



# Revista Colombiana de Anestesiología

## Colombian Journal of Anesthesiology

www.revcolanest.com.co



### Revisión

## Prueba de elevación de piernas pasiva



Jorge Iván Alvarado-Sánchez<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup> Anestesiólogo, Centro Policlínico del Olaya, Bogotá, Colombia

<sup>b</sup> Cuidados Intensivos, Fundación Hospital San Carlos, Bogotá, Colombia

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

##### Historia del artículo:

Recibido el 22 de julio de 2014

Aceptado el 10 de febrero de 2015

On-line el 14 de mayo de 2015

##### Palabras clave:

Choque  
Ultrasonografía  
Echocardiografía  
Pulso arterial  
Anestesia

#### R E S U M E N

**Introducción:** La prueba de elevación de piernas pasivas permite determinar en qué paciente se requiere manejo con líquidos por vía intravenosa.

**Objetivos:** Es importante conocer las herramientas que ayudan a determinar la respuesta a la prueba de elevación de piernas pasiva, además conocer en qué situaciones clínicas se puede realizar.

**Materiales y métodos:** Revisión no sistemática. Se consultaron las siguientes bases de datos Medline y Pubmed, en búsqueda de artículos relevantes.

**Resultados:** Mediante ecocardiografía, presión de pulso y capnografía se puede determinar la respuesta a la elevación de piernas.

**Conclusiones:** El presente artículo explora las herramientas que son útiles para determinar la respuesta a esta maniobra y las condiciones clínicas donde se indica.

© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

#### The passive leg raising test

#### A B S T R A C T

**Introduction:** The passive leg raising test allows physicians to determine which patients require treatment with intravenous fluids.

**Objectives:** It is important to be aware of tools that help us to determine the response to the passive leg raising test, as well as understanding in which clinical situations it can be performed.

**Materials and methods:** Non-systematic review. Medline and PubMed databases were consulted in search of relevant articles.

**Results:** Through echocardiography, pulse pressure and capnography can be determined as a response to leg raising.

##### Keywords:

Shock  
Ultrasonography  
Echocardiography  
Pulse  
Anesthesia

\* Autor para correspondencia: Calle 15 sur No. 24G-31, Apt. 403. Bogotá, Colombia.

Correo electrónico: [jialvarados@unal.edu.co](mailto:jialvarados@unal.edu.co) (J.I. Alvarado-Sánchez)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2015.02.004>

0120-3347/© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Conclusions:** This article explores the tools that are useful in determining the response to this maneuver, and the clinical conditions in which it is indicated.

© 2015 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

Cuando nos encontramos ante un paciente con choque circulatorio, siempre nos preguntamos si este paciente requiere reanimación con líquidos por vía intravenosa. Más o menos el 50% de los pacientes en la Unidad de Cuidados Intensivos responde con la administración de líquidos por vía intravenosa. Este es definido como aumento del gasto cardiaco (GC) entre un 10-15% con la administración de líquidos por vía intravenosa<sup>1,2</sup>.

La reanimación enérgica con líquidos por vía intravenosa puede desarrollar edema pulmonar, falla ventilatoria, tiempos prolongados de ventilación mecánica e hipertensión abdominal<sup>3,4</sup>; además, el balance positivo de líquidos se relaciona con aumento de mortalidad<sup>5</sup>. La terapia dirigida disminuye incidencia de sed, somnolencia, mareos postoperatorios, morbilidad, estancia hospitalaria, número de complicaciones postoperatorias, duración de ventilación mecánica, días de Unidad de Cuidados Intensivos y niveles de lactato sérico<sup>6-13</sup>. Por lo que es crucial dirigir de forma adecuada la terapia volumétrica.

## Materiales y métodos

Es una revisión no sistemática. Se consultaron las bases de datos Medline y Pubmed. Se seleccionaron las siguientes palabras claves: fluid responsiveness; stroke volumen; blood flow; shock; Doppler; echocardiography. Relacionados con intra-abdominal hypertension, pulse contour analysis, pulse pressure variation, systolic pressure variation, systolic volume variability, respiratory distress syndrome, y pediatrics.

## Resultado

Son varias las pruebas que nos permiten valorar la probabilidad de que un paciente responda a la terapia con líquidos por vía intravenosa. Las medidas estáticas de la precarga, presión de llenado y volumen son pobres predictores de respuesta al volumen<sup>1,14,15</sup>. Las medidas dinámicas, basadas en la interacción corazón pulmón, como la variabilidad de presión sistólica, variabilidad de presión de pulso (VPP) y la variabilidad de volumen sistólico han demostrado ser buenos indicadores de necesidad de terapia volumétrica<sup>2,16-20</sup>. En aquellas situaciones clínicas donde no hay interacción corazón-pulmón, estas variables no son adecuadas<sup>21</sup>. Por ejemplo, paciente con ventilación espontánea y arritmias.

La respuesta a la elevación de piernas pasiva (passive leg raising [PLR]) ha resultado ser un buen indicador de respuesta al volumen. La prueba de elevación de piernas pasiva es una maniobra reversible, simula la infusión rápida de

líquidos, por paso de sangre de los miembros inferiores<sup>22</sup> y del compartimento abdominal<sup>23</sup>, a través del compartimento intratorácico<sup>24</sup>; que lleva a incremento de la precarga izquierda y derecha (autotransfusión). Con posterior aumento temporal del volumen sistólico (VS) y gasto cardiaco.

## Respuesta fisiológica a la elevación de piernas

La PLR moviliza en promedio 300 ml de sangre de los miembros inferiores<sup>13</sup>, y podría movilizar un poco más de sangre si se inicia en posición semisentado, dado que moviliza sangre del compartimento abdominal<sup>14</sup>. El aumento de volumen en pacientes dependientes de precarga, lleva a aumento del VS. Estos cambios son reversibles y rápidos. Se requiere de métodos de medición del GC o del VS rápidos, por lo que el método de termodilución no es aplicable, aun en su modo automático y semicontinuo puesto que estos métodos requieren al menos 10 minutos para detectar cambios en el GC. Hay diferentes formas de determinar la respuesta a esta prueba, como aumento del flujo sanguíneo aórtico mediante Doppler esofágico, cambio de presión de pulso, VTI (integral velocidad tiempo), GC (mediante ecocardiograma transesofágico o ecocardiograma transtorácico) y VS, (ETE, ETT o vigileo).

Teóricamente, el mejor indicador de respuesta a la PLR es el aumento del VS o el GC. La presión de pulso aórtica es directamente proporcional al VS del ventrículo izquierdo, y si la distensibilidad arterial no está alterada, la presión de pulso debe indicar un aumento del VS. Boulain et al.<sup>25</sup>, encontraron una relación con los cambios de la presión de pulso (PP) radial y VS ( $r=0,77$ ,  $p<0,001$ ) durante la PLR. La elevación de la PP se sostiene hasta 4 minutos. Los índices de correlación son adecuados, pero no excelentes, debido seguramente a que la presión de pulso radial no refleja los cambios de PP aórtica; debido a fenómenos de propagación y reflejo de la onda de presión durante el cambio en el flujo sanguíneo inducido por elevación de piernas. Este estudio se realizó en paciente con ventilación mecánica controlada y calculando el GC mediante catéter de arteria pulmonar<sup>25</sup>.

El Doppler esofágico provee una medida adecuada del flujo sanguíneo de la aorta descendente. Este es un buen indicador de GC global<sup>26</sup>, y tiene buena correlación con el catéter de arteria pulmonar<sup>27</sup>. Lafanechere et al.<sup>28</sup> querían mejorar el valor predictivo de esta prueba a través de un método más directo de estimación del VS. A través de los cambios respiratorios de la presión de pulso y los cambios en flujo sanguíneo de la aorta descendente encontraron que un aumento del flujo sanguíneo de la aorta descendente mayor al 8% con la elevación de piernas, predice respuesta a líquidos con una sensibilidad del 90% y una especificidad del 83%; con valor predictivo positivo de 82% y valor predictivo negativo del 91%. La variabilidad

de PP mayor del 12% tiene una sensibilidad del 70% y una especificidad del 92%<sup>28</sup>.

Los cambios de PP por cambios en el VS, también dependen de la compliance arterial y del tono vasomotor<sup>29</sup>. Por lo que Monnet et al.<sup>30</sup> en su estudio compararon cambios del flujo sanguíneo aórtico, VPP y PP con la elevación de piernas, en dos tipos de pacientes: en paciente bajo ventilación mecánica controlada y sin arritmias y en paciente con ventilación invasiva espontánea y arritmias. Encontraron que un aumento del flujo sanguíneo mayor o igual al 10% con PLR predecía respuesta a líquidos con una sensibilidad del 97% y una especificidad del 94% (ROC 0,96); este aumento del flujo se dio a los 30 segundos. Un aumento de la PP mayor o igual al 12% con PLR, predecía respuesta a líquidos con una sensibilidad del 60% y una especificidad del 85% (ROC 0,75). Y en pacientes con ventilación controlada y sin arritmias, una VPP mayor al 12% predecía respuesta a líquidos con una sensibilidad del 88% y una especificidad del 93%. En los pacientes que presentan respiración espontánea al ventilador y arritmias, la especificidad de la VPP disminuye<sup>30</sup>.

Sin embargo, medir el flujo sanguíneo aórtico con Doppler esofágico resulta ser incómodo ya que requiere de sedación profunda y no se podría realizar en pacientes que no estén bajo ventilación invasiva. La presión intratorácica negativa durante la ventilación mecánica puede cambiar la cantidad de incremento del volumen sanguíneo, y puede cambiar la respuesta de los barorreceptores. Sumado a que el tono arterial se puede modificar durante la sedación y cambiar la respuesta al incremento o disminución del volumen<sup>31</sup>. Los datos de los anteriores estudios se hicieron en pacientes intubados y sedados, por lo que se recomienda validar estos estudios en pacientes no intubados.

Lamia et al.<sup>32</sup> estudiaron los efectos del PLR, medida mediante ecocardiograma transtorácico (ETT) y los compararon con indicadores ecocardiográficos de precarga, como son el índice de área de final de diástole del ventrículo izquierdo (LVEDAi), y la relación de onda de velocidad pico diastólica/onda de velocidad temprana lateral de anillo mitral (E/Ea). Calcularon el VS como el producto de la VTI y el área de la válvula aórtica. Encontraron que el pico de la VTI se dio dentro de los primeros 90 segundos de la PLR. Si esta maniobra induce incremento del VTI y por lo tanto del índice de volumen sistólico de 12,5% o más, predice incremento del 15% del índice de volumen sistólico o más, después de la infusión de líquidos con una sensibilidad del 77% y una especificidad del 100% en pacientes intubados y no intubados. Mientras que los indicadores de precarga (LVEDAi y el E/Ea) no predicen respuesta a líquidos<sup>32</sup>. En el estudio de Maizel et al.<sup>31</sup> también usaron ETT y todos eran pacientes no intubados, demostrando resultados similares<sup>31</sup>. En el estudio de Préau et al.<sup>33</sup> encontraron también buena sensibilidad y especificidad del PLR, midiendo cambios del VS con ETT en paciente con sepsis y pancreatitis, y no intubados. Estos estudios permiten medir la respuesta al PLR con ETT en paciente que no estén bajo ventilación mecánica invasiva, para determinar la necesidad de líquidos por vía intravenosa.

Los estudios anteriormente mencionados tienen varias limitaciones. Para el cálculo del VS por ETT y ETE, se requiere el diámetro aórtico, para el cálculo del área aórtica. El diámetro aórtico puede cambiar por el aumento del VS<sup>34</sup>. Estos

estudios<sup>31-33</sup> y la utilización de dispositivos esofágicos que consideran constante el diámetro aórtico, pueden aumentar la tasa de falso negativo y por lo tanto infraestimar la respuesta a los líquidos por vía intravenosa. La variabilidad interobservador en estos estudios es menor al 5%, por lo que investigadores menos expertos pueden no obtener los mismos resultados<sup>35</sup>.

Otra forma más sencilla en que podemos determinar la respuesta al PLR y que está en nuestras salas de cirugía y algunas unidades de cuidado intensivo de nuestro país, es la capnografía. La cantidad de CO<sub>2</sub> exhalado es proporcional al GC en pacientes estables desde el punto de vista respiratorio y metabólico. Monnet et al.<sup>36</sup> determinaron su rol en pacientes bajo ventilación mecánica controlada, con o sin arritmia; encontrando que un aumento del CO<sub>2</sub> exhalado (ETCO<sub>2</sub>) mayor al 5% con la PLR, predice aumento del IC mayor al 15% con una sensibilidad de 71% y una especificidad del 100%, con AUC significativa (0,93) e índices de correlación aceptables ( $r^2 = 0,45$ )<sup>36</sup>.

La PLR requiere la determinación rápida del GC. Biais et al.<sup>37</sup> trataron de determinar los cambios del GC medido por vigeilo y ETT en pacientes bajo ventilación espontánea. Encontraron un aumento del VS por ETT con PLR en los primeros 90 segundos, al igual que el estudio de Lamia. También aumentó el VS por vigeilo con PLR dentro de los primeros 2 minutos; con índices de correlación aceptables ( $r^2 = 0,56$ )<sup>37</sup>. Se puede esperar este resultado por varias razones: la primera que las medidas de cálculo de GC del vigeilo se basan en interacción corazón pulmón, el cual se pierde en ventilación espontánea<sup>21</sup>. La segunda que el vigeilo en paciente con patología con resistencia vascular sistémica baja, el cálculo de GC no resulta adecuado<sup>38-40</sup>; al igual que pacientes críticamente enfermos<sup>41</sup>.

### Importancia de la posición

La elevación de piernas moviliza en promedio 300 ml de sangre<sup>22</sup>, si se iniciara en posición semisentado podría movilizar unos 150 ml más de sangre del compartimento abdominal<sup>42</sup>. Jabot et al.<sup>23</sup> estudiaron el efecto hemodinámico de iniciar la maniobra de PLR en posición semisentado versus en decúbito supino; encontrando que si se inicia la PLR en posición semisentado se incrementa más el índice cardiaco, que iniciando en supino. Este efecto se debe a reclutamiento del reservorio esplácnico<sup>23</sup>.

Hay que tener en cuenta que los estudios se realizaron en posición semisentado a 45<sup>30,32</sup>, semisentado a 30<sup>31</sup>, o supino<sup>25,28</sup>. El metaanálisis de Cavallaro et al.<sup>43</sup> no encontró diferencias entre iniciar PLR en posición semisentado versus PLR en posición decúbito dorsal<sup>43</sup>.

### Prueba de elevación de piernas pasiva en pediatría

Al igual que la variabilidad del pico de velocidad del flujo aórtico, la PLR predice aumento del GC en población pediátrica, al contrario que algunas variables dinámicas (VPP, variabilidad de volumen sistólico, variabilidad de presión sistólica)<sup>44</sup>.

### Situaciones clínicas donde se puede o no realizar la prueba de elevación de piernas pasiva

El incremento de la presión intraabdominal lleva a cambios hemodinámicos importantes en pacientes de Unidad de Cuidados Intensivos y quirúrgicos. Lleva aumento de la PAM, RVS y disminución del gasto cardiaco, secundario a disminución del flujo sanguíneo de la cava por colapso<sup>45</sup>. Además el aumento de la presión intraabdominal lleva a disminución de la distensibilidad pulmonar, esto podría alterar la interacción corazón pulmón. La VPP y la variabilidad del volumen sistólico aumentan cuando se aumenta la presión intraabdominal, y continúan siendo un adecuado indicador de hipovolemia en esta situación clínica<sup>46,47</sup>. La incidencia de presión intraabdominal elevada (IAP) en paciente crítico (definida como IAP mayor o igual a 12 mm Hg) es del 50%, y de síndrome compartimental abdominal (IAP mayor o igual a 20 mm Hg) es del 8%<sup>48,49</sup>. La PLR podría tener falsos negativos en este tipo de paciente. Mahjoub et al.<sup>50</sup> encontraron que una presión intraabdominal mayor o igual a 16 mm Hg tienen una tasa de falsos negativos del 48% para la PLR; con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 87,5%<sup>50</sup>.

En paciente con síndrome de dificultad respiratoria del adulto hay alteraciones en el compliance pulmonar, condición que se requiere para una adecuada interacción corazón pulmón en paciente bajo ventilación mecánica invasiva controlada y ritmo sinusal. Las variables dinámicas, como la variabilidad de presión de pulso, requieren que esta condición sea adecuada para predecir de forma apropiada la respuesta a líquidos<sup>2</sup>. Monnet et al.<sup>51</sup> encontraron que en pacientes con distensibilidad pulmonar menor de 30 ml/cm H<sub>2</sub>O, bajo ventilación mecánica controlada y ritmo sinusal, la VPP es menos aguda para determinar la necesidad de líquidos, comparado con la PLR y el test de oclusión al final de la espiración (ROC VPP 0,69, PLR 0,94, test de oclusión al final de la espiración 0,93)<sup>51</sup>.

### Conclusiones

La PLR es una maniobra que permite determinar en qué pacientes se requiere terapia volumétrica. Se puede determinar la respuesta mediante aumento del GC o VS por Doppler transesofágico, ecocardiograma transtorácico, aumento del VTI, PP, etc. Este tipo de maniobra presenta falsos negativos en pacientes con aumento de la presión intraabdominal, y es superior a la VPP en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria del adulto y distensibilidad pulmonar menor a 30 ml H<sub>2</sub>O.

### Financiamiento

El autor no recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

### Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

### REFERENCIAS

- Osman D, Ridel C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge. *Crit Care Med*. 2007;35:64-8.
- Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:134-8.
- Upadya A, Tilluckdharry L, Muralidharan V, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Fluid balance and weaning outcomes. *Intensive Care Med*. 2005;31:1643-7.
- Malbrain MLNG, Chiumello D, Pelosi P, Bihari D, Innes R, Ranieri VM, et al. Incidence and prognosis of intraabdominal hypertension in a mixed population of critically ill patients: A multiple-center epidemiological study. *Crit Care Med*. 2005;33:315-22.
- Alsous F, Khamiees M, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Negative fluid balance predicts survival in patients with septic shock. *Chest*. 2000;117:1749-54.
- Yogendran S, Asokumar BCD, Cheng H, Chung F. A prospective randomized double-blinded study of the effect of intravenous fluid therapy on adverse outcomes on outpatient surgery. *Anesth Analg*. 1995;80:682-6.
- Venn R, Steele A, Richardson P, Poloniecki J, Grounds M, Newman P. Randomized controlled trial to investigate influence of the fluid challenge on duration of hospital stay and perioperative morbidity in patients with hip fractures. *Br J Anaesth*. 2002;88:65-71.
- McKendry M, McGloin H, Saberi D, Caudwell L, Brady AR, Singer M. Randomised controlled trial assessing the impact of a nurse delivered, flow monitored protocol for optimisation of circulatory status after cardiac surgery. *BMJ*. 2004;329:258-63.
- Lopes MR, Oliveira MA, Pereira VOS, Lemos IPB, Auler JOC, Michard F. Goal-directed fluid management based on pulse pressure variation monitoring during high-risk surgery: a pilot randomized controlled trial. *Crit Care*. 2007;11:R100.
- Wakeling HG, McFall MR, Jenkins CS, Woods WG A, Miles WF A, Barclay GR, et al. Intraoperative oesophageal Doppler guided fluid management shortens postoperative hospital stay after major bowel surgery. *Br J Anaesth*. 2005;95:634-42.
- Chytra I, Pradl R, Bosman R, Pelnár P, Kasal E, Zidková A. Esophageal Doppler-guided fluid management decreases blood lactate levels in multiple-trauma patients: a randomized controlled trial. *Crit Care*. 2007;11:R24.
- Sinclair S, James S, Singer M. Intraoperative intravascular volume optimisation and length of hospital stay after repair of proximal femoral fracture: randomised controlled trial. *Br J Anaesth*. 1997;315:909-12.
- Eduardo C, Sabogal L, Felipe A, Rivera C, Joya Y. Lactato y déficit de bases en trauma: valor pronóstico. *Rev Colomb Anestesiología*. 2015;2:60-4.
- Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*. 2008;134:172-8.
- Kumar A, Anel R, Bunnell E, Habet K, Zanotti S, Marshall S, et al. Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance, or the response to volume infusion in normal subjects. *Crit Care Med*. 2004;32:691-9.
- Azriel P, Pizov R, Cotev S. Systolic blood pressure variation is a sensitive indicator of hypovolemia in ventilated dogs subjected to graded hemorrhage. *Anesthesiology*. 1987;67:498-502.
- Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, Friedman Z, Segal E, Villa Y, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid

- responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg*. 2001;92:984-9.
18. Marik PE, Cavallazi 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*. 2009;37:2642-7.
  19. Michard F. Changes in arterial pressure during mechanical. *Anesthesiology*. 2005;103:34-6.
  20. Jardin F, Farcot JC, Gueret P, Prost JF, Ozier Y, Bourdarias JP. Cyclic changes in arterial pulse during respiratory support. *Circulation*. 1983;266-74.
  21. Soubrier S, Saulnier F, Hubert H, delour P, Lenci H, Onimus T, et al. Can dynamic indicators help the prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing critically ill patients? *Intensive Care Med*. 2007;33:1117-24.
  22. Rutlen DL, Wackers FJ, Zaret BL. Radionuclide assessment of peripheral intravascular capacity: A technique to measure intravascular volume changes in the capacitance circulation in man. *Circulation*. 1981;64:146-52.
  23. Jabot J, Teboul J-L, Richard C, Monnet X. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: importance of the postural change. *Intensive Care Med*. 2009;35:85-90.
  24. Reich D, Konstadt S, Raissi S. Trendelenburg position and passive leg raising do not significantly improve cardiopulmonary performance in the anesthetized patient with coronary artery disease. *Crit Care Med*. 1989;17: 313-7.
  25. Boulain T, Achard J, Teboul J, Richard C, Perrotin D, Ginies G. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. *Chest*. 2002;121:1245-52.
  26. 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.
  27. Roeck M, Jakob SM. Change in stroke volume in response to fluid challenge: assessment using esophageal Doppler. *Intensive Care Med*. 2003;29:1729-35.
  28. Lafanechère A, Pène F, Goulenok C, Delahaye A, Mallet V, Choukroun G, et al. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients. *Crit care*. 2006;10:1-8.
  29. Coirault C, Zamani K, Chemla D, He J, Suard I, Colin P, et al. Total arterial compliance estimated by stroke volume-to-aortic pulse pressure ratio in humans. *Am J Physiol*. 1998;274:H500-5.
  30. Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*. 2006;34:1402-7.
  31. Maizel J, Airapetian N, Lorne E, Tribouilloy C, Massy Z, Slama M. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. *Intensive Care Med*. 2007;33:1133-8.
  32. Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, Chemla D, Richard C, Teboul J. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med*. 2007;33:1125-32.
  33. Préau S, Saulnier F, Dewavrin F, Durocher A, Chagnon J. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med*. 2010;38:819-25.
  34. Monnet X, Chemla D, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, et al. Measuring aortic diameter improves accuracy of esophageal Doppler in assessing fluid responsiveness. *Crit Care Med*. 2007;35:477-82.
  35. De Backer D, Pinsky M. Can one predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Intensive Care Med*. 2007;33:1111-3.
  36. Monnet X, Bataille A, Magalhaes E, Barrois J, Le Corre M, Gosset C, et al. End-tidal carbon dioxide is better than arterial pressure for predicting volume responsiveness by the passive leg raising test. *Intensive Care Med*. 2013;39:93-100.
  37. Biais M, Vidil L, Sarrabay P, Cottenceau V, Revel P. Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo™/FloTrac™ device. *Crit care*. 2009;13:R195.
  38. Gouvea G, Diaz R, Auler L, Toledo R, Martinho JM. Evaluation of the pulse pressure variation index as a predictor of fluid responsiveness during orthotopic liver transplantation. *Br J Anaesth*. 2009;103:238-43.
  39. Matthieu B, Karine N-G, Vincent C, Alain V, Francois CJ, Philippe R, et al. Cardiac output measurement in patients undergoing liver transplantation: pulmonary artery catheter versus uncalibrated arterial pressure waveform analysis. *Anesth Analg*. 2008;106:1480-6.
  40. Biancofiore G, Critchley LAH, Lee A, Yang X, Bindi LM, Esposito M, et al. Evaluation of a new software version of the FloTrac/Vigileo (version 3.02) and a comparison with previous data in cirrhotic patients undergoing liver transplant surgery. *Anesth Analg*. 2011;113:515-22.
  41. Compton FD, Zukunft B, Hoffmann C, Zidek W, Schaefer JH. Performance of a minimally invasive uncalibrated cardiac output monitoring system (FloTrac™/Vigileo™) in haemodynamically unstable patients. *Br J Anaesth*. 2008;100:451-6.
  42. Buhre W, Weyland A, Buhre K, Kazmaier S, Mursch K, Schmidt M, et al. Effects of the sitting position on the distribution of blood volume in patients undergoing neurosurgical procedures. *Br J Anaesth*. 2000;84:354-7.
  43. Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, la Torre G, Mannocci A, de Waure C, et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med*. 2010;36:1475-83.
  44. Gan H, Cannesson M, Chandler JR, Ansermino JM. Predicting fluid responsiveness in children. *Anesth Analg*. 2013;117:1380-92.
  45. Vivier E, Metton O, Piriou V, Lhuillier F, Branche P, Duperret1 S, et al. Effects of increased intra-abdominal pressure on central circulation. *Intensive Care Med*. 2006;96:701-7.
  46. Renner J, Gruenewald M, Quaden R, Hanss R, Meybohm P, Steinfath M, et al. Influence of increased intra-abdominal pressure on fluid responsiveness predicted by pulse pressure variation and stroke volume variation in a porcine model. *Crit Care Med*. 2009;37:650-8.
  47. Jacques D, Bendjelid K, Duperret S, Colling J, Piriou V, Viale J. Pulse pressure variation and stroke volume variation during increased intra-abdominal pressure: an experimental study. *Crit Care*. 2011;15:R33.
  48. Malbrain ML, Cheatham ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, De Waele J, et al. Results from the international conference of experts on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. I: Definitions. *Intensive Care Med*. 2006;32:1722-32.
  49. Cheatham ML, Malbrain ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, deWaele J, et al. Results from the International Conference of Experts on Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome II. Recommendations. *Intensive Care Med*. 2007;33:951-62.
  50. Mahjoub Y, Touzeau J, Airapetian N, Lorne E, Hijazi U, Zogheib E, et al. The passive leg-raising maneuver cannot accurately predict fluid responsiveness in patients with intra-abdominal hypertension. *Crit Care Med*. 2010;38:1824-9.
  51. Monnet X, Bleibtreu A, Dres M, Gharbi R, Richard C, Teboul J. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in patients with low respiratory system compliance. *Crit Care Med*. 2012;40:152-7.