



















ORIGINAL

## Mechanical power and mortality: analysis of a prospective cohort of ventilated patients

### Poder mecánico y mortalidad: análisis de una cohorte prospectiva de pacientes ventilados

Yudiel Pérez Yero<sup>1</sup>  , Ariel Sosa Remón<sup>2</sup>  , Jhossmar Cristians Auza-Santivañez<sup>3</sup>  , Arian Jesús Cuba Naranjo<sup>4</sup>  , Dasha María García Arias<sup>1</sup>  , Ana Esperanza Jeréz Alvarez<sup>5</sup>  , Mileydys Saborit García<sup>1</sup>  , Osman Arteaga Iriarte<sup>6</sup>  , Jose Bernardo Antezana-Muñoz<sup>7</sup>  

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Hospital Provincial Clínico-Quirúrgico "Celia Sánchez Manduley". Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Instituto de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Ministerio de Salud y Deportes. Instituto Académico Científico Quispe-Cornejo. La Paz, Bolivia.

<sup>4</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Hospital Militar "Carlos Arvelo". Unidad de Cuidados Intensivos. Venezuela.

<sup>5</sup>Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

<sup>6</sup>Hospital Universitario Japonés. Unidad de Cuidados Intensivos. Santa Cruz, Bolivia.

<sup>7</sup>Hospital Elizabeth Seton. Caja Petrolera de Salud. Cochabamba, Bolivia.

**Citar como:** Pérez Yero Y, Sosa Remón A, Auza-Santivañez JC, Cuba Naranjo AJ, García Arias DM, Jeréz Alvarez AE, et al. Mechanical power and mortality: analysis of a prospective cohort of ventilated patients. Multidisciplinar (Montevideo). 2025; 3:198. <https://doi.org/10.62486/agmu2025198>

Enviado: 01-06-2024

Revisado: 14-09-2024

Aceptado: 17-02-2025

Publicado: 18-02-2025

Editor: Telmo Raúl Aveiro-Róbaló 

Autor para la correspondencia: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez 

#### ABSTRACT

**Introduction:** mechanical power establishes the amount of energy per unit time transferred from the ventilator to the respiratory system. Its usefulness as a predictor of death has been demonstrated in COVID-19 or acute respiratory distress syndrome. However, its prognostic value in ventilated patients without these conditions is unknown.

**Objective:** to determine the association of mechanical power with the incidence of mortality in patients with invasive artificial ventilation in the Intensive Care Unit.

**Method:** a prospective cohort study in 52 patients ventilated invasively in an Intensive Care Unit of a Cuban hospital. The final variable of interest was mortality. Sociodemographic and ventilatory variables were studied. The level of significance was found according to p value  $\leq 0,05$  through hypothesis testing of differences in means and proportions and the the area under the ROC curve.

**Results:** mortality predominated in female patients, with a mean age of  $51,76 \pm 21,76$  years. The main causes of ventilation were respiratory. High APACHE II score, SOFA and a mean mechanical power value of  $14,82 \pm 1,67$  J/min were associated with mortality. On analysis of the area under the ROC curve, mechanical power yielded adequate discriminative ability for mortality (AROC: 0,993; 95 % CI: 0,979 - 1; p = 0,000).

**Conclusions:** in this series of ventilated patients the mechanical power value proved to be a factor associated with mortality.

**Keyword:** Mechanical Power; Mortality; Artificial Mechanical Ventilation; APACHE II; SOFA; Driving Pressure; Pneumonia.

#### RESUMEN

**Introducción:** el poder mecánico establece la cantidad de energía por unidad de tiempo transferida desde

el ventilador al sistema respiratorio. Su utilidad como predictor de muerte ha sido demostrada en la COVID-19 o el síndrome de dificultad respiratoria aguda. Sin embargo, se desconoce su valor pronóstico en ventilados sin estas condiciones.

**Objetivo:** determinar la asociación del poder mecánico con la incidencia de mortalidad en pacientes con ventilación mecánica artificial invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos.

**Método:** estudio prospectivo de cohorte en 52 pacientes ventilados invasivamente en Terapia Intensiva de un hospital cubano. La variable de interés final fue la mortalidad. Se estudiaron variables sociodemográficas y ventilatorias. El nivel de significación se halló según  $p$  valor  $\leq 0,05$  a través de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y proporciones y el área bajo la curva operador-receptor

**Resultados:** la mortalidad predominó en pacientes femeninas, la edad promedio de  $51,76 \pm 21,76$  años. Las principales causas de ventilación fueron las respiratorias. Se asociaron a la mortalidad la puntuación elevada del APACHE II, SOFA y un valor promedio del poder mecánico en  $14,82 \pm 1,67$  J/min. Al análisis del área bajo la curva operador-receptor, el poder mecánico arrojó adecuada capacidad discriminativa para la mortalidad (AROC: 0,993; IC 95 %: 0,979 - 1;  $p = 0,000$ ).

**Conclusiones:** en esta serie de pacientes ventilados el valor del poder mecánico resultó ser un factor asociado a la mortalidad.

**Palabras clave:** Poder Mecánico; Mortalidad; Ventilación Mecánica Artificial; APACHE II; SOFA; Presión de Distensión Alveolar; Neumonía.

## INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica artificial (VMA) es un componente esencial de los cuidados críticos que también pueden dañar los pulmones, un evento conocido como lesión pulmonar inducida por el ventilador (LPIV). Por tanto, el objetivo principal de la VMA es mantener un intercambio de gases adecuado y reducir el trabajo respiratorio mientras se minimiza la LPIV. Para lograr este objetivo, se han adoptado ampliamente estrategias de protección pulmonar, en las que se limitan el volumen corriente ( $V_t$ ) y la presión meseta ( $P_2$ ). Sin embargo, también se ha demostrado que otras variables, como la frecuencia respiratoria (FR) y la presión de conducción (DP), están asociadas con el desarrollo de LPIV y con ello a la insuficiencia multiorgánica y la mortalidad.<sup>(1,2)</sup>

Resulta práctico entonces beneficiarse de una variable que combine todos los posibles factores asociados con la LPIV y la mortalidad, que pudiera evaluarse fácilmente junto a la cama del enfermo. En este sentido, un concepto atractivo resulta el uso del poder mecánico (PM) para configurar un ventilador artificial, ya que combina los efectos antes puntualizados y describe la energía entregada al sistema respiratorio y al pulmón a lo largo del tiempo (cantidad de energía por unidad de tiempo [J/min] transferida desde el ventilador al sistema respiratorio y al tejido pulmonar, y puede calcularse como el producto de  $V_t$ , FR y la diferencia entre la presión pico [ $P_1$ ] y  $0,5 \times DP$ ). Cambiar solamente un parámetro no siempre protege los pulmones, si no resulta en un cambio en la cantidad de energía realmente entregada al tejido pulmonar.<sup>(2,3)</sup>

Tanto la DP como el PM han sido evaluados como excelentes predictores de LPIV y mortalidad en diferentes estudios de pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) y COVID-19. Sin embargo, en poblaciones de pacientes ventilados sin las entidades antes enunciadas ha sido escasamente investigado y no se conoce con seguridad si existe asociación similar. Además, su validez como predictor de desenlace muestra inconsistencias con la evidencia actual debido a diferentes puntos de corte y factores que pueden modificar su interpretación. Hasta el momento, se desconoce si existen meta-análisis publicados que demuestren un punto de corte como predictor de mortalidad en los diferentes escenarios clínicos donde puede utilizarse.<sup>(2,4,5,6)</sup> En Cuba, los estudios sobre el tema son escasos y muestran resultados diversos en cuanto a la capacidad predictiva del PM.<sup>(7,8)</sup> En función de lo comentado, esta investigación tiene como objetivo determinar la asociación del PM con la incidencia de mortalidad en pacientes con VMA invasiva en la UCI.

## MÉTODO

**Diseño y población.** Estudio observacional, prospectivo y analítico de cohorte, en la UCI del Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Dicente "Celia Sánchez Manduley" de Granma, Cuba. Universo de 52 pacientes ingresados entre enero y diciembre de 2023 que requirieron VMA invasiva > 24 horas y cumplieron con criterios de inclusión: 1) mayores de 18 años, 2) necesidad de VMA invasiva por período mayor a 48 horas, 3) diagnóstico diferente a neumonía COVID-19 o SDRA y 4) fue factible la medición y cálculo matemático de las variables estudiadas. Se excluyeron de la presente investigación 1) pacientes menores de 18 años, 2) aquellos que recibieron VMA < 48 horas, 3) pacientes embarazadas y 4) aquellos que se ventilaban en las primeras 48 horas en una modalidad diferente a la ventilación controlada por volumen (VCV). Se reclutaron para el estudio 52 pacientes de ellos 35 vivos y 17 fallecidos.

Datos clínicos y ventilatorios. Variables utilizadas: edad (años cumplidos hasta la fecha), sexo (género al que pertenece el paciente), motivo de VMA respiratorio (neumonía grave, aspiración de contenido gástrico, EPOC-asma grave), cardiovascular (infarto agudo de miocardio, edema pulmonar agudo, shock cardiogénico), sepsis o shock séptico, neurológico (accidente cerebrovascular, enfermedad neuromuscular, encefalopatía grave, coma) y otras como embolismo pulmonar, pancreatitis aguda, intoxicación aguda. Escores de Isogravedad<sup>(9)</sup> al inicio de la VMA (APACHE II y SOFA) y variables ventilatorias<sup>(10)</sup> al inicio de la VMA, Volumen tidal ( $V_t$ ): Volumen de la mezcla de aire insuflada a los pulmones en cada ciclo respiratorio / Presión inspiratoria pico ( $P_1$ ): Presión máxima alcanzada en la vía aérea durante la inspiración / Presión meseta o platteau ( $P_2$ ): presión alcanzada al final de la inspiración / Presión media de la vía aérea ( $P$  media): promedio de presión generado durante todo el ciclo respiratorio / PEEP: Presión alcanzada en la vía aérea al final de la fase espiratoria, la cual es prefijada por el operador / Driving pressure (DP): Diferencia entre la  $P_2$  y la PEEP como variable subrogada de la distensión intra-alveolar / Compliance: distensibilidad pulmonar en período sin flujos de gas y el PM.

Se calcularon las ecuaciones siguientes en las primeras 48 horas de VMA:<sup>(4)</sup>

$$DP = \frac{P_2}{PEEP}$$

PM:

$$PDA = 0,098x(P_2 - PEEP)xV_t xFR$$

Una simplificación equivalente a la ecuación original de Gattinoni para VCV. En la cual 0,098 es una constante.<sup>(4,11)</sup>

Compliance:

$$= \frac{V_t}{P_2 - PEEP}$$

Todos los pacientes incluidos fueron sometidos a VMA invasiva en VCV bajo protocolo de ventilación protectora pulmonar.<sup>(10)</sup>

Instrumento de registro de los datos. Se confeccionó una base de datos con el software SPSS 22.0.

Con los resultados del análisis se consultaron diferentes bases bibliográficas como Pubmed/Medline, Google académico y Scielo para contrastar la información obtenida. Se aplicaron medidas de resumen de la estadística descriptiva para la caracterización de la población de estudio. Para variables cualitativas se obtuvieron las frecuencias absolutas y relativas (porcentaje); para las cuantitativas, medias y desviación estándar. Con la finalidad de establecer diferencias estadísticas significativas entre ambos subgrupos se utilizó la prueba de hipótesis de diferencias de proporciones para variables cualitativas y la prueba de hipótesis de diferencias de medias para variables cuantitativas, utilizándose un nivel de significación al 0,05. Se construyó un árbol de regresión y clasificación (CART) con base en las variables predictoras con el programa estadístico SPSS 22.0. El análisis CART es una forma de partición binaria que utiliza nodos, los cuales pueden dividirse en dos ramas que obtienen una forma de clasificación más simple de interpretar; es no paramétrico, por lo que no debe cumplir los supuestos respecto a la distribución de las variables con capacidad pronóstica, puede manejar tanto variables numéricas sesgadas o multimodales, como categóricas, con estructura ordinal o no ordinal.<sup>(12)</sup>

La capacidad discriminativa de las variables estadísticamente significativas se evaluó mediante la Curva Operador-Receptor (AROC) y el área bajo la curva. La variable fija se determinó como la mortalidad intra-UCI. Aspectos éticos. Se pidió autorización a la dirección del hospital y al Comité de Ética de Investigación y del Consejo Científico Institucional con el objetivo de desarrollar todos los pasos de la investigación. En todo momento se mantuvo el anonimato de los pacientes involucrados en el estudio y solo los autores manejaron la información referente a los pacientes. Se tomó el consentimiento de los familiares para participar del estudio debido a la incapacidad de los pacientes por compromiso ventilatorio.

## RESULTADOS

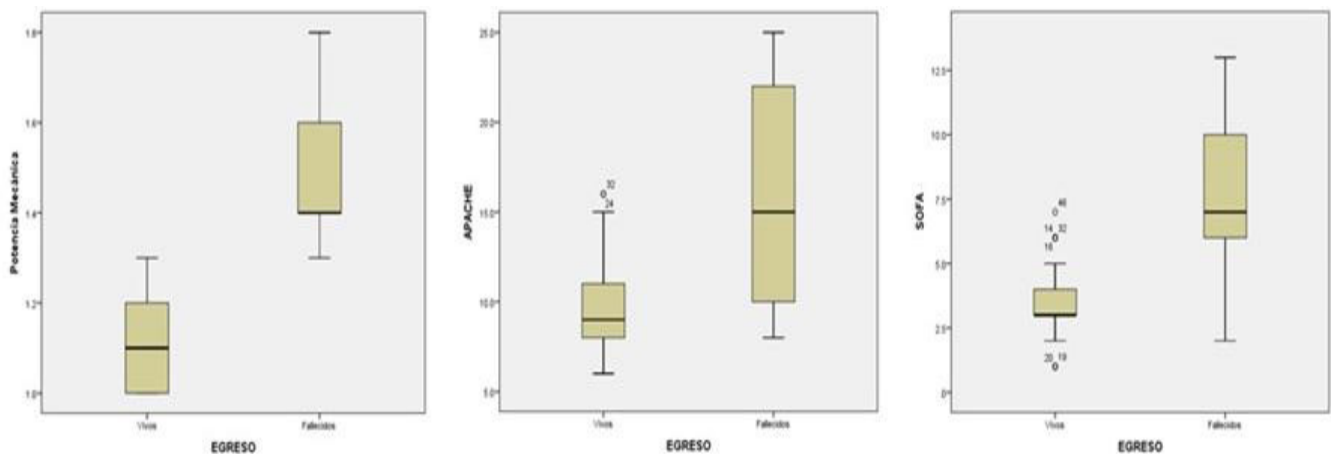
En la tabla 1 se muestran las características generales de la población de estudio. Entre los fallecidos la edad promedio fue de  $51,76 \pm 21,76$  años, predominó el sexo femenino y los pacientes ventilados por causas respiratorias (35,7 %), la puntuación de los escores de Isogravedad fueron mayores (APACHE II:  $16 \pm 6$  puntos y  $7 \pm 3$  puntos de SOFA). Para las variables ventilatorias hubo valores similares entre ambos subgrupos. Mientras que el valor del PM fue superior en los fallecidos ( $14,82 \pm 1,67$  J/min vs  $10,89 \pm 1,02$  J/min). El análisis estadístico implementado estableció diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos y la mortalidad para

variables como el APACHE II, SOFA y el PM (p <0,05 en las 3 variables [prueba de hipótesis de diferencias de medias]). En la figura 1 se visualiza este comportamiento.

**Tabla 1. Características generales y parámetros ventilatorios de la población de estudio**

| Variables            | Categoría                | Vivos (n=35) |           | Fallecidos (n=17) |           |
|----------------------|--------------------------|--------------|-----------|-------------------|-----------|
|                      |                          | M±DS         | Límite    | M±DS              | Límite    |
| Edad                 |                          | 58,54±17,04  | 18 - 85   | 51,76±21,76       | 20 - 84   |
| Sexo (*)             | Masculino                | 18 (66,7 %)  |           | 9 (33,3 %)        |           |
|                      | Femenino                 | 17 (68,0 %)  |           | 8 (32,0 %)        |           |
| Motivo VMA (*)       | Respiratorio             | 8 (22,8 %)   |           | 6 (35,9 %)        |           |
|                      | CVC                      | 2 (5,7 %)    |           | 1 (5,8 %)         |           |
|                      | Sepsis/<br>Shock séptico | 9 (25,7 %)   |           | 5 (29,4 %)        |           |
|                      | Neurológico              | 10 (28,5 %)  |           | 3 (17,6 %)        |           |
|                      | Otras                    | 5 (14,2 %)   |           | 2 (11,7 %)        |           |
| Score de Isogravedad | APACHE II *              | 10±3         | 6 - 16    | 16±6              | 8 - 25    |
|                      | SOFA *                   | 4±1          | 1 - 7     | 7±3               | 2 - 13    |
|                      | VT                       | 395±43       | 320 - 480 | 398±43            | 340 - 480 |
|                      | P <sub>1</sub>           | 28±3         | 23 - 35   | 29±3              | 26 - 35   |
|                      | P media                  | 8±2          | 15 - 25   | 20±3              | 15 - 25   |
|                      | PEEP                     | 8±2          | 5 - 14    | 9±3               | 5 - 14    |
|                      | P <sub>2</sub>           | 23±3         | 17 - 28   | 24±3              | 17 - 30   |
|                      | Driving pressure         | 14±2         | 12 - 20   | 15±2              | 12 - 21   |
|                      | Compliance               | 57±18        | 34 - 98   | 47±17             | 31 - 89   |
|                      | Poder mecánico*          | 10,89±1,02   | 10 - 13   | 14,82±1,67        | 13 - 18   |

**Nota:** M: media. DS: desviación estándar. (\*) Números y por ciento (calculado en base a n). \*Prueba de hipótesis de diferencias de medias p <0,05. CVC: cardiovascular. APACHE II: acute physiology and chronic health evaluation II. SOFA: sepsis related organ failure assessment. VT: volumen corriente. P<sub>1</sub>: presión inspiratoria máxima. PEEP: presión positiva al final de la espiración. P<sub>2</sub>: presión meseta.



**Figura 1.** Variables cuantitativas con diferencias estadísticamente significativas. Prueba de hipótesis de medias

El modelo CART muestra el patrón de las variables que conllevan una predisposición superior a fallecer

durante el uso de la VMA. El valor del PM determinó que una puntuación entre 12 y 13 estableció una mortalidad del 66,7 %, mientras que la mortalidad fue del 100 % para puntuajes mayores ( $p = 0,000$ ) (figura 2).

Según se observa en la figura 3, existe una ruta crítica que aporta el mayor número de muertes según el modelo CART: una puntuación de SOFA > 4 puntos más el PM > 11 J/min (14 fallecidos, 82,4 %;  $p = 0,004$ ).

Al análisis del área bajo la AROC (figura 4) el PM (AROC: 0,993; IC 95 %: 0,979 - 1;  $p = 0,000$ ) mostró una adecuada capacidad discriminativa superior al APACHE II (AROC: 0,806; IC 95 %: 0,666 - 0,937;  $p = 0,000$ ) y el SOFA respectivamente (AROC: 0,878; IC 95 %: 0,764 - 0,993;  $p = 0,000$ ).

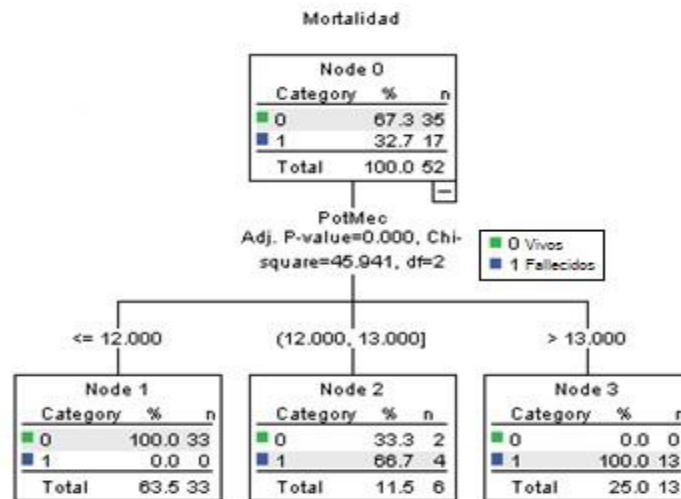


Figura 2. Árbol de regresión y clasificación del Poder Mecánico y la mortalidad

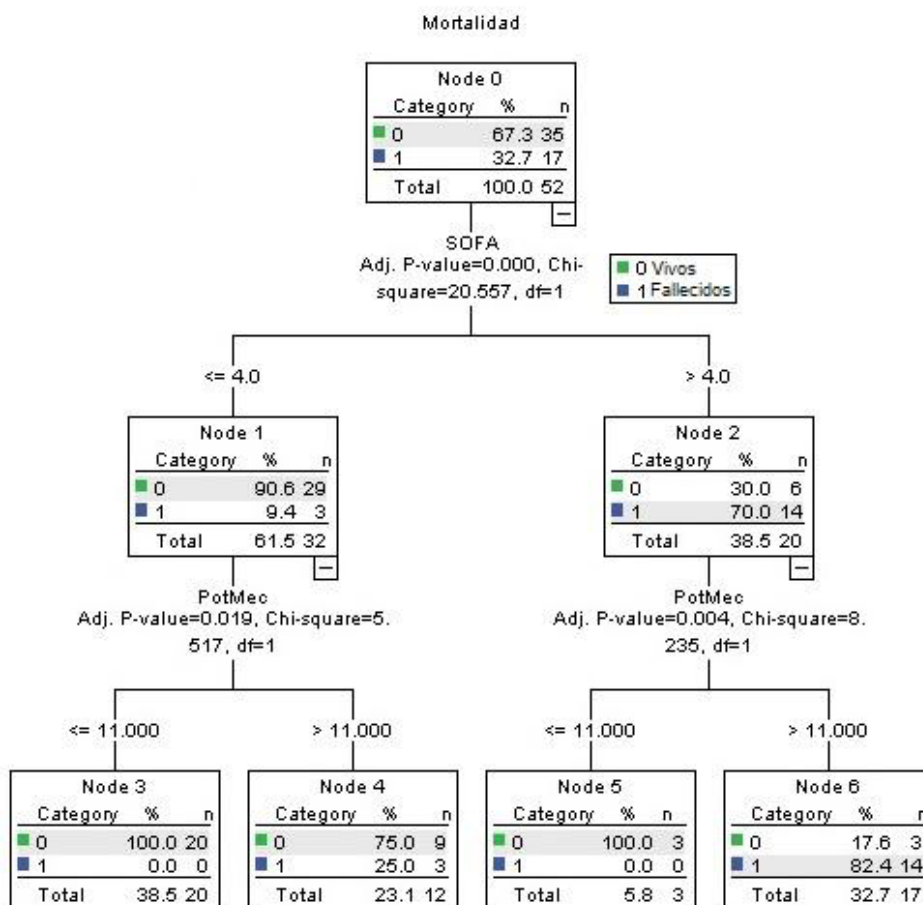


Figura 3. Árbol de regresión y clasificación de SOFA, Poder Mecánico y la mortalidad

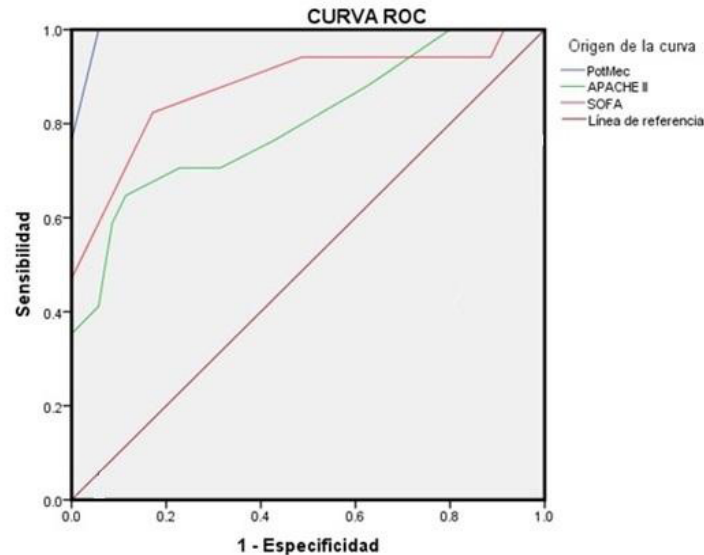


Figura 4. Curva ROC de las variables asociadas a la mortalidad

## DISCUSIÓN

Aún queda por definir un umbral de PM seguro para pacientes con enfermedades críticas con o sin SDRA, aunque, la evidencia disponible apunta hacia un punto de corte  $\geq 12$  J/min como un excelente discriminativo para la aparición de LPIV o mortalidad.<sup>(2)</sup> No obstante, el único meta-análisis publicado y referenciado por los autores de esta investigación es el realizado por Huerta et al.<sup>(5)</sup> el cual incluyó seis estudios de cohorte y un análisis secundario de ensayos controlados aleatorizados ( $n = 3,775$ ), un valor de PM bajo (media de 17 J/min) se asoció a mayor supervivencia (OR: 0,45; IC 95%: 0,34 - 0,59;  $I^2$ : 56 %). Todas las investigaciones revisadas e incluidas en el meta-análisis fueron en pacientes con SDRA por lo que los resultados diferentes a los reportados en la presente investigación, entre otras variables, pueden estar en relación al tipo de paciente que se ventiló invasivamente. En relación a las características generales de la población de estudio, la edad y el sexo resultaron similares a los presentados por Rodríguez-de-Molina et al.<sup>(13)</sup> los cuales estudiaron una población de pacientes ventilados por múltiples causas y la edad promedio fue de  $55 \pm 17,4$  ( $p < 0,0001$ ). En una corte cubana de ventilados por diversas causas, Hernández-Jiménez et al.<sup>(14)</sup> el subgrupo de fallecidos tuvo mayor edad ( $62,9 \pm 17,1$  años).

Con respecto al motivo para ventilar Rodríguez-de-Molina et al.<sup>(13)</sup> lo hizo mayoritariamente pacientes con sepsis, asociándolo a la muerte ( $p < 0,001$ ), al igual que Sim et al.<sup>(1)</sup>. Datos que concuerdan a los resultados del presente estudio.

Los resultados obtenidos al estudiar diversas variables ventilatorias, los autores consideran relevante destacar el efecto de la DP. Se ha propuesto que en pacientes sin SDRA, la DP representa un factor de riesgo de mortalidad y SDRA. Wu et al.<sup>(15)</sup> en 207 pacientes con neumonía grave sin SDRA correlacionó con la mortalidad al día 28 una  $DP > 19$  cmH<sub>2</sub>O ( $p = 0,002$ ; sensibilidad: 62,5 %, especificidad: 60,9 %; OR: 1,110; IC 95 %: 1,013 - 1,217;  $p = 0,026$ ). Van-Meenen et al.<sup>(3)</sup> obtuvo resultados similares en 839 pacientes ventilados por múltiples causas (616 pacientes sin SDRA). Un corte para  $DP > 19$  cmH<sub>2</sub>O resultó pronóstico de mortalidad a los 90 días (OR: 1,05 CI 95%: 1,03 - 1,08;  $P < 0,001$ ). Sin embargo, Schmidt et al.<sup>(16)</sup> no encontraron asociación estadística con la mortalidad en un análisis retrospectivo multicéntrico de 622 adultos ventilados sin SDRA. Estos resultados sugieren la necesidad continuar la investigación en este contexto clínico. Se sugiere un mayor riesgo de muerte con una  $DP > 14$  cmH<sub>2</sub>O, aunque aún no se ha identificado un umbral bien tolerado. La posición en decúbito prono junto con simples ajustes ventilatorios para facilitar la eliminación de CO<sub>2</sub> pueden ayudar a reducir la DP.<sup>(4)</sup> Las otras variables ventilatorias presentadas en esta investigación han sido objeto de estudio por diferentes autores, los resultados son diversos y no se ha logrado establecer cada una de ellas por separado como un parámetro predictor de desenlace fatal de forma confiable en su totalidad.<sup>(1, 13, 17; 18)</sup>

La necesidad de evaluar la atención médica en el paciente grave y predecir su evolución potenció el surgimiento de modelos para la evolución pronóstica. En este contexto, el APACHE II y el SOFA han sido los más utilizados universalmente.<sup>(9)</sup> Wu et al.<sup>(19)</sup> encontró valores de APACHE II superiores a los de esta investigación en ventilados por neumonía (media:  $25,3 \pm 6,8$ ) aunque menor a aquellos con SDRA ( $27,6 \pm 8,7$ ;  $p < 0,05$ ). Al igual que Sahetya et al.<sup>(20)</sup> en una corte de ventilados sin SDRA (APACHE II media: 20,2 puntos; OR: 1,08; IC 95 %: 1,04 - 1,11;  $p < 0,001$ ). Por otro lado, Hernández-Jiménez et al.<sup>(14)</sup> mostró valores APACHE II similares a la presente investigación ( $16,6 \pm 4,5$ ), con correlación estadística a la mortalidad. El 33,6 % de los pacientes presentó un APACHE II entre 15-19 puntos a las 24 horas de su ingreso, de ellos fallecieron el 75 %. Además, se observó como

la proporción entre vivos y fallecidos fue disminuyendo a medida que se obtenía mayor puntaje de la escala ( $p < 0,01$ ).

Situación similar se mostró con la puntuación SOFA, Rodríguez-de-Molina et al.<sup>(13)</sup> describió una media de  $9,1 \pm 4,5$  puntos correlacionada con la mortalidad ( $p < 0,001$ ). La puntuación del APACHE II y el SOFA han mostrado su utilidad predictiva en el desenlace de pacientes ventilados en diferentes escenarios clínicos, aunque con puntos de corte diferentes. La principal fortaleza para la utilidad de dichos escores (incluso otros desarrollados a partir de estos como el APACHE III y IV o el SAPS) estriba en la correlación positiva con la mortalidad a medida que las puntuaciones aumentan.<sup>(1,7,19,20,21)</sup> El análisis del CART en el presente estudio mostró mayor asociación a la mortalidad del PM cuando se combinó con una puntuación del SOFA mayor de 4 puntos. Lo que permitió modelar la influencia de dichos factores con la mortalidad clasificándola correctamente en el 82,4 % de los casos.

El concepto de PM objetivó cuantificar la contribución de la FR y la PEEP a la potencia total suministrada por el ventilador. Agregar estas variables en una única medida física, cuyo valor podría estar relacionado con el riesgo de LPIV. Sin embargo, debido a la complejidad del cálculo y las limitaciones específicas en las ecuaciones estimadas para los modos de VMA, en la actualidad el cálculo rara vez lo proporcionan directamente los respiradores, y la estimación en la cama debe hacerse manualmente en función de los valores proporcionados por el respirador, respaldados por parámetros medidos específicamente. La complejidad de la enfermedad pulmonar y los ajustes del respirador obviamente no permiten que el PM se use como el único parámetro. Parece que el mejor enfoque radica en la individualización de la VMA, teniendo en cuenta el PM como un parámetro resumen.<sup>(22,23)</sup> La definición de los umbrales de seguridad superior e inferior apropiados son motivo de debate. Un PM “normal” proporciona  $PO_2$  y  $PCO_2$  aceptables. Experimentalmente, se estima un umbral superior de 12 J/min e inferior de 4-7 J/min. Empero, estos son solo valores promedio y, en teoría, la distribución del PM dentro del ciclo respiratorio puede desempeñar un papel igualmente importante. De hecho, el PM se concentra al comienzo de la inspiración durante la ventilación con soporte de presión, mientras que en la VCV, la distribución del PM se distribuye de manera más uniforme a lo largo del tiempo inspiratorio. Además, la disipación del PM durante la espiración puede ser más uniforme si el flujo espiratorio es constante.<sup>(2,22)</sup>

En este contexto y relacionado con los resultados encontrados en el presente estudio, el valor del PM se correlacionó de forma efectiva con la mortalidad (AROC: 0,993; IC 95 %: 0,979 - 1;  $p = 0,000$ ) para un punto de corte  $> 12$  J/min. Incluso, a través del CART, la mortalidad se incrementó al 100 % cuando el valor sobrepasó los 13 J/min y se correlacionó también al asociarla a una puntuación del SOFA  $> 4$  y un PM  $> 11$  J/min ( $p = 0,004$ ;  $X^2$ : 8,235). Estos datos, en poblaciones ventiladas sin SDRA son similares a otras investigaciones. Jiang et al.<sup>(24)</sup> en una corte de 529 de pacientes neurocríticos ventilados, de los cuales 326 no tuvieron diagnóstico de SDRA (253 pacientes vivos y 73 fallecidos;  $p = 0,045$ ). El punto de corte promedio para estimar la mortalidad fue de 13,4 J/min (IC 95 %: 10,1 - 17,6;  $p < 0,001$ ) con adecuada discriminación en la AROC (0,678; IC 95 %: 0,637 - 0,718). Cuando se asoció el valor del PM a la puntuación de la escala de coma de Glasgow la discriminación de la AROC fue mejor (0,687; IC 95 %: 0,646 - 0,726). Estos resultados son particularmente alentadores para la atención al paciente neurocrítico por lo controversial que resulta establecer una estrategia ventilatoria adecuada. Ya que la VMA puede inducir efectos dañinos a nivel neurológico debido a las interacciones fisiológicas complejas entre los compartimientos venosos intratorácicos e intracraneanos.<sup>(25)</sup>

El análisis de Van-Meenen et al.<sup>(6)</sup> de 3 ensayos aleatorios multicéntricos que sumaron 1962 pacientes ventilados sin SDRA concluyó que el PM mostró una asociación independiente con la mortalidad en pacientes de UCI al día 28 y 90 respectivamente. Este hallazgo sugiere que el PM tiene un valor predictivo adicional sobre sus componentes individuales, lo que hace que sea una medida atractiva para monitorear y posiblemente utilizar como objetivo en estos pacientes. En Latinoamérica, Rodríguez-de-Molina et al.<sup>(13)</sup> estudiaron 63 ventilados principalmente por sepsis, neurocríticos y neumonía. Un valor del PM  $> 13$  J/min se asoció a una adecuada capacidad discriminativa para la mortalidad según la AROC (0,41; IC 95 %: 0,25 - 0,57).

Por último, Wu et al.<sup>(15)</sup> en una población de 235 ventilados con neumonía sin SDRA, encontró valores muy superiores a esta investigación ( $25,8 \pm 12,2$  J/min;  $p < 0,05$ ; AROC: 0,735; CI 95 %: 0,655-0,814;  $p < 0,001$ ). En el futuro, cuando se utilice PM en la práctica clínica, uno debe ser consciente de las limitaciones de la ecuación particular utilizada y considerarla en las implicaciones para el tratamiento. El PM podría usarse en la evaluación del efecto general de la VMA y ayudar a establecer los parámetros del respirador para reducir el riesgo de VILI.<sup>(23)</sup>

### Limitaciones

A razón de los autores de esta comunicación la principal fortaleza del estudio arriba en la ponderación del valor del PM en una corte de pacientes sin SDRA no antes publicado en el país.

Se considera además que, al realizarse el estudio en un único centro, el control de las variables clínico-ventilatorias fue estricto, lo que contribuyó a la disminución de sesgos para el estudio. Sin embargo, la población de estudio pequeña y de un centro único, los autores consideran que limita los resultados obtenidos al no poder generalizarlos.

## CONCLUSIONES

En esta serie de pacientes ventilados invasivamente un valor de PM >12 J/min, resultó ser un factor asociado a la mortalidad durante la estancia en la UCI. Resultados que coinciden con diversos estudios publicados. Cuando el PM se asoció con la puntuación de SOFA, la capacidad predictiva aumentó. El área bajo la curva ROC arrojó una adecuada capacidad discriminativa para la mortalidad. Por último, otras investigaciones sobre el tema deben realizarse a fin de optimizar los resultados encontrados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sim JK, Lee SM, Kang HK, Kim KC, Kim YS, Kim YS et al. Association between mechanical power and intensive care unit mortality in Korean patients under pressure-controlled ventilation. *Acute Crit Care* [internet]. 2024 [consultado 20/06/2024];39(1):91-99. Disponible en: <https://doi.org/10.4266/acc.2023.00871>
2. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Jeréz-Alvarez AE. Poder mecánico, variable relacionada a la lesión pulmonar inducida por la ventilación y la mortalidad. *Rev Chil Anest* [internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];52(1): 89-94. Disponible en: DOI: 10.25237/revchilanestv5209111522
3. Van-Meenen DMP, Serpa-Neto A, Paulus F, Merkies C, Schouten LR, Bos LD. The predictive validity for mortality of the driving pressure and the mechanical power of ventilation. *Intensive Care Medicine Experimental* [internet]. 2020 [consultado 20/06/2024];8(1):60. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40635-020-00346-8>
4. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Núñez-Verdecia I. Presión de distensión alveolar: su asociación a la mortalidad y protección pulmonar en pacientes ventilados. *Rev Cuban Anestesiología Reanimación* [internet]. 2022 [consultado 20/06/2024];21(2):e810. Disponible en: <http://revanestesia.sld.cu/index.php/anestRean/article/view/810>
5. Huerta AG, Zamorano LCA, Castañeda OE, García MC, Reyes VAE, Cerón DUW et al. Poder mecánico y supervivencia en pacientes con ventilación mecánica: revisión sistemática y metaanálisis. *Med Crit* [internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];37(8):707-712. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.35366/115229>
6. Van-Meenen DMP, Algera AG, Schuijt MTU, Simonis FD, van-der-Hoeven SM, Neto AS et al. Effect of mechanical power on mortality in invasively ventilated ICU patients without the acute respiratory distress syndrome: an analysis of three randomised clinical trials. *Eur J Anaesthesiol* [internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];40(1):21-28. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/eja.0000000000001778>
7. Delgado-Serrano RJ, Hernández-Oliva M. Relación entre intensidad de la ventilación mecánica y agravamiento de la disfunción multiorgánica por la COVID-19. *Rev haban cienc méd* [Internet]. 2022 [consultado 20/06/2024];21(2):e4671. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4671>
8. Fong-Pantoja L, Guzmán-Pérez N, Diéguez-Matamoros EB. Parámetros ventilatorios asociados a mortalidad en pacientes con neumonía adquirida en la comunidad grave. *Rev Cuban Anestesiología Reanimación* [internet]. 2024 [consultado 20/06/2024];21(2):23e2189 Disponible en: <http://revanestesia.sld.cu/index.php/anestRean/article/view/2189>
9. Peña-Quijada AE, Chan-Cruz A. Sistema de valoración pronóstica en Medicina Intensiva. En: Caballero-López A, Domínguez-Perera MA, Pardo-Núñez AB, Abdo-Cuza AA. autores. *Terapia Intensiva*. Tomo I Ventilación mecánica. 4ta ed. 2020 La Habana: Editorial Ciencias Médicas. Disponible en: [www.bvs.sld.cu/libros\\_texto/terapia\\_intensiva4\\_ventilacionmecanica\\_cuartaedicion/terapia\\_intensivai.cap3.pdf](http://www.bvs.sld.cu/libros_texto/terapia_intensiva4_ventilacionmecanica_cuartaedicion/terapia_intensivai.cap3.pdf)
10. Cairo JM. *Pilbeam's Mechanical Ventilation. Physiological and Clinical Applications*. 7th ed. 2020. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc
11. Auza-Santivañez JC, Soneira Perez J, León DO, Condori-Villca N, Alvarez Loaces JP. Predictive value of the CONUT scale in the early detection of nutritional risk and its relationship with mortality in critically ill patients. *Salud, Ciencia y Tecnología* [Internet]. 2023 Mar. 24 [cited 2025 Jan. 31];3:339. Available from: <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023339>
12. Fortich F, Ochoa-Morón A, Balmaceda-de-La-Cruz B, Rentería-Roa J, Herrera-Orego D, Gándara J et al. Factores de riesgo para mortalidad en falla cardiaca aguda. Análisis de árbol de regresión y clasificación. *Rev Colomb Cardiol* [internet]. 2020 [consultado 20/06/2024];27(1):21-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.03.006>



13. Rodríguez-de-Molina SJI, Castro MHH, Oyarvide ZAK, Flores OGA. Ventilación pulmonar protectora, poder mecánico y presión de distensión pulmonar relacionado con mortalidad y SOFA en ventilación mecánica invasiva. *Med Crit* [internet]. 2021 [consultado 20/06/2024];35(4):186-193. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.35366/101157>
14. Hernández-Jiménez A, Hernández-Oliva M, Díaz-García J, Padrón-Mora M. Factores pronósticos de mortalidad en pacientes con ventilación artificial mecánica. *Medimay* [Internet]. 2020 [consultado 20/06/2024];27(2):187-98. Disponible en: <http://medimay.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1650>
15. Wu HP, Hu HC, Chu CM, Kao KC. The association between higher driving pressure and higher mortality in patients with pneumonia without acute respiratory distress syndrome. *J Formos Med Assoc* [Internet]. 2021 [consultado 20/06/2024];120(1):204-11. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.04027>
16. Schmidt MFS, Amaral ACKB, Fan E, Rubenfeld GD. Driving pressure and hospital mortality in patients without ARDS: A cohort study. *Chest* [Internet]. 2018 [consultado 20/06/2024];153(1):46-54. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.10.004>
17. Serpa-Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, Bos LD, Amorim P, Pereira SM et al. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med* [Internet]. 2018 [consultado 20/06/2024];44:1914-1922. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5375-6>
18. Marín Prada M del C, Rodríguez CA, Capote Pereira L, Davalos Iglesias JM, García Villar Y, Carnet Beira G, et al. Characteristics of mortality with Chronic Kidney Disease in Cuba. Trend and forecast. 2011-2020. *Health Leadership and Quality of Life* [Internet]. 2025 Jan. 1 [cited 2025 Jan. 31];4:140. Available from: <https://doi.org/10.56294/hl2025140>
19. Wu HP, Chu CM, Chuang LP, Lin SW, Leu SW, Chang KW et al. The Association between Mechanical Power and Mortality in Patients with Pneumonia Using Pressure-Targeted Ventilation. *Diagnostics* [Internet]. 2021 [consultado 20/06/2024];11:1862. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11101862>
20. Sahetya SK, Mallow C, Sevransky JE, Martin GS, Girard TD, Brower RG et al. Association between hospital mortality and inspiratory airway pressures in mechanically ventilated patients without acute respiratory distress syndrome: a prospective cohort study. *Critical Care* [Internet]. 2019 [consultado 20/06/2024];23:367. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2635-y>
21. Chen H, Chen ZZ, Gong SR, Yu RG. Visualizing the dynamic mechanical power and time burden of mechanical ventilation patients: an analysis of the MIMIC-IV database. *J Inten Care* [Internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];11:58. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00709-9>
22. Gattinoni L, Collino F, Camporota L. Mechanical power: meaning, uses and limitations. *Intensive Care Med* [Internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];49:465-467. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-023-06991-3>
23. Burša F, Oczka D, Jor O, Sklienka P, Frelich M, Stigler J, Vodička M et al. The Impact of Mechanical Energy Assessment on Mechanical Ventilation: A Comprehensive Review and Practical Application. *Med Sci Monit* [Internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];29:e941287. Disponible en: DOI: 10.12659/MSM.941287
24. Jiang X, Zhu Y, Zhen S, Wang L. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in neurocritical patients: a cohort study. *J Clin Monit Comput* [Internet]. 2022 [consultado 20/06/2024];36:1621-1628. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10877-022-00805-5>
25. Sosa-Remón A, Cuba-Naranjo AJ, Jeréz-Alvarez, AE, García-Arias DM, Llana-Ramírez MR. Complicaciones neurológicas como motivo de ingreso en una Unidad de Cuidados Intensivos Oncológicos. *Rev Chil Anest* [internet]. 2023 [consultado 20/06/2024];52(8):801-808. Disponible en: DOI:10.25237/revchilanestv52n8-17

## FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para la aplicación del presente estudio.

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Yudiel Pérez Yero.

*Análisis formal:* Arian Jesús Cuba Naranjo, Ariel Sosa Remón.

*Investigación:* Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

*Metodología:* Yudiel Pérez Yero, Ariel Sosa Remón, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

*Administración del proyecto:* Yudiel Pérez Yero, Ariel Sosa Remón.

*Supervisión:* Ana Esperanza Jeréz Alvarez.

*Visualización:* Dasha María García Arias.

*Redacción - borrador original:* Yudiel Pérez Yero, Ariel Sosa Remón, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Arian Jesús Cuba Naranjo, Dasha María García Arias, Ana Esperanza Jeréz Alvarez, Mileydys Saborit García, Osman Arteaga Iriarte, Jose Bernardo Antezana-Muñoz.

*Redacción - revisión y edición:* Yudiel Pérez Yero, Ariel Sosa Remón, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Arian Jesús Cuba Naranjo, Dasha María García Arias, Ana Esperanza Jeréz Alvarez, Mileydys Saborit García, Osman Arteaga Iriarte, Jose Bernardo Antezana-Muñoz.