

Artículo original

## Modos ventilatorios usados en pacientes críticos con covid-19 en la región de Lombardía, Italia

Ventilation modes used in critical patient with COVID-19 in the region of Lombardy, Italy

Dr. Pedro Julio García Álvarez<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-6146-6184>

Dr. Leodan Morejón Ramos<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-5371-7118>

Dr. Fernando Grasso Leyva<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-7928-1380>

Dr. Juan Aguilera Matos<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-1431-9536>

Dr. Yosvany Reyes Mayeta<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-1381-6044>

<sup>1</sup> Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Hospital Militar Dr. Carlos J. Finlay. La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [pedritojuliog@gmail.com](mailto:pedritojuliog@gmail.com)

### RESUMEN

**Introducción:** la covid-19 es una enfermedad donde la ventilación mecánica artificial cobra vital importancia. Se estima que el 50 % de los casos graves o críticos que requieren manejo en unidades de cuidados intensivos fallecen.

**Objetivos:** se evaluó el impacto de los modos ventilatorios usados en pacientes con covid-19 en Lombardía, Italia, en la oxigenación, la hemodinámica y la mortalidad.



**Materiales y métodos:** se realizó un estudio analítico longitudinal retrospectivo en 86 pacientes críticos con covid-19, en el Hospital Mayor de Crema, en Lombardía, Italia, desde el 1 de abril al 20 de mayo de 2020. Se realizaron análisis no paramétrico y de la varianza.

**Resultados:** Hubo una supervivencia del 76,7 %. El modo utilizado tuvo igual comportamiento en occisos (BiPAP-3, PCV-4, VCRP-4, APRV-5, VCV-4) y en vivos (BiPAP-10, PCV-17, VCRP-14, APRV-15, VCV-10); test de  $\chi^2 = 0,59$ ; test de análisis de la varianza media índice  $PO_2/FiO_2$  (PCV = 132), (BiPAP = 132) (VCV = 115)  $p = 0,924$ . La presión de final de espiración positiva (BiPAP-12, PCV-13, VCRP-13, APRV-13, VCV-14) con  $p = 0,205$ .  $PCO_2$  (BiPAP-55, PCV-52, VCRP-57, APRV-59, VCV-57) con  $p = 0,512$ . La tensión arterial media (BiPAP-84, PCV-83, VCRP-84, APRV-82, VCV-83) con  $p = 0,988$ . Modelos de cálculo de la presión de final de espiración positiva, según modo ventilatorio: BiPAP: PEEP =  $-0,0331$  (índice  $PO_2/FiO_2$ ) +18,215; PCV: PEEP =  $-0,0047$  (índice  $PO_2/FiO_2$ ) +13,717; VCRP: PEEP =  $-0,0204$  (índice  $PO_2/FiO_2$ ) +15,678; APRV: PEEP =  $-0,0092$  (índice  $PO_2/FiO_2$ ) +14,889.

**Conclusiones:** la evolución del paciente crítico con covid-19 está determinada en gran medida por la ventilación mecánica invasiva; sin embargo, no existió suficiente evidencia para recomendar una u otra modalidad ventilatoria. El éxito está en conocer con exactitud las características del respirador, su modalidad y el paciente en cuestión.

**Palabras clave:** modo ventilatorio; covid-19.

## ABSTRACT

**Introduction:** COVID-19 is a disease in which mechanical ventilation acquires vital importance. It is estimated that 50 % of the serious and critical patients requiring management in intensive care units die.

**Objectives:** to assess the impact of the ventilation modes used in patients with COVID-19 in Lombardy, Italy, on oxygenation, hemodynamics and mortality.

**Materials and methods:** a retrospective, longitudinal, analytic study was carried out in 86 critical patients with COVID-19 who entered the Main Hospital of Crema, in Lombardy, Italy, from April 1st to May 20, 2020.

**Results:** the survival was 76.7 %. The used mode showed the same behavior in deceased patients (BiPAP-3, PCV-4, VCRP-4, APRV-5, VCV-4) and in alive patients (BiPAP-10, PCV-17, VCRP-14, APRV-15, VCV-10).  $\chi^2 = 0.59$ . ANOVA test index  $PO_2/FiO_2$  (PCV = 132), (BiPAP = 132) (VCV=115)  $p = 0.924$ . PEEP (BiPAP-12, PCV-13, VCRP-13, APRV-13, VCV-14)  $p = 0.205$ .  $PCO_2$  (BiPAP-55, PCV-52, VCRP-57, APRV-59, VCV-57)  $p = 0.512$ . Average blood pressure (BiPAP-84, PCV-83, VCRP-84, APRV-82, VCV-83)  $p = 0.988$ . PEEP models according to ventilation mode: BiPAP: PEEP =  $-0.0331$  ( $PO_2/FiO_2$  index) +18.215. PCV: PEEP =  $-0.0047$  ( $PO_2/FiO_2$  index) + 13.717;



VCRP:  $PEEP = -0.0204 (PO_2/FiO_2 \text{ index}) + 15.678$ ; APRV:  $PEEP = -0.0092 (PO_2/FiO_2 \text{ index}) + 14.889$ .

**Conclusion:** the evolution of the critical patient with COVID-19 is determined mostly by the invasive mechanical ventilation; but we did not find evidence enough to recommend one or the other ventilation mode. The success stands in knowing accurately the characteristics of the ventilator, the ventilation modes and the patient.

**Key words:** ventilation mode; COVID-19.

Recibido: 12/07/2020.

Aceptado: 12/03/2021.

## INTRODUCCIÓN

La covid-19 es una enfermedad causada por el denominado coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave tipo 2 (SARS-CoV-2). Produce una enfermedad respiratoria, que puede progresar a una forma de neumonía grave en un porcentaje considerable de los pacientes, y continuar hasta un estado de enfermedad crítica, caracterizado por la presencia de síndrome de dificultad respiratoria agudo y falla orgánica multisistémica, explican Li X et al.<sup>(1)</sup>

En el caso específico de la covid-19, la ventilación mecánica artificial cobra vital importancia, teniendo en cuenta que esta pandemia azota la mayor parte del mundo desde su surgimiento, y es causante de la insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica, que conlleva una elevada mortalidad según Ochoa Sangrador.<sup>(2)</sup> La conducta ventilatoria también es determinante cuando se ha relacionado la covid-19 con otras comorbilidades previas, lo cual complica el cuadro clínico del paciente.<sup>(3-4)</sup>

El cuadro clínico es muy variable: puede ir desde un paciente asintomático hasta uno crítico. Los síntomas más frecuentes son tos, disnea, dolor torácico y tendencia a la hipoxemia, explican Price et al.<sup>(5)</sup> En la epidemia de covid-19 en la región de Lombardía se utilizaron todas las estrategias ventilatorias posibles, como la oxigenoterapia con distintos dispositivos, alto flujos, y ventilación no invasiva e invasiva, esta última solo en unidades de cuidados críticos. Como táctica de rescate en pacientes con hipoxemia refractaria, se realizó la ventilación en posición prona, con ciclos de 12 horas.



A pesar del tratamiento, se estima que el 50 % de los casos graves/críticos que requieren manejo en la unidad de cuidados intensivos (UCI) fallecerán, según Medeiros Figueiredo et al.<sup>(6)</sup>

Teniendo en cuenta que la mortalidad por covid-19 se asocia a la insuficiencia respiratoria aguda, según Rodríguez et al,<sup>(7)</sup> y que no existían recomendaciones ventilatorias al inicio de la epidemia en esa región del mundo, se evaluó el impacto en la oxigenación hemodinámica y en la mortalidad de los modos ventilatorios utilizados en la UCI con todos los pacientes críticos por covid-19 en el Hospital Mayor de Crema, en Lombardía, Italia, en el período comprendido entre el 1 abril y el 20 mayo de 2020. Cabe señalar que la estrategia ventilatoria aplicada es la descrita para el síndrome de dificultad respiratoria aguda de bajo volumen corriente con hipercapnia permisiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio analítico longitudinal retrospectivo, con los pacientes críticos que ingresaron con diagnóstico de covid-19 en el Hospital Mayor de Crema, en Lombardía, Italia, entre el 1 de abril y el 20 de mayo de 2020. El universo estuvo constituido por 86 pacientes y se trabajó con el total de ellos.

Criterios de inclusión:

- Pacientes críticos ingresados con diagnóstico de covid-19, que al ingreso en la UCI tuvieran índice  $PO_2/FiO_2$  inferior a 100.
- Pacientes que requirieron ventilación invasiva con volumen tidal de 7 ml/kg o menor.

Criterios de exclusión: pacientes trasladados desde otro centro hospitalario.

Diseño metodológico:

Todos los pacientes críticos que ingresaron y que cumplieron con los criterios de inclusión. Los datos se tomaron a las 24 horas del inicio de la ventilación mecánica invasiva y se relacionaron con el estado del paciente a los 10 días.

Procesamiento de los datos:

La fuente primaria de obtención de datos fueron las historias clínicas electrónicas de los pacientes.



Con la información obtenida de las historias clínicas se confeccionó una base de datos en el sistema SPSS versión 21 para Windows, y con los resultados se realizaron las tablas que se muestran en el trabajo. Se trabajó con un 95 % de confiabilidad. Las variables recogidas fueron: modo ventilatorio (BiPAP, PCV, VCRP, APRV, VCV), valor de presión de final de espiración positiva (PEEP),  $PCO_2$ , índice  $PO_2/FiO_2$ , tensión arterial media (TAM), y mortalidad.

Hipótesis:

1.  $H_0$ : el modo ventilatorio utilizado no influye en el estado del paciente a los 10 días.
2.  $H_1$ : el modo ventilatorio utilizado influye en el estado del paciente a los 10 días.

## RESULTADOS

En el total de los casos críticos atendidos durante el período de estudio se tuvo una supervivencia del 76,7 %. En la tabla 1 se muestra el impacto en la mortalidad de los modos ventilatorios más utilizados en los pacientes. Se evidenció que el modo utilizado tuvo igual comportamiento entre los vivos y los occisos; frecuencia en los occisos: BiPAP-3, PCV-4, VCRP-4, APRV-5, VCV-4, y en el caso de los vivos: BiPAP-10, PCV-17, VCRP-14, APRV-15, VCV-10. El test de  $\chi^2 = 0,59$  muestra que no existe relación entre la mortalidad y el modo ventilatorio aplicado.

**Tabla 1.** Impacto en la mortalidad a 10 días de los modos ventilatorios

		Ventilación					Total
		BiPAP	PCV	VCRP	APRV	VCV	
Estado a los 10 días	Occiso	3	4	4	5	4	20
	Vivo	10	17	14	15	10	66
Total		13	21	18	20	14	86

$$\chi^2 = 0,59$$

La tabla 2 es el producto del análisis ANOVA. Se pudo observar que la media índice  $PO_2/FiO_2$  en los modos PCV = 132 y BiPAP = 132 fueron los de mejor rendimiento, y que los pacientes con VCV = 115 tuvieron un índice  $PO_2/FiO_2$  más bajo, pero con un p



= 0,924, con lo que se plantea la hipótesis nula de que el modo ventilatorio no impacta en el índice de oxigenación utilizado. La PEEP requerida para lograr una saturación por encima del 92 % tuvo un comportamiento de la media prácticamente igual entre los diferentes modos (BiPAP-12, PCV-13, VCRP-13, APRV-13, VCV-14) con  $p = 0,205$ , por lo que al igual que ocurre en el índice  $PO_2/FIO_2$  se rechaza la hipótesis alternativa y se asegura que en base a este estudio el modo ventilatorio no tiene influencia en el valor de la PEEP requerida para obtener una saturación por encima de 92 % en pacientes críticos con covid.

En el caso del valor de la  $PCO_2$ , teniendo en cuenta que la estrategia ventilatoria conlleva un incremento permisible del valor de  $PCO_2$ , existió diferencia entre las distintas modalidades (BiPAP-55, PCV-52, VCRP-57, APRV-59, VCV-57) con  $p = 0,512$ ; sin embargo, teniendo en cuenta la significancia del valor de  $p$  se rechaza la hipótesis alternativa, es decir, que el valor de  $PCO_2$  no está determinado por el modo ventilatorio.

En la última columna se analiza el comportamiento de la variable hemodinámica tensión arterial media, la cual tiene en consideración la tensión arterial sistólica y la diastólica. Debe señalarse que el comportamiento fue: BiPAP-84, PCV-83, VCRP-84, APRV-82, VCV-83, con  $p = 0,988$ , lo cual no marca diferencias significativas entre las modalidades ventilatorias. Por lo que teniendo en cuenta que el nivel de significación es del 95 %, se plantea que con los datos presentados no se puede recomendar uno u otro modo ventilatorio en base a los parámetros utilizados en este estudio.

**Tabla 2.** Resultados del análisis de varianza de un factor

	No.	Índice $PO_2/FIO_2$	PEEP requerida	$PCO_2$	TAM
		Media	Media	Media	Media
BiPAP	13	132,1658	12,69	55,22	84,5641
PCV	21	132,7193	13,10	52,96	83,6984
VCRP	18	125,9730	13,11	57,36	84,8148
APRV	20	129,2812	13,70	59,52	82,8333
VCV	14	115,8531	14,36	57,19	83,7619
Total	86	127,6784	13,38	56,44	83,8721
p		0,924	0,205	0,512	0,988



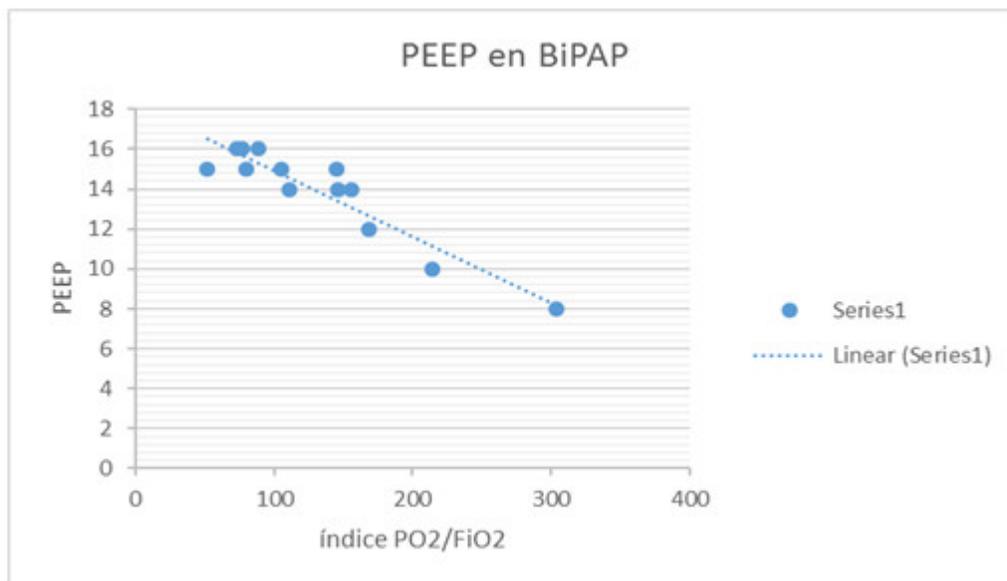
En los siguientes (gráficos 1,2,3 y 4) se muestra la tendencia que presentaron los pacientes en relación a la selección del nivel de PEEP en los modos ventilatorios más utilizados, según el nivel del índice  $PO_2/FiO_2$ . Se evidencia una pendiente descendente, es decir, negativa, y la función que representa esta tendencia según el modo ventilatorio es:

$$\text{BiPAP: PEEP} = -0,0331 (\text{índice } PO_2/FiO_2) + 18,215$$

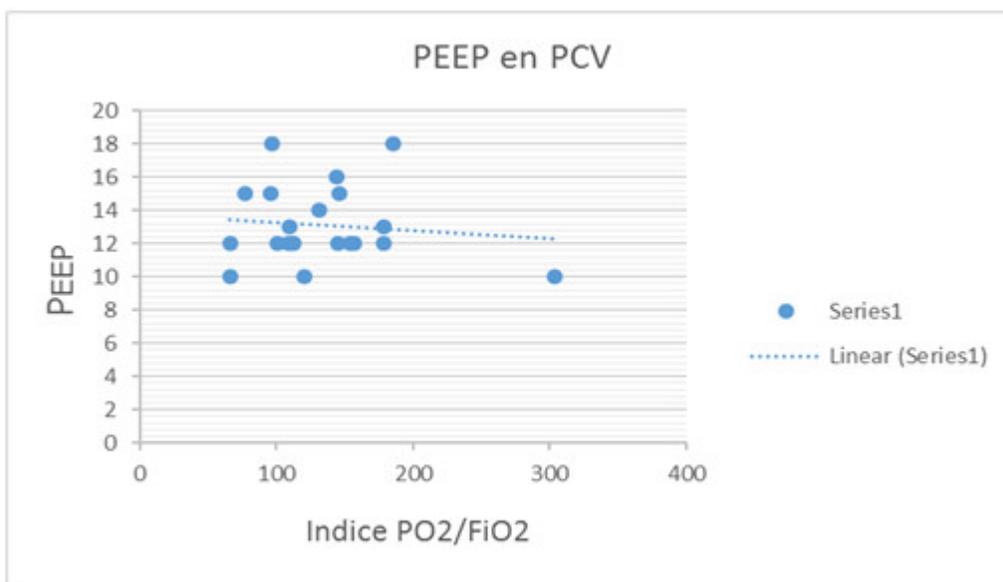
$$\text{PCV: PEEP} = -0,0047 (\text{índice } PO_2/FiO_2) + 13,717$$

$$\text{VCRP: PEEP} = -0,0204 (\text{índice } PO_2/FiO_2) + 15,678$$

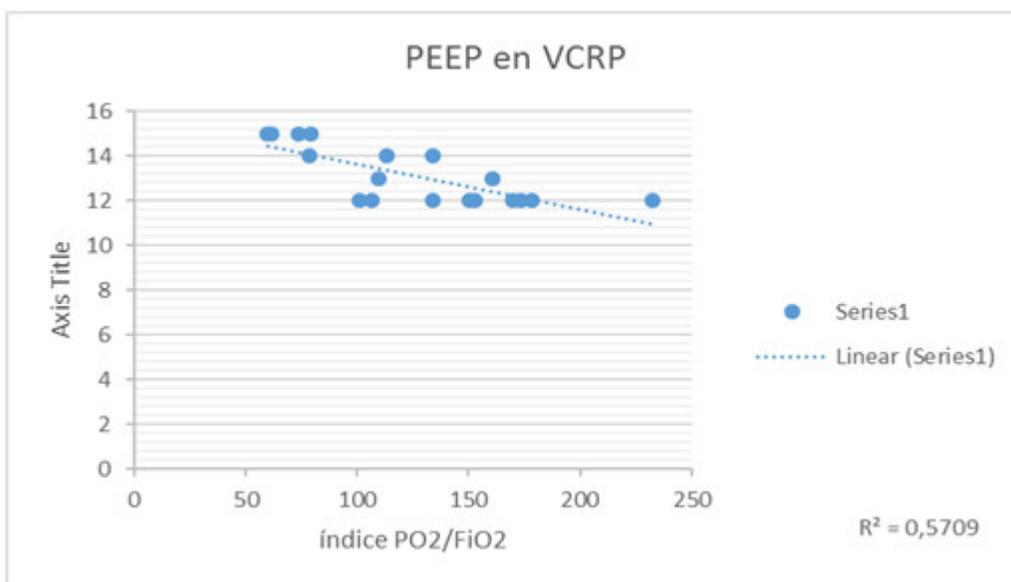
$$\text{APRV: PEEP} = -0,0092 (\text{índice } PO_2/FiO_2) + 14,889$$



**Gráf. 1.** Nivel de PEEP requerido según el PF en el modo BiPAP;  $PEEP = 0,0044 (\text{índice } PO_2/FiO_2) + 12,116$ ;  $R^2 = 0,8742$ .

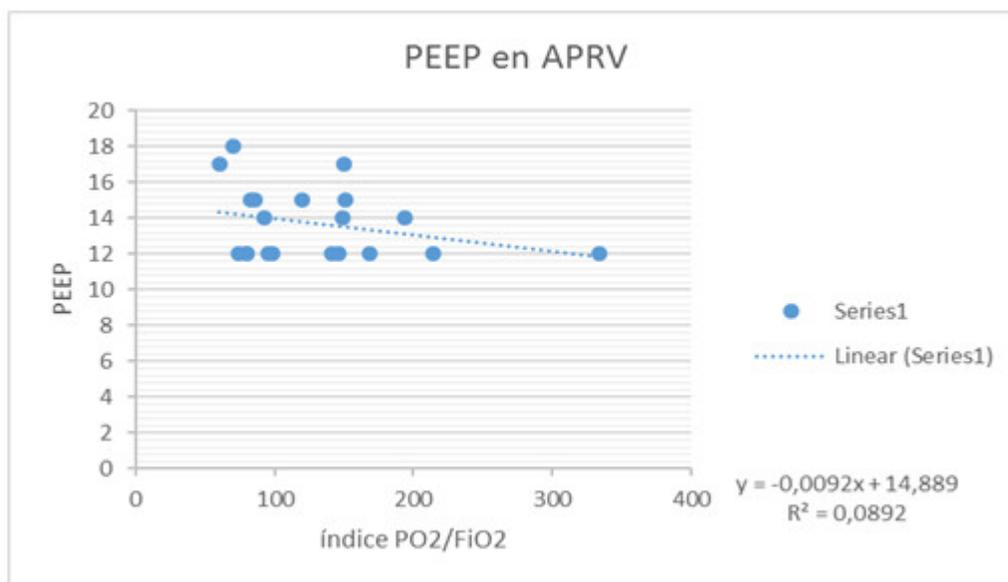


**Gráf. 2.** Comportamiento del valor de PEEP requerido en PCV;  $PEEP = -0,0047$  (índice  $PO_2/FiO_2$ ) + 13,717;  $R^2 = 0,0113$ .



**Gráf. 3.** PEEP en VCRP.





Gráf. 4. PEEP en APRV.

## DISCUSIÓN

En cuanto a la mortalidad relacionada con el modo ventilatorio, es de señalar que la literatura revisada de los autores Cressoni et al.<sup>(8)</sup> y Cabrera Galán et al.,<sup>(9)</sup> tampoco han evidenciado en otras situaciones una diferencia en este comportamiento con el encontrado en este estudio, y aún en la covid faltan estudios en este campo según Carter et al.,<sup>(10)</sup> quienes agregan que cada una de las modalidades ventilatorias tiene sus características propias, que hacen grandes diferencias entre ellas. Todas tienen ventajas y desventajas, por lo que conocer a profundidad su fisiología es extremadamente útil en beneficio del paciente, según plantean Victor et al.<sup>(11)</sup>

Se observa el análisis realizado de las variables seleccionadas. Es de señalar que no existe diferencia entre los modos y el índice de oxigenación seleccionado, lo que demuestra la utilidad de cada uno para revertir el proceso de la hipoxemia, el cual conlleva a la disfunción orgánica, según plantean Zeng et al.<sup>(12)</sup> en un metanálisis al respecto. En opinión de los autores, las diferencias están más enfocadas en el tránsito del paciente al destete que en el mismo rescate de la situación crítica inicial; es decir, las ventajas de cada una son más determinantes en el confort del paciente durante el proceso del destete que al inicio de la ventilación, habitualmente en situación de riesgo vital, lo cual coincide plenamente con lo planteado por Kacmarek et al.<sup>(13)</sup>

Con relación al uso de la PEEP, se encontró que no fueron necesarias cifras mayores que 17, que fue el número máximo en la serie. Desde la descripción de la asociación



de barotrauma con altos niveles de PEEP,<sup>(14)</sup> esta es una variable de mucho control en los protocolos italianos de ventilación. Además, con ese valor se logró una supervivencia del 77 % de los pacientes críticos, resultado en el que la ventilación tiene un altísimo peso.

El análisis de la PCO<sub>2</sub> mostró que el valor medio fue mayor que las cifras normales de esta variable en sangre. Esto guarda estrecha relación con la hipercapnia permisiva, técnica recomendada desde hace muchos años por John J. Marini y Luciano Gattinoni, estudiosos italianos de este tema. En la literatura revisada se recomienda, incluso, el uso de alcalinizante ante la aparición de la acidemia respiratoria secundaria a la hipoventilación controlada ante el aumento del volumen minuto, el cual aparentemente podría ser la solución; sin embargo, solo incrementa el riesgo de biotrauma.<sup>(15)</sup> En cuanto al comportamiento de la variable hemodinámica, era de esperar que no existieran grandes diferencias entre los grupos, toda vez que su influencia está más relacionada a los altos volúmenes y altas presiones intratorácicas que reducen el retorno venoso al corazón, que a la modalidad en sí mismo. En este acápite, Bittencourt et al<sup>(16)</sup> coinciden con estos resultados.

El comportamiento evidenciado en los gráficos es muy útil a la hora de elegir el nivel de PEEP de acuerdo a la relación PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, lo cual, en opinión de los autores, constituye una herramienta de utilidad sobre todo para el personal que está en la primera línea de la lucha contra la covid-19, que se puede valer de estas funciones para seleccionar el valor de PEEP requerido para los pacientes basados en la experiencia previa del uso en la región de Lombardía. En momentos como este se hace necesaria la socialización del conocimiento y de las experiencias para tratar de reducir las muertes por la pandemia en los lugares que aún están bajo su azote. Estos hallazgos no son nuevos y coinciden con la literatura revisada;<sup>(8,10,11)</sup> sin embargo, brindan una herramienta sencilla de cálculo del valor de PEEP aproximado que requiere el paciente.

Como se ha evidenciado, la evolución del paciente crítico con covid está determinada en gran medida por la ventilación mecánica invasiva; sin embargo, no existió evidencia suficiente para recomendar una u otra modalidad ventilatoria. El éxito está en conocer con exactitud las características del respirador, su modalidad y el paciente en cuestión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Li X, Xu S, Yu M, et al. Risk factors for severity and mortality in adult COVID-19 in patients in Wuhan. *J Allergy Clin Immunol.* 2020 Jul; 146(1): 110-8. Citado en PubMed; PMID: 32294485.
2. Sangrador OC, Garmendia Leiza JR, Pérez Boillos MJ, et al. Impacto de la COVID-19 en la mortalidad de la comunidad autónoma de Castilla y León. *Gac Sanit.* 2020 May. Citado en PubMed; PMID: 32446595.



3. Sánchez-Álvarez J, Pérez Fontán M, Jiménez Martín C, et al. Situación de la infección por SARS-CoV-2 en pacientes en tratamiento renal sustitutivo. Informe del Registro COVID-19 de la Sociedad Española de Nefrología. Nefrología [Internet]. 2020 [citado 14/06/2020];40(3):272-8. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211699520300400>
4. Pallarés Carratalá V, Górriz-Zambrano C, Morillas Ariño C, et al. COVID-19 y enfermedad cardiovascular y renal: ¿Dónde estamos? ¿Hacia dónde vamos? Medicina de Familia. Semergen [Internet]. 2020 [citado 23/06/2020];46(1):78-87. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1138359320301441?via%3Dihub>
5. Price S, Singh S, Ledot S, et al. Respiratory management in severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care. 2020;9(3):229-38. Citado en PubMed; PMID: 32375488.
6. Medeiros Figueiredo A, Daponte-Codina A, Moreira Marculino D, et al. Factores asociados a la incidencia y la mortalidad por COVID-19 en las comunidades autónomas. Gac Sanit [Internet]. 2020 [citado 28/06/2020]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213911120301242?via%3Dihub>
7. Rodríguez Y, Novelli L, Rojas M, et al. Autoinflammatory and autoimmune conditions at the crossroad of COVID-19. J of Autoimmunity [Internet]. 2020 Nov [citado 23/06/2020];114:102506. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896841120301281>
8. Cressoni M, Chiurazzi C, Chiumello C, et al. Does high PEEP prevent alveolar cycling? Med Klin Intensivmed Notfmed. 2018;113(Suppl 1):7-12. Citado en PubMed; PMID: 29134246.
9. Cabrera Galán C. Estudio randomizado de ventilación con presión binivel frente a presión positiva continua en pacientes con síndrome de obesidad-hipoventilación e insuficiencia respiratoria aguda [tesis en Internet]. Cádiz: Universidad de Cádiz; 2017 [citado 07/03/2018]. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=110202>
10. Carter C, Osborn M, Agagah G, et al. COVID-19 disease: invasive ventilation. Clinics in Integrated Care. 2020 Jul;1:100004. Citado en PubMed; PMID: 7261657.
11. Victor S, Roberts S, Mitchell S, et al. Extubate Trial Group. Biphasic Positive Airway Pressure or Continuous Positive Airway Pressure: A Randomized Trial. Pediatrics [Internet]. 2016 Aug [citado 10/07/2020];138(2):e20154095. DOI: 10.1542/peds.2015-4095.
12. Zeng F, Huang Y, Guo Y, et al. Association of inflammatory markers with the severity of COVID-19: A meta-analysis. Int J Infect Dis. 2020 Jul;96:467-74. Citado en PubMed; PMID: 32425643.



13. Kacmarek R, Branson R. Should Intermittent Mandatory Ventilation Be Abolished? *Respir Care*. 2016 Jun;61(6):854-66. Citado en PubMed; PMID: 27235318.
14. Repessé X, Charron C, Geri G, et al. Impact of positive pressure ventilation on mean systemic filling pressure in critically ill patients afterdeath. *J Appl Physiol*. 2017;122(6):1373-8. Citado en PubMed; PMID: 2836012.
15. Coudroy R, Frat J, Boissier F, et al. The authors reply. *Crit Care Med*. 2018 Oct;46(10):e1012. Citado en PubMed; PMID: 30216318.
16. Bittencourt H, Reis H, Lima M, et al. Non-Invasive Ventilation in Patients with Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arq Bras Cardiol*. 2017 Feb;108(2):161-8. Citado en PubMed; PMID: 28099587.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### Contribución de autoría

Pedro Julio García Álvarez: redactó y elaboró el artículo.

Leodan Morejón Ramos: recoleccionó datos y participó en el análisis de los resultados.

Fernando Grasso Leyva: recoleccionó datos y participó en el análisis de los resultados.

Juan Aguilera Matos: recoleccionó datos y participó en el análisis de los resultados.

Yosvany Reyes Mayeta: recoleccionó datos y participó en el análisis de los resultados.

### CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

García Álvarez PJ, Morejón Ramos L, Grasso Leyva F, Aguilera Matos J, Reyes Mayeta Y. Modos ventilatorios usados en pacientes críticos con covid-19 en la región de Lombardía, Italia. *Rev Méd Electrón [Internet]*. 2021 Sep.-Oct. [citado: fecha de acceso];43(5). Disponible en:

<http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/3993/5228>

