



El aumento de la integral velocidad-tiempo debido a una disminución de la presión positiva al final de la espiración predice la respuesta del fluido

The increase in velocity-time integral due to a decrease in positive end-expiratory pressure predicts fluid responsiveness

Aumento da integral velocidade-tempo devido a uma diminuição da pressão positiva ao final da expiração prediz a resposta do fluido

Nora Mercedes Sánchez Parada,* Jessica Garduño López,* Marcos Antonio Amezcua Gutiérrez,*
Nancy V Alva Arroyo,* Sergio Edgar Zamora Gómez,* José Carlos Gasca Aldama*

RESUMEN

Introducción: determinar la capacidad del paciente para responder a la administración Fr de volumen es fundamental durante el manejo de pacientes hemodinámicamente inestables en la unidad de cuidados intensivos (UCI), para evitar la sobrecarga de líquidos que se asocia con un aumento de la mortalidad. El aumento de la presión positiva al final de la espiración (PEEP) disminuye el volumen sistólico (VS) y se explica por la disminución del retorno venoso y la interacción corazón pulmón, lo cual podría modificar la respuesta a los líquidos.

Objetivo: evaluar si el aumento de la integral de velocidad en el tiempo (VTI) tras un cambio en la presión positiva al final de la espiración (PEEP) predice la respuesta a volumen.

Material y métodos: estudio prospectivo, longitudinal, comparativo, analítico. Se incluyeron pacientes ingresados a la UCI con ventilación mecánica. La respuesta a volumen se midió a través de la elevación pasiva de piernas (PLR) y del volumen sistólico medido por la VTI. La prueba de PEEP consistió en un delta de incremento y posteriormente en descenso de 5 cmH₂O del PEEP, con su respectiva medición del VTI. Se analizaron las variables cuantitativas con la prueba t de Student y un modelo de regresión multivariado.

Resultados: se ingresaron un total de 54 pacientes, de los cuales los respondedores a volumen fueron 53.7%. Se realizó un análisis multivariado donde las variables con significancia fueron: variabilidad de la integral velocidad-tiempo (VVTI) OR 2.95 (IC95% 2.4-4.71, $p = 0.029$), VVTI 5 OR 1.28 (IC95% 1.12-5.10, $p = 0.040$), VTI 10 OR 3.07 (IC95% 2.37-7.19, $p = 0.021$), VVTI 10 OR 3.82 (IC95% 3.51-6.43, $p = 0.016$), el resto de las variables perdieron significancia estadística.

Conclusiones: la respuesta a volumen puede detectarse utilizando cambios en la ventilación mecánica, como la prueba de PEEP, utilizando la VTI del tracto de salida del ventrículo izquierdo (LVOT) como un sustituto del volumen sistólico. Además, destaca que la variabilidad del VTI es una variable que demostró significancia estadística en todas las pruebas, como predictor de respuesta a volumen.

Palabras clave: respuesta a volumen, integral de velocidad en el tiempo, presión positiva al final de la espiración.

ABSTRACT

Introduction: determining the patient's ability to respond to volume expansion is essential during the management of hemodynamically unstable patients in the Intensive Care Unit (ICU), trying to avoid fluid overload that causes increased mortality. The increase in positive end-expiratory pressure (PEEP) decreases stroke volume (SV) and is explained by the decrease in venous return that could modify the response to fluids.

Objectives: to evaluate whether the increase in the velocity integral over time (VTI) after a change in positive end-expiratory pressure (PEEP) predicts the volume response.

Material and methods: prospective, longitudinal, comparative, analytical study. Patients admitted to the ICU with mechanical ventilation were included. The volume response was measured through the baseline VTI and subsequently with passive leg raising (PLR). The PEEP test consisted of a delta increase

and then a 5 cmH₂O decrease in PEEP, with its respective VTI measurement. Quantitative variables were analyzed using the Student t test.

Results: a total of 54 patients were admitted, of which 53.7% were volume responders. A multivariate analysis was performed where the variables with significance were: VVTI OR 2.95 (95% CI 2.4-4.71, $p = 0.029$), VVTI 5 OR 1.28 (95% CI 1.12-5.10, $p = 0.040$), VTI 10 OR 3.07 (95% CI 2.37-7.19, $p = 0.021$), VVTI 10 OR 3.82 (95% CI 3.51-6.43, $p = 0.016$), the rest of the variables lost statistical significance.

Conclusions: volume response can be detected using changes in mechanical ventilation; such as the PEEP test, using left ventricular outflow tract (LVOT) VTI as a surrogate for stroke volume. It is noteworthy that VTI variability was a variable that demonstrated statistical significance in all tests as a predictor of volume response.

Keywords: volume response, velocity integral over time, positive end-expiratory pressure.

RESUMO

Introdução: determinar a capacidade do paciente de responder à administração de volume é essencial durante o manejo de pacientes hemodinamicamente instáveis na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), para evitar sobrecarga de líquidos que está associada ao aumento da mortalidade. O aumento da pressão expiratória final positiva (PEEP) diminui o volume sistólico (VS) e é explicado pela diminuição do retorno venoso e da interação coração-pulmão, o que poderia modificar a resposta aos fluidos.

Objetivos: avaliar se o aumento na integral velocidade-tempo (IVT) após uma alteração na pressão positiva expiratória final (PEEP) prevê a resposta do volume.

Material e métodos: estudo prospectivo, longitudinal, comparativo e analítico. Foram incluídos pacientes internados na UTI com ventilação mecânica. A resposta de volume foi medida pela elevação passiva da perna (PLR) e o volume sistólico medido pelo IVT. O teste PEEP consistiu num aumento delta e subsequente diminuição de 5 cmH₂O na PEEP, com a respectiva medição IVT. As variáveis quantitativas foram analisadas através do teste t de Student e de um modelo de regressão multivariada.

Resultados: foram internados 54 pacientes, dos quais 53.7% responder ao volume. Foi realizada análise multivariada onde as variáveis com significância foram: VVTI OR 2.95 (IC95% 2.4-4.71, $p = 0.029$), VVTI 5 OR 1.28 (IC95% 1.12-5.10, $p = 0.040$), IVT 10 OR 3.07 (IC95% 2.37-7.19, $p = 0.021$), VVTI 10 OR 3.82 (IC95% 3.51-6.43, $p = 0.016$), as demais variáveis perderam significância estatística.

Conclusões: a resposta do volume pode ser detectada através de alterações na ventilação mecânica; como o teste PEEP, usando IVT da via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) como substituto do volume sistólico. Além disso, destaca-se que a variabilidade do IVT é uma variável que demonstrou significância estatística em todos os testes, como preditora da resposta ao volume.

Palavras-chave: resposta ao volume, IVT, PEEP.

Abreviaturas:

IC95% = intervalo de confianza de 95%

LVOT = tracto de salida del ventrículo izquierdo

OR = razón de momios (odds ratio)

PEEP = presión positiva al final de la espiración

PLR = elevación pasiva de piernas

UCI = unidad de cuidados intensivos

VS = volumen sistólico

VTI = integral de velocidad en el tiempo

VVTI = variabilidad de la integral velocidad-tiempo

* Hospital Juárez de México.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 25/09/2024.

Citar como: Sánchez PNM, Garduño LJ, Amezcua GMA, Alva ANV, Zamora GSE, Gasca AJC. El aumento de la integral velocidad-tiempo debido a una disminución de la presión positiva al final de la espiración predice la respuesta del fluido. Med Crit. 2024;38(7):547-551. <https://dx.doi.org/10.35366/119525>

INTRODUCCIÓN

En la unidad de cuidados intensivos (UCI) el objetivo principal es la estabilidad hemodinámica en la cual se debe valorar el sistema cardiovascular y respiratorio para tener un adecuado balance entre la oferta y la demanda de oxígeno, a través de una monitorización constante, que debe ser poco invasiva, factible de realizar, continua y al pie de la cama del paciente. La administración de volumen es una de las primeras líneas de tratamiento en aquellos pacientes que tienen inestabilidad hemodinámica; sin embargo, sólo 50% responde a la administración de líquidos incrementando el volumen sistólico.¹

Determinar la capacidad del paciente para responder a la expansión de volumen es fundamental durante el manejo de pacientes hemodinámicamente inestables en la UCI, tratando de evitar la sobrecarga hídrica que condiciona un incremento en la mortalidad. En pacientes con ventilación mecánica, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) tiene un doble efecto: aumenta la resistencia vascular pulmonar que a su vez incrementa la postcarga del ventrículo derecho, lo que puede resultar en una disminución de la precarga.²

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio prospectivo, longitudinal, comparativo, analítico. Se incluyeron pacientes que fueron ingresados a la UCI con ventilación mecánica. La respuesta a volumen se evaluó a través del VTI basal y posteriormente con elevación pasiva de piernas (PLR), la prueba positiva tuvo un incremento de 10%. La prueba de PEEP consistió en incrementar un delta de 5 cmH₂O del PEEP basal durante un minuto, obteniendo una medición de VTI, para posteriormente disminuirlo al PEEP basal con su respectiva medición de VTI. La distribución de variables continuas se probó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables se expresaron como medias, desviación estándar, mediana o porcentaje y la relación de las variables cuantitativas se realizó con la prueba t de Student. Primero se realizó un análisis bivariado entre la maniobra con las variables de interés dividiendo los grupos en respondedores y no respondedores, posteriormente se realizó un modelo de regresión multivariado y finalmente un análisis multivariado ajustado con las variables con significancia estadística.

RESULTADOS

Se ingresaron un total de 54 pacientes, de los cuales la media de edad fue de 50 años (35.5-65), predominó el género femenino con una frecuencia de 70.4% y el género masculino 29.6%, la media de IMC 28.1 ± 6.3, la media de APACHE II 17.3 ± 6.1, para el SOFA 9.5 ± 3.1. La modalidad ventilatoria predominante fue contro-

lada por volumen (66.7%) y *Continuous Positive Airway Pressure* (CPAP) (33.3%), las medias de los parámetros ventilatorios fueron: Vt 406 ± 71 mL, frecuencia

Tabla 1: Características generales de la población (N = 54).

Características	
Edad*	50 [35.5-65]
Femenino, n (%)	38 (70.4)
IMC**	28.1 ± 6.3
APACHE II**	17.3 ± 6.1
SOFA**	9.5 ± 3.1
Modo ventilador, n (%)	
ACV	36 (66.7)
CPAP	18 (33.3)
Parámetros ventilatorios	
Volumen (mL)**	406 ± 71
FR (rpm)**	19.2 ± 3.4
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)**	262.53 ± 62.6
Presión meseta (cmH ₂ O)*	15 [12-20]
Presión de conducción (cmH ₂ O)*	8.5 [7-12]
Presión pico (cmH ₂ O)**	17.2 ± 6.2
Cest (mL/cmH ₂ O)*	31.8 [0-43]
PEEP (cmH ₂ O)**	6 ± 1.6
PEEP (cmH ₂ O), n (%)	
5	37 (68.5)
6	2 (3.7)
7	3 (5.6)
8	4 (7.4)
9	5 (9.3)
10	3 (5.6)
Lactato (mmol/L)*	2.1 [1.4-2.2]
LLC (segundos)*	3 [1-4]
Delta CO ₂ (mmHg)*	4.4 [3.1-5.7]
Norepinefrina (µg/kg/min)*	0.12 [0.05-0.17]
Vasopresina (UI/min)*	0.01 [0.02-0.031]
SDP*	39 [29.5-50]
VPP*	11.2 [9-14]
Respondedor a volumen, n (%)	29 (53.7)
VTI (cm) basal**	19 ± 2.9
VTI (cm) post-PLR**	20.5 ± 3.4
VVTI**	12.9 ± 3.4
PEEP (cmH ₂ O)**	6.1 ± 2
PEEP (cmH ₂ O)**	10.0 ± 1.67
E**	0.82 ± 0.19
E**	10.3 ± 2.9
E/E**	8.17 ± 2.3
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP**	10.9 ± 1.6
VVTI**	11.9 ± 2.7
E**	0.79 ± 0.18
E**	10.5 ± 2.6
E/E**	7.8 ± 2.2
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP basal**	20.4 ± 3.6
VVTI (cm/s) **	12.2 ± 2.6
E*	0.86 [0.71-0.99]
E**	10.7 ± 2.4
E/E**	8 ± 2.2

ACV = ventilación mecánica asistida controlada por volumen. APACHE = *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*. CPAP = *Continuous Positive Airway Pressure*. Cest = distensibilidad estática. E = onda E. FR = frecuencia respiratoria. IMC = índice de masa corporal. LLC = llenado capilar. PEEP = presión positiva al final de la espiración. rpm = respiraciones por minuto. SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment*. VI = ventrículo izquierdo. VTI = *Velocity-Time Integral*. VVTI = *Variability of the Velocity-Time Integral*.
* Valores expresados en mediana y [rango intercuartílico].
** Media ± desviación estándar.

Tabla 2: Análisis bivariado de la maniobra en los grupos respondedor y no respondedor.

Características	Respondedores 29 (53.7%) Media ± DE	No respondedores 23 (46.3%) Media ± DE	IC95%	p
VTI (cm)	18.8 ± 3.2	19.2 ± 2.7	-2.01-1.29	0.665
VTI post-PLR	21.8 ± 3.5	18.9 ± 2.5	1.17-4.58	0.019
VVTI post-PLR	15.2 ± 3.5	10.3 ± 2.8	3.16-6.68	0.000
E/e'	7.7 ± 2.0	8.9 ± 2.1	1.48-2.07	0.023
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP	17.2 ± 3.5	17.5 ± 2.9	1.26-2.08	0.033
VVTI	13.3 ± 2.1	10.27 ± 1.1	1.91-5.36	0.000
E/e'	7.9 ± 2.0	7.6 ± 1.9	-2.08-0.48	0.714
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP basal	22.1 ± 3.6	18.5 ± 2.5	2.62-4.64	0.020
VVTI	13.9 ± 2.1	10.2 ± 1.5	1.9-4.75	0.000
E/e'	7.9 ± 2.2	8.1 ± 2.1	-1.46-0.96	0.480

DE = desviación estándar. E/e' = relación onda E/onda e'. IC95% = intervalo de confianza de 95%. PEEP = presión positiva al final de la espiración. PLR = elevación pasiva de piernas (por sus siglas en inglés). VTI = integral velocidad-tiempo. VVTI = variabilidad velocidad integral-tiempo.

Tabla 3: Modelo de regresión multivariado entre los que mostraron significancia.

	Multivariado			Multivariado ajustado (a)			Multivariado ajustado (a)		
	OR	IC95%	p	OR	IC95%	p	OR	IC95%	p
VTI (cm) post-PLR	-0.34	0.028-1.46	0.728	-0.721	-0.810-6.21	0.987	—	—	—
VVTI post-PLR	1.19	1.95-2.34	0.011	2.82	2.11-3.42	0.020	2.95	2.4-4.71	0.029
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP	1.75	2.1-4.08	0.019	1.31	2.40-5.81	0.042	-0.91	-0.72-6.14	0.632
VVTI	1.88	1.81-3.71	0.022	2.48	3.62-4.98	0.031	1.28	1.12-5.10	0.040
VTI (cm) Δ 5 cmH ₂ O PEEP basal	3.60	2.55-4.92	0.014	2.85	4.84-6.10	0.009	3.07	2.37-7.19	0.021
VVTI	2.18	1.72-3.6	0.008	3.57	2.63-5.08	0.013	3.82	3.51-6.43	0.016

IC95% = intervalo de confianza de 95%. OR = razón de momios (*odds ratio*). PEEP = presión positiva al final de la espiración (cm). PLR = elevación pasiva de piernas (por sus siglas en inglés). VTI = integral velocidad-tiempo. VVTI = variabilidad velocidad integral-tiempo.

respiratoria 19.2 ± 3.4 rpm, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 262.53 ± 62.6 , $\text{Pmáx cmH}_2\text{O}$ 17.2 ± 6.2 , PEEP 6 ± 1.6 cmH₂O, y la mediana de $\text{Pplat cmH}_2\text{O}$ 19 (rango 16-24) y $\text{DP cmH}_2\text{O}$ 8.5 (rango 7-12), los respondedores a volumen 53.7%, más detalles en [Tabla 1](#).

Posteriormente se realizó un análisis bivariado entre la maniobra con las variables de interés, dividiendo en dos grupos respondedores 29 (53.7%), no respondedores 23 (46.3%), destacando las variables que mostraron significancia, siendo VTI (cm) post-PLR (IC95% 1.17-4.58, $p = 0.019$), VVTI (IC95% 1.17-4.58, $p = 0.000$), relación onda E/e' (E/e')(IC95% 1.48-2.07, $p = 0.023$), el VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP, media (DE) (IC95% 1.26-2.08, $p = 0.33$), el VVTI 5 (IC95% 1.91-5.36, $p = 0.000$), el VTI 10 (IC95% 2.62-4.64, $p = 0.020$), el VVTI VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP basal (IC95% 1.9-4.75, $p = 0.000$), el resto de las variables perdieron significancia ([Tabla 2](#)).

Por último, se realizó un modelo de regresión multivariado, con las variables que mostraron significancia; VVTI OR 1.19, (IC95% 1.95-2.34, $p = 0.011$), VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP OR 1.75 (IC95% 2.1-4.08, $p = 0.019$), VVTI 5 OR 1.88 (1.81-3.71, $p = 0.22$), VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP basal OR 3.60 (IC95% 2.55-4.92, $p = 0.014$), VVTI 10 OR 2.18 (IC95% 1.72-3.6, $p = 0.008$). Se realizó un multivariado ajustado, quedando VVTI OR

2.82 (2.11-3.42, $p = 0.020$), VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP OR 1.31 (2.40-5.81, $p = 0.042$), VVTI 5 OR 2.48 (3.62-4.98, $p = 0.031$), VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP basal OR 2.85 (IC95% 4.84-6.10, $p = 0.009$), VVTI 10 OR 3.57 (IC95% 2.63-5.08, $p = 0.013$), el resto de las variables sin significancia.

Se realizó un tercer análisis multivariado ajustado, introduciendo al modelo sólo las variables con significancia; VVTI OR 2.95 (IC95% 2.4-4.71, $p = 0.029$), VVTI 5 OR 1.28 (IC95% 1.12-5.10, $p = 0.040$), VTI (cm) Δ 5 cmH₂O PEEP basal OR 3.07 (IC95% 2.37-7.19, $p = 0.021$), VVTI 10 OR 3.82 (IC95% 3.51-6.43, $p = 0.016$), el resto de las variables perdieron significancia ([Tabla 3](#)).

DISCUSIÓN

Dentro del monitoreo hemodinámico funcional, identificar la respuesta a volumen ha sido uno de los pilares fundamentales. Durante los últimos 50 años se ha realizado un importante número de pruebas para predecir este resultado, algunos utilizan la interacción corazón pulmón para evaluar las condiciones de precarga, resistencia vascular pulmonar y postcarga.³

A estas alturas una nueva maniobra podría considerarse innecesaria. Sin embargo, en nuestro medio lati-

noamericano caracterizado por la escasez de recursos, no siempre es posible contar con monitores avanzados ni camas que realicen la elevación pasiva de las piernas.

Lo que a principio del siglo XX realizó Stirling al modificar la precarga en modelos animales,³ hoy lo realizamos a la cabecera del enfermo por medio de test dinámicos y estáticos en los que se evalúa el incremento del volumen sistólico, al respecto Myantra y colaboradores utilizaron recientemente el delta del volumen corriente y la variación de presión de pulso,⁴ otro ejemplo del uso de la ventilación mecánica para este fin es el test de oclusión y más recientemente se ha definido un método novedoso para predecir respuesta a volumen dentro de las pruebas hemodinámicas funcionales (FHT), llamado «desafío de baja PEEP de corta duración» (presión positiva al final de la espiración; SLPC) consiste en la aplicación de 5 cmH₂O de PEEP adicionales durante 30 segundos,^{5,6} esta estrategia de modificación de PEEP también fue utilizada por Lai C y su equipo, quienes evaluaron respuesta a volumen en aquellos pacientes que tenían un PEEP inicial > 10 cmH₂O y realizaron un aumento de Δ 5 cmH₂O PEEP, manteniendo una presión meseta < 30 cmH₂O, y posteriormente regresaron a su valor basal y se clasificó como respondedor a volumen en aquellos pacientes de forma inicial que tuvieron un aumento de la presión de pulso > 10% posterior a la PLR durante 1 minuto.^{7,8} En nuestra investigación se determinó como respuesta a volumen al aumento del VTI > 10% observando que sí existe diferencia estadística significativa en cada una de las maniobras que se realizó, las características de nuestros pacientes difieren respecto al estudio de Lai C y colaboradores, ya que nuestros pacientes no partieron de valores de PEEP inicial mayor a 10 e incluso contamos con pacientes bajo ventilación espontánea continua.

Alai T y su equipo en 2016 realizaron una investigación en la que determinaron los cambios en el volumen sistólico (SV) antes y después de realizar PLR y se comparó con el cambio en el VTI y del SV para determinar la capacidad de respuesta a fluidos en paciente con ventilación mecánica y sepsis grave; en dicha investigación determinaron como respuesta a volumen un cambio en el volumen sistólico indexado de 8.8% con una sensibilidad de 72.2% y una especificidad de 80%;⁶ sin embargo, en nuestra investigación se determinó como respondedor a volumen a aquellos que tuvieran un aumento de 10% del VTI, en lugar del volumen sistólico.

Nuestro trabajo es otra maniobra dinámica que utiliza la ultrasonografía crítica y la ventilación mecánica, a sabiendas que en nuestro medio no en todos los casos será posible realizar la elevación pasiva de las piernas y que no siempre contaremos con monitores de volumen sistólico, VVS o VPP. Un hallazgo notable sobre las variables que monitorizamos es la

VVTILVOT que refleja la variación de volumen sistólico que en nuestro análisis multivariado fue la variable que mejor identificó a los respondedores con IC95%, (2.37-7.19), OR 3.07 con un valor de $p = 0.02$. Esta variación además de reflejar el cambio del volumen sistólico se afecta menos por la distensibilidad vascular periférica, presión abdominal y por ende puede ser un buen predictor de respuesta a líquidos.³

Wang J y colaboradores demostraron que la VVTI-LVOT (*Variability of the Velocity-Time Integral of the Left Ventricular Outflow Tract*) tiene una AUC de 0.95 (IC95% DE 0.902 a 1.00), sensibilidad de 87% y especificidad 95%. Lo que sugiere que es mejor que otros parámetros invasivos en la evaluación de respuesta a líquidos.⁹ También Vía G y su grupo realizaron un estudio observacional prospectivo y unicéntrico, en la unidad de cuidados intensivos quirúrgicos en el que evaluaron si la variación de la VVTI-LVOT predecía respuesta a líquidos en paciente ventilados mecánicamente con volúmenes < 8 mL/kg y observaron que la variación del VTI como respuesta a líquidos tenía un AUROC DE 0.19, con una sensibilidad de 81.3% y una especificidad de 89.3% como predictor de respuesta a volumen.⁸

CONCLUSIONES

Los estudios han demostrado que un aumento del PEEP provoca una disminución en VS secundario a una disminución del retorno venoso por aumento de la presión pleural. En pacientes críticos que se encuentra bajo ventilación mecánica invasiva, la prueba de delta de PEEP con medición de VTI es una excelente opción para evaluar respuesta a volumen. Por otra parte, destaca que la VVTI demostró tener significancia como predictor, lo que hace que ambos puedan utilizarse para la evaluación de respuesta a volumen en escenarios de escasos recursos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Hospital Juárez de México por permitirnos realizar el estudio en la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos.

REFERENCIAS

1. 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(7):117-124.
2. Huemer G, Kolev N, Kurz A, Zimpfer M. Influence of positive end-expiratory pressure on right and left ventricular performance assessed by doppler two-dimensional echocardiography. *Chest.* 1994;106(1):67-73.
3. Paterson SW, Starling EH. On the mechanical factors which determine the output of the ventricles. *J Physiol.* 1914;48:357-379.
4. Myatra SN, Prabu NR, Divatia JV, Monnet X, Kulkarni AP, Teboul JL. The changes in pulse pressure variation or stroke volume

- variation after a "tidal volume challenge" reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Crit Care Med.* 2017;45:415-421.
5. Ali A, Aygun E, Abdullah T, Bolsoy-Deveci S, Orhan-Sugur M, Canbaz M, et al. A challenge with 5 cmH₂O of positive end-expiratory pressure predicts fluid responsiveness in neurosurgery patients with protective ventilation: an observational study. *Minerva Anesthesiol.* 2019;85(11):1184-1192.
 6. Alai T, Gudivada K, Thomas J, Pati S. Velocity Time Integral (VTI) is a reliable surrogate of fluid responsiveness in mechanically ventilated patients with severe sepsis. *Chest.* 2016;45(149):166A.
 7. Lai C, Shi R, Beurton A, Moretto F, Ayed S, Fage N, et al. The increase in cardiac output induced by a decrease in positive end-expiratory pressure reliably detects volume responsiveness: the PEEP-test study. *Crit Care.* 2023;27(1):136.
 8. Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med.* 2016;42:1164-1167.
 9. Wang J, Zhou D, Gao Y, Wu Zhongyong, Wang X, Lv C. Effect of VTILVOT variation rate on the assessment of fluid responsiveness in septic shock patients. *Medicine.* 2020;99(47):e22702.
- Conflictos de intereses:** no tenemos ningún conflicto de intereses.
- Correspondencia:*
Nora Mercedes Sánchez Parada
E-mail: nicky_280692@hotmail.com