

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
POSGRADO DE ESPECIALIDADES
MEDICAS



EFFECTO DEL VALOR DE PODER MECÁNICO EN LOS DÍAS LIBRES DE SOPORTE
VENTILATORIO INVASIVO

Presentado por

Dr. Enrique Ivanhoe Orellana Guevara
Dr. Oscar Armando Santos Urbina

Para optar al Título de:

Posgrado en Medicina Critica y Cuidados
Intensivos

Asesor:

Dr. Noel de Jesús Díaz Robles

Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa" El Salvador,
Diciembre 2024

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

Dr. Saúl Díaz

Rector

Lic. Franklin Méndez

Vicerrector Académico

MSc. Roberto Hernández

Secretario General

FACULTAD DE MEDICINA

AUTORIDADES

Dr. Saúl Díaz Peña

Decano

Lic. Franklin Méndez

Vice Decano

Doctor Douglas Velásquez

Director Escuela de Medicina

Índice

Contenido

Resumen.....	;	Error! Marcador no definido.
Introducción	;	Error! Marcador no definido.
Marco teórico	;	Error! Marcador no definido.
Justificación.....	;	Error! Marcador no definido.
Objetivos.	;	Error! Marcador no definido.
Métodos.....	;	Error! Marcador no definido.
Tipo de estudio	;	Error! Marcador no definido.
Diseño general de la investigación.....	;	Error! Marcador no definido.
Descripción y operativización de variables.....	;	Error! Marcador no definido.
Definiciones operacionales	;	Error! Marcador no definido.
Universo	;	Error! Marcador no definido.
Muestra.....	;	Error! Marcador no definido.
Unidad de análisis	;	Error! Marcador no definido.
Criterios de inclusión	;	Error! Marcador no definido.
Criterios de exclusión.....	;	Error! Marcador no definido.
Intervención propuesta.....	;	Error! Marcador no definido.
Proceso de recolección de datos.....	;	Error! Marcador no definido.
Resultados	;	Error! Marcador no definido.
Discusión.....	;	Error! Marcador no definido.
Conclusiones	;	Error! Marcador no definido.
Referencias.....	;	Error! Marcador no definido.
Anexos.....	;	Error! Marcador no definido.

Resumen

Antecedentes. El Poder Mecánico (PM) conceptualmente se refiere a la energía entregada por unidad de tiempo al sistema respiratorio por parte del ventilador mecánico. Gattinoni y sus colaboradores midieron el PM directamente desde un bucle presión/volumen en cerdos que fueron ventilados con diferentes volúmenes tidal. Los autores encontraron una relación significativa entre la potencia mecánica aplicada al pulmón y el aumento del peso pulmonar ($r^2 = 0,41$, $P = 0,001$) y la elastancia pulmonar ($r^2 = 0,33$, $P < 0,01$) y la disminución de la P_{aO_2}/F_{iO_2} ($r^2 = 0,40$, $P < 0,001$) al final del estudio. Cressoni y colaboradores encontró asociación directa entre mortalidad y el valor del poder mecánico normalizado por peso predicho ante la presencia de Síndrome de Distrés respiratorio moderado (OR 1,11; IC 95 % 1,02– 1,23; $p = 0,021$) y severo (OR 1,13; IC 95% 1,03-1,24; $p < 0,008$). En un análisis secundario de 2 conocidos estudios (PROSEVA y ACCURASYS) que incluyó 787 pacientes con SDRA severo, se objetivó un punto de corte de 12 Joules/min en el cual existe relación con mortalidad. **Objetivo** Determinar el efecto de un valor de poder mecánico menor de 12 Jules/minuto en los días de ventilación mecánica invasiva, en pacientes de las unidades de terapia intensiva de hospital médico quirúrgico y hospital general del Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS). **Método** estudio observacional y analítico, obteniendo los datos de los expedientes clínicos de los pacientes ingresados en las unidades de terapia intensiva del ISSS y los días libres de ventilación mecánica. **Resultado** demostrar la asociación existente entre el valor del poder mecánico tomando como punto de corte 12 J/min y los días libres de ventilador. El autor no tiene conflicto de interés, el estudio es autofinanciado y la principal limitante es el no incluir todos los centros del ISSS.

Introducción

La ventilación invasiva es considerada un “mal necesario”, pero en realidad es un soporte importante dentro del ámbito de la terapia intensiva, para la asistencia en pacientes que han perdido autonomía respiratoria, hasta que esta sea restablecida. Pero, así como la ventilación mecánica puede ser de gran aporte, su mal uso puede desencadenar efectos deletéreos tanto a nivel local pulmonar, como sistémico, conllevando potenciales complicaciones.

Sin embargo, debemos resaltar la “lesión inducida por el ventilador mecánico” (VILI, de sus siglas en inglés), que no es más que una serie de mecanismos potenciadores de daño alveolar, dados directamente por la energía transmitida desde el ventilador mecánico que van a producir repercusiones locales y sistémicas.

En esa línea de pensamiento nace el “Poder Mecánico” (PM), como un parámetro integrador que refleja la interacción entre el ventilador mecánico y el pulmón del paciente, es decir el papel que juega cada uno de los componentes que configuramos en nuestro ventilador, así como también como recibe esta carga de energía el sistema respiratorio, en función de sus características mecánicas.

El poder mecánico nace bajo la percepción de que cada uno de los parámetros que configuramos en el ventilador tienen el riesgo de inducir VILI, y que este efecto es sumativo, es decir que al aumentar la intensidad de tal o cual parámetro que lo conforma, va a subir también la energía que el ventilador transmite al sistema respiratorio de forma global.

Todo lo anterior se ha investigado en el escenario de pulmones con SDRA, pero muy poco se sabe acerca del papel que desempeña este nuevo parámetro (Poder mecánico) en pulmones de pacientes sin SDRA, por lo que nos parece bastante atractiva esta propuesta de investigar la relación del poder mecánico en pacientes críticos ventilados y sin SDRA.

Marco teórico

Desde hace décadas se ha realizado esfuerzos en poder dilucidar cuales son los factores y bases fisiopatológicas que contribuyen al daño pulmonar producido por el ventilador mecánico y cuáles serían las medidas efectivas para mitigarlo al máximo, sin embargo, aunque mucho se ha avanzado aún falta por hacer, es decir, el proceso físico que causa VILI ha sido difícil de precisar. Se sugiere que este proceso es multifactorial, e incluye las fuerzas mecánicas a las cuales es sometido el pulmón, la anatomía patológica pulmonar, e inclusive características no ventilatorias. El estiramiento excesivo, la tensión y la apertura y cierre del ciclo tidal pueden ser importante, pero el mecanismo preciso a través del cual actúan sigue sin estar claro (1,2).

El grupo italiano liderado por Protti y Gattinoni desde hace pocos años se ha realizado estudios con tomografía pulmonar en animales para determinar la interacción entre la carga de energía cíclica generada por el ventilador mecánico y el sistema respiratorio en relación con la aparición de VILI, se ha aplicado conceptos de ingeniería para entender los fenómenos ocurridos con diferentes niveles de volumen tidal (strain dinámico), distintas presiones transpulmonares (stress dinámico) y distintos niveles de PEEP (stress y strain estáticos) en el pulmón ventilado(3,4).

En esa línea de pensamiento nace el “Poder Mecánico” (PM), como un parámetro integrador que refleja la interacción entre el ventilador mecánico y el pulmón del paciente, es decir el papel que juega cada uno de los componentes que configuramos en nuestro ventilador a diario, así como también como recibe esta carga de energía el sistema respiratorio, en función de sus características mecánicas, este nuevo parámetro integra la mayoría de las variables que se configuran en el ventilador en el momento del manejo del paciente crítico. Se basa en el hecho de que cada parámetro del ventilador (volumen tidal, flujo, PEEP, presión meseta, frecuencia respiratoria, etc.) tiene la potencial capacidad de causar daño pulmonar (3,4).

El Poder Mecánico conceptualmente se refiere a la energía entregada por unidad de tiempo al sistema respiratorio por parte del ventilador mecánico, medida en Joules/minuto. Este parámetro nace bajo la percepción de que cada uno de los parámetros que configuramos en el ventilador tienen el riesgo de inducir VILI, y que este efecto es sumativo, es decir que al aumentar la intensidad de alguno de las variables que

lo conforma, va a aumentar también la energía que el ventilador transmite al sistema respiratorio de forma global (5,6).

Gattinoni y sus colaboradores midieron el PM directamente desde un bucle presión/volumen, en cerdos que fueron ventilados con diferentes volúmenes tidal, diferentes presiones en la vía aérea y en diferentes condiciones pulmonares, El propio grupo de trabajo de Gattinoni, ideó un software que puede inferir a la cabecera del paciente de forma práctica y sencilla el poder mecánico que se está aplicando en ese momento, de ahí lo valioso y atractivo que podría resultar para el médico intensivista su aplicación en la vida cotidiana (5,6).

Por otro lado, existe una ecuación simplificada, que es la siguiente:

$$PM: 0,098 \times RR \times TV \times (P_{PEAK} \times \frac{1}{2} (DP))$$

donde 0,098 es el factor de conversión de litros/cm H₂O a Joules, RR es frecuencia respiratoria, TV es volumen tidal, P PEAK es presión pico, y DP es la diferencia entre la presión meseta y la PEEP total (4,5,6).

En un análisis secundario de 2 conocidos estudios (PROSEVA y ACCURASYS) que incluyó 787 pacientes con SDRA severo, se objetivó un punto de corte de 12 Joules/min en el cual existe relación con mortalidad. Dicho punto de corte coincidió con el encontrado en un estudio hecho en cerdos por Cressoni y colaboradores meses atrás (6).

En el mismo año en México se realizó un pequeño estudio con 40 pacientes por Sánchez y colaboradores donde estableció una asociación independiente y una relación inversa entre el PM y días libres de ventilador mecánico con un punto de corte de 12 Joules/min (7,8).

Los resultados discordantes evidenciados en los estudios actuales nos demuestran la necesidad de realizar otros estudios para enriquecer la medicina basada en la evidencia en relación con este aspecto del manejo ventilatorio en pacientes críticos. Creemos, por lo tanto, que con este antecedente sería importante investigar si este nuevo parámetro ya validado en pacientes con SDRA es útil en el grupo de pacientes que estamos investigando (pacientes críticos ventilados y sin SDRA). vemos lo valioso que podría ser el estudiar nuestros pacientes una fórmula que, en realidad es absolutamente integradora, que refleja la interacción entre el ventilador y el pulmón del paciente crítico, cualidades que no la tiene ningún otro parámetro estudiado hasta la actualidad (9,10)

Justificación

La ventilación mecánica invasiva es una terapia de soporte que ha salvado incontables vidas, sin embargo no está exenta de complicaciones por eso desde hace tiempo se buscan estrategias de ventilación protectora que permitan maximizar los resultados beneficios para el paciente, disminuyendo sus complicaciones, el presente estudio nos permitirá conocer la importancia que nace entre el equilibrio de las complicaciones asociadas a la ventilación mecánica y su indicación en los pacientes críticos, lo cual lleva a la necesaria evaluación constante, objetiva y cuantitativa de la ventilación invasiva utilizando para ello el Poder Mecánico y así demostrar la asociación inversa con los días libres de ventilación, permitiéndonos tomar conductas oportunas sobre la programación de los parámetros ventilatorios, reducir el tiempo días-ventilación mecánica, días-UCI y costos hospitalarios.

Objetivos.

Objetivo general

- Determinar el efecto de un valor de poder mecánico menor de 12 Jules/minuto en los días de ventilación mecánica invasiva, en pacientes de las unidades de terapia intensiva de hospital médico quirúrgico y hospital general utilizando la prueba Rho de Spearman.

Objetivo Especifico

- Clasificación de los pacientes en ventilación mecánica invasiva según sus características epidemiológicas y diagnósticos que llevaron a su ingreso en unidad de terapia intensiva.
- Calcular el valor de escala de APACHE en cada paciente ingreso a unidad de terapia intensiva.
- Identificar el valor de poder mecánico en pacientes con ventilación mecánica invasiva y su asociación con días libres de ventilación mecánica utilizando la prueba Rho de Spearman.
- Registrar los días libres de ventilación mecánica en los pacientes ingresados en terapia intensiva

Métodos

Tipo de estudio

Observacional, prospectivo, transversal y analítico donde se realizará un análisis de fuentes secundarias generadas por los expedientes utilizados en las Unidades de Cuidados Intensivos de los hospitales seleccionados para el estudio, entre marzo 2022 y marzo 2023.

Diseño general de la investigación

Estudio observacional, prospectivo, transversal y analítico de fuentes secundarias conducido entre marzo 2022 a marzo 2023 con la información reportada por los expedientes utilizados en las Unidades de Cuidados Intensivos de los hospitales seleccionados para el estudio.

Descripción y operativización de variables

<u>Variable</u>	<u>Tipo</u>	<u>Definición</u>
EDAD	Cuantitativo	Tiempo de vida que presenta una persona se puede medir según la etapa de la vida en días, meses o años.
SEXO	Cualitativa	Conjunto de las peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos
PODER MECANICO	Cuantitativo	El volumen tidal, las presiones y el flujo son componentes de la carga de energía, expresada por unidad de tiempo jules/minuto $0,098 \times RR \times TV \times (P \text{ PEAK} \times \frac{1}{2} (DP))$.
DIAS LIBRES DE VENTILACION MECANICA	Cuantitativo	Parámetro que otorga un punto por cada día durante el período de medición (28 días) que los pacientes están vivos y libres de ventilación mecánica.
SCORE APACHE II	Cuantitativo	Valor de Score APACHE II registrado dentro de las primeras 24 horas de estancia en la unidad.

Definiciones operacionales

Universo

Pacientes sin patología pulmonar crónica, ingresados en las unidades de terapia intensiva del hospital médico quirúrgico y hospital general que requirieron de soporte ventilatorio invasivo entre marzo 2022 y marzo 2023

Muestra

A conveniencia, se tomará al 100% de pacientes sin patología pulmonar crónica, ingresados en las unidades de terapia intensiva del hospital médico quirúrgico y hospital general que requirieron de soporte ventilatorio invasivo entre marzo 2022 y marzo 2023

Unidad de análisis

Paciente en ventilación mecánica invasiva, en las unidades de terapia intensiva antes mencionadas extrayendo los datos por medio de un instrumento de recolección basándonos en los expedientes clínicos, específicamente en la hoja de indicaciones en la cual se consignan los parámetros ventilatorios, programados día a día y los parámetros programados en el ventilador de cada paciente.

Criterios de inclusión

- ⇒ Edad mayor de 18 años
- ⇒ Paciente ingresado en cuidados intensivos.
- ⇒ Paciente en ventilación mecánica invasiva manejado en modo volumen control.

Criterios de exclusión

- ⇒ Pacientes con patología pulmonar crónica
- ⇒ Paciente que fue manejado bajo ventilación mecánica invasiva más de 24 horas fuera de la unidad de terapia intensiva.
- ⇒ Pacientes manejados con modo no convencionales de ventilación mecánica invasiva (BILEVEL, BIPAP)
- ⇒ Mujeres embarazadas
- ⇒ Pacientes en cuidados paliativos

Intervención propuesta

Ninguna intervención

Proceso de recolección de datos

La recolección de los datos constará de la documentación de parámetros como sexo, edad, puntaje de severidad de APACHE II al ingreso, así como los datos antropométricos (peso y talla) del paciente obtenidos del expediente clínico que se lleva en terapia intensiva. así como de los pacientes que se mantengan ingresados durante el estudio, realizando la medición en las primeras 24 horas al ingreso a terapia intensiva

Resultados

Tabla 1: Distribución de pacientes ingresados en las UCIS de los hospitales HMQ y HG bajo VM durante marzo 2022 a marzo 2023 por Sexo.

Sexo	HMQ	HG	TOTAL	%
Femenino	51	15	66	47.1%
Masculino	49	25	74	52.9%
Total, de pacientes	100	40	140	

Se obtuvieron los datos de un total 140 pacientes, 100 ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Médico Quirúrgico y 40 ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General. La mayoría hombres (52.9%). Más de la mitad de los pacientes se encontraban entre los 41 a 70 años (57.8%). El diagnóstico principal fue Sepsis, seguido de Choque cardiogénico y Trauma.

Tabla 2: Distribución de pacientes ingresados en las Ucis de los hospitales HMQ y HG bajo VM durante marzo 2022 a marzo 2023 por Edad.

E DADES	RANGO	HMQ	HG	TOTAL	%
	18 - 30	10	8	18	12.86%
	31-40	5	9	14	10.00%
	41-50	13	6	19	13.57%
	51-60	25	8	33	23.57%
	61-70	26	3	29	20.71%
	71-80	16	4	20	14.29%
	>80	5	2	7	5.00%
	Total	100	40	140	100.00%

En los resultados se observa un total de 140 pacientes distribuidos entre el hospital médico-quirúrgico y el hospital general. El grupo de edad predominante es el de 51 a 60 años, seguido por los grupos de 61 a 70 años, 71 a 80 años, y 41 a 50 años. Los demás grupos etarios presentan una cantidad significativamente menor de pacientes.

Tabla 3: Distribución de pacientes ingresados en las UCIs de los hospitales HMQ y HG bajo VM durante marzo 2022 a marzo 2023 por puntaje APACHE II.

APACHE II	Mortalidad	HMQ	HG	Total	%
0 – 9	4-8%	1	0	1	0.71%
10-19	15-25%	9	2	11	7.86%
20-29	40-55%	49	12	61	43.57%
> 30	>75%	41	26	67	47.86%

En relación con la distribución de pacientes en las unidades de terapia intensiva tanto del hospital médico-quirúrgico como del hospital general, se observa que la mayoría presenta un puntaje de APACHE superior a 30 puntos (47.8%). Este grupo es seguido por aquellos con puntajes entre 20 y 29 puntos (43.5%), mientras que una menor proporción de pacientes se encuentra en el rango de 10 a 19 puntos (7.86%).

Tabla 4: Distribución de pacientes ingresados en las UCIs de los hospitales HMQ y HG bajo VM durante marzo 2022 a marzo 2023 por patologías.

Diagnósticos	HMQ	HG	TOTAL	%
Sepsis	47	16	63	45.00%
Trauma	3	16	19	13.57%
Neurocríticos	14	6	20	14.29%
Choque cardiogénico	17	0	17	12.14%
Otros	19	2	21	15.00%
TOTAL	100	40	140	100.00%

Las patologías más frecuentes en las unidades de terapia intensiva de hospital médico quirúrgico y hospital general son, sepsis (63%), otros (15%), neurocríticos (14.2%), trauma (19%) y finalmente choque cardiogénico (12.4%)

Tabla 5: Distribución de pacientes con Días libres de Ventilación Mecánica y Poder Mecánico en pacientes de las Unidades de Cuidados Intensivos de HMQ y HG

TOTAL 28 DIAS X 140 PTES		3,920
PM NORMAL		
PACIENTES (N°)	56	Promedio (días)
Días con VM	352	6.3
Días libres de VM	1,216	21.7
PM ANORMAL		
PACIENTES (N°)	84	Promedio (días)
Días con VM	816.7	9.7
Días libres de VM	1,535.30	18.3

Rho de sperman,

$$r: 1 - \frac{6\sum D^2}{n(n^2-1)}$$

$$r: 1 - \frac{6(640485)}{140(140^2 - 1)}$$

$$r: 0.85$$

n= número de puntos de datos de las dos variables
di= diferencia de rango del elemento «n»

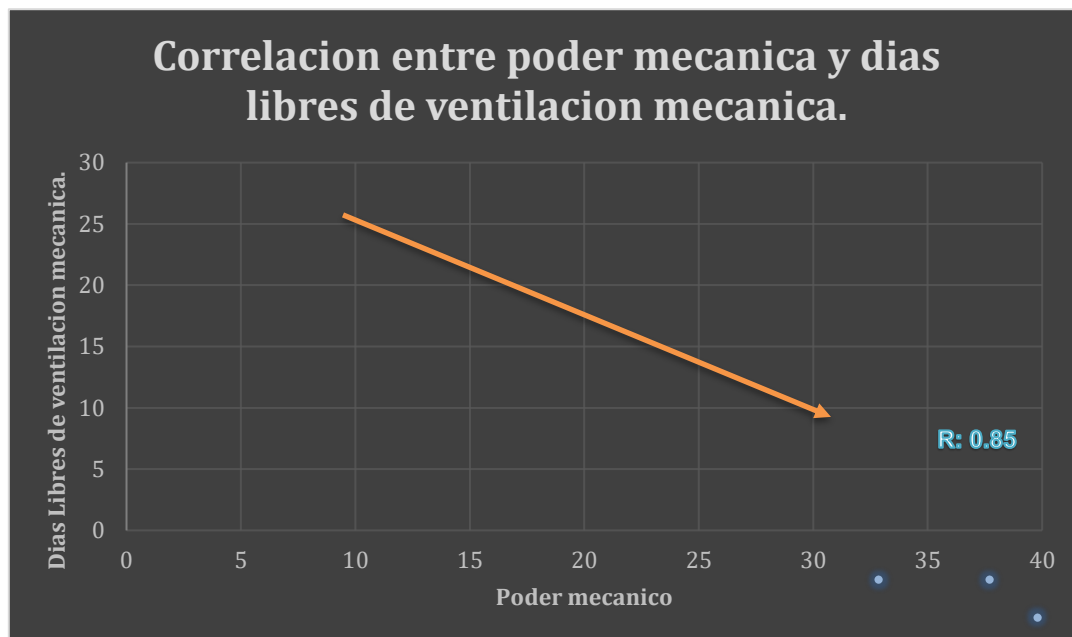
El Coeficiente Spearman, ρ , puede tomar un valor entre +1 y -1 donde,

- Un valor de +1 en ρ significa una perfecta asociación de rango
- Un valor 0 en ρ significa que no hay asociación de rangos
- Un valor de -1 en ρ significa una perfecta asociación negativa entre los rangos.

Si el valor de ρ se acerca a 0, la asociación entre los dos rangos es más débil.

Valor del coeficiente r	Significado
-0.90	Correlación negativa muy fuerte.
-0.75	Correlación negativa considerable.
-0.50	Correlación negativa media.
-0.25	Correlación negativa débil.
-0.10	Correlación negativa muy débil.
0.00	No existe correlación alguna entre las variables.
+0.10	Correlación positiva muy débil.
+0.25	Correlación positiva débil.
+0.50	Correlación positiva media.
+0.75	Correlación positiva considerable.
+0.90	Correlación positiva muy fuerte.
+1.00	Correlación positiva perfecta.

Gráfico N°5: Correlación entre el poder mecánico y los días libres de ventilación mecánica.



En la gráfica se evidencia una correlación entre un menor valor de poder mecánico y un mayor número de días libres de ventilación mecánica. Asimismo, al incrementarse el valor de poder mecánico, se observa un aumento en los días de ventilación mecánica invasiva. Estos datos provienen de las unidades de terapia intensiva del hospital médico-quirúrgico y del hospital general.

Discusión

El presente estudio muestra que más de la mitad de los pacientes bajo ventilación mecánica son hombres (52.9%), aunque la diferencia es discreta comparada con otras investigaciones como la de Estrada-Alava et al quienes obtuvieron 61% del sexo masculino. Además, en relación al estudio previamente citado los diagnósticos más frecuentes fueron Sepsis no pulmonar y neurocríticos, siendo comparable con nuestros resultados ya que nuestros principales diagnósticos fueron sepsis y pacientes neurocríticos. En las instituciones de Quito se ve reflejada la utilización de Presión control como modo ventilatorio predominante, a diferencia de nuestras unidades críticas donde utilizados predominantemente Volumen control, siendo importante mencionar que la diferencia de Poder Mecánico en relación con ambos modos es superior para Presión Control sobre Volumen Control por la forma de entrega del volumen tidal, incrementando dicha variable cuando se coloca pausa inspiratoria (Rietveld et al 2022).

Como hallazgo principal, en el estudio actual, se comprobó la existencia de relación inversa entre el valor de poder mecánico y el número de días libres de ventilación mecánica, con un coeficiente de correlación de Spearman de 0.85 siendo esta una alta correlación tomando como punto de corte 12 J/min, a mayor Poder Mecánico, menor número de días libres de ventilación mecánica. Hallazgos similares encontraron Rosas et al (2017) donde el área bajo la curva (ABC) del PM en predicción de días libres de ventilación mecánica fue de 0.75 IC 95% (0.59-0.90) $p=0.007$

Sin embargo, el estudio actual presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. Primero, el tamaño de la muestra, aunque suficiente para detectar tendencias significativas, podría ser incrementado en futuros estudios para robustecer los hallazgos. Además, la heterogeneidad de la población estudiada en términos de diagnósticos y severidad de la enfermedad puede introducir variabilidad que no fue controlada en este análisis. Al mismo tiempo, la población de nuestro estudio contaba con puntajes de severidad de su enfermedad crítica altos por APACHES II (>90% de pacientes contaba con puntuación APACHE II > 20 puntos) por lo que la severidad de la enfermedad puede generar mayor número de días de ventilación mecánica y no solo un PM > 12 J/min.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en validar estos hallazgos en poblaciones más grandes y específicas, así como explorar la relación del PM con otros parámetros ventilatorios y de resultados clínicos.

Conclusiones

- ✓ El Poder Mecánico (PM) es un parámetro crucial en la ventilación mecánica, ya que un PM elevado se asocia con una reducción significativa en los días libres de ventilación, lo que indica peores resultados clínicos.
- ✓ La sepsis fue el diagnóstico principal en los pacientes ingresados en UCI, representando el 45% de los casos. Esto resalta la importancia de estrategias específicas para el manejo de esta condición en unidades de cuidados intensivos.
- ✓ El umbral de 12 Joules/min de PM, considerado crítico en estudios previos, fue validado en nuestra cohorte, demostrando su aplicabilidad y relevancia clínica para predecir el pronóstico de los pacientes bajo ventilación mecánica.
- ✓ La facilidad de cálculo del PM a pie de cama y su relevancia clínica destacan la necesidad de su implementación rutinaria en la práctica clínica para una mejor individualización de las estrategias de ventilación mecánica y reducción de complicaciones.

Referencias

1. Serpa Neto A, Deliberato R, Johnson A, Bos L, Amorim P, Pereira S et al. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Medicine*. 2018;44(11):1914-1922. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-018-5375-6>
2. Santos RS, Maia LA, Oliveira MV, Santos CL, Moraes L, Pinto EF, et al. Biologic impact of mechanical power at high and low tidal volumes in experimental mild acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2018;128(6):1193-1206. <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/128/6/1193/19917/Biologic-Impact-of-Mechanical-Power-at-High-and>
3. Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury 2016 Massimo Cressoni, Miriam Gotti, Chiara Chiurazzi, Dario Massari, Ilaria Algieri, Martina Amini, Antonio Cammaroto, Matteo Brioni, Claudia Montaruli, Klodiana Nikolla, Mariateresa Guanziroli, Daniele Dondossola, Stefano Gatti, Vincenza Valerio, Giordano Luca Vergani, Paola Pugini, Paolo Cadringer, Nicoletta Gagliano, Luciano Gattinoni <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/124/5/1100/14365/Mechanical-Power-and-Development-of-Ventilator>
4. Impact of Different Tidal Volume Levels at Low Mechanical Power on Ventilator-Induced Lung Injury in Rats 2018 Lillian Moraes, Pedro L. Silva, Alessandra Thompson, Cintia L. Santos, Raquel S. Santos, Marcos V. S. Fernandes, Marcelo M. Morales, Vanessa Martins, Vera L. Capelozzi, Marcelo G. de Abreu, Paolo Pelosi, Patricia R. M. Rocco <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2018.00318/full>
5. The role of high airway pressure and dynamic strain on ventilator-induced lung injury in a heterogeneous acute lung injury model 2017 Sumeet V. Jain, Michaela Kollisch-Singule, Joshua Satalin, Quinn Searles, Luke Dombert, Osama Abdel-Razek, Natesh Yepuri, Antony Leonard, Angelika Gruessner, Penny Andrews, Fabeha Fazal, Qinghe Meng, Guirong Wang, Louis A. Gatto, Nader M. Habashi, Gary F. Nieman [10.1186/s40635-017-0138-1](https://doi.org/10.1186/s40635-017-0138-1)

<https://icm-experimental.springeropen.com/articles/10.1186/s40635-017-0138-1>

6. Mechanical power normalized to predicted body weight as a predictor of mortality in patients with acute respiratory distress syndrome 2019 Zhongheng Zhang, Bin Zheng, Nan Liu, Huiqing Ge, Yucai Hong 10.1007/s00134-019-05627-9 Intensive Care Medicine <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-019-05627-9>
7. Asociación y valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica, Karina Rosas Sánchez,* Damián Gutiérrez Zárate,‡ Ulises W Cerón Díaz* <http://www.scielo.org.mx/pdf/mccmmc/v31n6/2448-8909-mccmmc-31-06-320.pdf>
8. Efecto del poder mecánico (pm) en la “mortalidad” y “días libres del ventilador mecánico” en pacientes adultos sin síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) bajo ventilación mecánica invasiva (vmi) en la unidad de cuidados intensivos de 2 hospitales de la ciudad de Quito en 2019 <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16792>
9. Epidemiology, Mechanical Power, and 3-Year Outcomes in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients Using Standardized Screening. An Observational Cohort Study 2019 Ken Kuljit S. Parhar, Karolina Zjadewicz, Andrea Soo, Alan Sutton, Margaret Zjadewicz, Lauren Doig, Calvin Lam, Andre Ferland, Daniel J. Niven, Kirsten M. Fiest, Henry T. Stelfox, Christopher J. <https://www.atsjournals.org/doi/10.1513/AnnalsATS.201812-910OC>
10. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts 2018 Ary Serpa Neto, Rodrigo Octavio Deliberato, Alistair E. W. Johnson, Lieuwe D. Bos, Pedro Amorim, Silvio Moreto Pereira, Denise Carnieli Cazati, Ricardo L. Cordioli, Thiago Domingos Correa, Tom J. Pollard, Guilherme P. P. Schettino, Karina T. Timenetsky, Leo A. Celi, Paolo Pelosi, Marcelo Gama de Abreu, Marcus. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-018-5375-6>

