

Variabilidad de Presión de Pulso en el “Desafío de Volumen Tidal” Como Maniobra Predictora de Respuesta a Líquidos en Pacientes Bajo Ventilación Mecánica con Bajo Volumen Tidal.

Pulse pressure variability in the “tidal volume challenge” as a predictive maneuver of fluid response in mechanically ventilated patients with low tidal volume.

²Lázaro Labra-Rubio. ²Médico adscrito al Hospital de Alta especialidad, UMAE Número 1, IMSS León, Guanajuato. México ¹Mayra Inés Meza-Molina. ¹Médico residente de tercer año de Anestesiología, Hospital de Alta especialidad, UMAE Número 1, IMSS León, Guanajuato. México.

Anestesia en México 2022; 34(1):

Fecha de recepción septiembre 2021

Fecha de revisión octubre 2021

Fecha de publicación enero 2022

dra.mimm@hotmail.com

Resumen

Introducción. En pacientes quirúrgicos la administración de líquidos insuficientes o en exceso, se asocia con aumento de complicaciones postoperatorias. La variación de la presión del pulso (VPP) puede predecir la respuesta a líquidos; el desafío de volumen tidal se propuso recientemente para superar la limitación de la VPP en el caso de ventilación con volumen tidal bajo. **Objetivo.** Analizar el “desafío de volumen tidal” como maniobra predictora de respuesta a líquidos en pacientes bajo anestesia general balanceada con ventilación mecánica con volumen tidal bajo. **Método.** Se realizó un estudio prospectivo, tipo ensayo clínico, en 30 pacientes, cuando la variación de presión de pulso arterial (VPP) se encontró entre 9 y 11 %; y se clasificó a los pacientes de acuerdo

con el incremento obtenido de la VPP; posteriormente se administró solución de Ringer-lactato 250 mL en diez minutos, y se corroboró la respuesta a líquidos con determinación del gasto cardiaco por Método de Fick. **Resultados.** De los 30 pacientes estudiados, en 25 (83.33 %) pacientes se predijo adecuadamente la respuesta a líquidos al utilizar la VPP. En cinco pacientes no se predijo adecuadamente la respuesta al volumen; correspondiendo a un (16.66 %). **Conclusiones.** El desafío de volumen tidal puede ser adecuado para predecir la respuesta a volumen en pacientes bajo ventilación mecánica protectora y también lo hace cuando la VPP se encuentra en valores normales (9-13 %).

Palabras clave: variabilidad de presión de pulso, desafío de volumen tidal, respuesta a líquidos.

Abstract

Introduction. In surgical patients, the administration of insufficient or excess fluids is associated with increased postoperative complications. Pulse pressure variation (PPV) can predict response to fluids; The tidal volume challenge was recently proposed to overcome the limitation of PPV in the case of ventilation with low tidal volume. **Objective.** To analyze the "tidal volume challenge" as a predictive maneuver of fluid response in patients under balanced general anesthesia with mechanical ventilation with low tidal volume. **Method.** A prospective study, clinical trial type, was carried out in 30 patients, when the variation in arterial pulse pressure (PPV) was found between 9 and 11 %; and patients were classified according to the increase obtained in PPV; subsequently Ringer-lactate solution 250 mL was administered in ten minutes, and the response to liquids was corroborated with determination of cardiac output by Fick Method. **Results.** Of the 30 patients studied, 25 (83.33%) patients adequately predicted fluid response when using PPV. In five patients, volume response was not adequately predicted; corresponding to a (16.66%). **Conclusions.** The tidal volume challenge is adequate for predicting volume response in patients under protective mechanical ventilation and also does so when PPV is at normal values (9-13%). **Keywords:** pulse pressure variability, tidal volume challenge, response to liquids.

Introducción

Antecedentes: El objetivo fundamental de la optimización hemodinámica es ofrecer a la economía tisular el adecuado aporte de sustratos con entrega adecuada de oxígeno en la micro y macro circulación a través del incremento del gasto cardíaco y sus determinantes (1-3). La capacidad de respuesta a los líquidos se define generalmente como la capacidad del corazón para aumentar su volumen sistólico o gasto cardíaco en respuesta a un bolo de líquido. Fisiológicamente, la respuesta a los líquidos implica que ambos ventrículos responden a la precarga (4). En pacientes quirúrgicos, existe una fuerte evidencia de que la administración de líquidos tanto insuficiente como excesiva se asocia con un aumento de la tasa de complicaciones en el posoperatorio. Por lo tanto, adaptar

la administración de líquidos a las necesidades es un proceso individual (4-6).

Está demostrado que el paciente que llega al quirófano en un estado euvoléxico, reduce los efectos hemodinámicos causados por la inducción de la anestesia, en comparación con un estado hipovolémico (5,7,8). Los requerimientos de líquidos intraoperatorios están considerados en dos categorías: terapia de mantenimiento y terapia volumen (9). Habitualmente la infusión de líquido de mantenimiento se basa en infusiones de cristaloides en un rango de 1 a 1.5 mL/kg/h. La terapia de volumen se logra con pequeños bolos de líquido (200–250 mL) (9,10); incluso pequeños volúmenes (100 mL) han probado una efectividad igual (3,10).

Evaluación de la respuesta a volumen

Múltiples estudios han demostrado que solo alrededor de 50% de los pacientes hemodinámicamente inestables responden a una prueba de líquidos (3,11). Esto se debe realizar en un contexto clínico y evaluando variables estáticas y dinámicas que permitirán evaluar los riesgos (3). Las variables estáticas son las que refieren un valor directo o indirecto del estado de volemia del paciente en una sola medición y las variables dinámicas utilizan el ciclo respiratorio para evaluar la respuesta a modificaciones mínimas de precarga y postcarga en la circulación cardiopulmonar (Tabla 1) (3).

Tabla 1: Variables estáticas y dinámicas

Variables estáticas	Variables dinámicas
PVC < 5 mm Hg (en 80% de los casos)	Elevación pasiva de las piernas, aumento del gasto cardíaco medido (PICCO, volumen view, ecocardiograma) >10 %
PAOP <15 mm Hg	VPP >10 a 15 %
TDGV <600 ml/m2	VSS >10 a 15 %
Volumen térmico intratorácico total <850	IVP >14% con índice de perfusión >10 %
Mini-reto de fluidos, con 125 ml de la PVC, cristaloides, con cambios mínimos de la PVC cuando es menor de 5 mm Hg	Índice de pulsatilidad >10 %
	Índice de colapso de la VCI >50 % sin VM o índice de distensibilidad de la VCI >12% con VM
	Índice de colapso de la VVI >50% sin VM o índice de distensibilidad de la VVI >12% con VM
	Mini-reto de líquidos con 125 ml de cristaloides, aumento del gasto cardíaco >10%

Fuente: Nieto-Pérez O, Sánchez-Díaz S, Solórzano-Guerra A, et al. Fluidoterapia intravenosa guiado por metas. Med Int Mex. 2019; 35: 235-250

PVC = Presión venosa central. PAOP = presión de oclusión de la arteria pulmonar. TDGV = volumen telediastólico final
 PICCO = *Pulse-Induced Contour Cardiac Output* (Munich, Alemania). VPP = variabilidad de presión de pulso. VSS = variabilidad de volumen sistólico. IVP = índice de variabilidad pletismográfica. VCI = vena cava inferior. VM = ventilación mecánica. VVI = vena yugular interna

Variabilidad de presión de pulso

La variabilidad de presión de pulso es la diferencia calculada entre la presión arterial sistólica y diastólica y su variación puede calcularse usando formas de onda arterial obtenidas de un trazado de línea arterial y usando la siguiente fórmula (10).

$$PPV = \frac{P_{pmax} - P_{pmin}}{(P_{pmax} + P_{pmin})/2}$$

De igual modo, ya que la presión de pulso arterial (la diferencia entre presión sistólica y diastólica) está directamente relacionada con el volumen sistólico izquierdo, asumiendo que la distensibilidad arterial no varía a lo largo de un ciclo respiratorio, los cambios en la presión de pulso arterial durante este espacio de tiempo deberían reflejar exclusivamente las variaciones del volumen sistólico. De tal modo que las diferencias observadas en la onda de presión de pulso arterial durante un ciclo respiratorio deberían poner de manifiesto las variaciones fisiológicas del volumen sistólico originadas por la ventilación mecánica, y la magnitud de estas variaciones, el grado de precarga-dependencia cardiaca. Tratándose además de una medida directa fácilmente obtenible, la VPP podría suponer cierta ventaja técnica como índice de precarga-dependencia, habiendo demostrado su utilidad como predictor de la respuesta a la administración de líquidos en numerosos estudios (13,16). Así, un valor de VPP \geq 13% permite discriminar con un alto grado de eficacia la respuesta a volumen en pacientes en ventilación mecánica. El desafío de volumen consiste en aumentar transitoriamente el VT igual o por arriba de 8 mL/kg de peso ideal, durante un minuto (13,14).

Valores altos (> 13 %), el VPP debe tener un buen valor predictivo incluso si el volumen tidal es bajo. En casos de valores bajos (< 9 %), el VPP tiene un valor predictivo excelente si el volumen tidal es de al menos 8 mL/kg. Algunos autores describieron una “zona gris” para el VPP (entre el 9 % y el 13 %) donde no se puede sacar ninguna conclusión sobre la respuesta a los líquidos (7,12).

La VPP actúa sobre las interacciones corazón-pulmón y tiene varias limitaciones para su uso en la predicción de la respuesta a los líquidos, como actividad respiratoria espontánea, arritmias cardíacas, baja distensibilidad pulmonar, ventilación mecánica con bajo volumen tidal (< 8 mL/kg), cirugía de tórax abierto, incremento de presión intraabdominal (14). Motivo por lo que desde el 2005, se desarrolla el “desafío de volumen tidal” (13,14); para subsanar la limitante del bajo volumen tidal.

Material y métodos

Se realizó un estudio prospectivo, tipo ensayo clínico, no aleatorizado, de casos consecutivos, durante el periodo comprendido de enero a junio del 2021, en el Hospital de especialidades, CMN Bajío, León, Guanajuato. Ingresaron pacientes programados para cirugía oncológica, maxilofacial, cirugía general y neurocirugía (Tabla 2).

Tabla 2: Tipo de intervención quirúrgica y posición del paciente durante la maniobra.

Intervención quirúrgica	Posición quirúrgica	Pacientes
Neurocirugía	decúbito prono	1
	decúbito supino concabezal de mayfield kess	9
Cirugía general	decúbito supino	5
Maxilofacial	decúbito supino	1
Cirugía oncológica	decúbito supino	14

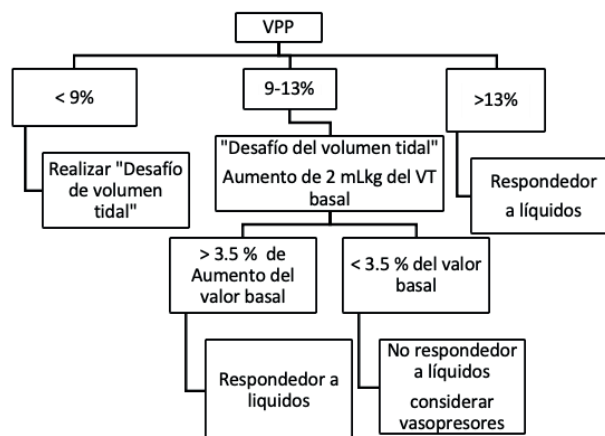
Mayores de 18 años, ASA II y III, con indicación de colocación de línea arterial para monitorización de la presión arterial y catéter venoso central para toma de gasometría venosa central. Anestesia general balanceada bajo ventilación mecánica con volumen tidal bajo (rango

de 6 a 7 mL/kg de peso ideal). Se eliminaron pacientes con cirugía de urgencia, pacientes embarazadas, arritmias cardíacas, cardiopatía valvular, disfunción ventricular derecha, cirugía torácica reciente, presencia de sonda endopleural o drenajes torácicos, cirugía torácica o cardíaca o por negativa del paciente a participar del estudio. Se registraron los parámetros hemodinámicos (presión arterial media, frecuencia cardíaca, variabilidad de presión de pulso y gasto cardíaco) y parámetros ventilatorios (volumen tidal, frecuencia respiratoria, PIP: pico de presión inspiratoria; PEEP: presión de distensión continua al final de la espiración); durante tres mediciones: basales, durante el desafío de volumen tidal y final. El gasto cardíaco, fue calculado hasta después de la administración de fluidos, en la medición final. Durante el periodo transanestésico cuando el paciente se encontraba dentro de la “zona gris” (definida como un valor de VPP de 9 a 13 %), se procedió a realizar el “desafío de volumen tidal” el cual consiste en un aumento del volumen tidal de al menos a 8 mL/kg de peso, durante un minuto, posteriormente se registró nuevamente los parámetros hemodinámicos y respiratorios y se clasificó a los pacientes de acuerdo con el incremento obtenido de la VPP:

- Un incremento mayor de 3.5% del basal: Paciente respondedor a líquidos
- Un incremento menor de 3.5% del basal: Paciente no respondedor a líquidos

Posterior a clasificar al paciente se administraba un bolo de solución *Hartmann* 250 mL en 10 minutos. Para corroborar la respuesta a líquidos se determinó el gasto cardíaco basal y el gasto cardíaco posterior a la administración del bolo de líquidos por método del método de *Fick* y se clasificó a los pacientes que respondieron con un aumento del GC de más del 15%. Se formuló de manera adicional un algoritmo para apoyo al momento de la realización de la maniobra, indicando cuando es necesario realizar el desafío de volumen tidal y cómo interpretar los cambios (Figura 1).

Algoritmo VPP con “desafío de volumen tidal”



Meza M. 2020. Algoritmo VPP con el desafío de volumen tidal

Análisis estadístico

Los pacientes fueron divididos en dos grupos de acuerdo con el cambio que presentó la VPP. El grupo A fueron pacientes clasificados como aquellos que respondieron a la administración de líquidos y que por lo tanto presentaron un aumento de al menos 3.5 % del valor basal de la VPP. El Grupo B fueron aquellos pacientes que no respondieron a la administración de líquidos y presentaron cambios menores de 3.5 %. Un análisis estadístico con el programa estadístico de SPSS, versión 24. Las variables cuantitativas se analizaron mediante T de student para grupos independientes. Para estimar y cuantificar la heterogeneidad estadística *Q de Cochran*. Las variables demográficas fueron presentadas como promedio, desviación estándar, media y frecuencia, según la variable estudiada.

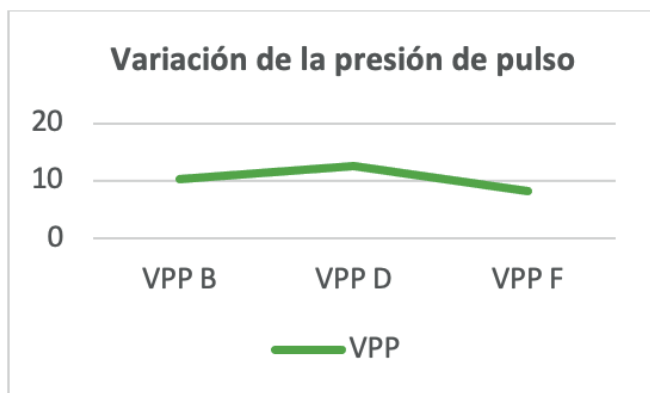
Resultados

En relación con el promedio de edad de los pacientes fue de 48.53 años (± 14.97). Predominaron los pacientes del género femenino con 18 (60 %), masculino 12 (40 %). El peso promedio fue de 66.63 (± 13.17) kg. ASA III con 17 pacientes y ASA II fueron 13 pacientes.

Parámetros Hemodinámicos

La presión arterial media (PAM) basal promedio fue de 76.43 mm Hg, mientras que la PAM durante el desafío fue de 75.96 mm Hg, al final del estudio la PAM promedio fue de 76.73 mm Hg, con diferencia significativa ($p = 0.001$). En cuanto a la frecuencia cardíaca (FC) basal, el promedio fue de 66.83 latidos/minuto; la FC desafío promedio fue de 70.6 latidos/minuto y la FC final del estudio fue de 69.16 latidos/minuto con diferencia significativa ($p = 0.001$) VPP, en cuanto a la VPP basal el promedio fue 10.23 %, mientras que la VPP durante desafío fue de 12.56 % y al final del estudio la VPP promedio 8.2 %. (Gráfica 1).

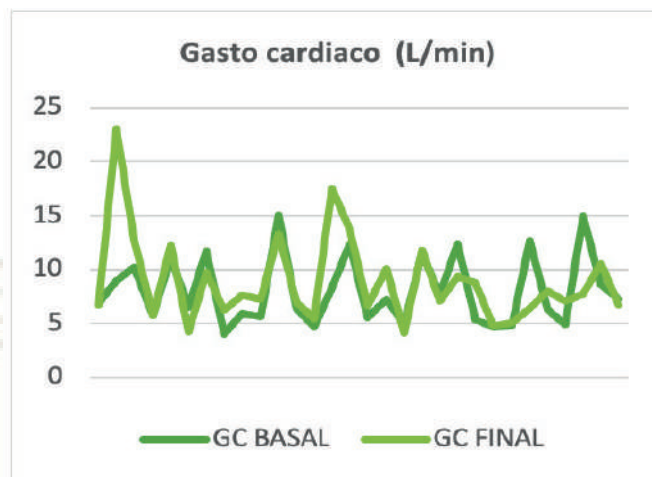
Gráfica 1. Variación de la presión de pulso.



VPP B: Variación de la presión de pulso basal, VPP D: Variación de la presión de pulso desafío, VPP F: Variación de la presión de pulso final. Diferencia significativa $p \leq 0.05$

El gasto cardíaco calculado mediante el método de *Fick*, basal y al final, arrojó los siguientes datos: El promedio de gasto cardíaco basal fue 8.08 L/minuto comparado con el gasto cardíaco final que fue de promedio 8.90 L/minuto con una diferencia significativa ($p=0.001$) (Gráfica 2).

Gráfica 2: Gasto cardíaco: Método de *Fick*



Fuente: Base de datos

Parámetros ventilatorios

En cuanto al volumen tidal, frecuencia respiratoria, PIP: pico de presión inspiratoria; PEEP: presión de distensión continua al final de la espiración, se muestran en la (Tabla 3).

Parámetro ventilatorio	basal	desafío	final	Valor de p
volumen tidal (mL)	400.83	519.16	400.83	0.86
frecuencia respiratoria (rpm)	11.56	11.4	11.36	0.78
Pip (cm H2O)	18.36	21.63	18.43	0.72
Peep (cm H2O)	5.13	5.1	5.1	0.99

Fuente: Base de datos

Predicción de respuesta a líquidos

Se promedió la diferencial de la variabilidad de presión de pulso (ΔVPP) y la diferencial del gasto cardiaco (ΔGC) entre mediciones, siendo la variabilidad de presión de pulso de 2.26 %; sin embargo 13 pacientes presentaron valores de diferencial de variabilidad de presión de pulso mayores de 3.5 %, considerándolos respondedores a líquidos. Mientras que, por diferencial de gasto cardiaco, el promedio fue de 14.5 (L/min) considerándose respondedores nueve pacientes, de los 13 pacientes que inicialmente se clasificaron como respondedores (Tabla 4).

Tabla 3: Variable cálculo respondedor. Diferencial de VPP y GC

Variable	Cálculo	Respondedor
ΔVPP	2.26	si - 13 no - 17
ΔGC	14.5	si - 11 no - 19

Fuente: Base de datos

Se clasificó de la misma manera a los pacientes no respondedores, aquellos que presentaron una diferencial de variabilidad de presión de pulso menor de 3.5 %; de los 30 pacientes incluidos en el estudio: 17 se clasificaron como no respondedores, de los cuales en 16 pacientes se corroboró que el gasto cardiaco no aumentó más de 15% del basal e incluso disminuyó; demostrando así, que se predijo adecuadamente la no respuesta a líquidos.

De los 30 pacientes incluidos en el estudio, en 25 pacientes se predijo adecuadamente la respuesta a líquidos al utilizar la VPP, de los 13 pacientes clasificados como respondedores; inicialmente se corroboró esta afirmación en 9, así como de los 17 clasificados como no respondedores, se corroboró esto en 16 pacientes, dando un total de 25 donde se predijo adecuadamente la respuesta a líquidos, lo cual corresponde a un 83.33% del total de la muestra; en cinco no se predijo adecuadamente la respuesta al volumen, los cuales corresponden a un 16.66 %.

Discusión

La maniobra de la administración de líquidos es sencilla de realizar y puede ser aplicada en aquellos pacientes que estén bajo un monitoreo invasivo de la presión arterial. Su uso no provoca aumento de las presiones pico pulmonar, ya que se realiza en un periodo de tiempo corto bajo ventilación mecánica con un volumen tidal bajo y con una adecuada interpretación de la VPP, para normar la administración de líquidos bajo variables hemodinámicas dinámicas.

Myatra y colaboradores (16) demostraron que los cambios en la variabilidad de presión de pulso obtenidos por el incremento transitorio del volumen tidal son superiores, mostrando una pobre predicción de la respuesta a líquidos a un volumen tidal de 6 mL/kg de peso predicho. Es decir que un volumen tidal de 8 mL/kg de peso es más adecuado para predecir aquellos pacientes que responden a líquidos (IC del 95 %). En este estudio logramos corroborar el incremento del gasto cardiaco en nueve pacientes de los 13 que se habían clasificado como respondedores por la variabilidad de presión de pulso, resultando así en un valor predictivo positivo del 69%; de los pacientes clasificados como no respondedores, 17, se corroboró en 16 gasto cardiaco, resultando en un valor predictivo negativo del 94%.

Do-Hyeong Kim y colaboradores (17) realizaron un estudio de la variabilidad de presión de pulso como predictora de respuesta a líquidos en pacientes con posición prono. De 53 pacientes estudiados, 40 pacientes se catalogaron como respondedores a líquidos en posición supina, demostrando una especificidad de 62% y sensibilidad de 75%. En este estudio hay que resaltar que en 27 pacientes se catalogaron como respondedores a líquidos, con una sensibilidad de 82% y especificidad de 62%. Lo que significa que la variabilidad de presión de pulso fue adecuada para predecir volumen en pacientes bajo posición prona. En el presente estudio la prueba a líquidos se midió en un paciente en posición de decúbito prono, pero se clasificó como no respondedor a líquidos y por lo tanto no se incrementó el gasto cardiaco. También se estimó la especificidad y sensibilidad en nuestro estudio, resultando una especificidad del 80% y sensibilidad del 90%, pero con pacientes bajo posición supina en su

mayoría, por lo que se requieren más estudios con esta variable.

Preau S y colaboradores (18) realizaron un estudio observacional en seis unidades de cuidado crítico en Francia. Ellos detectaron que solo el 38% de los casos en quienes se administraron líquidos fueron por datos obtenido de variables hemodinámicas estáticas o dinámicas, los adscritos hacían más uso de las variables estáticas que los residentes 15% versus 5%, ($p < 0.0001$). El no uso de ninguna variable estática o dinámica se presentó hasta en un 68%, entendiéndose por esto que las variables estáticas son las que refieren un valor directo o indirecto del estado de volemia del paciente en una sola medición mientras que las variables dinámicas utilizan el ciclo respiratorio para evaluar la respuesta a modificaciones mínimas de precarga y postcarga en la circulación cardiopulmonar.

Entre los factores que impidieron una lectura de las variables hemodinámicas dinámicas están: actividad respiratoria espontánea (45%), volumen tidal bajo (35%), baja frecuencia respiratoria o cardíaca (29%), ritmo cardíaco irregular (26%), ausencia de sistema de cateterización arterial (26%), presión intracraneal alta (5%), amputación de extremidades inferiores (3%), síndrome compartimental abdominal (3%). Concluyendo que los parámetros hemodinámicos son infrautilizados para predecir la respuesta a líquidos en la práctica habitual.

La variabilidad de Presión del Pulso como variable derivada del análisis de la onda de presión arterial durante la ventilación mecánica está considerada un predictor fiable para medir la respuesta a los líquidos. Su alta sensibilidad para identificar el requerimiento hídrico y su gran relación con el índice cardíaco, convierten a esta variable en la primera opción para evaluar la respuesta del paciente a la reanimación con líquidos. Sin embargo, es importante mencionar que esta tiene limitaciones ya que se altera en pacientes con arritmias haciendo que el volumen sistólico y la presión arterial impidan una evaluación adecuada. El número de estudios que han demostrado la reducción de complicaciones asociado con una titulación de líquidos guiada por variables hemodinámicas dinámicas en pacientes de alto riesgo y su capacidad de respuesta a los fluidos es útil para

identificar a los pacientes que puede beneficiarse de la expansión de volumen y, lo que es más importante, para prevenir la administración de líquidos en pacientes que no responden.

Actualmente debemos contar ya con una lista de verificación con criterios de validez antes de realizar VPP para conocer si esta es confiable, dicha lista incluye: Si se ventila al paciente con ventilación mecánica controlada sin esfuerzos espontáneos; está el paciente ventilado con un volumen corriente de al menos 7–8 mL/kg; el paciente tiene el tórax cerrado; el paciente está en ritmo sinusal; es normal la distensibilidad pulmonar; el paciente no tiene valvulopatías; el paciente no tiene disfunción ventricular derecha/izquierda; conocer si la presión abdominal es normal.

Conclusiones

De acuerdo con el presente estudio podemos concluir que la prueba del “desafío de volumen tidal” puede ser útil para predecir la respuesta a volumen, en pacientes bajo ventilación mecánica protectora o cuando la variabilidad de presión de pulso se encuentra en valores de entre 9–13%. Para su utilización se requiere que el paciente se encuentre bajo ventilación mecánica sin ventilaciones espontáneas, con adecuada distensibilidad pulmonar, sin presencia de sondas o drenajes pleurales y sin arritmias cardíacas. Además, para toma de decisiones se deben evaluar el conjunto de variables hemodinámicas estáticas y dinámicas, así como el estado clínico del paciente para una adecuada terapia hídrica.

La maniobra no provoca aumento significativo de las presiones pico pulmonares y puede ser utilizada con seguridad, manteniendo la ventilación mecánica con volumen tidal bajo. Es una maniobra sencilla de realizar, de corto tiempo y además nos permite realizar un análisis más adecuado de la VPP y con esto poder normar la administración de líquidos bajo variables hemodinámicas dinámicas, y así evitar daños por la administración excesiva o restrictiva de líquidos.

Importante mencionar la utilidad de variables hemodinámicas dinámicas y en especial la VPP como indicador de volumen intravascular y el incremento del gasto cardíaco en respuesta al volumen.



Referencias

1. Alvarado-Sánchez JI, Caicedo-Ruiz JD, Diaztagle-Fernández JJ, Ospina-Tascón GA, Cruz Martínez-LE. Use of pulse pressure variation as predictor of fluid responsiveness in patients ventilated with low tidal volume: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine Insights: Circ, Resp and Pulm Medicine*. 2019; 14: 1-10. DOI: 10.1177/1179548420901518.
2. Joo-Hyun Jun, Rack Kyung Chung, Hee Jung Baik, Mi Hwa Chung, Joon-Sang Hyeon, Young-Goo Lee, et.al. The tidal volume challenge improves the reliability of dynamic preload indices during robot-assisted laparoscopic surgery in the Trendelenburg position with lung-protective ventilation. *BMC Anesthesiology*. 2019; 9: 1-11. DOI: 10.1186/s12871-019-0807-6
3. Nieto-Pérez O, Sánchez-Díaz S, Solórzano-Guerra A, Márquez-Rosales E, García-Franco OF, Zamarrón-López EI, et. al. Fluidoterapia intravenosa guiado por metas. *Med Int Mex*. 2019; 35: 235-250. DOI: 10.24245/mim.v35i2.2337
4. Teboul J-L, Monnet X, Chemia D, Michard F. Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019; 199: 22-31. DOI: 10.1164/rccm.201801-0088CI
5. Kaufmann T, Clemet R, Scheeren T, Saugel B, Keus F, van der Horst I. Perioperative goal-directed therapy: A systematic review without meta-analysis. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2018; 00: 1-16. DOI: 10.1111/aas.13212
6. Kendrick J, Kaye A, Tong Y, Belani K, Urman R, Hoffman C, et.al. Goal-directed fluid therapy in the operative setting. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2019; 35: 29-34. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_26_18
7. Makaryus R, Miller T, Gan T. Current concept of fluid management in enhanced recovery pathways. *British J Anaesthesia*. 2018; 120: 376-383. DOI: 10.1016/j.bja.2017.10.011
8. Gupta R, Gan T.J. Peri-operative fluid management to enhance recovery. *Anaesthesia*. 2016; 71: 40-45. DOI: 10.1111/anae.13309
9. Miller T, Myles P. Perioperative Fluid Therapy for Major Surgery. *Anesthesiology*. 2019; 130: 825-832. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002603
10. Ueyama H, Kiyonaka S. Predicting the need for fluid therapy-Does fluid responsiveness work?. *J Intensive care*. 2017; 5: 1-6. DOI: 10.1186/s40560-017-0210-7
11. Jalil B, Cavallazzi R. Predicting fluid responsiveness: A review of literature and a guide for the clinician. *AJEM*, 2018; 36: 2093-2102. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.08.03
12. Jozwiak M, Monnet X, Teboul J. Prediction of fluid responsiveness in ventilated patients. *Ann Transl Med* 2018; 6: 352-363. DOI: 10.21037/atm.2018.05.03
13. Myatra S, Monnet X, Teboul J. Use of “tidal volume challenge” to improve the reliability of pulse pressure variation. *Critical care*. 2017; 21: 1-6. DOI: 10.1186/s13054-017-1637-x
14. Shi R, Monnet X, Teboul J. Parameters of fluid responsiveness. *Curr opin crit care*. 2020; 26: 319-326. DOI:10.1097/MCC.0000000000000723
15. Young C, Harris E, Vacchiano C, Bodnar S, Bukowy B, Elliott R, et.al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *British Journal of Anaesthesia*. 2019; 123: 898-913. DOI: 10.1016/j.bja.2019.08.017
16. Myatra S, Prabu N, Divatia J, Monnet X, Kulkarni AP, Teboul J. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a “tidal volume challenge” reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Critic care med*. 2016; 45: 415-421. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002183
17. Do-Hyeong K, Seokyoung S, Ji-Young K. Kim S, Jo M, Choi Y. Pulse pressure variation and pleth variability index as predictors of fluid responsiveness in patients undergoing spinal surgery in the prone position. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2018;14: 1175–1183. DOI: 10.2147/TCRM.S170395
18. Preau S, Dewavrin F, Demaeght V, Chiche A, Voisin B, Minacori F, et.al. The use of static and dynamic haemodynamic parameters before volumen expansion: A prospective observational study in six French intensive care units. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2016; 35, 93-102. DOI: 10.1016/j.accpm.2015.08.003.