

# Asociación del poder mecánico y la mortalidad en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a SARS-CoV-2 sometidos a ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Críticos IMSS Hospital de Especialidades No. 25.

*Association of mechanical power and mortality in patients with acute respiratory failure secondary to SARS-CoV-2 subjected to invasive mechanical ventilation in the Critical Care Unit IMSS Hospital de Especialidades No. 25.*

Armando Sánchez-Solís,\* María del Rosario Muñoz-Ramírez\*

## RESUMEN

**Introducción:** En los enfermos críticos por COVID-19 el manejo ventilatorio se ha convertido en la base del tratamiento; el término «poder mecánico» unifica las variables implicadas en el daño pulmonar asociado a la ventilación mecánica o VILI. **Objetivo:** Conocer el modo de ventilación mecánica invasiva asociado a menor poder mecánico y su impacto en la mortalidad de pacientes con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) secundario a SARS-CoV-2. **Material y métodos:** Estudio descriptivo observacional y retrospectivo en el que se incluyeron pacientes adultos con COVID-19 bajo ventilación mecánica. Se recabaron datos demográficos así como el valor del poder mecánico y la condición de egreso de la unidad de cuidados intensivos (UCI), la medida de asociación que se utilizó entre ambas variables fue el riesgo relativo. **Resultados:** Se observó que 88.3% de los egresados vivos tuvieron un valor de poder mecánico < 12 J/min, mientras que 66.9% de los fallecidos tuvieron un valor > 12 J/min. Se demostró la disminución en el riesgo de mortalidad con un poder mecánico < 12 J/min con RR de 0.3 (IC 0.24-0.39). **Conclusión:** El poder mecánico, que es de fácil medición a la cabecera del paciente, puede orientar sobre la evolución y los desenlaces en pacientes con ventilación mecánica invasiva.

**Palabras clave:** Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, neumonía por SARS-CoV-2, ventilación mecánica, poder mecánico, mortalidad.

## ABSTRACT

**Introduction:** In critically ill patients with COVID-19, ventilatory management has become the basis of treatment. The term «mechanical power» unifies the variables involved in lung damage associated with mechanical ventilation or VILI. **Objective:** To know the mode of invasive mechanical ventilation associated with less mechanical power and its impact on the mortality of patients with acute respiratory insufficiency syndrome (ARDS) secondary to SARS-CoV-2. **Material and methods:** Retrospective observational descriptive study includes adult patients with COVID-19 under mechanical ventilation. Demographic data were collected, as well as the value of mechanical power and Intensive Care Unit (ICU) discharge status. The measure of association used between both variables was relative risk. **Results:** It was found that 88.3% of the living graduates had a value of mechanical power < 12 J/min, while 66.9% of the deceased had a value > 12 J/min. The decrease in the risk of mortality was demonstrated with a mechanical power < 12 J/min with RR of 0.3 (CI 0.24-0.39). **Conclusion:** The mechanical power, which is easy to measure at the patient's bedside, can guide the evolution and outcomes in patients with invasive mechanical ventilation.

**Keywords:** Acute respiratory insufficiency syndrome, SARS-CoV-2 pneumonia, mechanical ventilation, mechanical power, mortality.

\* Especialista en Medicina Crítica. Hospital de Especialidades No. 25 IMSS, Monterrey, N.L.

Recibido: 10 de febrero de 2022. Aceptado: 08 de marzo de 2022.

Citar como: Sánchez-Solís A, Muñoz-Ramírez MR. Asociación del poder mecánico y la mortalidad en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a SARS-CoV-2 sometidos a ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Críticos IMSS Hospital de Especialidades No. 25. Rev ADM. 2022; 79 (2): 66-71. <https://dx.doi.org/10.35366/104740>



## INTRODUCCIÓN

La evaluación y el manejo de COVID-19 se guían por la gravedad de la enfermedad. Según la estadística inicial de China y lo observado hasta la actualidad, 81% de las personas con COVID-19 presentan enfermedad leve o moderada (incluidas personas sin neumonía y personas con neumonía leve), 14% una enfermedad grave y 5% una enfermedad crítica con afección pulmonar por síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) que requiere de intubación orotraqueal y manejo ventilatorio invasivo en una unidad de cuidados críticos.<sup>1</sup>

Hasta el momento ningún medicamento ha sido efectivo para prevenir o tratar el SDRA convirtiendo a la ventilación mecánica (VM) en la piedra angular del tratamiento; sin embargo, como cualquier otra medida terapéutica, no se encuentra exenta de eventos adversos pudiendo causar daños importantes al tejido pulmonar, lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica (LPVM) o VILI (por sus siglas en inglés de *Ventilator Induced Lung Injury*), lo cual se asocia con un incremento significativo de la mortalidad en los pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo.<sup>2-6</sup>

Todas las variables involucradas en la lesión pulmonar durante la VM han sido estudiadas por separado, en relación a su factor protector o deletéreo sobre el parénquima pulmonar, unificándolas en un solo componente propuesto por Gattinoni en 2016: el «poder mecánico», definido como la función de la presión transpulmonar, el volumen tidal (VT) y la frecuencia respiratoria, llegando a asociar un valor umbral como factor protector. De esta afirmación y derivada de la ecuación de movimiento se desprende la fórmula completa que sigue:

$$\text{*Poder mecánico} = \text{FR} \cdot \{ \Delta V 2 \cdot [1/2 \cdot \text{ELrs} + \text{FR} \cdot (1 + I : E) \cdot \text{Raw}] + \Delta V \cdot \text{PEEP} \}$$

Donde:  $\Delta V$  es el volumen corriente, rs es la elasticidad del sistema respiratorio, I: E es la relación tiempo inspiratorio-espирatorio, y Raw es la resistencia de las vías respiratorias, expresando su valor en J/min.<sup>7-9</sup>

En un estudio reciente publicado en 2019 por Fuentes y colaboradores, el PM calculado por la fórmula de Gattinoni  $\geq 12$  J/min al tercer día se asoció con mayor mortalidad, con un riesgo relativo (RR) = 1.65 (IC 95% 0.67-4.08,  $p = 0.2$ ). Al subdividir a los pacientes con VM prolongada ( $>$  siete días), el poder estadístico se incrementó, y se observó un riesgo aumentado de mortalidad con  $\text{PM} \geq 22.4$  J/min, RR = 5.89 (IC 95% 0.96-36.22,  $p = 0.055$ ). Por último, el análisis de regresión logística

binaria reveló que el PM al tercer día tuvo capacidad para discriminar mortalidad con área bajo la curva ROC de 0.66 (IC 95% 0.52-0.79) ( $p = 0.7$ ).<sup>10,11</sup>

A pesar del tratamiento, se estima que fallecen 50% de los casos graves/críticos con COVID-19 que requieren manejo en UCI. La revisión sistemática y metaanálisis de Ma y colaboradores, que incluyó 30 estudios con 53,000 pacientes con COVID-19, muestra una incidencia agrupada de gravedad y mortalidad de 20.2 y 3.1%, respectivamente. También se ha encontrado que la letalidad es más alta en personas mayores de 70 años, alcanzando tasas de hasta 8%, y en mayores de 80 años hasta de 14%.<sup>11</sup>

Por ello, para optimizar la atención de los pacientes críticos con COVID-19 bajo VMI es necesario identificar los factores pronóstico relacionados a la ventilación mecánica que permitan de manera independiente la detección temprana de pacientes con alto riesgo de mortalidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El objetivo de esta investigación es determinar la asociación entre el valor del poder mecánico y la mortalidad en los pacientes con SDRA sometidos a diferentes modos de ventilación mecánica.

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y analítico en la Unidad de Terapia Intensiva/COVID-19 del Hospital de Especialidades No. 25 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en el periodo comprendido entre noviembre de 2020 y mayo de 2021. Este trabajo tuvo la evaluación del comité local de investigación institucional con registro: R-2021-1901-143, donde se incluyeron pacientes hombres y mujeres mayores de 18 años que ingresaron con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda secundaria a COVID-19, sometidos a ventilación mecánica invasiva con cualquier modo (APRV, asistido controlado por presión, por volumen y espontáneo con presión soporte). Se excluyeron mujeres embarazadas. Se realizó estadística descriptiva, se calculó el poder mecánico al momento del inicio de la ventilación mecánica y 24 horas después, identificando pacientes con poder mecánico  $> 12$  J/min y  $< 12$  J/min, se comparó la diferencia de medias o medianas para dos muestras independientes mediante la prueba de t de Student. Se analizaron las relaciones entre dos variables categóricas mediante tablas de contingencia con prueba de  $\chi^2$ . La medida de asociación que se usó fue el riesgo relativo acompañado del intervalo de confianza para la inferencia. Para todas las comparaciones a realizarse, se consideraron significativos valores inferiores a 5% ( $p < 0.05$ ). Además, se elaboraron curvas ROC para determinar puntos de

corte y asociación de las variables que así lo ameritaron según los objetivos del estudio.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa estadístico SPSS v. 26 (IBM Corporation).

## RESULTADOS

De los 1,320 pacientes ingresados en la unidad de terapia intensiva (UTI) COVID-19 de noviembre de 2020 a mayo de 2021, 299 cumplieron con los criterios de inclusión; 52.2% (n = 157) fueron hombres y 47.5% (n = 142) mujeres, ubicándose la mayoría en los rangos de edad de 39-48 años (25.8%) y 69-78 años de edad (25.8%). La mayoría de los pacientes fueron ventilados bajo la modalidad control volumen (41.1%), seguida de la modalidad control presión (35.5%), APRV (14.7%) y por último, 8.7% bajo la modalidad presión soporte.

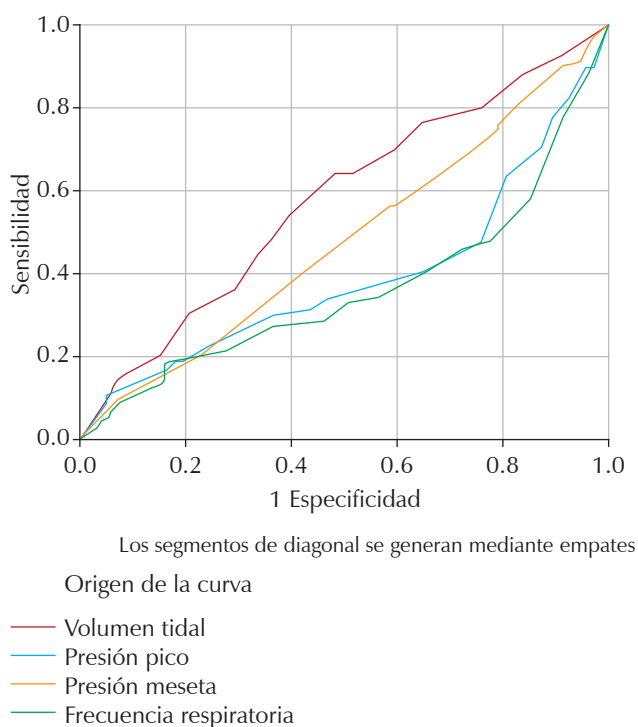
Entre los objetivos del estudio se encontró que 88.3% de los egresados vivos tuvieron un valor de poder mecánico < 12 J/min, mientras que 66.9% de los fallecidos tuvieron un valor > 12 J/min; se realizó la comparación entre los pacientes que tuvieron un valor de corte de poder mecánico mayor de 12 y su asociación con mortalidad, observándose un valor de  $p = 0.000$ . Se demostró la disminución en el riesgo de mortalidad con un poder mecánico < 12 J/min con RR de 0.3 (IC 0.24-0.39).

En relación al modo ventilatorio y la mortalidad, se detectó que 41.4% de los pacientes muertos fueron ventilados en modalidad control volumen, al igual que la mayoría de los pacientes egresados vivos (40.9%), sin encontrar asociación directa con la mortalidad ( $p = 0.835$ ). El modo ventilatorio asociado a un menor poder mecánico fue la modalidad control volumen con 65% de los casos.

**Tabla 1: Características generales de la población y asociación del poder mecánico, SOFA y la enfermedad pulmonar previa con la mortalidad.**

	Total N = 299 n (%)	Modo control volumen N = 123 (41.4%) n (%)	Modo control presión N = 106 (35.5%) n (%)	Modo ventilación con liberación de presión N = 44 (14.7%) n (%)	Modo presión soporte N = 26 (8.7%) n (%)	p
Edad (años)	77 (39-48) 77 (69-78)					
Género						
Masculino	157 (52.5)	44 (35.8)	73 (68.9)	29 (65.95)	42.3 (11)	
Femenino	142 (47.5)	79 (64.2)	33 (31.3)	15 (34.1)	57.7 (15)	
Enfermedad pulmonar previa						0.700
Sí	23 (7.7)	4 (3.3)	11 (10.4)	5 (11.4)	11.5 (3)	0.700
No	276 (92.3)	119 (96.7)	95 (89.6)	39 (88.6)	88.5 (23)	
Poder mecánico						0.00
< 12 J/min	184 (61.5)	80 (65.0)	64 (60.4)	24 (54.5)	61.5 (16)	0.00
>12 J/min	115 (38.5)	43 (35.0)	42 (39.6)	20 (45.5)	38.5 (10)	
Condición de egreso UCI						
Vivo	154 (51.5)	63 (40.9)	58 (37.7)	20 (13.0)	8.4 (13)	
Muerto	145 (48.5)	60 (41.4)	48 (33.1)	24 (16.6)	9 (13)	
SOFA ingreso						0.004
< 7	101 (33.8)	41 (33.3)	35 (33.0)	17 (38.6)	30.8 (8)	0.004
> 7	198 (66.2)	82 (66.7)	71 (67.0)	27 (61.4)	69.2 (18)	

Los valores son presentados en frecuencias absolutas y porcentajes.  
Fuente: Datos obtenidos por los autores.



Fuente: Datos obtenidos por los autores.

**Figura 1:** Parámetros de la fórmula de poder mecánico como predictores de mortalidad.

La estancia promedio en la UTI COVID-19 fue de 10.5 días, 51.5% (n = 154) de los pacientes fueron egresados vivos, mientras que 48.5% (n = 145) fallecieron (Tabla 1).

Dado que la fórmula de poder mecánico está compuesta por varios parámetros, se buscó determinar el que predijera mortalidad con mejor sensibilidad y especificidad, siendo la frecuencia respiratoria el parámetro con dichas características con una sensibilidad de 0.66 y una especificidad de 0.69 (IC 95% 0.51-0.69, p = 0.021) (Figura 1).

## DISCUSIÓN

A pesar del tratamiento, se estima que 50% de los casos graves/críticos con COVID-19 que requieren manejo en UCI fallecerán,<sup>12</sup> estadística que coincide con lo observado en el presente estudio, donde 48.5% de los pacientes críticos con COVID-19 ingresados a la UCI fallecieron, lo que refleja la letalidad inherente a la enfermedad.

Acorde a la literatura hasta la actualidad, 5% de los pacientes críticos con COVID-19 requieren de ventila-

ción mecánica invasiva,<sup>1</sup> la cual no se encuentra exenta de efectos adversos, por lo que diversos estudios han analizado el poder mecánico, el cual integra todas las variables involucradas en la lesión pulmonar asociada a la VM.

En un estudio reciente en 2019 de Fuentes y colaboradores, el PM calculado por la fórmula de Gattinoni  $\geq 12$  J/min se asoció con mayor mortalidad, con un RR = 1.65 (IC 95% 0.67-4.08, p = 0.2).<sup>13,14</sup> En nuestro estudio se observó que un poder mecánico  $> 12$  J/min tuvo un RR = 4.7 (IC 95% 3.0-7.2, p = 0.00) en asociación con la mortalidad, por lo que podemos concluir que el poder mecánico establecido en la literatura con mayor efecto en la lesión pulmonar, es decir, mayor de 12 J/min, no está asociado directamente con la mortalidad en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda sometidos a ventilación mecánica invasiva en ninguno de los grupos del estudio, ya que al igual que lo observado por Fuentes y colaboradores, el RR es mayor que la unidad con intervalos de confianza que la incluyen, por lo que estadísticamente no se considera significativo. No obstante, en este estudio se detectó disminución en el riesgo de mortalidad con un poder mecánico  $< 12$  J/min con RR de 0.3 (IC 95% 0.24-0.39, p = 0.00); sin embargo, se necesitan más estudios para objetivar dichos resultados.

Se buscó determinar si el modo ventilatorio tiene alguna influencia en la mortalidad en el paciente bajo VM; se observó que 41.4% de los pacientes muertos fueron ventilados en modalidad control volumen, al igual que la mayoría de los pacientes egresados vivos (40.9%), sin encontrar asociación directa con la mortalidad (p = 0.835), pese a tener un riesgo incrementado en el grupo de ventilación en modalidad control volumen, no resultó ser estadísticamente significativo, aunque clínicamente podría representar un factor de riesgo que no debería pasar desapercibido, por lo que se requiere de trabajos adicionales que permitan determinar con mayor precisión su asociación con la mortalidad.

De igual forma, el modo ventilatorio asociado a un menor poder mecánico fue la modalidad control volumen con 65% de los casos.

Con los resultados obtenidos de nuestro trabajo, podemos determinar que la variable que más influye en el valor del poder mecánico es la frecuencia respiratoria, además de que se asocia de mejor manera con la variable desenlace (mortalidad) con una sensibilidad de 0.66 y una especificidad de 0.69 (IC 95% 0.51-0.69, p = 0.021). Estos resultados son compatibles de forma parcial con lo

reportado por Gattinoni y colaboradores,<sup>15</sup> que a partir de la ecuación del movimiento sintetizaron la ecuación del PM con la finalidad de unir en un solo dato todas las variables que pueden determinar el desarrollo de lesión pulmonar asociada con la ventilación mecánica, observando que el VT, la presión de distensión, el flujo y la frecuencia respiratoria incrementan exponencialmente el valor del PM, siendo la frecuencia respiratoria la que presenta mayor asociación con la mortalidad con una sensibilidad de 0.6 y especificidad de 0.85 (IC 95% 0.4-0.89,  $p = 0.24$ ).

## CONCLUSIÓN

El poder mecánico no se asocia directamente con la mortalidad cuando se diferencia la población, dependiendo del modo ventilatorio al que puede ser sometido un paciente con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a COVID-19.

Un valor de corte de  $< 12$  J/min de poder mecánico disminuye en tres veces el riesgo de mortalidad en la población total del estudio.

El poder mecánico, que es de fácil medición a la cabecera del paciente, puede orientar sobre la evolución y los desenlaces en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Sin embargo, con base en los resultados de nuestro estudio, no podemos recomendar ningún modo ventilatorio en especial que ofrezca menor valor de poder mecánico y por ende, menor mortalidad.

Las limitantes que encontramos en nuestra investigación son atribuibles principalmente al tamaño de la población, ya que derivado de ello, no pudimos determinar la relación entre el PM y la mortalidad en las cohortes estudiadas. Otra limitante importante que detectamos al realizar el estudio de investigación fue la posibilidad de un seteo erróneo del modo ventilatorio y, por ende, valores distorsionados en las variables obtenidas, esto secundario al uso de equipo de protección personal utilizado en las áreas de atención COVID-19, el cual dificulta la visualización y el registro de datos.

Por lo tanto, se requieren más estudios prospectivos, multicéntricos con mayor población para corroborar los hallazgos obtenidos.

## REFERENCIAS

- Gandhi R, Lynch J, Del Rio C. Mild or moderate Covid-19. *N Engl J Med*. 2020; 383 (18): 1757-1766.
- Ñamendys-Silva SA, Posadas-Calleja JG. Daño pulmonar agudo asociado a ventilación mecánica. *Rev Invest Clin*. 2015; 57 (3): 473-480.
- Fernández F, Macías E, Navarro Z, Bignot L, Pozo T. Factores pronóstico de mortalidad asociados al síndrome de insuficiencia respiratoria aguda por ventilación mecánica. *MEDISAN*. 2018; 22 (9): 1100-1112.
- Umbrello M, Formenti P, Bolgiaghi L, Chiumello D. Current concepts of ARDS: a narrative review. *Int J Mol Sci*. 2016; 18 (1): 64.
- Rodríguez CV, Torres PL, Franco RG. Explorando la fisiopatología de la lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica. *AVFT*. 2020; 39 (1): 5-7.
- García-Prieto E, Amado-Rodríguez L, Albaiceta G. Monitorización de la mecánica respiratoria en el paciente ventilado. *Med Intensiva*. 2014; 38 (1): 49-55.
- Sáenz J, Sierra M, García J. Predictores de mortalidad en pacientes con COVID-19. *Arch de Medicina*. 2020; 16 (2): 1-3.
- Ferrando C, Mellado R, Gea A, Arruti E, Aldecoa C, Bordell A et al. Características, evolución clínica y factores asociados a la mortalidad en UCI de los pacientes críticos infectados por SARS-CoV-2 en España: estudio prospectivo, de cohorte y multicéntrico. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2020; 67 (8): 425-437.
- Díaz M. Biología molecular de la ventilación mecánica. *Rev Mex Anest*. 2015; 38 (1): 220-222.
- Biehl M, Kashiouris MG, Gajic O. Ventilator-induced lung injury: minimizing its impact in patients with or at risk for ARDS. *Respir Care*. 2013; 58 (6): 927-937.
- Gil CA, Monge GMI, Gracia RM, Díaz MJC. Incidencia, características y evolución del barotrauma durante la ventilación mecánica con apertura pulmonar. *Med Intensiva*. 2012; 36 (5): 335-342.
- Pérez NO, Zamarrón LE, Guerrero GM, Soriano OR, Figueroa UA, López FJ et al. Protocolo de manejo para la infección por COVID-19. *Med Crit*. 2020; 33 (1): 43-52.
- Rosas S, Gutiérrez D, Cerón U. Asociación y valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica. *Med Crit*. 2017; 31 (6): 320-325.
- Fuentes A, Monares E, Aguirre J, Franco J. El poder mecánico permite predecir mortalidad en pacientes con ventilación mecánica invasiva prolongada. *Med Crit*. 2019; 33 (1): 10-14.
- Vasques F, Duscio E, Cipulli F, Romitti F, Quintel M, Gattinoni L. Determinants and prevention of ventilator-induced lung injury. *Crit Care Clin*. 2018; 34 (3): 343-356.

**Conflicto de intereses:** No hay conflicto de intereses.

**Aspectos éticos:** El presente protocolo fue sometido a evaluación por el comité local de ética e investigación para su consideración.

Con base en el reglamento de la Ley General de Salud, Capítulo primero, Artículo 17, es una investigación sin riesgo, ya que no se realiza ninguna intervención en el individuo, siendo una investigación documental retrospectiva con revisión del expediente clínico. Se encuentra acorde al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en seres Humanos y con la Declaración de Helsinki de 1975, de acuerdo al código de Núremberg. Se respetará la confidencialidad del paciente y de los datos obtenidos del expediente

clínico. Los datos se obtendrán únicamente por parte del equipo de investigadores y sólo ellos tendrán acceso a los mismos para su revisión.

Se cumplió con los lineamientos internos del Instituto Mexicano del Seguro Social en materia de investigación, y con los que el Comité de Revisión del Hospital de Especialidades No. 25 de Monterrey, Nuevo León consideró necesarios.

Los investigadores contaron con la anuencia del comité de ética en investigación para la obtención del consentimiento informado.

**Financiamiento y recursos humanos:** Dra. María del Rosario Muñoz Ramírez, investigador principal Dr. Armando Sánchez Solís.

**Recursos físicos y materiales:** El material y recursos del muestreo fue cubierto por el Instituto, investigador y tesista, apegados a los lineamientos de investigación.

**Correspondencia:**

**Dr. Armando Sánchez-Solís**

**E-mail:** [equinox146\\_spartan@hotmail.com](mailto:equinox146_spartan@hotmail.com)

[www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)