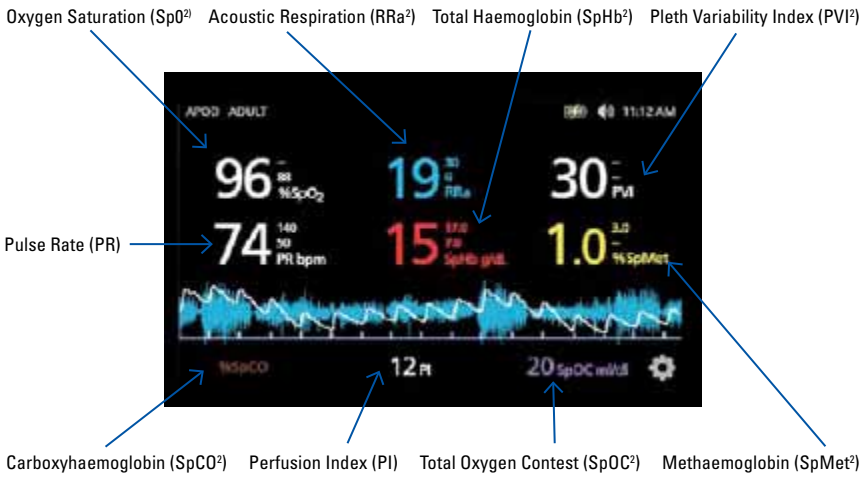
Estas técnicas no son excluyentes entre sí porque sus ventajas y limitaciones son muy diferentes y no pretenden reemplazar a otros monitores (catéteres centrales, Swan Ganz, medición de saturación venosa mixta). La decisión de su uso estará basada en la disponibilidad de los recursos y en el juicio clínico del anestesiólogo.

Desarrollo tecnológico para medición de CO-Oximetría de pulso

La extracción de señal de PI y PVI se realiza bajo la plataforma tecnológica Rainbow SET® *(Signal Extration Technology)*, diseñada por la *Compañía Masimo (Masimo Corp, Irvine, CA, USA)*. Además del registro de saturación de oxígeno (SpO_2) y frecuencia cardíaca (FC) que realizan oxímetros convencionales, dicha plataforma puede registrar hemoglobina total (SpHb®), la carboxihemoglobina (SpCO®), metahemoglobina (SpMet®), índice de perfusión (PI) e índice de variabilidad pletismográfica (PVI) (**FIGURA 4**). El sistema funciona en forma de módulos, incorporando el usuario los módulos correspondientes a los índices que desea registrar, que son cargados como actualizaciones de *software*[18].

FIGURA 4 ↺ Volver

PLATAFORMA TECNOLÓGICA RAINBOW SET® PARA REGISTRO DE CO-OXIMETRÍAS



Display de plataforma Rainbow SET ® para registro de saturación de oxígeno (SpO_2) y frecuencia cardíaca (FC), hemoglobina total (SpHb®), la carboxihemoglobina (SpCO®), metahemoglobina (SpMet®), índice de perfusión (PI) e índice de variabilidad pletismográfica (PVI).
Tomado de http://www.masimo.es/Rainbow/about.htm

Actualmente *Lübeck – Dräger* ha anunciado el lanzamiento de su monitor *Infinity® Acute Care System*, incorporando los beneficios clínicos de la tecnología *Rainbow® SET*, ofreciendo el paquete completo de mediciones no invasivas de CO-Oximetría de Pulso[19].

Conclusión

De acuerdo a las investigaciones realizadas, existe evidencia que la HP guiada por PVI mejora la administración de fluidos, en pacientes en diversos contextos que comprenden cirugía cardíaca, cirugía mayor abdominal y cuidados intensivos. Sin embargo, estos pacientes frecuentemente requieren monitorización invasiva que incluye catéter arterial y canulación venosa central. En consecuencia, pareciera más razonable el uso de PVI en cirugías de baja y mediana complejidad, en pacientes que no requieran instrumentación. El aporte de fluidos en anestesia para expansión del volumen intravascular, reemplazo del déficit, líquidos de mantenimiento, la restauración de pérdidas y la sustitución de terceros espacios podrían ser monitorizados mediante PVI, en forma continua y no invasiva.

Por otra parte, niveles basales de PVI previos a la inducción anestésica pueden relacionarse con el descenso de la TAM, luego de la inducción con propofol. El monitoreo de PVI podría identificar a pacientes con alta posibilidad de desarrollar hipotensión arterial en este período crítico del perioperatorio. De esta manera, el anestesiólogo podría tomar los recaudos necesarios para evitar tal situación y procurar una anestesia segura.

Debe mencionarse también que podría existir alguna diferencia en la localización de la toma de señal de oximetría. Esta situación puede presentarse durante el censado en el lóbulo de la oreja, debido a que esta tiene menor perfusión capilar, en comparación a los dedos. Además, se aconseja que el PI sea siempre mayor a 1 para que el PVI sea confiable.

Con respecto a los trabajos seleccionados, debe destacarse que la mayoría fueron realizados en pacientes ventilados y con ritmo cardíaco estable, por lo cual es necesario leerlos críticamente cuando se interpretan sus resultados. Muy pocos estudios fueron realizados en pacientes en ventilación espontánea.

Se necesitarán otros estudios en poblaciones mayores que avalen los beneficios de optimizar el volumen circulante mediante monitoreo de PVI. Si nuevos estudios confirman dichos beneficios, podría ampliarse el uso de PVI como monitoreo de rutina.

Financiación

Recursos propios de autores.

Agradecimientos

A los Dres Juan Pedro Despuy y Gustavo Elena por el aporte de contenidos y revisión crítica.

Referencias Bibliográficas

1. Tonnesen A. Cristaloides y coloides. En: Miller (Ed.), Anestesia, Madrid (2002), pág 1553-75. Volver
2. Cannesson M, Delannoy B, Morand A, et al. Does the pleth variability index indicate the respiratory-induced variation in the plethysmogram and arterial pressure waveforms? Anesth Analg 2008; 106: 1189–94. Volver
3. Desebbe O, Cannesson M. Using ventilation-induce plethysmographic variations to optimize patient fluid status. Curr Opin Anaesthesiol 2008; 21: 772-8. Volver
4. Broch O, Bein B, Gruenewald M, et al. Accuracy of the pleth variability index to predict fluid responsiveness depends on the perfusion index. Acta Anaesthesiol Scand 2011; 55: 686–93. Volver
5. Cannesson M, Attof Y, Rosamel P, et al. Respiratory variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude to predict fluid responsiveness in the operating room. Anesthesiology 2007; 106, 6: 1105–11. Volver
6. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, et al. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. Br J Anaesth 2008; 10, 2: 200–6. Volver
7. Renner J, Broch O, Gruenewald M, et al. Non-invasive prediction of fluid responsiveness in infants using pleth variability index. Anaesthesia 2011; 66: 582–9. Volver
8. Loupec T, Nanadoumgar H, Frasca D, et al. Pleth variability index predicts fluid responsiveness in critically ill patients. Crit Care Med 2011; 39: 294–9. Volver
9. Zimmermann M, Feibicke T, Keyl C, et al. Accuracy of stroke volume variation compared with pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients undergoing major surgery. Eur J Anaesthesiol 2010; 27: 555-61. Volver
10. Tsuchiya M, Yamada T, Asada A. Pleth variability index predicts hypotension during anesthesia induction. Acta Anaesthesiol Scand 2010; 54: 596–602. Volver
11. Nilsson L. Respiration signals from photoplethysmography. Anesth Analg 2013; xx: 00-00. Volver
12. Desebbe O, Boucau C, Farhat F et al. The ability of pleth variability index to predict the hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure in mechanically ventilated patients under general anesthesia. Anesth Analg 2010; 110: 792–8. Volver
13. Forget P, Lois F, de Kock M. Goal-directed fluid management based on the pulse oximeter-derived pleth variability index reduces lactate levels and improves fluid management. Anesth Analg 2010; 111: 910–4. Volver
14. Monnet X, Guérin L, Jozwiak M y cols. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine. Br J Anaesth 2013; 110, 2: 207–13. Volver
15. Cabrera Shulmeyer MC. Anestesia y ecocardiografía transesofágica perioperatoria. Rev. Chil. Anestesia (2006); 35: 17-26. Volver
16. Hood J, Jonathan R. Pleth Variability Index to Predict Fluid Responsiveness in Colorectal Surgery. Anesth Analg 2011; 113: 1058–63. Volver

17. Abbas SM, Hill AG. Systematic review of the literature for the use of esophageal Doppler monitor for fluid replacement in major abdominal surgery. Anesthesia 2008; 63: 44–51. Volver

18. En: http://www.masimo.es/Rainbow/about.htm Volver

19. En: http://www.draeger.com/sites/en_aunz/Pages/Hospital/Infinity-Acute-Care-System.aspx Volver

Recibido: 24-05-13
Aceptado: 24-06-13
Conflicto de intereses: Ninguno declarado