

6. Leichtle SW, Banerjee D, Schrader R, Torres B, Jayaraman S, Rodas E, et al. Blunt cerebrovascular injury: The case for universal screening. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020;89:880–6, <http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000002824>.
7. Ku JC, Priola SM, Mathieu F, Taslimi S, Pasarikovski CR, Zeiler FA, et al. Antithrombotic choice in blunt cerebrovascular injuries: Experience at a tertiary trauma center, systematic review, and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;91:e1–12, <http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000003194>.
8. Shahan CP, Magnotti LJ, McBeth PB, Weinberg JA, Croce MA, Fabian TC. Early antithrombotic therapy is safe and effective in patients with blunt cerebrovascular injury and solid organ injury or traumatic brain injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81:173–7, <http://dx.doi.org/10.1097/TA.0000000000001058>.
9. Cothren CC, Biffl WL, Moore EE, Kashuk JL, Johnson JL. Treatment for blunt cerebrovascular injuries: Equivalence of anticoagulation and antiplatelet agents. *Arch Surg.* 2009;144:685, <http://dx.doi.org/10.1001/archsurg.2009.111>.
10. Scott WW, Sharp S, Figueroa SA, Eastman AL, Hatchette CV, Madden CJ, et al. Clinical and radiographic outcomes following traumatic grade 3 and 4 carotid artery

injuries: A 10-year retrospective analysis from a level 1 trauma center—The Parkland Carotid and Vertebral Artery Injury Survey. *J Neurosurg.* 2015;122:610–5, <http://dx.doi.org/10.3171/2014.10.JNS14875>.

G. Morales Varas*, F. Morán Gallego, A. Pedrosa Guerrero, V. Merlo González, M. Márquez Doblas y L. Marina Martínez

Unidad de Cuidados Intensivos, Servicio de Medicina Intensiva, Complejo Hospitalario Universitario de Toledo, Toledo, España

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: guillermo.moralesvaras@gmail.com (G. Morales Varas).

<https://doi.org/10.1016/j.medin.2022.02.012>
0210-5691/ © 2022 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

Poder mecánico mayor de 17 julios/min en pacientes con insuficiencia respiratoria secundaria a infección por SARS-CoV-2



Mechanical power greater than 17 joules/min in patients with respiratory failure secondary to SARS-CoV-2 infection

Sr. Editor:

En ventilación mecánica (VM), la configuración de los parámetros ventilatorios es clave para la protección pulmonar. Se

utiliza el término potencia mecánica (MP, del inglés *mechanical power*) para definir la cantidad de energía que se transmite desde el ventilador al parénquima pulmonar en cada ciclo respiratorio¹. La bibliografía más reciente evidencia que en pacientes con VM por insuficiencia respiratoria secundaria a infección por SARS-CoV-2, un umbral de MP de 17 J/min podría asociarse a un aumento del riesgo de muerte².

En este contexto, hemos querido analizar la asociación de MP con la supervivencia a corto plazo (28 días) de los enfermos ingresados en una unidad de cuidados intensivos (UCI) por SARS-CoV-2. Para ello, utilizando los datos de nuestro registro de enfermos COVID desarrollado con la aceptación del Comité de Ética de Investigación local y la concesión del consentimiento de los pacientes/representantes

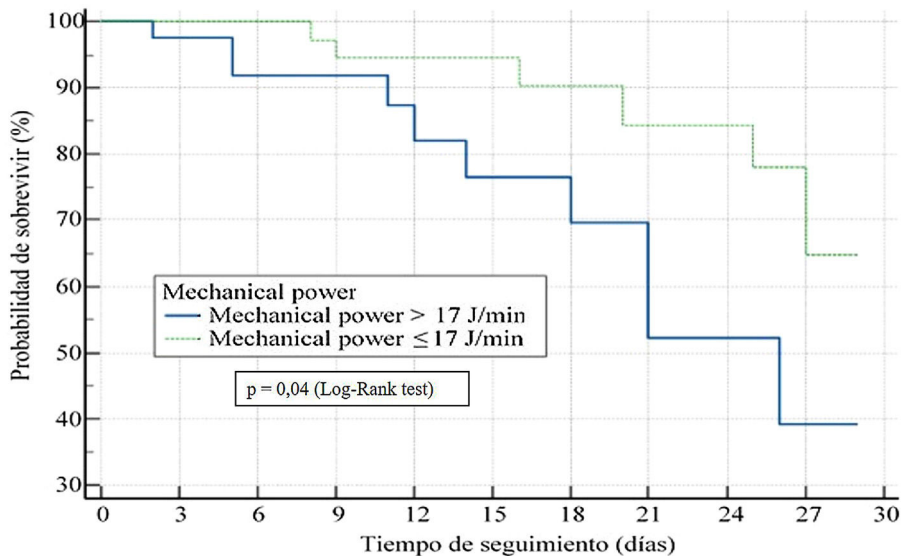


Figura 1 Análisis de supervivencia -a 28 días- de Kaplan-Meier para valores de Mechanical Power mayor de 17 julios/min y para valores menores o iguales a 17 julios/minuto.

Tabla 1 Descripción de las principales diferencias de las variables entre los enfermos que recibieron un MP \leq 17 J/min y los que recibieron un MP $>$ 17 J/min

Variables	Pacientes con MP \leq 17 J/min n = 41	Pacientes con MP $>$ 17 J/min n = 38	p
Edad (años), media (DE)	63 (38)	65 (42)	0,35
Sexo, n (%)			
Hombres	26 (63)	32 (84)	0,96
Principales comorbilidades, n (%)			
HTA	20 (49)	23 (71)	0,75
DM	4 (10)	10 (26)	0,10
Obesidad	6 (15)	11 (29)	0,24
Dislipidemia	18 (44)	16 (42)	0,23
Fumador	16 (39)	12 (31)	0,23
SOFA score, media (DE)	3 (3)	4 (3)	0,45
PaO ₂ /FiO ₂ ingreso en UCI, media (DE)	127 (40)	131 (39)	0,82
PaO ₂ /FiO ₂ previo VM, media (DE)	99 (39)	105 (39)	0,93
PaO ₂ /FiO ₂ $>$ 170 previo VM, n (%)	3 (7)	1 (3)	0,27
Datos de laboratorio, media (DE)			
Creatina cinasa, media (DE)	88 (29)	181 (40)	0,33
Dímero D (ng/mL), media (DE)	1.052 (400)	1.346 (410)	0,03
Tratamiento empleado durante estancia en UCI, n (%)			
Tratamiento combinado inmunomodulador tocilizumab-corticoide	11 (27)	5 (13)	0,13
Decúbito prono	25 (61)	25 (65)	0,66
Empleo de HFNO al ingreso en UCI	20 (49)	18 (47)	0,29
Necesidad de vasopresores	21 (51)	25 (66)	0,60
Empleo de terapia con iNO	3 (7)	1 (16)	0,27
Necesidad de TRR	0 (0)	2 (5)	-
Terapias antivirales, n (%)			
Plasma	12 (29)	12 (31)	0,82
Remdesivir	2 (5)	5 (13)	0,28
Principales parámetros ventilatorios (primer día de VM), media (DE)			
Volumen tidal	465 (36)	480 (48)	0,13
Frecuencia respiratoria inicial	16 (4)	18 (5)	$<$ 0,01
PEEP (cmH ₂ O)	10 (3)	12 (4)	0,05
Ppico (cmH ₂ O)	27 (3)	32 (6)	$<$ 0,01
Compliancia (mL/cmH ₂ O)	42 (13)	40 (18)	0,22
Estancia en UCI (días), media (DE)	11 (9)	16 (15)	$<$ 0,01

DE: desviación estándar; DM: diabetes mellitus; HFNO: oxígeno nasal de alto flujo; HTA: hipertensión arterial; iNO: óxido nítrico inhalado; MP: potencia mecánica; SOFA: *Sequential Organ Failure Assessment score*; PEEP: presión positiva al final de la espiración; TRR: técnicas de reemplazo renal; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos; VM: ventilación mecánica.

(escrito y/o telefónico), realizamos un análisis retrospectivo de todos los casos ingresados en nuestra UCI entre marzo de 2020 y julio de 2021, y ventilados mecánicamente por SDRA debido a infección por SARS-CoV-2. El muestreo fue consecutivo y la muestra se dividió en 2 cohortes atendiendo al valor de MP dentro de las primeras 24h después de la intubación endotraqueal: MP \leq 17 J/min y MP $>$ 17 J/min. La medición del MP se llevó a cabo con la fórmula simplificada propuesta por Gattinoni et al.³.

Se realizó inicialmente un análisis descriptivo de la muestra y posteriormente un análisis de supervivencia a 28 días con el método de Kaplan-Meier para la variable de tiempo de muerte (Log-rank test). Para evitar los factores de confusión, el análisis multivariable de la supervivencia se realizó ajustando un modelo de Cox (método: *forward*; introducción de variables al modelo si $p <$ 0,2 y exclusión de variables si

$p >$ 0,5; estado: fallecimiento en UCI a los 28 días; se utilizan como covariables: la edad, la PaO₂/FiO₂ previa a la intubación y el valor de la compliancia pulmonar). Para todos los análisis, la significación estadística se estableció en $p <$ 0,05.

De los 565 pacientes que ingresaron en la UCI-COVID en el periodo de estudio, se analizaron finalmente aquellos con infección por SARS-CoV-2 probada, que recibieron VM controlada y se les midieron las variables necesarias para el cálculo del MP en posición supina, después de sedación y análisis muscular, dentro de las 24h de iniciada la VM.

En la [tabla 1](#) se muestran las principales diferencias entre los 79 pacientes analizados, categorizados según su MP.

Las medianas de los tiempos de supervivencia de ambas cohortes fueron de 16 días (p25-75: 3-27) para la cohorte de enfermos con MP \leq 17 J/min, frente a 11 días (p25-75: 2-18) en la cohorte de enfermos con MP $>$ 17 J/min ($p =$ 0,02).

El grupo de pacientes con un valor de MP > 17 J/min se asoció de manera significativa con una mayor probabilidad de fallecer a los 28 días (OR: 2,91; IC95% 1,04-8,09; p=0,04) (fig. 1).

En el análisis de regresión de Cox, valores > 17 J/min de MP en las primeras 24 h de inicio de la VM se asociaron de manera independiente con la mortalidad (HR: 2,70; IC95% 1,31-6,47; p=0,02).

Nuestros resultados están en consonancia con estudios recientes que demostraron el efecto adverso de la exposición a valores de MP más elevados en pacientes críticos que recibieron VM por insuficiencia respiratoria por infección por SARS-CoV-2 o un motivo diferente^{2,4}.

Estos hallazgos pueden calificarse como esperables si entendemos que la MP es una variable que incluye todos los componentes que clásicamente se han relacionado con la producción de VILI: presiones, volumen, flujo, frecuencia respiratoria. Además, es importante recordar que la teoría reológica prevé que densidades de energía superiores a la resiliencia de un material son las que serían responsables de la producción de VILI. Esta densidad de energía (energía por unidad de superficie) nos invita, en la práctica clínica, a valorar en todo momento la relación entre la MP y el área alveolar expuesta a la energía suministrada^{5,6}.

Por otro lado, la aparición de alteraciones en el pulmón (*stress raisers*) que podrían desencadenar finalmente VILI, causadas por la aplicación de MP, parece un fenómeno con efecto umbral. En animales de experimentación (módulo de Young o elastancia pulmonar específica⁷ $5,4 \pm 2,2$ cmH₂O) se ha establecido en 12 J/min este umbral de potencia energética¹. En humanos⁸ (módulo de Young $13,4 \pm 4,1$ cmH₂O), estudios clínicos recientes parecen indicar que niveles de MP superiores a los 18-20 J/min se asocian a un aumento del riesgo de muerte en pacientes sometidos a VM^{9,10}.

Reconocer que la MP puede reflejar una conjunción de parámetros que pueden predisponer a VILI es un paso importante hacia la optimización de la VM en pacientes críticos.

Bibliografía

1. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, Massari D, Algieri I, Amini M, et al. Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury. *Anesthesiology*. 2016;124:1100–8, <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0000000000001056>.
2. Schuijt MTU, Schultz MJ, Paulus F, Serpa Neto A, PRoVENT-COVID Collaborative Group. Association of intensity of ventilation with 28-day mortality in COVID-19 patients with acute respiratory failure: Insights from the PRoVENT-COVID study. *Crit Care*. 2021;25:283, <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-021-03710-6>.

3. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: The mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42:1567–75, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-016-4505-2>.
4. Urner M, Jüni P, Hansen B, Wettstein MS, Ferguson ND, Fan E. Time-varying intensity of mechanical ventilation and mortality in patients with acute respiratory failure: A registry-based, prospective cohort study. *Lancet Respir Med*. 2020;8:905–13, [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30325-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30325-8).
5. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Power to mechanical power to minimize ventilator-induced lung injury? *Intensive Care Med Exp*. 2019;7 Suppl 1:38, <http://dx.doi.org/10.1186/s40635-019-0243-4>.
6. Modesto I, Alapont V, Aguar Carrascosa M, Medina Villanueva A. Clinical implications of the rheological theory in the prevention of ventilator-induced lung injury. Is mechanical power the solution? *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2019;43:373–81, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2018.06.005>.
7. Protti A, Cressoni M, Santini A, Langer T, Mietto C, Febres D, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: Any safe threshold? *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183:1354–62, <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.201010-1757OC>.
8. Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza F, Polli F, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178:346–55, <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.200710-1589OC>.
9. Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, Bos LD, Amorim P, Pereira SM, et al., PROVE Network Investigators. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: An analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med*. 2018;44:1914–22, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-018-5375-6>.
10. Guérin C, Papazian L, Reignier J, Ayzac L, Loundou A, Forel JM, investigators of the Acurasys and Proseva trials. Effect of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials. *Crit Care*. 2016;20:384, <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-016-1556-2>.

A. González-Castro*, E. Cuenca Fito,
A. Fernandez-Rodriguez, P. Escudero Acha,
J.C. Rodríguez Borregán
e Y. Peñasco

Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: e409@humv.es (A. González-Castro).

<https://doi.org/10.1016/j.medin.2022.05.002>

0210-5691/ © 2022 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.