



# Asociación de la presión de impulso y el poder mecánico ventilatorio con la mortalidad en pacientes con COVID-19 grave-crítico

Association of driving pressure and ventilatory mechanical power with mortality in patients with severe-critical COVID-19  
*Associação da pressão de impulso e potência mecânica ventilatória com a mortalidade em pacientes com COVID-19 grave em estado crítico*

José Carlos Hernández Pedroza,\* María del Rosario Muñoz Ramírez‡

## RESUMEN

**Introducción:** Una ventilación eficiente es fundamental en COVID-19, pero se debe aplicar un presión de distensión (PD) y el poder mecánico (PM) apropiado.

**Objetivo:** Evaluar la asociación de la presión de distensión y el poder mecánico con la mortalidad en pacientes con COVID-19 grave-crítico.

**Material y métodos:** Estudio observacional, transversal, analítico, retrospectivo. Mediante análisis estadístico bivariado y multivariado se determinó si el DP y el PM se asocian con la mortalidad, considerando significativa una  $p < 0.05$ .

**Resultados:** Se incluyeron 137 pacientes con COVID-19 grave-crítico, de edad media  $55.8 \pm 16.4$  años. Las comorbilidades fueron hipertensión arterial 85 (62%), obesidad 62 (45.3%) y diabetes mellitus 50 (36.5%). La mortalidad fue de 71 (52.3%). En enfermedad grave el DP fue de  $14.2 \pm 5.1$  cmH<sub>2</sub>O y en enfermedad crítica fue de  $11.3 \pm 5.0$  cmH<sub>2</sub>O ( $p = 0.001$ ). Los valores medios del PM con COVID-19 grave fueron  $19.5 \pm 19.3$  J/min y en COVID-19 crítico fueron  $29.1 \pm 27.6$  J/min ( $p = 0.026$ ). El área bajo la curva (AUC) del DP para predecir mortalidad fue de 0.740 ( $p < 0.001$ ) y del PM 0.569 ( $p = 0.171$ ). En el análisis multivariado los factores independientemente asociados a mortalidad fueron la edad (ORa = 1.041, IC95% 1.015-1.068,  $p = 0.002$ ) y el DP (ORa = 1.207, IC95% 1.101-1.322,  $p < 0.001$ ).

**Conclusión:** La presión de distensión es un predictor independiente y significativo de mortalidad en pacientes con COVID-19 grave-crítico.

**Palabras clave:** COVID-19, SARS-CoV-2, mortalidad, presión de distensión, poder mecánico.

## ABSTRACT

**Introduction:** Efficient ventilation is essential in COVID-19 but an appropriate driving pressure (DP) and mechanical power (PM) must be applied.

**Objective:** To evaluate the association of driving pressure and mechanical power with mortality in patients with severe-critical COVID-19.

**Material and methods:** Observational, cross-sectional, analytical, retrospective study. Through bivariate and multivariate statistical analysis, it was determined if the DP and PM are associated with mortality, considering significant a  $p < 0.05$ .

**Results:** 137 patients with severe-critical COVID-19, mean age  $55.8 \pm 16.4$  years, were included. The comorbidities were arterial hypertension 85 (62%), obesity 62 (45.3%) and diabetes mellitus 50 (36.5%). Mortality was 71 (52.3%). In severe illness, the DP was  $14.2 \pm 5.1$  cmH<sub>2</sub>O and in critical illness it was  $11.3 \pm 5.0$  cmH<sub>2</sub>O ( $p = 0.001$ ). The mean PM values with severe COVID-19 were  $19.5 \pm 19.3$  J/min and in critical COVID-19 they were  $29.1 \pm 27.6$  J/min ( $p = 0.026$ ). The AUC of DP to predict mortality was 0.740 ( $p < 0.001$ ) and of PM 0.569 ( $p = 0.171$ ). In the multivariate analysis, the factors independently associated with mortality were age (ORa = 1.041, CI95% 1.015-1.068,  $p = 0.002$ ) and DP (ORa = 1.207, CI95% 1.101-1.322,  $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Driving pressure is an independent and significant predictor of mortality in patients with severe-critical COVID-19.

**Keywords:** COVID-19, SARS-CoV-2, mortality, driving pressure, mechanical power.

## RESUMO

**Introdução:** Uma ventilação eficiente é essencial no COVID-19, mas se deve ser aplicada uma driving pressure (DP) e potência mecânica (PM) apropriadas.

**Objetivo:** Avaliar a associação da driving pressure e a potência mecânica com a mortalidade em pacientes com COVID-19 grave-crítico.

**Material e métodos:** Estudo observacional, transversal, analítico, retrospectivo. Por meio de análise estatística bivariada e multivariada, determinou-se se o DP e PM estão associados à mortalidade, considerando significativo um  $p < 0.05$ .

**Resultados:** Incluíram-se 137 pacientes com COVID-19 grave-crítico, com idade média de  $55.8 \pm 16.4$  anos. As comorbidades foram hipertensão arterial 85 (62%), obesidade 62 (45.3%) e diabetes mellitus 50 (36.5%). A mortalidade foi de 71 (52.3%). Na doença grave, o DP foi de  $14.2 \pm 5.1$  cmH<sub>2</sub>O e na doença crítica foi de  $11.3 \pm 5.0$  cmH<sub>2</sub>O ( $p = 0.001$ ). Os valores médios de PM com COVID-19 grave foram  $19.5 \pm 19.3$  J/min e em COVID-19 crítico foram  $29.1 \pm 27.6$  J/min ( $p = 0.026$ ). A AUC de DP para prever mortalidade foi de 0.740 ( $p < 0.001$ ) e de PM 0.569 ( $p = 0.171$ ). Na análise multivariada, os fatores independentemente associados à mortalidade foram idade (ORa = 1.041, IC 95% 1.015-1.068,  $p = 0.002$ ) e DP (ORa = 1.207, IC 95% 1.101-1.322,  $p < 0.001$ ).

**Conclusão:** A driving pressure é um preditor independente e significativo de mortalidade em pacientes com COVID-19 grave-crítico.

**Palavras-chave:** COVID-19, SARS-CoV-2, mortalidade, driving pressure, poder mecânico.

## INTRODUCCIÓN

La COVID-19 (coronavirus disease 2019, por sus siglas en inglés) es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus, coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la gravedad de la enfermedad COVID-19 se clasifica en: enfermedad leve, moderada, grave y crítica. La enfermedad grave se caracteriza por la presencia de signos clínicos de neumonía (fiebre, tos, disnea, respiración rápida) y alguno de los siguientes: frecuencia respiratoria  $> 30$  respiraciones/min; dificultad respiratoria severa; o SpO<sub>2</sub>  $< 90\%$  en aire ambiente. Por su parte, la enfermedad crítica por COVID-19 se complica con un síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), choque séptico y falla multiorgánica (FOM), que incluye la falla renal y cardíaca.<sup>1</sup>

El poder mecánico (PM) se refiere a la energía mecánica multiplicada por la frecuencia respiratoria y refleja la cantidad de energía aplicada al sistema respiratorio por minuto durante la ventilación mecánica. Es una variable sumaria que incluye todas las causas potenciales de lesión pulmonar inducida por ventilador: volumen corriente, presión de conducción, flujo, frecuencia respiratoria y presión positiva al final de la espiración (PEEP). Para representar el significado del poder mecánico se requiere

\* Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) No. 25.

‡ Unidad de Cuidados Intensivos Adultos, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), (UMAE) No. 25.

Centro Médico Nacional (CMN) Noreste, Monterrey, México.

Recibido: 01/02/2022. Aceptado: 05/05/2022.

**Citar como:** Hernández PJC, Muñoz RMR. Asociación de la presión de impulso y el poder mecánico ventilatorio con la mortalidad en pacientes con COVID-19 grave-crítico. Med Crit. 2022;36(5):291-295. <https://dx.doi.org/10.35366/106511>

la ecuación clásica del movimiento del sistema respiratorio como la suma de las presiones resistivas de flujo y las presiones elásticas, multiplicada por el volumen corriente y la frecuencia respiratoria, logrando una expresión de energía total entregada al sistema respiratorio en un minuto.<sup>2</sup> Además de las características anatómicas y fisiopatológicas del enfermo, existen otros factores que pueden intervenir en la protección del daño pulmonar, como lo son: la frecuencia respiratoria, la magnitud del flujo suministrado, el grado de deformación o estiramiento de las fibras pulmonares, el elongamiento excesivo del tejido funcional, la tensión a la que se somete el mismo y la distensión alveolar constante en un tiempo determinado. Todos estos factores pueden actuar directamente sobre el parénquima pulmonar; de forma dependiente a la cantidad de energía mecánica entregada, las alteraciones en el parénquima pulmonar pueden variar, desde llevar a la ruptura mecánica del mismo a una reacción inflamatoria debido a la activación y expresión de sustancias en células endoteliales, epiteliales, macrófagos y neutrófilos, entre otros.<sup>3,4</sup>

La presión de impulso es la presión de meseta en las vías respiratorias menos la PEEP. También se puede expresar como la relación entre el volumen corriente / tidal y la distensibilidad del sistema respiratorio, lo que indica la disminución del tamaño funcional del pulmón observado en pacientes con SDRA.<sup>5,6</sup> Resultados de un metaanálisis sugieren apuntar a una presión de distensión por debajo de 13-15 cmH<sub>2</sub>O, aunque no está claro cuál es la mejor manera de reducirla como parte de una estrategia ventilatoria junto a la cama.<sup>7</sup> Niveles elevados de la presión de distensión han demostrado impacto directo en el aumento de la mortalidad en pacientes con SDRA debido a la asociación que presenta con la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. El control de la presión de distensión es el objetivo primario para la protección alveolar en pacientes con SDRA, dado que el valor de presión de distensión integra la relación entre el volumen tidal, la PEEP y la distensibilidad pulmonar, con la finalidad de evitar mayor lesión pulmonar inducida por el ventilador.<sup>8</sup>

Este trabajo fue realizado durante la pandemia, ya que nos encontramos con un número amplio de pacientes, los cuales requieren ventilación mecánica y el manejo adecuado de ésta incide de manera importante en el desenlace final del paciente, por lo que se propone el ajuste de parámetros ventilatorios al pie de cama del paciente con herramientas como la presión de impulso y el poder mecánico, los cuales pueden ser calculados fácilmente al pie de cama del paciente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, transversal, analítico, retrospectivo, realizado en el Servicio de Medicina

del Enfermo en Estado Crítico de la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 25 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en Monterrey, Nuevo León tomando en cuenta pacientes ingresados con COVID-19 grave y crítico en el periodo de marzo de 2021 a septiembre de 2021. Este protocolo fue sometido a aprobación por los comités de bioética e investigación en salud, tras la autorización, se revisaron los expedientes y registros de los pacientes que cumplieron los criterios de selección. En los criterios de inclusión se utilizaron expedientes de pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos que fueron diagnosticados con COVID-19 grave o crítico y fueron ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos en la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 25 del IMSS en Nuevo León.

Fueron excluidos expedientes de pacientes con información requerida incompleta así como expedientes de pacientes con antecedente de lobectomía pulmonar, neoplasia o radiación en tórax y cuello.

De los registros y expedientes se obtuvo la siguiente información de interés: edad, sexo, comorbilidades, severidad de COVID-19, duración de la estancia hospitalaria, mortalidad, APACHE-II, presión de distensión y poder mecánico.

El cálculo del tamaño de muestra se realizó en el programa de MedCalc con una fórmula para estudios de curvas ROC, propuesta por Hanley, considerando un intervalo de confianza de 95%, con un poder de 80%, un margen de error de 5%. Con una AUC esperada de 0.775 de la presión de distensión y el poder mecánico ventilatorio para la predicción de mortalidad obteniendo una  $n = 60$  participantes fallecidos y  $n = 60$  sobrevivientes.

Con una técnica de muestreo no probabilístico, el análisis estadístico se realizó en el programa SPSS v.25 para Mac, y consistió en una parte descriptiva y otra inferencial. Para el análisis descriptivo de los resultados se utilizaron frecuencias absolutas y porcentajes para variables cualitativas; para las variables cuantitativas se utilizaron medias con desviaciones estándar o medianas con rango intercuartilar (según la distribución de los datos).

Para determinar si la presión de distensión y el poder mecánico ventilatorio se asocian significativamente con la mortalidad, se compararon sus valores entre pacientes fallecidos y sobrevivientes. También se estimó el área bajo la curva (AUC) de cada parámetro para mortalidad, mediante curvas ROC.

## RESULTADOS

En el presente estudio se incluyó un total de 137 pacientes.

Se identificaron las comorbilidades, hipertensión arterial, obesidad, diabetes mellitus, cáncer, enfermedades autoinmunes, entre otras enfermedades (*Tabla 1*).

De los pacientes, 99% presentaron anomalías clínicas-imagenológicas; siendo las más frecuentes disnea, seguida saturación de O<sub>2</sub> por oximetría de pulso < 90%, mientras que hasta 96% presentaron anomalías bioquímicas, siendo las más frecuentes un dímero D > 1.5 veces el valor de referencia (considerándose patológico un nivel por encima de 1.5 veces el valor de referencia del laboratorio), una ferritina sérica > 300 ng/mL y una proteína C reactiva ultrasensible, DHL > 1.5 veces el valor superior de referencia, linfocitos dos veces el nivel superior de referencia.

La mortalidad fue de 52%; siendo de 36% con COVID-19 grave y de 63% con COVID-19 crítico ( $p = 0.002 \chi^2$ ). En cuanto al día de muerte, ésta ocurrió al día  $15.9 \pm 10.3$  en los pacientes con COVID-19 grave y al día  $12.7 \pm 7.8$  en pacientes con COVID-19 crítico ( $p = 0.170$ , t de Student) (Tabla 2).

Se determinó la capacidad de la presión de distensión y el poder mecánico ventilatorio para predecir mortalidad en COVID-19 grave y crítico. Para ello se estimaron las áreas bajo la curva (AUC) ROC, encontrando que el AUC de la presión de distensión para predecir mortalidad fue de 0.740 ( $p < 0.001$ ) y del poder mecánico 0.569 ( $p = 0.171$ ) (Figura 1).

## DISCUSIÓN

En pacientes con diagnósticos de neumonía por COVID-19, moderada a severa, se inicia manejo de soporte con ventilación mecánica invasiva en quienes lo requieren. Los objetivos de una ventilación mecánica

invasiva son mantener parámetros de protección pulmonar con el fin de evitar la lesión inducida por la ventilación mecánica (VILI, por sus siglas en inglés). Una forma adecuada de monitorizar la ventilación mecánica para evitar la VILI es el cálculo de la presión de distensión y el poder mecánico.<sup>3</sup>

La mayor parte de los pacientes mostraron comorbilidades como hipertensión arterial, la diabetes mellitus y el cáncer fueron las más comunes, lo cual concuerda con la mayoría de los estudios en pacientes con covid-19, tal es el caso del estudio de características epidemiológicas de los pacientes por COVID-19 en el estudio de Pérez Abreu.<sup>9</sup>

Como era de esperarse, en 99% de los pacientes se encontraron anomalías clínicas-radiológicas, como disnea, oximetría de puntos menor de 88%, CURB-65 puntos mayor de dos puntos, así como imágenes radiológicas con infiltrados bilaterales, tales hallazgos son descritos en el estudio de Fernández-Pérez.<sup>10</sup>

La mortalidad en los pacientes fue de 52.3% en pacientes con COVID grave y 62.3% en pacientes con COVID crítico, con una media de muerte en el día 15, lo cual es alto en comparación con el estudio por Guérin, de 2013 en pacientes con SIRA severo que requirieron posición prono, en quienes la mortalidad fue de 38% a los 28 días.<sup>1</sup>

Encontramos que en pacientes con enfermedad grave la presión de impulso fue de  $14.2 \pm 5.1$  cmH<sub>2</sub>O y en los pacientes con enfermedad crítica fue de  $11.3 \pm 5.0$  cmH<sub>2</sub>O en comparación con el estudio clásico de presión de impulso de 2013, elaborado por Marcelo Amato y colaboradores donde se encontró una presión de impulso promedio de  $13 \pm 3$ . Según nuestros hallazgos, en los pacientes fallecidos la presión de impulso fue de  $15.2 \pm 4.2$  cmH<sub>2</sub>O y en los pacientes sobrevivientes fue de  $11.0 \pm 5.4$ , lo cual se asocia igualmente que una presión de impulso debajo de 15 se asocia a menor mortalidad en el paciente con ventilación mecánica, tal cual lo muestra Marcelo Amato en su ensayo original.<sup>11</sup>

Por otro lado, los valores medios del poder mecánico en pacientes fallecidos fueron  $28.6 \pm 26.3$  J/min y en sobrevivientes fueron  $22.5 \pm 23.8$  J/min, en comparación con el poder mecánico calculado por Gómez Ramírez en 2018, donde la media de poder mecánico calculado fue de  $18.4 \pm 4$  J/min. Además, al analizar la mortalidad, encontramos que los valores medios del poder mecánico en pacientes fallecidos fueron  $28.6 \pm 26.3$  J/min y en sobrevivientes fueron  $22.5 \pm 23.8$  J/min, muy por encima de los hallazgos de Gómez Ramírez, donde la media de poder mecánico fue de 13.<sup>12</sup>

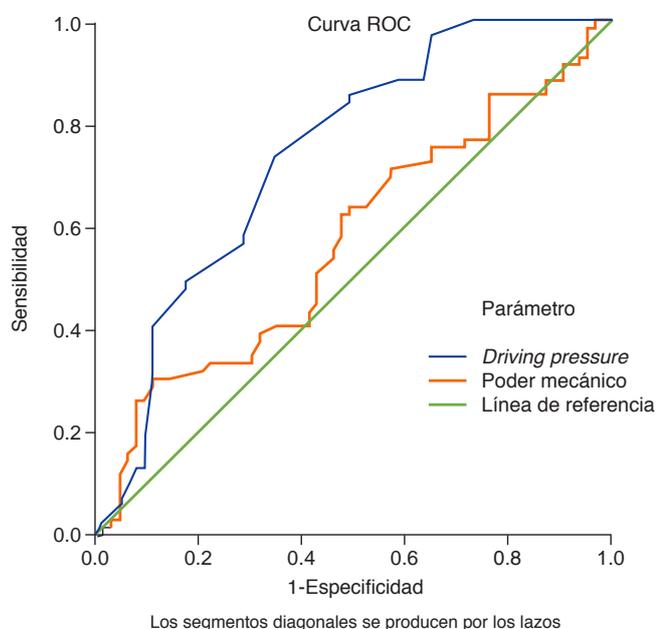
Al valorar el área debajo de la curva encontramos que AUC de la presión de impulso para predecir mor-

**Tabla 1: Características antropométricas de los pacientes (N =137).**

Características	Valores n (%)
Edad (años)	$55.8 \pm 16.4$
< 60	59.1 (81)
≥ 60	40.9 (56)
Sexo	
Femenino	41.6 (57)
Masculino	58.6 (80)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$29.4 \pm 7.7$
Peso bajo	5.1 (7)
Normopeso	32.8 (45)
Sobrepeso	16.8 (23)
Obesidad	45.3 (62)
Comorbilidades	
Hipertensión arterial	62.0 (85)
Obesidad	45.3 (62)
Diabetes mellitus	36.5 (50)
Cáncer	15.3 (21)
Enfermedades autoinmunes	8.8 (12)
Otra	13.1 (18)
Severidad del COVID-19	
Grave	40.9 (56)
Crítico	59.1 (81)

**Tabla 2:** Comparación de la presión de distensión y el poder mecánico ventilatorio entre los pacientes con COVID-19 grave y crítico y factores de mortalidad asociados (N = 137).

Parámetro	COVID-19 grave (n = 56)	COVID-19 crítico (n = 81)	Fallecidos (n = 56)	Sobrevivientes (n = 81)	ORa	IC95%	p
Driving pressure (cmH <sub>2</sub> O)	11.3 ± 5.0	14.1 ± 5.1					0.001
Poder mecánico (J/min)	19.5 ± 19.3	29.1 ± 27.6					0.026
Driving pressure (cmH <sub>2</sub> O)			15.2 ± 4.2	11.0 ± 5.4			< 0.001
Poder mecánico (J/min)			28.6 ± 26.3	22.5 ± 23.8			0.168
Edad					1.041	1.015-1.068	0.002
Severidad del COVID-19					0.602	0.262-1.386	0.233
Driving pressure (cmH <sub>2</sub> O)					1.207	1.101-1.322	< 0.001
Poder mecánico > 15 (J/min)					1.005	0.989-1.022	0.520



**Figura 1:** Área bajo la curva de la presión de distensión y el poder mecánico ventilatorio para predecir mortalidad en pacientes con COVID-19 grave y crítico.

talidad fue de 0.740 ( $p < 0.001$ ) y del poder mecánico 0.569 ( $p = 0.171$ ), lo cual demuestra la correlación de que la presión de impulso puede ser tomado en cuenta como una medida de protección pulmonar, tal cual lo menciona Pérez-Nieto OR en su artículo de revisión de presión de impulso.<sup>8</sup>

Mostramos que la presión de impulso con un valor medio de  $11 \pm 5$  se asoció como un predictor independiente y de supervivencia en los pacientes con ventilación mecánica con COVID-19 encontrando una  $p$  estadísticamente significativa.

Como debilidades de este estudio, es que se trata de un estudio unicéntrico, retrospectivo, pero al observar estos hallazgos se incentiva a realizar estudios multicéntricos y prospectivos en México para ratificar los resultados arrojados en este estudio.

## CONCLUSIÓN

La presión de distensión, pero no el poder mecánico, es un predictor independiente y significativo de mortalidad en pacientes con COVID-19 grave-crítico. Por lo que podría usarse como un factor pronóstico en pacientes con COVID-19 grave a crítico. Se deberán realizar más estudios con mayor número de pacientes y de forma prospectiva para complementar los resultados encontrados en este estudio.

## AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de salud que durante la pandemia ha atendido a pacientes con COVID-19.

## REFERENCIAS

1. Fernández-Pérez GC, Oñate Miranda M, Fernández-Rodríguez P, et al. SARS-CoV-2: what it is, how it acts, and how it manifests in imaging studies [SARS-CoV-2: cómo es, cómo actúa y cómo se expresa en la imagen SARS-CoV-2: cómo es, cómo actúa y cómo se expresa en la imagen]. *Radiología*. 2021;63(2):115-126. *Radiología*. 2021;63(2):115-126.
2. Ortiz-Ruiz G, Cardinal-Fernández P, Dueñas-Castell CR, Garay-Fernández MA, Lara-García A, Aguirre-Rodríguez AP. Poder mecánico. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2021;21(3):241-251.
3. Laffey JG, Bellani G, Pham T, et al. Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the LUNG SAFE study. *Intensive Care Med*. 2016;42(12):1865-1876.
4. Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, et al. Lung opening and closing during ventilation of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010;181(6):578-586.
5. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567-1575.
6. Aoyama H, Yamada Y, Fan E. The future of driving pressure: a primary goal for mechanical ventilation? *J Intensive Care*. 2018;6(1):64.
7. Aoyama H, Pettenuzzo T, Aoyama K, Pinto R, Englesakis M, Fan E. Association of driving pressure with mortality among ventilated patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2018;46(2):300-306.
8. Pérez-Nieto OR, Deloya-Tomás E, Lomeli-Terán JM, Pozos-Cortés KP, Monares-Zepeda E, Poblano-Morales MN. Presión de distensión (driving pressure): Principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Torax*. 2018;77(3):222-227.

9. Mauad T, Duarte-Neto AN, da Silva LFF, et al. Tracking the time course of pathological patterns of lung injury in severe COVID-19. *Respir Res.* 2021;22(1):1-11.
10. Pérez-Abreu MR, Gómez-Tejeda JJ, Dieguez-Guach RA. Características clínico-epidemiológicas de la COVID-19. *Rev Habanera Ciencias Médicas.* 2020;19(2).
11. Guérin C, Reignier J, Richard JC, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013;368(23):2159-2168.
12. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747-755.

*Correspondencia:*

**José Carlos Hernández Pedroza**

**E-mail:** jchp190290@gmail.com