

DIFERENCIAS EN EL ÍNDICE DE VARIABILIDAD PLETISMOGRÁFICA PVI® ENTRE LA POSICIÓN PRONO COMÚN VS PRONO GEORGIA POST INDUCCIÓN ANESTÉSICA

PVI® DIFFERENCES BETWEEN COMMON PRONE POSITION AND GEORGIA PRONE POSITION AFTER INDUCTION OF ANESTHESIA

Gustavo Oporto Torres¹, Valentina Escánder Rivano¹, Rodrigo Palavecino Rivas¹, Catalina Valdés Alvear¹

¹Interno de medicina, Universidad de Chile.

RESUMEN

Introducción: Los parámetros dinámicos de respuesta a fluidos son útiles para establecer las condiciones de pre carga de los pacientes quirúrgicos y críticos que se encuentran en ventilación mecánica. La variación de la onda pletismográfica se ha correlacionado al análisis de la onda arterial como monitor de respuesta a fluidos. En cirugía de columna, la posición prono se caracteriza por una disminución del gasto cardiaco. Esta disminución puede ser mayor si las extremidades se encuentran bajo el tórax del paciente.

Objetivos: Determinar si el índice PVI® varía en pacientes sometidos a dos posiciones distintas para cirugía de columna.

Materiales y Métodos: Se reclutarán 32 pacientes que se asignaran a dos grupos, prono común y prono en posición de Georgia. Después de la inducción anestésica e inicio de ventilación mecánica a presión positiva, se medirá la variación de la onda de pletismografía en supino y prono para cada paciente en los dos grupos de estudio.

Resultados: Existe un aumento en el valor de PVI® en los pacientes anestesiados cuando cambian de posición supina a prona ($p < 0,001$). Esta diferencia es mayor en las mediciones de los pacientes en posición de Georgia ($p < 0,05$). Al comparar cada posición por sí sola, tanto el paso a posición prono común como prono Georgia producen un aumento significativo en el índice PVI® ($p = 0,001$).

Discusión: Existen cambios pletismográficos descritos como cambios en el PVI® al pasar de la posición supina a prona en pacientes anestesiados. Este cambio puede ser un reflejo de los cambios en la pre carga ventricular, lo que podría explicar la disminución del gasto cardiaco observada en pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas en esta posición.

PALABRAS CLAVE: índice de variabilidad pletismográfica, anestesia, prono.

ABSTRACT

Introduction: Dynamic patterns of the response to fluids are useful to establish preload conditions of patients undergoing surgery and critical patients undergoing assisted ventilation. Plethysmographic wave variability has been related to the arterial wave analysis in order to monitor the response to fluids. In spine surgery, prone position is associated with a decrease in cardiac output. This decrease can be greater if limbs are under the thoracic level.

Objectives: To determine if plethysmographic variability index (PVI®) changes in two different positions in patients undergoing spine surgery.

Materials and Methods: 32 patients were assigned to 2 groups: common prone and Georgia prone position. After the induction of anesthesia and positive pressure mechanical ventilation, plethysmographic wave variability will be measured in supine and prone positions in each patient.

Results: There is an increase in PVI® in patients undergoing anesthesia when their position is changed from supine to

prone ($p < 0,001$). This difference is greater in Georgia position ($p < 0,05$). Both common prone and Georgia positions produce a significant increase of PVi[®] ($p = 0.001$).

Discussion: There are plethysmographic changes described as PVi[®] changes when position is changed from supine to prone in patients undergoing anesthesia. This change may be reflecting ventricular preload changes, which may explain the decrease of cardiac output in patients undergoing surgery in this position.

KEYWORDS: plethysmographic variability index, anesthesia, prone.

INTRODUCCIÓN

La posición prona es usada frecuentemente en cirugía de columna. La modificación de Georgia (Arrodillado) en donde las extremidades inferiores se encuentran flexionadas bajo el paciente, permite una mejor exposición de los espacios intervertebrales y menor hemorragia durante el procedimiento quirúrgico que la posición supina común, donde el paciente se encuentra extendido en la mesa quirúrgica⁽¹⁾.

Se describe que el cambio de posición desde el supino al prono disminuye en un 20% el gasto cardiaco, lo que se asocia a una disminución del retorno venoso al corazón^(2,3). Dado que, en la posición prono de Georgia, existe un cambio en la ubicación de las extremidades inferiores, las que quedan bajo el nivel del tórax, la disminución del sangrado en dicha posición, se debería a una menor presión venosa a nivel de plexos peridurales. Esta disminución del retorno venoso y del gasto cardiaco se traduce como hipotensión arterial en el intra operatorio. Clásicamente, el manejo de este fenómeno se realiza con la administración de fluidos intravenosos para mejorar la pre carga y optimizar el volumen expansivo⁽⁴⁾.

Por otro lado, la administración liberal de fluidos conlleva complicaciones asociadas a edema de tejido, alteraciones en la coagulación y disfunción endotelial⁽⁵⁾. Por esto, se recomienda que la reposición de líquidos sea limitada y se realice guiada por parámetros dinámicos que permitan evaluar objetivamente el estado de pre carga ventricular⁽⁶⁾.

Los parámetros de monitorización más estudiados se basan en el análisis de la variabilidad de la curva de presión arterial, donde se obtienen los índices de variación de presión de pulso y variación de la presión sistólica⁽⁷⁾. Esto requiere la instalación de una línea arterial, procedimiento que, aunque poco invasivo, tiene complicaciones asociadas. Se ha descrito que el análisis de la pletismografía de pulso se correlaciona con los parámetros obtenidos desde la curva de presión arterial para guiar la reposición de volumen en

el intra operatorio. Este es un método no invasivo que usa un sensor de oximetría en el dedo para obtener la información⁽⁸⁾.

No conocemos si el cambio del retorno venoso que ocurren al pasar de supino a prono en Georgia, puede ser objetivado mediante el análisis pletismográfico y si este puede ser utilizado como parámetro para monitorizar el estado de pre carga en estos pacientes.

El siguiente estudio tiene como objetivo describir los cambios en la onda pletismográfica medidos como índice de variabilidad pletismográfica (PVi[®]) que ocurre en las dos posiciones prono usadas en cirugía de columna de nuestro centro.

Hipótesis

Dado que la posición de Georgia cursa con menor presión venosa de los plexos peridurales y un menor sangrado del campo quirúrgico, proponemos que los parámetros dinámicos no invasivos de pacientes operados en posición de Georgia, serán concordantes con un paciente con mayor respuesta a volumen y menor pre carga que los pacientes en prono común.

Objetivo general

Determinar la diferencia en los valores de monitorización dinámica de pre carga en pacientes en dos tipos de decúbito prono.

Objetivos específicos:

1. Determinar la variación del índice de variabilidad pletismográfica (PVi[®]) post inducción de anestesia general en decúbito prono común y Georgia.
 - a. Determinar el cambio en el PVi[®] al pasar de posición supina a prona

- b. Establecer la diferencia en los valores de cambio de PVi[®] para las posiciones de prono común en relación a la posición prono Georgia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Realizamos un estudio observacional para comparar los valores de PVi[®] en pacientes que son sometidos a cirugía en posición prono en el Hospital Clínico de la Universidad de Chile durante el periodo de mayo del 2017 hasta la fecha. La población de estudio fueron los pacientes que ingresaron de manera electiva a cirugía de hernia de núcleo pulposo (HNP). Se planificó reclutar 32 pacientes divididos en un grupo prono común y en un grupo prono Georgia. La indicación de la posición quirúrgica fue realizada por el neurocirujano tratante. Los criterios de inclusión son pacientes a) ASA I o II, b) Edad mayor a 18 años, c) Cirugía electiva. Se excluirán los pacientes que a) Hayan sido tratados con soluciones intravenosas durante la noche, b) Pacientes donde no se logre obtener una adecuada señal del monitor, c) IMC mayor a 35, D) Pacientes embarazadas, E) Pacientes que participen en proyectos en otra institución. Según esto, se asignó de manera secuencial a los pacientes en cada grupo. Tras la firma de un consentimiento informado los pacientes fueron ingresados a pabellón donde como parte de la monitorización estándar se instaló el sensor de PVi[®] conectado al sistema Rainbow[®] Rad-87 (Masimo Corporation; Irvine, CA, USA). Anestesia fue inducida con Fentanilo, Propofol y Rocuronio La mantención durante la cirugía se realizó Sevofluorano. La elección de los fármacos y su dosificación fue realizada por el anesthesiólogo tratante (Tabla 1). Los parámetros ventilatorios fueron de 8 mL/Kg para el cálculo del volumen corriente (VT) de 8 mL/Kg^(8,9) de acuerdo a peso ideal con PEEP de 5 cm H₂O y frecuencia respiratoria entre 12 a 14 por min para un etCO₂ entre 35 a 40 mmHg. El cálculo del peso ideal se realizó según lo descrito para ventilación protectora por ARDS Network⁽¹⁰⁾. Luego de la intubación e inicio de la ventilación mecánica, se obtuvo una medición basal de PVi[®] donde se registraron los valores cada 1 minuto durante los últimos 5 minutos previo a voltear el paciente. En prono, luego de 10 minutos, se realizó un nuevo registro cada 1 minuto por 5 minutos. Los valores del monitor se grabaron con el uso de una videocámara para luego ser traspasadas al protocolo de estudio. El monitor de PVi[®] se mantuvo toda la cirugía hasta después de la extubación.

Los parámetros fueron registrados y tabulados asignándole un número de folio a cada paciente. El cálculo del tamaño

muestra se realizó de acuerdo a los promedios de PVi[®] descritos en pacientes respondedores y no respondedores a volumen⁽⁹⁾. Esperando un aumento de 60% (Desviación estándar 6%) en el valor de PVi[®] en los pacientes en prono común versus prono Georgia, con un p=0,05 y un poder de 0,8 para un test de dos colas se espera estudiar una muestra de 16 pacientes por grupo.

Para el análisis y generación de gráficos de datos se usó el programa Microsoft Office 365 ProPlus (Microsoft software), Prism 5 (GraphPad Software Inc.). Las variables continuas fueron analizadas usando t-student y Anova de dos vías para variables pareadas o no pareadas según corresponda. Las imágenes y los datos fueron traspasados por el grupo de investigación en formularios escritos y almacenados para eventuales análisis posteriores.

Aspectos éticos

El proyecto fue aprobado por el comité de ética del Hospital Clínico de la Universidad de Chile con fecha marzo del 2017 (Acta de aprobación N°7 del 15 de marzo 2017/OAIC N°866/17)

RESULTADOS

De un total de 12 de 32 pacientes reclutados, dos pacientes fueron retirados por fallas en la obtención de señal durante la cirugía, 7 pacientes han ingresado al grupo prono común y 3 pacientes al grupo prono Georgia. Todos los pacientes fueron sometidos a anestesia general inhalatoria con Propofol, Fentanilo en la inducción anestésica y Sevofluorano para la mantención durante la cirugía. A pesar de no ser una variable controlada por el protocolo, ambos grupos recibieron 2 ± 1 mL/Kg/Hr de cristaloides y sólo presentaron diferencias en la masa de Propofol (mg/Kg) usados en la inducción anestésica (Tabla 1).

Si consideramos a todos los pacientes de forma agrupada, la medición de PVi[®] presenta un aumento luego que el paciente adquiere la posición prona (Promedio supino $6.8\% \pm 3.2\%$, prono $10.7\% \pm 4.9\%$) el cambio en el promedio del índice de variabilidad pletismográfica alcanza un aumento significativo ($p < 0,001$; IC95: -5.040 a -2.800) en relación a su promedio basal en supino. (Figura 1).

El análisis de las diferencias de medias entre el grupo prono común y Georgia muestra que la variación de pulso es mayor luego que los pacientes son colocados en posición de Georgia. Este aumento es significativo en las mediciones de 2 y 3 minutos ($p < 0.05$, ANOVA de dos vías) con un 7% de

posibilidades de encontrar estos datos por azar (Figura 2).

Al analizar cada posición por separado, tanto el cambio de posición de supino a prono común y a Georgia (Prono común $8.7\% \pm 3.3\%$; Prono Georgia $15.3\% \pm 5.1\%$), se caracteriza por un cambio significativo en el valor promedio de PVi[®] respecto a su respectivo valor en supino (Prono común $p=0.001$, IC95: -3.908 a -1.407; Prono Georgia $p<0,001$; IC95: -8.513 a -5.220). Esta diferencia tiene una tendencia de ser mayor para la posición Georgia (Figura 3).

DISCUSIÓN

Nuestro trabajo se encuentra actualmente en fase de reclutamiento de pacientes. Hasta el momento hemos logrado observar que existen cambios en el índice de variabilidad pletismográfica cuando los pacientes pasan de posición supina al prono. Estos cambios se producen sin intervención quirúrgica y reflejarían las diferencias fisiológicas en la interacción cardiopulmonar que ocurre con el cambio de posición. Por otro lado, el aumento del promedio de PVi[®] que se observa al comparar la posición de prono común versus Georgia pone de manifiesto las diferencias que ocurren en el retorno venoso cuando las extremidades se encuentran en posición inferior al tórax.

Los cambios hemodinámicos que se producen al pasar a la posición prona se han explicado por un cambio en el gasto cardiaco. Yokoyama et al. Al estudiar variables hemodinámicas con el uso de catéter de arteria pulmonar demostró que la posición prono disminuye el gasto cardiaco con un aumento de la resistencia vascular sistémica, argumentando con información indirecta, que el retorno venoso podría ser la causa de este fenómeno⁽²⁾. Dado que la variación de la presión de pulso es un monitor de respuesta a volumen basado en optimización de precarga⁽¹¹⁾, nuestros resultados aportan mayor evidencia que durante la posición prono y más aún, en la posición de Georgia disminuyen el retorno venoso.

La reanimación durante cirugía se realiza en base a la optimización del gasto cardiaco⁽¹²⁾. Clásicamente, la primera línea de tratamiento en el peri operatorio es la administración de volumen, basado en la presencia de hipovolemia relativa al ayuno pre operatorio, simpatectomía farmacológica y como forma de compensación de las pérdidas hemáticas durante las cirugías. Actualmente, cada vez existe más certeza del daño que se genera con la administración de fluidos, el que, además de manifestarse clínicamente como edema, se

relaciona a daño endotelial, alteración del flujo sanguíneo, alteración en la adhesión leucocitaria y trastornos de coagulación intravascular^(5,13).

Establecer el estado de precarga y volumen intravascular es complejo⁽¹⁴⁾. Los parámetros de monitorización más estudiados se basan en el análisis de la variabilidad de la curva de presión arterial, donde se obtienen los índices de variación de presión de pulso (DPP) y variación de la presión sistólica (VPS)⁽¹⁵⁾. Esto requiere la instalación de una línea arterial, procedimiento que, aunque poco invasivo, tiene complicaciones asociadas. El análisis de la pletismografía de pulso se correlaciona con los parámetros obtenidos desde la curva de presión arterial para guiar la reposición de volumen en el intra operatorio⁽¹⁴⁾. Es un método no invasivo que usa un sensor de oximetría en el dedo para obtener la información^(16,17). Se ha observado que DPP y VPS pueden ser usados en posición prono⁽¹⁸⁾. Asumiendo que existe una correlación entre los valores de la curva arterial con los pletismográficos, el uso de PVi[®] resulta muy atractivo por ser un método no invasivo. Vos et al. Observa que los valores pletismográficos logran una adecuada correlación con los arteriales para predecir la respuesta a volumen aunque no seguirán correctamente la reanimación⁽⁹⁾. Pese a esto, la optimización del gasto cardiaco con el uso de PVi[®] ha sido descrita por varios autores. Forget et al. Combinó la administración de fluidos basados en PVi[®] con el uso de vasoactivos para mantener una adecuada presión arterial. En dicho estudio, logró disminuir los niveles de lactato post operatorio en pacientes sometidos a cirugía mayor abdominal en comparación a pacientes donde la administración de fluidos se realizó con presiones de llenado⁽¹⁹⁾. El uso de vasopresores para manejar el parámetro "Presión arterial" puede inducir a una disminución del flujo sanguíneo por aumentos en la resistencia de los territorios arteriales. Y la administración de fluidos sólo logra optimizar la precarga y tiene un límite establecido en la curva de Frank-Starling. Forget et al. Demostró que la combinación de ambos logró mejorar la perfusión tisular, medido como aumento de lactato plasmático, lo que debe considerarse el objetivo final del manejo del paciente quirúrgico.

Dado que los fenómenos fisiológicos de autorregulación no son instantáneos y requieren de minutos para establecerse, nosotros observamos los valores de PVi[®] por periodos de 5 minutos para establecer los niveles de cada posición. Observamos alta variabilidad en el índice PVi[®] inmediatamente después de los cambios de posición. Esta variación se observa con los movimientos de la mano donde se encuentra instalado el sensor y con la administración de

efedrina (que cambia la amplitud de la onda de pulso). La existencia de esta variabilidad, sumada a los cambios que son inherentes a la señal de cualquier oxímetro, puede llevar a una sobre reacción frente a los cambios en el valore del índice, por lo que al igual que lo descrito en otros protocolos⁽¹⁹⁾, la espera de 5 minutos para observar la tendencia parece adecuada antes de tomar una decisión de tratamiento.

El valor para diagnosticar la respuesta a volumen en parámetros dinámicos arteriales es controversial y va desde 11% a 13% en la literatura^(6,8). Para los valores pletismográfica, en supino se describen valores de corte de 12%⁽⁹⁾ a un 14%⁽⁸⁾. Forget en su trabajo usó un corte de 13% mantenido por 5 minutos para iniciar la administración de fluidos⁽¹⁹⁾. En nuestro trabajo, el promedio de PVI[®] cambio de 6,7% a valores promedios de 15% en Georgia con valores máximos de 22%, develando un estado respondedor a volumen con sólo con el cambio de posición.

Conclusiones

Nuestro estudio logra mostrar que existen cambios pletismográficos con el cambio de supino a prono y que estos son mayores en paciente Georgia que supino común. El estudiar pacientes sometidos a cirugía de HNP en posición supino y prono nos permitió caracterizar los cambios que ocurren en la fisiología del paciente anestesiado con mínimas pérdidas sanguíneas. En este contexto, los cambios observados son debidos a la adaptación de la fisiología a un estado de vasodilatación gatillado por los fármacos anestésicos, cambios de retorno venoso y a los cambios que ocurren en la interacción cardio pulmonar al variar la posición de los pacientes.

La observación del estado basal de cada paciente no siempre es considerada. Nuestros valores obtenidos sin intervención quirúrgica, muestran cambios previos al inicio de la cirugía. Los mecanismos de compensación fisiológica en pacientes ASA I y II que ingresaron de manera electiva a cirugía pueden considerarse conservados, pero estos, podrían no ser suficiente en el escenario de pacientes de urgencia, en aquellos que se encuentren con un gasto cardiaco disminuido o cursando cuadros de descompensación hemodinámica.

La variación de la presión de pulso es un parámetro sub utilizado en clínica. Al igual que la medición automática de los parámetros de respuesta a volumen arteriales es recomendada⁽²⁰⁾, la medición automática de PVI[®] puede convertirse en un elemento complementario al análisis

estándar de todo paciente en cirugía y abandonar definitivamente el uso de presiones de llenado para guiar la administración de fluidos de nuestros pacientes.

Limitaciones

El objetivo de este trabajo no fue evaluar el aporte de volumen, sino cómo la variación de pulso puede servir como monitor de los cambios hemodinámicos que ocurren asociados a los cambios de posición. Fuimos capaces de seguir los cambios en el retorno venoso y pre carga para en un futuro asociar estos valores a gasto cardiaco y eventualmente marcadores de perfusión.

La presente investigación aumenta el conocimiento sobre el análisis de la variación pletismográfica durante cirugía. Entrega una aproximación peri operatoria al estado de pre carga cardiaca, lo que puede ayudar a optimizar el estado hemodinámico de los pacientes sometidos a neurocirugía de columna.

La validez interna de los datos del trabajo se sostiene en que las mediciones han sido realizadas por un equipo de investigación, grabadas y analizadas post cirugía de manera sistemática y reproducible. La validez externa está dada por los criterios de inclusión y exclusión que limitan el estudio a pacientes mayores de 18, años ASA I y II, por lo que deben estudiarse estos parámetros en pacientes con distintas patologías.

	Total	Común	Georgia
Edad	41,1 ± 12,7	48,1 ± 12,2	33,0 ± 1,7
Peso	91 ± 15	90 ± 13	86.7 ± 23
IMC	30.2 ± 3.8	30.8 ± 3.8	28.2 ± 5.2
Duración Cirugía (min)	147 ± 61	163 ± 73	102 ± 33
Duración Anestesia (min)	179 ± 63	193 ± 73	130 ± 38
Volumen administrado (mL/Hr)	185 ± 75	210 ± 92	166 ± 43
mL/Kg/Hr	2±1	2 ± 1	2 ± 1
Fentanilo (mg/Kg)	3.9 ± 0.6	3.7 ± 0.4	4.3 ± 0.7
Propofol (mg/Kg)	1.9 ± 0.4	1.7 ± 0.3	2.3 ± 0.5
ASA			
I	3	1	2
II	7	6	1

Tabla 1: Descripción de las variables demográficas: El valor de Propofol utilizado en la inducción anestésica fue el único parámetro que mostró diferencias en el análisis estadístico.

Diferencias de PVi[®] entre posición supina a prono

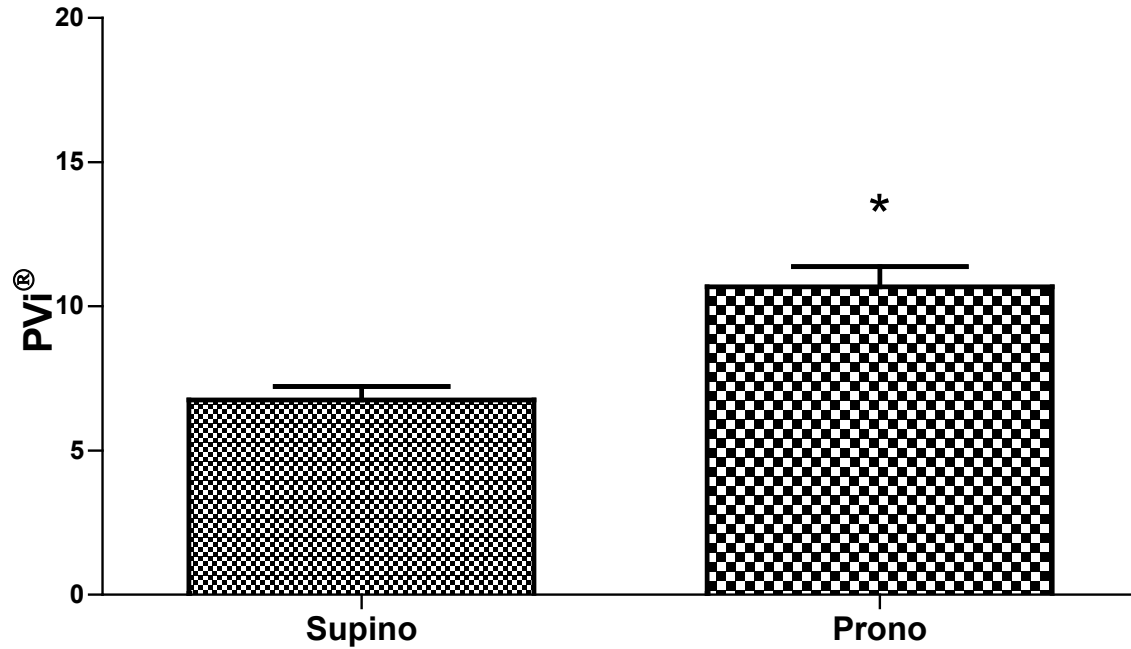


Figura 1: Datos agrupados de todos los pacientes (n=10). Se observa que el promedio de PVi[®] en supino aumenta significativamente al pasar a la posición prono, pasando de a un estado respondedor a volumen. (p<0,001; IC95: -5.040 a -2.800)

PVi[®] pre y post cambio de posición

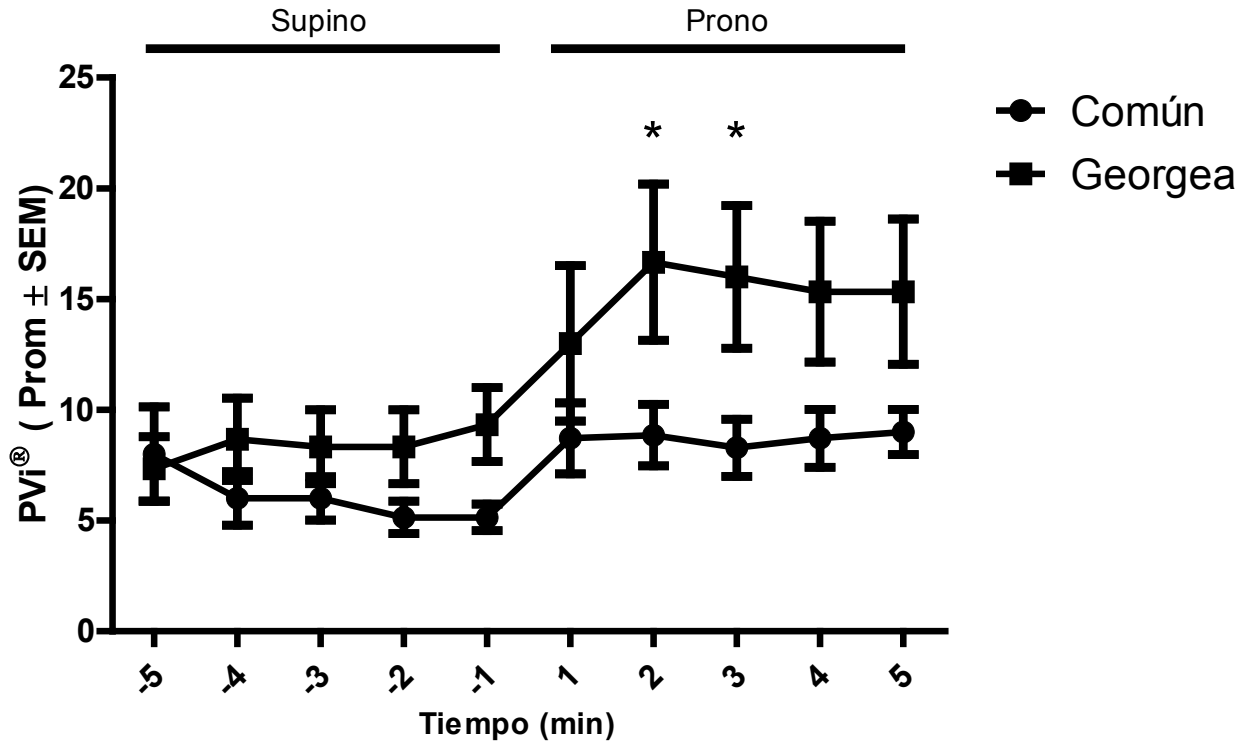


Figura 2: Diferencias en el valor de PVi[®] entre dos posiciones prono. Se observan los promedios de PVi[®] en 5 mediciones en posición prono y supino. El cambio de posición en el gráfico se define como tiempo cero. Los pacientes que son posicionados en Georgia presentan valores de variabilidad pletismográfica mayores a la de pacientes en prono común. Los valores son significativos a los 2 y 3 minutos ($p < 0.05$). Las mediciones en prono se realizaron 10 minutos posterior al cambio de posición para establecer el nuevo estado de pseudo equilibrio hemodinámico.

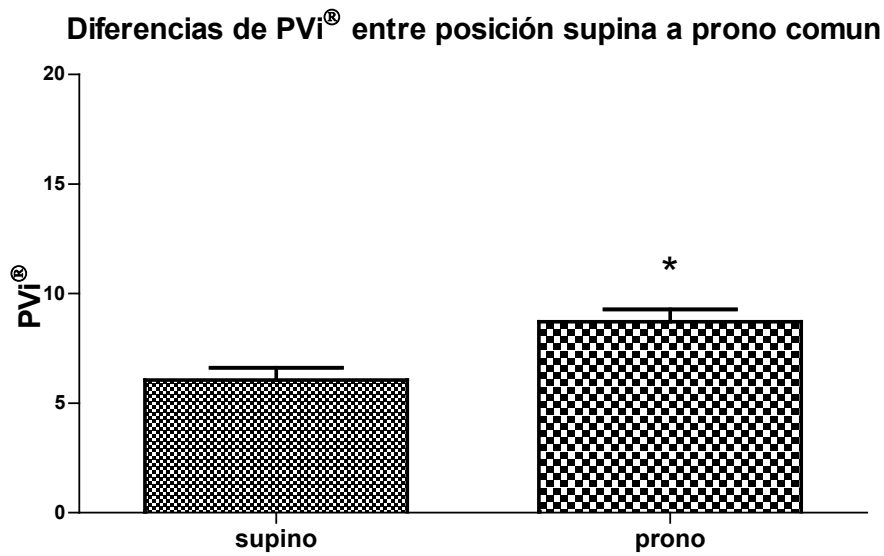
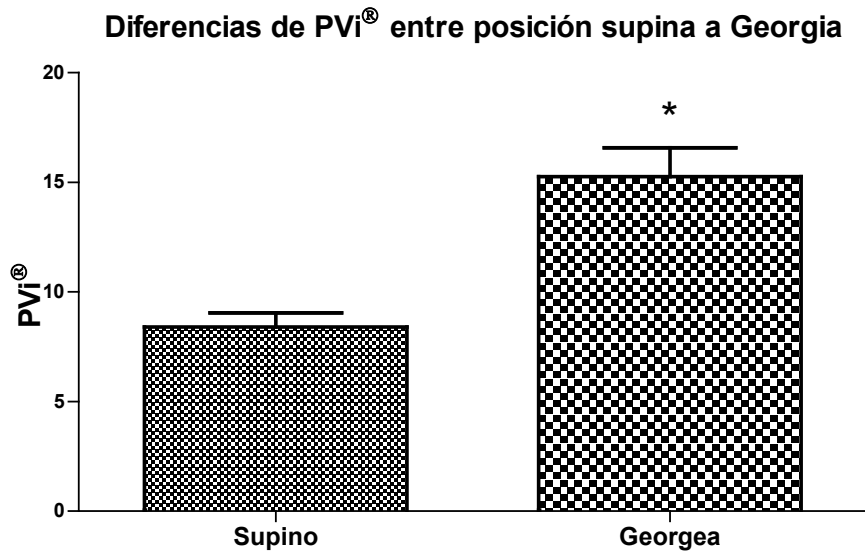


Figura 3: Diferencias en el valor de PVI[®] al pasar del supino a posición prona (panel superior prono común, panel inferior prono Georgia). La comparación de cada individuo con su nuevo estado de pseudo equilibrio hemodinámico en prono muestra un aumento en el índice pletismográfico. El cambio en el índice es mayor para la posición de Georgia, dejando a muchos pacientes en el rango de respondedores a fluidos.

Correspondencia

Gustavo Oporto Torres
gutioporto@gmail.com

Financiamiento

Los autores declaran que un equipo monitor Raimbow Rad-87 (Masimo Corporation; Irvine, CA, USA) fue gentilmente facilitado por la empresa PVEquip (Chile) para la realización del estudio.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en relación a este trabajo.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Felipe Maldonado Caniulao, Médico Staff de Anestesiología y Reanimación del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, quien ha sido una guía en el desarrollo del aprendizaje de la anestesiología y reanimación.

Información sobre el artículo

Recibido el 6 de agosto de 2018.

Aceptado el 4 de octubre de 2018.

Publicado el 26 de octubre de 2018.

Referencias

1. Radstrom M, Loswick AC, Bengtsson JP. Respiratory effects of the kneeling prone position for low back surgery. *Eur J Anaesthesiol.* abril de 2004;21(4):279–83.
2. Yokoyama M, Ueda W, Hirakawa M, Yamamoto H. Hemodynamic effect of the prone position during anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1991;35(8):741–744.
3. Lahner D, Kabon B, Marschalek C, Chiari A, Pestel G, Kaider A, et al. Evaluation of stroke volume variation obtained by arterial pulse contour analysis to predict fluid responsiveness intraoperatively. *Br J Anaesth.* 1 de septiembre de 2009;103(3):346–51.
4. Chui J, Craen RA. An update on the prone position: Continuing Professional Development. *Can J Anesth Can Anesth.* junio de 2016;63(6):737–67.
5. Myburgh JA, Mythen MG. Resuscitation Fluids. *N Engl J Med.* 26 de septiembre de 2013;369(13):1243–51.
6. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: A systematic review of the literature*. *Crit Care Med.* septiembre de 2009;37(9):2642–7.
7. Bacchin MR, Ceria CM, Giannone S, Ghisi D, Stagni G, Greggi T, et al. Goal-Directed Fluid Therapy Based on Stroke Volume Variation in Patients Undergoing Major Spine Surgery in the Prone Position: A Cohort Study. *SPINE.* septiembre de 2016;41(18):E1131–7.
8. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, Delannoy B, Robin J, Bastien O, 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.* 1 de agosto de 2008;101(2):200–6.
9. Vos JJ, Kalmar AF, Struys MMRF, Wietasch JKG, Hendriks HGD, Scheeren TWL. Comparison of arterial pressure and plethysmographic waveform-based dynamic preload variables in assessing fluid responsiveness and dynamic arterial tone in patients undergoing major hepatic resection. *Br J Anaesth.* 1 de junio de 2013;110(6):940–6.

10. Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med*. 4 de mayo de 2000;342(18):1301–8.
11. Bartels K, Thiele RH. Advances in photoplethysmography: beyond arterial oxygen saturation. *Can J Anesth Can Anesth*. diciembre de 2015;62(12):1313–28.
12. Wu C-Y, Lee T-S, Chan K-C, Jeng C-S, Cheng Y-J. Does targeted pre-load optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position: Pre-load optimisation by stroke volume variation. *Anaesthesia*. julio de 2012;67(7):760–4.
13. Rehm M, Bruegger D, Christ F, Conzen P, Thiel M, Jacob M, et al. Shedding of the Endothelial Glycocalyx in Patients Undergoing Major Vascular Surgery With Global and Regional Ischemia. *Circulation*. 8 de octubre de 2007;116(17):1896–906.
14. Pizov R, Eden A, Bystritski D, Kalina E, Tamir A, Gelman S. Arterial and Plethysmographic Waveform Analysis in Anesthetized Patients with Hypovolemia: *Anesthesiology*. julio de 2010;113(1):83–91.
15. Pizov R, Eden A, Bystritski D, Kalina E, Tamir A, Gelman S. Hypotension during gradual blood loss: waveform variables response and absence of tachycardia. *Br J Anaesth*. diciembre de 2012;109(6):911–8.
16. Bendjelid K. The pulse oximetry plethysmographic curve revisited. *Curr Opin Crit Care*. junio de 2008;14(3):348–53.
17. Monnet X, Lamia B, Teboul J-L. Pulse oximeter as a sensor of fluid responsiveness: do we have our finger on the best solution? *Crit Care Lond Engl*. 5 de octubre de 2005;9(5):429–30.
18. Biais M, Bernard O, Ha JC, Degryse C, Sztark F. Abilities of pulse pressure variations and stroke volume variations to predict fluid responsiveness in prone position during scoliosis surgery. *Br J Anaesth*. 1 de abril de 2010;104(4):407–13.
19. 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*. octubre de 2010;111(4):910–4.
20. Derichard A, Robin E, Tavernier B, Costecalde M, Fleyfel M, Onimus J, et al. Automated pulse pressure and stroke volume variations from radial artery: evaluation during major abdominal surgery. *Br J Anaesth*. 1 de noviembre de 2009;103(5):678–84.