



# Comportamiento del tiempo de aceleración de la arteria pulmonar ante incrementos de la PEEP en pacientes bajo ventilación mecánica

Behavior of pulmonary artery acceleration time with increases in PEEP in patients undergoing mechanical ventilation

Freud Piaget Hernández Bielma,\* Karen Harumi López Rodríguez,\* Marcos Vidals Sánchez,\* Sergio Edgar Zamora Gómez,\* Nancy Alva Arroyo,\* José Carlos Gasca Aldama\*

## RESUMEN

El presente estudio analiza el impacto de la presión positiva al final de la espiración (PEEP) sobre la hemodinámica cardiopulmonar en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, con un enfoque particular en el tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (TAAP) como parámetro ecocardiográfico no invasivo. Este estudio evaluó el impacto de los incrementos de la PEEP sobre el TAAP y parámetros hemodinámicos en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva. Se incluyeron 35 pacientes con edad media de  $48.6 \pm 14$  años, 53.3% de género masculino, con un índice de masa corporal promedio de  $29.2 \pm 7.5$  kg/m<sup>2</sup>. Las puntuaciones de gravedad al ingreso mostraron un APACHE II medio de  $16.1 \pm 3.5$  y un SOFA de  $9.2 \pm 3.1$ . El 34.3% presentó síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) como diagnóstico de ingreso, con una relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> media de  $190.7 \pm 45$ . Durante la maniobra escalonada de PEEP (5, 10 y 15 cmH<sub>2</sub>O), se observó tendencia a la reducción del TAAP ( $118.4 \pm 13.6$ ,  $115.9 \pm 13.5$  y  $112.8 \pm 19.7$  ms, respectivamente), así como disminución progresiva de la onda S' ( $15$ ,  $14.6$  y  $13.9$  cm/s). El TAPSE mostró estabilidad relativa, mientras que la PSAP y el TAPSE/PSAP mantuvieron valores sin cambios significativos. La compliancia estática disminuyó de  $39.7 \pm 6.8$  a  $37.8 \pm 8.7$  mL/cmH<sub>2</sub>O conforme aumentó la PEEP. Los incrementos de PEEP se asociaron a disminución del TAAP y de la onda S', lo que sugiere desacoplamiento ventrículo arterial derecho; sin embargo, el análisis bivariado no identificó diferencias estadísticamente significativas con la muestra actual.

**Palabras clave:** ventilación mecánica, PEEP, tiempo de aceleración de la arteria pulmonar, ecocardiografía Doppler, hemodinámica, acoplamiento ventrículo arterial.

## ABSTRACT

This study analyzes the impact of positive end-expiratory pressure (PEEP) on cardiopulmonary hemodynamics in patients undergoing invasive mechanical ventilation, with a particular focus on pulmonary artery acceleration time (PAAT) as a noninvasive echocardiographic parameter. This study evaluated the impact of increases in PEEP on PAAT and hemodynamic parameters in patients undergoing invasive mechanical ventilation. Thirty-five patients were included, with a mean age of  $48.6 \pm 14$  years, 53.3% male, and a mean body mass index of  $29.2 \pm 7.5$  kg/m<sup>2</sup>. The severity assessment on admission showed a mean APACHE II score of  $16.1 \pm 3.5$  and a SOFA score of  $9.2 \pm 3.1$ . Acute respiratory distress syndrome (ARDS) was diagnosed at admission in 34.3% of cases, with a mean PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio of  $190.7 \pm 45$ . During the PEEP escalation maneuver (5, 10, and 15 cmH<sub>2</sub>O), there was a trend toward a decrease in the TAAP ( $118.4 \pm 13.6$ ,  $115.9 \pm 13.5$ , and  $112.8 \pm 19.7$  ms, respectively), as well as a progressive decrease in the S wave ( $15$ ,  $14.6$ , and  $13.9$  cm/s). The TAPSE showed relative stability, while the PSAP and TAPSE/PSAP remained unchanged. Static compliance (SCR) decreased from  $39.7 \pm 6.8$  to  $37.8 \pm 8.7$  mL/cmH<sub>2</sub>O as PEEP increased. Bivariate analysis did not identify statistically significant differences between variables at different PEEP levels; however, a consistent trend toward right ventricular hemodynamic deterioration was documented, reflected in reduced PAAT and systolic contractility (S wave).

**Keywords:** mechanical ventilation, PEEP, pulmonary artery acceleration time, doppler echocardiography, hemodynamics, ventrículo-arterial coupling.

## Abreviaturas:

AP = arteria pulmonar

APACHE = *Acute Physiology And Chronic Health Evaluation* (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica)

Crs = compliancia estática

IMC = índice de masa corporal

PAMP = presión arterial media pulmonar

PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = relación entre la presión parcial de oxígeno arterial y la fracción de oxígeno inspirado

PEEP = *Positive End-Expiratory Pressure* (presión positiva al final de la espiración)

Pmax = presión máxima

PSAP = presión sistólica de arteria pulmonar

RIC = rango intercuartílico

RVP = resistencia vascular pulmonar

SDRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda

SOFA = *Sequential Organ Failure Assessment* (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica)

TAAP = tiempo de aceleración de la arteria pulmonar

TAPSE = *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion* (desplazamiento sistólico del plano del anillo tricuspídeo)

TRIV = tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo derecho

VD = ventrículo derecho

## INTRODUCCIÓN

La presión positiva al final de la espiración (PEEP) constituye un componente esencial en la ventilación mecánica, ya que mejora la oxigenación y previene el colapso alveolar en pacientes críticos. Sin embargo, su incremento no está exento de consecuencias:<sup>1-4</sup> elevar la presión intratorácica puede afectar el retorno venoso, incrementar la postcarga del ventrículo derecho y modificar la resistencia vascular pulmonar. Estos efectos hemodinámicos son particularmente relevantes<sup>5-7</sup> en pacientes con reserva cardiopulmonar limitada, en los que un ajuste inadecuado de la PEEP puede precipitar disfunción ventricular derecha o comprometer el gasto cardiaco.<sup>8,9</sup>

En este contexto, el tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (TAAP), medido mediante ecocardiografía Doppler, ha demostrado ser un parámetro no invasivo, reproducible y sensible para estimar los cambios en la resistencia vascular pulmonar y la función del ventrículo derecho. Su utilidad radica en que permite detectar

\* Hospital Juárez de México. Ciudad de México, México.

Recibido: 20/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

**Citar como:** Hernández BFP, López RKH, Vidals SM, Zamora GSE, Alva AN, Gasca AJC. Comportamiento del tiempo de aceleración de la arteria pulmonar ante incrementos de la PEEP en pacientes bajo ventilación mecánica. Med Crit. 2026;40(1):25-29. <https://dx.doi.org/10.35366/123036>

alteraciones<sup>7,9</sup> hemodinámicas de manera temprana, incluso antes de que se expresen en parámetros clásicos como la presión arterial pulmonar o el gasto cardíaco.

La evaluación dinámica del TAAP frente a diferentes niveles de PEEP ofrece una oportunidad única para comprender la interacción cardiopulmonar en tiempo real y orientar la titulación individualizada de la ventilación mecánica, con el objetivo de balancear los beneficios respiratorios de la PEEP sin comprometer la función cardiovascular.<sup>10,11</sup>

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Diseño.** Estudio prospectivo, analítico y longitudinal efectuado en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México, orientado a evaluar el comportamiento del tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (TAAP) ante incrementos progresivos de la PEEP en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, se apegó a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y a la NOM-012-SSA3-2012.<sup>12-14</sup>

**Población.** Fueron incluidos 35 pacientes adultos ( $\geq 18$  años), de uno u otro sexo, con diagnóstico crítico que requirieron ventilación mecánica invasiva.

**Criterios de inclusión:** 1) Estabilidad hemodinámica basal sin necesidad de altas dosis de aminas vasoactivas. 2) Ventana ecocardiográfica transtorácica adecuada para la medición de parámetros ventriculares derechos. 3) Disponibilidad de datos completos de monitoreo ventilatorio y hemodinámico.

**Criterios de exclusión:** pacientes con hipertensión pulmonar severa documentada, valvulopatías significativas, arritmias no controladas o condiciones que impidieran la adecuada adquisición de imágenes ecocardiográficas.

**Variables.** Se registraron datos demográficos y clínicos: edad, sexo, índice de masa corporal (IMC), diagnósticos de ingreso, presencia de comorbilidades y escalas de gravedad (APACHE II y SOFA).

En cuanto a parámetros ventilatorios, se documentaron: presión plateau (Pplat), presión de distensión (DP), presión máxima (Pmax), compliancia estática (Crs) y relación  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ .

Las mediciones ecocardiográficas incluyeron: TAAP, TAPSE, presión sistólica de arteria pulmonar (PSAP), TAPSE/PSAP, onda S', tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo derecho (TRIV), presión arterial media pulmonar (PAMP) y velocidad de eyección del tracto de salida del ventrículo derecho (Vel IT).

**Procedimiento.** Se aplicó una maniobra escalonada de incremento de PEEP, con tres niveles: 5, 10 y 15  $\text{cmH}_2\text{O}$ . El análisis bivariado de los parámetros hemodinámicos y ecocardiográficos en los diferentes niveles de PEEP se muestra en la [Tabla 1](#).

En cada nivel se realizaron mediciones ecocardiográficas Doppler y registros hemodinámicos, manteniendo constantes los demás parámetros de la ventilación mecánica. Todas las mediciones fueron realizadas por operadores entrenados en ecocardiografía crítica.

**Análisis estadístico.** Se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión (media  $\pm$  desviación estándar o mediana con rango intercuartílico [RIC]). Para la comparación entre niveles de PEEP se aplicó análisis bivariado. Un valor de  $p < 0.05$  fue considerado estadísticamente significativo.

## RESULTADOS

Fueron incluidos 35 pacientes con edad media de  $48.6 \pm 14$  años; 19 (53.3%) eran hombres y 16 (46.5%) mujeres. El IMC promedio fue  $29.2 \pm 7.5 \text{ kg/m}^2$ . Los diagnósticos de ingreso más frecuentes fueron: síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) en 12 (34.3%) pacientes y choque séptico en seis (17.2%). Entre las comorbilidades predominó hipertensión arterial sistémica en 12 (34.3%) casos y de diabetes mellitus en siete (20%). El puntaje medio de severidad fue APACHE II  $16.1 \pm 3.5$  y SOFA  $9.2 \pm 3.1$ . Las características demográficas, clínicas y hemodinámicas basales de la población se presentan en la [Tabla 2](#).

En la evaluación basal (PEEP 5  $\text{cmH}_2\text{O}$ ), se obtuvo un TAAP promedio de  $118.4 \pm 13.6 \text{ ms}$ , TAPSE de  $19.2 \pm 4.5 \text{ mm}$ , PSAP de 19.1 mmHg [RIC 14.5-36.9], TAPSE/PSAP de 0.97 [0.70-1.3], onda S' de  $15 \pm 3.3 \text{ cm/s}$ , TRIV de  $78.8 \pm 9 \text{ ms}$ , y una compliancia estática de  $39.7 \pm 6.8 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ .

Al incrementar la PEEP a 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ , el TAAP disminuyó a  $115.9 \pm 13.5 \text{ ms}$ , con reducción de la onda S' a  $14.6 \pm 3.1 \text{ cm/s}$  y del TRIV a  $76.5 \pm 8.2 \text{ ms}$ . A PEEP 15  $\text{cmH}_2\text{O}$ , el TAAP mostró una caída adicional a  $112.8 \pm 19.7 \text{ ms}$ , mientras que la onda S' descendió a  $13.9 \pm 2.7 \text{ cm/s}$  y la compliancia estática a  $37.8 \pm 8.7 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ , lo cual se observa de manera gráfica en la [Figura 1](#).

Otros parámetros, como TAPSE, PSAP y el índice TAPSE/PSAP, permanecieron relativamente estables entre los distintos niveles de PEEP. La oxigenación ( $\text{SpO}_2$ ) mostró una ligera mejoría con el incremento de PEEP ( $93 \pm 3.1\%$  a  $94.6 \pm 2.4\%$ ). La presión arterial media (TAM) y la presión arterial sistólica (TAS) no evidenciaron variaciones significativas, mientras que el gasto respiratorio ventilatorio aumentó discretamente con los niveles altos de PEEP, como se muestra en la [Figura 2](#).

El análisis bivariado no demostró diferencias estadísticamente significativas entre las variables en los distintos niveles de PEEP ( $p > 0.05$ ). No obstante, se observó una tendencia persistente en la reducción del TAAP y de la función sistólica del ventrículo derecho (onda S'), lo que sugiere un impacto progresivo de la

PEEP sobre la hemodinámica pulmonar y la interacción cardiopulmonar en pacientes ventilados.

## DISCUSIÓN

La interacción corazón-pulmón es un tema apasionante dentro de la medicina crítica, que integra los efectos de las relaciones presión/volumen en la caja torácica y las modificaciones en presión y volumen que a su vez suceden en el sistema cardiovascular.<sup>15-19</sup> Existe aún una brecha de conocimiento en torno a los indicadores ecocardiográficos no invasivos de la disfunción vascular pulmonar y su relación con la función del ventrículo derecho (VD) en enfermos críticos.<sup>20,21</sup>

El presente estudio prospectivo y unicéntrico pretendía demostrar que ante modificaciones transitorias en el valor de PEEP se modifica el TAAP y generar hipótesis de su utilidad como estrategia de monitorización no invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos.

El TAAP, medido por ecocardiografía Doppler, se ha descrito como un parámetro no invasivo útil para estimar la resistencia vascular pulmonar y la carga del ventrículo derecho;<sup>22</sup> sin embargo, la mayoría de estudios sobre TAAP provienen de pacientes no críticos, en quienes los valores de corte van de 90 a 105 ms para detectar resis-

**Tabla 1: Análisis bivariado de los incrementos de PEEP con las características hemodinámicas y ecocardiográficas.**

	PEEP 5 media ± DE	PEEP 10 media ± DE	PEEP 15 media ± DE
TAAP (ms)	118.4 ± 13.6	115.9 ± 13.5	112.8 ± 19.7
TAPSE (mm)	19.2 ± 4.5	18.8 ± 3.8	18.8 ± 3.8
PSAP (mmHg)*	19.1 [14.5-36.9]	19.3 [14.9-36.2]	18.5 [15.8-33.2]
TAPSE/PSAP*	0.97 [0.70-1.30]	0.99 [0.70-1.23]	0.93 [0.55-1.21]
Vel IT (m/seg)	1.61 ± 0.56	1.75 ± 0.63	1.84 ± 0.71
TRIV (ms)	78.8 ± 9.0	76.5 ± 8.2	76.3 ± 7.7
PAMP (mmHg)*	12.8 [10.5-24.0]	6.3 [2.0-12.9]	12.9 [11.6-14.8]
Onda S', n (%)	15.0 (3.3)	14.6 (3.1)	13.9 (2.7)
FC (lpm)*	92.4 [17.5]	95.9 [17.2]	97.5 [16.4]
TAS (mmHg)	114.0 ± 17.3	113.6 ± 16.7	112.9 ± 18.6
TAD (mmHg)	62.2 ± 6.8	62.8 ± 7.1	62.4 ± 8.0
TAM (mmHg)	79.1 ± 8.8	79.7 ± 8.7	79.2 ± 10.1
SpO <sub>2</sub> (%)	93.0 ± 3.1	93.4 ± 2.8	94.6 ± 2.4
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	38.1 ± 8.8	37.2 ± 6.2	37.2 ± 6.26
Crs (mL/cmH <sub>2</sub> O)	39.7 ± 6.8	38.8 ± 8.6	37.8 ± 8.7

Crs = compliancia estática. DE = desviación estándar. FC = frecuencia cardiaca. lpm = latidos por minuto. PAMP = presión arterial media pulmonar pCO<sub>2</sub> = presión parcial de dióxido de carbono en sangre. PEEP = Positive End-Expiratory Pressure (presión positiva al final de la espiración). PSAP = presión sistólica de arteria pulmonar. SpO<sub>2</sub> = saturación periférica de oxígeno. TAAP = tiempo de aceleración de la arteria pulmonar. TAD = presión arterial diastólica. TAM = presión arterial media. TAPSE = Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (desplazamiento sistólico del plano del anillo tricuspídeo). TAS = presión arterial sistólica. TRIV = tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo derecho. Vel IT = velocidad de eyección del tracto de salida del ventrículo derecho.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos niveles de PEEP, aunque se documentó tendencia a la reducción del TAAP, onda S' y Crs con PEEP elevada.

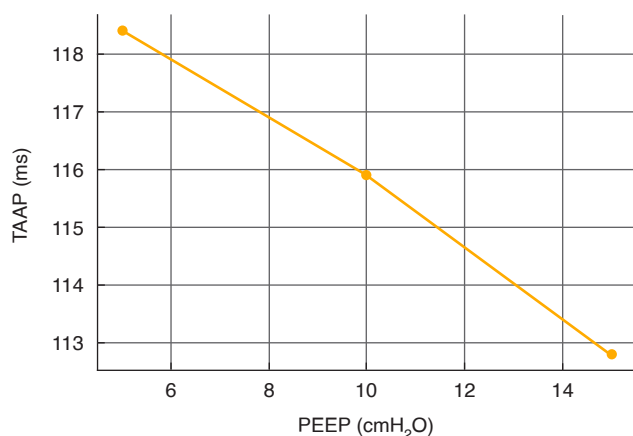
\* Valores expresados en mediana y [rango intercuartil].

**Tabla 2: Valores demográficos, clínicos y hemodinámicos basales (N = 35).**

Características	n (%)
Edad (años)*	48.6 ± 14.0
Sexo	
Masculino	19 (54.3)
Femenino	16 (45.7)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )*	29.2 ± 7.5
Diagnósticos de ingreso	
Asma casi letal	1 (2.9)
Choque séptico	6 (17.2)
Choque hipovolémico	1 (2.9)
Crisis miastenia	1 (2.9)
Estatus epiléptico	2 (5.8)
Hipertensión abdominal	1 (2.9)
ICC	3 (6.7)
NAC + EPOC	2 (5.8)
PO embolización	1 (2.9)
Hematoma subdural	2 (5.8)
PO ventriculostomía	1 (2.9)
PO craneotomía	1 (2.9)
SDRA	9 (26.1)
Sx compartimental	1 (2.9)
Sx postparo	1 (2.9)
TEP + vasculitis	1 (2.9)
Enfermedades crónicas degenerativas	
Hipertensión arterial	12 (34.3)
Diabetes mellitus	7 (20.0)
Cardiopatía	4 (11.4)
EPOC	2 (5.7)
APACHE II (puntos)*	16.1 ± 3.5
SOFA (puntos)*	9.2 ± 3.1
SDRA	12 (34.3)
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> *	190.77 ± 45.0
pCO <sub>2</sub> (mmHg)*	38.1 ± 8.1
Pplat (cmH <sub>2</sub> O)*	22.3 ± 6.4
DP (cmH <sub>2</sub> O)*	16.4 ± 6.7
Pmax (cmH <sub>2</sub> O)*	26.6 ± 4.1
Ratioventilatorio	1.4 ± 0.61
Vel IT (m/seg)*	1.61 ± 0.32
PSAP (mmHg), mediana [RIC]	25.2 [14.7-36.9]
TAPSE (mm)*	19.2 ± 4.5
TAPSE/PSAP*	1.13 ± 0.45
Onda S' *	15 ± 3.3
PAMP (mmHg)*	16.5 ± 6.1
TRIV (ms)*	78.8 ± 9.0
TAAP (ms)*	117.7 ± 13.6
Relación reclutamiento/inflación (R/I)*	0.44 ± 0.012
Compliancia estática (mL/cmH <sub>2</sub> O)*	42.65 ± 11.1

APACHE = Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (Evaluación de Fisiología Aguda y Salud Crónica). DP = presión de distensión. EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica. ICC = insuficiencia cardíaca crónica. IMC = índice de masa corporal. NAC = neumonía adquirida en la comunidad. PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = relación entre la presión parcial de oxígeno arterial y la fracción de oxígeno inspirado. PAMP = presión arterial media pulmonar. pCO<sub>2</sub> = presión parcial de dióxido de carbono en sangre. Pmax = presión máxima. PO = postoperado. Pplat = presión plateau. PSAP = presión sistólica de arteria pulmonar. RIC = rango intercuartil. SDRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda. SOFA = Sequential Organ Failure Assessment (Evaluación Secuencial de Insuficiencia Orgánica). Sx = síndrome. TAAP = tiempo de aceleración de la arteria pulmonar. TAPSE = Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (desplazamiento sistólico del plano del anillo tricuspídeo). TEP = tromboembolia pulmonar. TRIV = tiempo de relajación isovolumétrica del ventrículo derecho. Vel IT = velocidad de eyección del tracto de salida del ventrículo derecho.

\* Valores expresados en media ± desviación estándar.



**Figura 1:** Comportamiento del tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (TAAP) según niveles de presión positiva al final de la espiración (PEEP). Se observa reducción progresiva del TAAP con el incremento de la PEEP (de 118.4 a 112.8 ms), lo que sugiere aumento de la resistencia vascular pulmonar y mayor carga para el ventrículo derecho.

tencia vascular pulmonar (RVP) elevada o hipertensión pulmonar (HP).<sup>23</sup> Tossavainen y colaboradores demostraron que una TAAP menor a 90 ms tenía sensibilidad de 83% y especificidad de 85% para identificar pacientes con RVP > 3 UW en comparación con cateterismo cardiaco derecho (CCD).<sup>24</sup>

Investigaciones recientes han explorado la utilidad del TAAP en pacientes críticos con sepsis. En un estudio retrospectivo, Bowcock y colegas encontraron asociación entre un TAAP corto y un acoplamiento ventrículo derecho-arteria pulmonar (VD-AP) menor de 0.31.<sup>25</sup>

En nuestro trabajo se exploró el comportamiento del TAAP ante incrementos progresivos de la PEEP en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva. Los hallazgos principales mostraron tendencia a la reducción del TAAP con el aumento de la PEEP de 5 a 15 cmH<sub>2</sub>O, acompañada de un descenso paralelo de la onda S' y de la compliancia estática. La persistente dirección de los cambios en TAAP sugiere alguna utilidad como marcador hemodinámico de la interacción cardiopulmonar.

Nuestros resultados también evidencian que parámetros clásicos como la PSAP, TAPSE y TAPSE/PSAP permanecieron estables frente a los cambios de PEEP. Hallazgos similares han sido reportados por Vieillard Baron y asociados, quienes demostraron que, en pacientes con choque séptico, la TAPSE por sí sola no pudo discriminar entre aquellos con y sin insuficiencia del ventrículo derecho.<sup>26</sup>

En nuestra cohorte, el TAAP sí mostró modificaciones sensibles. Esto posiciona al TAAP como una herramienta complementaria para detectar de manera temprana los efectos hemodinámicos de la ventilación mecánica sobre la circulación pulmonar; sin embargo, se requieren grupos más homogéneos de pacientes, aumentar la población estudiada y realizar un análisis

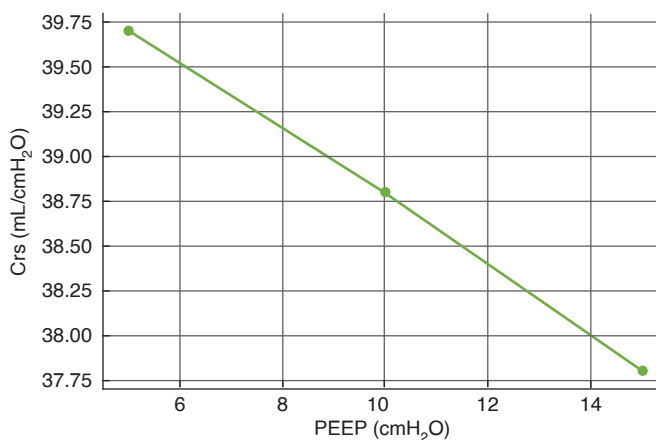
puntual de los hallazgos en pacientes con SDRA, en los cuales la interacción corazón-pulmón cobra aun mayor importancia debido al incremento de la presión intratorácica y la sobredistensión alveolar asociados a PEEP elevadas que pueden generar aumento de la postcarga del ventrículo derecho y reducción del TAAP.

Vale la pena resaltar que, de los parámetros de contractilidad, la disminución observada en la onda S' refuerza la hipótesis de un deterioro progresivo de la función sistólica ventricular derecha en escenarios de PEEP elevada. Cabe destacar que, en la población estudiada, el TAAP menor de 100 ms estuvo presente en una proporción (8.57%) de pacientes de los grupos con PEEP de 10 y 15 cmH<sub>2</sub>O, lo que sugiere que fue poco el incremento de la RVP en nuestra cohorte, probablemente debido a las características heterogéneas de la población.

La ausencia de significancia estadística podría explicarse por el tamaño limitado de la muestra (N = 35) y la heterogeneidad de diagnósticos al ingreso, lo que reduce la potencia para detectar diferencias en subgrupos específicos, dejando para el futuro la necesidad de estudios dirigidos a otras entidades clínicas.

## CONCLUSIONES

En este estudio se observó que el incremento de la PEEP se asoció con una tendencia a la reducción del tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (TAAP), lo que refleja un posible aumento de la resistencia vascular pulmonar y, en consecuencia, mayor carga para el ventrículo derecho. Este hallazgo refuerza la hipótesis de la utilidad que el TAAP podría tener para monitorizar la interacción cardiopulmonar en pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva.



**Figura 2:** Comportamiento de la compliancia estática (Crs) según niveles de la presión positiva al final de la espiración (PEEP).

La compliancia estática disminuyó de manera progresiva (de 39.7 a 37.8 mL/cmH<sub>2</sub>O) conforme se incrementó la PEEP, lo que refleja mayor rigidez pulmonar bajo condiciones de presión positiva elevada.

Dado el pequeño número de pacientes, la interpretación y la generalización de los hallazgos son limitadas. La brecha de conocimiento sobre el beneficio de la monitorización no invasiva en enfermos críticos es aún una tarea pendiente, queda por dilucidar su utilidad en grupos específicos de pacientes o subfenotipos en futuros diseños de estudios prospectivos.

## REFERENCIAS

- Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med*. 2013;369(22):2126-2136.
- Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. Evolution of PEEP: "how should we set it?" *Intensive Care Med*. 2010;36(10):1615-1622.
- Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. The "baby lung" became an adult. *Intensive Care Med*. 2011;37(3):380-382.
- Branson RD. Modes of mechanical ventilation: conventional respiratory care techniques for the acute care hospital and home. *Respir Care*. 2009;54(1):120-137.
- Marini JJ, Culver BH, Butler J. Mechanical effect of lung distention with positive pressure on cardiac function. *Am Rev Respir Dis*. 1981;124(4):382-386.
- Nanas S, Magder S. Adaptations of the peripheral circulation to PEEP. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146(3):688-693.
- Pinsky MR. Cardiovascular issues in respiratory care. *Chest*. 2005;128(5 Suppl 2):592S-597S.
- Protti A, Andreis DT, Monti M, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: any difference between statics and dynamics? *Crit Care Med*. 2013;41(4):1046-1055.
- Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713; quiz 786-788.
- Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr*. 1996;9(6):838-847.
- Jardin F, Vieillard-Baron A. Right ventricular function and positive pressure ventilation in clinical practice: from hemodynamic subsets to respirator settings. *Intensive Care Med*. 2003;29(9):1426-1434.
- World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191-2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053.
- Secretaría de Salud. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. 2007.
- Secretaría de Salud. NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. Diario Oficial de la Federación. 2013 [consultado 27 Jun 2022]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0)
- Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;157(1):294-323.
- Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1974;110(5):556-565.
- West JB. Regional differences in gas exchange in the lung due to gravitational effect. *J Appl Physiol*. 1962;17:893-898.
- Rahn H, Otis AB, Hieger HA, Mink IF. The pressure-volume diagram of the thorax and lung. *Am J Physiol*. 1946;147:161-178.
- Pinsky MR. Heart-lung interactions during mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(3):256-260.
- Repešé X, Charron C, Vieillard-Baron A. Right ventricular failure in acute respiratory distress syndrome: mechanisms and management. *Curr Opin Crit Care*. 2016;22(3):230-235.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the ASE and EACVI. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14.
- Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(9):1034-1041.
- Dabestani A, Mahan G, Gardin JM, et al. Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. *Am J Cardiol*. 1987;59(6):662-668.
- Tossavainen E, Soderberg S, Grönlund C, Gonzalez M, Henein MY, Lindqvist P. Pulmonary artery acceleration time in identifying pulmonary hypertension patients with raised pulmonary vascular resistance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(9):890-897.
- Bowcock EM, Gerhardy B, Huang S, Orde S. Right ventricular outflow tract Doppler flow analysis and pulmonary arterial coupling by transthoracic echocardiography in sepsis: a retrospective exploratory study. *Crit Care*. 2022;26(1):303.
- Vieillard-Baron A, Prigent A, Repešé X, Goudelin M, Prat G, Evrard B, Charron C, Vignon P, Geri G. Right ventricular failure in septic shock: characterization, incidence and impact on fluid responsiveness. *Crit Care*. 2020;24(1):630.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener conflicto de intereses relacionados con la temática de este trabajo, ni vínculos económicos, laborales o personales que puedan influir en la interpretación de los resultados.

El estudio se desarrolló conforme a los principios de transparencia, imparcialidad y ética de la investigación clínica.

**Financiamiento:** el presente trabajo no recibió patrocinio económico ni apoyo externo por parte de instituciones públicas, privadas o de la industria farmacéutica.

El desarrollo de la investigación fue realizado de manera independiente por el equipo de residentes y médicos adscritos a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México, como parte del compromiso académico y de investigación institucional.

Correspondencia:

Freud Piaget Hernández Bielma

E-mail: [piaget980@hotmail.com](mailto:piaget980@hotmail.com)