



## Artículo de revisión

doi: 10.35366/92871  
<https://dx.doi.org/10.35366/92871>

Revista Mexicana de  
**Anestesiología**

Abril-Junio 2020  
Vol. 43. No. 2. pp 130-135



### Palabras clave:

Ventilación mecánica, lesión pulmonar, protección alveolar.

### Keywords:

Mechanical ventilation, lung injury, alveolar protection.

\* Centro Médico ABC. Médico Especialista en Medicina Crítica. Ciudad de México.

† Instituto Nacional de Cancerología. Médico Anestesiólogo y residente del primer año en Medicina Crítica. Ciudad de México.

‡ Jefe de Terapia Intensiva del Hospital Santo Tomás, Querétaro. Médico Especialista en Anestesiología y Medicina Crítica.

|| Centro Médico ABC. Médico Especialista en Anestesiología y Medicina Crítica. Ciudad de México.

### Solicitud de sobretiros:

**Dr. Enrique Monares-Zepeda**

Centro Médico ABC.

Ciudad de México.

Medicina Crítica y Terapia Intensiva.

E-mail: [enrique\\_monares@hotmail.com](mailto:enrique_monares@hotmail.com)

Recibido para publicación:

30-03-2020

Aceptado para publicación:

09-04-2020

*La experiencia sirve para evitar errores  
No para merecer aciertos*  
Jorge Luis Borges

Todo procedimiento anestésico durante la pandemia COVID-19 debe ser una cirugía de control de daños; se realizará por un equipo de profesionales de la salud, estresados y fatigados, en un sistema de salud sobrepasado en sus capacidades. Ante dicho escenario de crisis es indispensable tener estrategias y protocolos que ayuden a minimizar errores y maximizar la eficiencia y la seguridad del procedimiento. Ante una crisis como ésta, las únicas decisiones inteligentes serán las que se tomen antes de que se presente el problema;

en este caso, la problemática es cómo ventilar a un paciente con COVID-19, que será sometido a algún procedimiento quirúrgico. En otros apartados se comentan técnicas de intubación y recomendaciones de ventilación mecánica no invasiva<sup>(1-6)</sup>.

El primer objetivo es evitar retrasos en la intubación

Recomendamos evaluar la necesidad de apoyo mecánico ventilatorio invasivo en cada paciente COVID-19, que deba pasar a procedimiento quirúrgico y no tenga un manejo avanzado de la vía aérea.

Evaluar el abordaje invasivo de la vía aérea, en pacientes con dos o más de los siguientes signos<sup>(6,7)</sup>:



- Frecuencia respiratoria > 30 por minuto
- SpO<sub>2</sub> < 93% con oxígeno ≥ 6 litros minuto
- Aumento subjetivo del trabajo respiratorio
- Disnea > 7 de 10

La gasometría arterial puede ayudar, pero no recomendamos que sea lo principal, único o más importante criterio de evaluación para tomar decisiones<sup>(8)</sup>.

Recomendamos clasificar la hipoxia, con base en el índice SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub><sup>(9,10)</sup>:

**Moderada:** SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 315 = PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>: < 300 mmHg

**Severa:** SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 235 = PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>: < 200 mmHg

**Leve:** SpO<sub>2</sub> < 85% con oxígeno a 3 litros minuto

**Moderada:** SpO<sub>2</sub> < 92% con oxígeno a 6 litros minuto

**Severa:** SpO<sub>2</sub> < 93% con oxígeno ≥ 10 litros minuto

### Programación inicial

La homogenización de la programación es parte del éxito de un programa de ventilación mecánica durante una pandemia. No se trata de una receta de cocina, ni de forzar a todos los pacientes a entrar en una combinación específica, sino de empezar todos de un mismo punto de partida para entender qué es lo mejor para todos los pacientes.

Si el paciente se encuentra ya en ventilación mecánica invasiva, recomendamos tratar de minimizar los cambios en los parámetros ventilatorios de los basales, en especial la PEEP.

En caso de iniciarse la ventilación mecánica, recomendamos comenzarla acorde a un consenso institucional que puede basarse en los puntos resumidos en las *Tablas 1 a 4*.

### Control volumen/control presión

Sugerimos elegir por centro una sola modalidad ventilatoria, en la que todos juntos trabajemos de la misma forma<sup>(11)</sup>. Ante un paciente sedado y con relajante muscular, la modalidad ventilatoria control volumen versus control presión es completamente indiferente.

**Volumen tidal.** Ante el escenario de una pandemia, es probable que no se tenga mucho tiempo para seguir indicaciones clásicas de ventilación mecánica<sup>(12)</sup>; es probable que el paciente tenga medidas de aislamiento que no permitan medirlo o la misma cinta métrica pueda convertirse en un factor de transmisión; recomendamos acorde a los registros históricos de pacientes el volumen corriente que en promedio mantenga niveles entre 6 y 7 mL/kg de peso predicho ARDSnet en su población<sup>(13)</sup>.

En nuestra institución tenemos:

- Hombres: 450 mL

- Mujeres: 350 mL
- Niveles parecidos a otras recomendaciones<sup>(14)</sup>

**Frecuencia respiratoria.** Recomendamos iniciar con 20 respiraciones por minuto y guarnos con base en nuestro CO<sub>2</sub>-pH meta<sup>(15)</sup>.

**Relación: inspiración-espiración.** Recomendamos una relación inspiración-espiración, I: E: 1:2<sup>(16)</sup>. Evitando la presencia de auto PEEP. Lo que se logra al corroborar que la curva de flujo espiratorio llegue a cero (*Figuras 1 A y B*).

**PEEP.** Recomendamos iniciar con una PEEP de 8 cmH<sub>2</sub>O y en el paciente con obesidad evidente (índice de masa corporal aproximado > 40) iniciar con PEEP 10 cmH<sub>2</sub>O<sup>(17)</sup>.

**FiO<sub>2</sub>.** Recomendamos comenzar con una FiO<sub>2</sub> de 100%; sin embargo, a la brevedad posible, disminuirlo para ajustarlo a las metas de > 88%<sup>(18)</sup>.

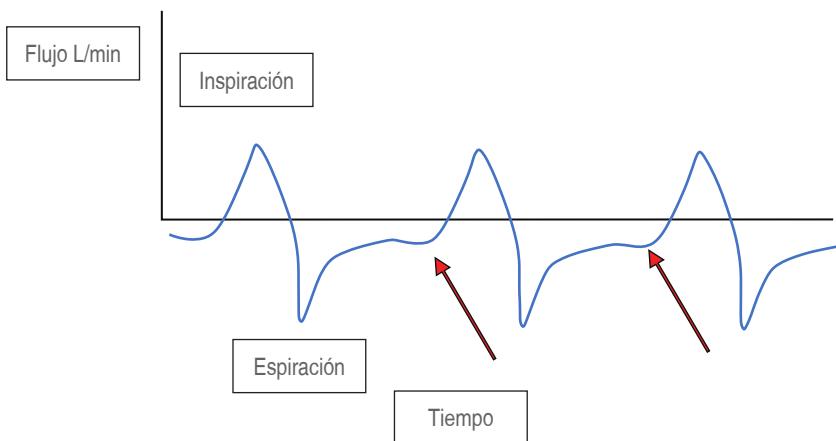
**Metas:** si no se alcanzan metas de SpO<sub>2</sub> a los 5 minutos de iniciar la ventilación mecánica, se recomienda realizar las siguientes maniobras; no obstante, hay que mantener hemodinámicamente estable al paciente antes de realizarlas<sup>(19)</sup>, manteniendo una presión arterial media > 65 mmHg, saturación venosa central de oxígeno (SvCO<sub>2</sub>) > 70%.

### Si la SpO<sub>2</sub> es < 88% aumente PEEP 15 cmH<sub>2</sub>O

Si el paciente no responde a los 5 minutos y la SpO<sub>2</sub>, continúa < 88%, realice una maniobra de reclutamiento leve. Nosotros recomendamos:

Tabla 1: Recomendaciones para la programación inicial.

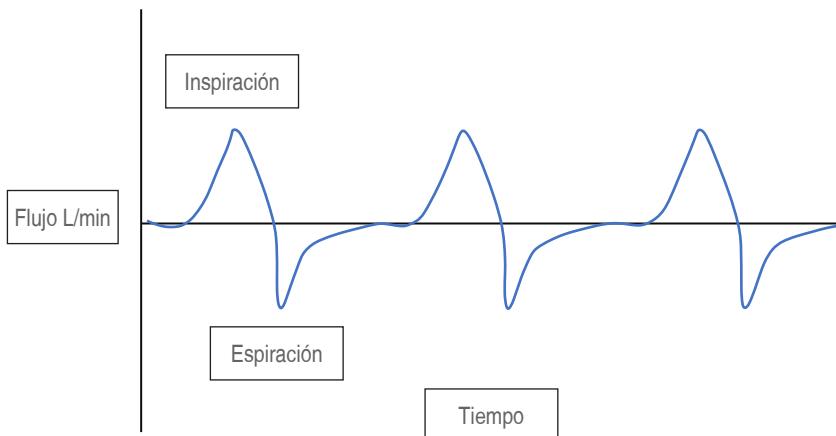
Parámetros	Programación inicial	Recomendaciones
Frecuencia respiratoria	20 ventilaciones por minuto	Acorde a metas de pH-PaCO <sub>2</sub>
Volumen tidal	El promedio para obtener en la mayoría de los pacientes entre 6-7 mL/kg peso ARDSnet Hombres: 450 mL Mujeres: 350 mL	Mantener presión pico < 30 cmH <sub>2</sub> O
Relación I:E	1:2	Evitar presencia de AutoPEEP
Presión máxima	Menor a 35 cmH <sub>2</sub> O	Objetivo inicial < 30 cmH <sub>2</sub> O
PEEP	8 cmH <sub>2</sub> O En caso de índice de masa corporal > 40 (obesidad evidente), iniciar 10 cmH <sub>2</sub> O	En caso de no lograr meta de SpO <sub>2</sub> > 88%, hacer una prueba con 15 cmH <sub>2</sub> O
Fracción inspirada de oxígeno	100%	La menor posible para mantener SaO <sub>2</sub> de > 88%



Curva de flujo tiempo en paciente con PEEP intrínseco. Nótese cómo el flujo inspiratorio comienza antes de que el flujo espiratorio llegue a la línea basal.

**Figura 1A:**

Curva de flujo tiempo en la que la parte exhalatoria no llega a cero, lo que muestra la presencia de autoPEEP.



Curva de flujo tiempo en paciente sin evidencia de PEEP intrínseco. El flujo inspiratorio comienza después de que el flujo espiratorio llega a la línea basal.

**Figura 1B:**

Corrección del autoPEEP al aumentar la relación I:E. Nótese cómo la parte exhalatoria de la curva llega a cero, lo que evidencia la eliminación del autoPEEP.

Colocar PEEP 25 cmH<sub>2</sub>O por 2 minutos (mantener hemodinámicamente estable al paciente antes de realizar la maniobra). Disminuir 2 cmH<sub>2</sub>O a la PEEP, mantenerla por 2 minutos y colocar la PEEP que mantenga una presión pico de 30 cmH<sub>2</sub>O.

#### Por ejemplo:

1. Si se cuenta con el recurso y la experiencia, recomendamos colocar línea arterial.
2. Si no se cuenta con línea arterial, recomendamos gasometría venosa.
3. No recomendamos gasometría por turno u otra indicación rutinaria, únicamente solicitar gasometría explícitamente por cambios drásticos en la condición clínica<sup>(20,21)</sup>.

4. No recomendamos múltiples punciones para toma de gasometrías arteriales.
5. Recomendamos gasometría (arterial/venosa) a los 15 minutos de iniciados los parámetros ventilatorios, una vez lograda SpO<sub>2</sub> > 88% para evaluación de PaCO<sub>2</sub>/PvCO<sub>2</sub>, en especial si no se cuenta con capnógrafo.
6. Recomendamos, si cuenta con el recurso, el empleo del capnógrafo como se describe en el apartado correspondiente.
7. Si el pH ≥ 7.3 y/o PCO<sub>2</sub> < 60 mmHg sugerimos no hacer cambios en la ventilación mecánica y reevaluar en la siguiente hora. No recomendamos guiar la ventilación con base en capnografía, pero sí reevaluar la ventilación y gases sanguíneos ante cambios drásticos en los niveles de capnografía.
8. Si el pH < 7.3 y la PCO<sub>2</sub> > 60 mmHg.

- Recomendamos aumentar la frecuencia respiratoria cuatro respiraciones respecto del basal hasta lograr la meta de  $\text{pH} = 7.3$ , o llegar a 30 de frecuencia respiratoria.
- Es decir, hacer una prueba con 24 de frecuencia respiratoria (fr), 28 fr, 30 fr. Si se llega a 30 de respiratoria la meta será mantener un  $\text{pH} \geq 7.2$ .
- Si no se logra esta meta, recomendamos un aumento del volumen corriente de 25 mL o el volumen que mantenga una presión pico en 30  $\text{cmH}_2\text{O}$ .

**Por ejemplo:**

- Si el aumento de la frecuencia respiratoria y el discreto aumento del volumen corriente no logran las metas, los valores cambian a tolerar un  $\text{pH} \geq 7.1$ .



**Figura 2:** Filtro viral/bacteriano, el cual debe ir colocado en la salida de la válvula inspiratoria de la máquina de anestesia.



**Figura 3:** Filtros intercambiadores de calor y humedad (HME), deben ir colocados en la Y del circuito.

**Tabla 2: Maniobra de leve reclutamiento ante hipoxemia.**

PEEP (por dos minutos)	Presión pico
25	Anotar PEEP
23	Anotar PEEP
21	Anotar PEEP
19	Anotar PEEP
17	Anotar PEEP
15	Anotar PEEP

**Tabla 3: Ejemplo de maniobra de reclutamiento. En este caso PEEP se detendría en 17  $\text{cmH}_2\text{O}$ .**

PEEP	Presión pico
25	40
23	39
21	34
19	32
17	30
15	Detenerse

**Tabla 4: Modificación del volumen tidal, para mantener una presión pico protectora.**

Volumen tidal (mL)	Presión pico
450	28
475	30
500 regresar a nivel anterior	31 regresar a nivel anterior

- Recomendamos el empleo de relajante muscular para facilitar la ventilación de este tipo de pacientes<sup>(22,23)</sup>.

**Capnógrafo.** Si se dispone de capnógrafo, mida la diferencia  $\text{PaCO}_2 - \text{PECO}_2$  y regístrela, para estimar la  $\text{PaCO}_2$  de manera no invasiva. Si no hay cambios en la condición clínica ni el ventilador, entonces es confiable guiarse por la capnografía ajustando la diferencia. Es decir, si la  $\text{PaCO}_2$  es 55 mmHg y la  $\text{PECO}_2$  por capnografía es 45 mmHg:  $\text{Gap PaCO}_2 - \text{PECO}_2 = 55 - 45 = 10 \text{ mmHg}$ .

Si las condiciones clínicas y respiratorias se mantienen estables en el caso ejemplificado, se puede estimar que la  $\text{PaCO}_2$  es  $\text{PECO}_2 + 10 \text{ mmHg}$ .

Ante cambios de la situación clínica o cambios en la  $\text{PECO}_2 > 5 \text{ mmHg}$ , recomendamos volver a establecer el  $\text{Gap PaCO}_2 - \text{PECO}_2$ .

### Capnografía y evaluación hemodinámica

- Volumen minuto (VM) = frecuencia respiratoria por volumen corriente. Si el VM no cambia y la capnografía

disminuye: evaluar estado hemodinámico ante posible disminución del gasto cardíaco.

- b. Capnografía aumenta, evaluar el volumen minuto.

No recomendamos emplear la regla de sumar 5 a la capnografía para estimar los niveles de  $\text{PaCO}_2$ , y recomendamos medir la diferencia  $\text{PaCO}_2\text{-PECO}_2$  ante cambios drásticos en las condiciones ventilatorias o hemodinámicas.

### Manejo hemodinámico

Los pacientes COVID-19 tienen algún grado de hipertensión pulmonar y disfunción del ventrículo derecho por vasoconstricción pulmonar hipóxica<sup>(24)</sup>.

1. Recomendamos restringir el aporte hídrico a estos pacientes.
2. No recomendamos usar retos de volumen intravascular.
3. No recomendamos usar pruebas para identificar respuesta a volumen, ya que este tipo de pruebas carecen de validez ante pacientes con hipertensión pulmonar<sup>(25)</sup>.
4. Recomendamos mantener balance<sup>(24)</sup>.

**Reto de diurético.** En presencia de oliguria, recomendamos un reto de diurético antes del empleo de reto de volumen. Infusión o bolo de furosemida, con base en esquemas parecidos al siguiente:

a) Creatinina < 2 mg/dL

- Furosemida bolo 40 mg, seguida de una infusión de 3 mg/horas durante el procedimiento anestésico.

b) Creatinina < 3 mg/dL

- Furosemida bolo 60 mg, seguida de una infusión de 6 mg/horas durante el procedimiento anestésico.

c) Creatinina > 3 mg/dL

- De ser posible, interconsulta con nefrología para guiar tratamiento. Reto de diurético<sup>(26)</sup> con bolo de 80 a 100 mg de furosemida y evaluar respuesta a las 2 horas.

Respuesta positiva: diuresis > 200 mL en las siguientes dos horas.

Respuesta negativa: diuresis < 200 mL en las siguientes dos horas.

**Reto de vasopresor.** Ante eventos de desaturación que se acompañen con disminución de la PAM, recomendamos un

reto de vasopresor, iniciar norepinefrina para mantener PAM 75-85 mmHg si el aumento de la presión arterial media mejora la oxigenación<sup>(27)</sup>.

**Reto de vasodilatador.** Reto de vasodilatador pulmonar específico (comentar estrategia con neumólogo experto en hipertensión pulmonar). Considerar si se garantiza la seguridad del personal en los filtros de exhalación el empleo de gases anestésicos con propiedades de vasodilatador pulmonar.

**Técnica anestésica.** Se recomienda manejar los procedimientos quirúrgicos con anestesia general para evitar la tos (menor generación de partículas virales en el aire) y reducir el movimiento del paciente ante pasos críticos. Para el manejo anestésico, se recomienda ventilación protectora, anestesia total intravenosa o anestesia general balanceada con **flujos de oxígeno bajos** o flujos metabólicos si se dispone de máquinas con capacidad para ello, para evitar la mayor generación de partículas virales que se pueden dispersar en el aire ante circuitos anestésicos semicerrados.

El uso de filtros bacterianos/virales debería aplicarse a todos los pacientes que requieren ventilación mecánica a través de una vía aérea artificial, éstos son prioritarios en esta pandemia, disminuyendo así el riesgo de contaminación. Los gases medicinales que van hacia el paciente con ventilación mecánica y los que salen de él hacia el ambiente, siempre deberían ser filtrados. Esta remoción de partículas por la filtración se puede lograr mediante diferentes mecanismos de acción, tanto con filtros mecánicos como electrostáticos (*Figuras 2 y 3*)<sup>(28)</sup>.

La Sociedad Americana de Anestesiólogos recomienda utilizar anestesia total intravenosa, con filtro viral y bacteriano<sup>(1)</sup>. Se sugiere usar la técnica **de flujos bajos**, debido a la carga viral en el entorno de los contagios<sup>(29)</sup>.

### CONCLUSIÓN

Estos pacientes representan un doble reto en quirófano. En primer lugar, se debe garantizar la seguridad de todo el personal de salud durante la atención médica; en segundo, se debe asegurar la adecuada atención hacia los pacientes en escenarios donde nuestras capacidades han sido superadas. Respecto a la ventilación mecánica, la conclusión es la misma que ha sido desde hace más de 20 años: trate al pulmón gentilmente.

### REFERENCIAS

1. Meng L, Qiu H, Wan L, Ai Y, Xue Z, Guo Q, et al. Intubation and ventilation amid the COVID-19 Outbreak Wuhan's Experience. *Anesthesiology*. 2020.
2. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020;323:1061-1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585.
3. Zamarrón LE, Pérez NO, Díaz MM, Sánchez DJ, Soriano OR, Guerrero GM, Peniche MK. Secuencia de inducción rápida en paciente crítico. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2020;20:23-32.
4. Namendys-Silva SA. Respiratory support for patients with COVID-19 infection. *Lancet Respir Med*. 2020;8(4):e18.
5. Namendys-Silva SA, Hernández-Garay M, Rivero-Sigarro E. Non-invasive ventilation for critically ill patients with pandemic H1N1 2009 influenza A virus infection. *Crit Care*. 2010;14:407.
6. Xiangdong Chen, Yahong Gong, Mingzhang Zuo. Recommendation from the Joint Task Force of the Chinese Society of Anesthesiology and the Chinese Association of Anesthesiologists. *China Anesthesiology*. 2020.

7. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395:497-506.
8. Sánchez DJ, Peniche MK, Martínez RE, Cortés RJ, Rivera SG, Diaz PG, et al. Falsas creencias de los trastornos ácido-base. *Acta Colomb Cuid Intensivo.* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2018.06.006>.
9. Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, Hayden DL, Schenfeld DA, Warre LB, et al. Comparison of the  $\text{SpO}_2/\text{FIO}_2$  Ratio and the  $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$  Ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest.* 2007;132:410-417.
10. Riviello ED, Kiviri W, Twagirumugabe T, Mueller A, Banner-Goodspeed VM, Officer L, et al. Hospital incidence and outcomes of ARDS using the Kigali modification of the Berlin definition. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;193(1):52-59.
11. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: state of the art. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(9):1382-1400. doi: 10.1016/j.mayocp.2017.05.004.
12. Aziz MF, Healy DW, Brambrink AM, Kheterpal S. Calculating ideal body weight: keep it simple. *Anesthesiology.* 2017; 127:194-207.
13. Acute Respiratory Distress Syndrome Network, Brower RG, Matthay MA, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342:1301-1308. doi: 10.1056/NEJM200005043421801.
14. Kilickaya O, Gajic O. Initial ventilator settings for critically ill patients. *Crit Care.* 2013;17:123.
15. Vazquez GJ, Perez PR. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex.* 2000;13:06-13.
16. Boyer AF, Schoenberg N, Babcock H, McMullen KM, Micek ST, Kollef MH. A prospective evaluation of 25. ventilator-associated conditions and infection-related ventilator- associated conditions. *Chest.* 2015;147:68-81.
17. Fuller BM, Ferguson IT, Mohr NM, Drewry AM, Palmer C, Wessman BT. Lung-protective ventilation initiated in the emergency department (LOV-ED): a quasi-experimental, before-after trial. *Ann Emerg Med.* 2017;70:406-418.e4.
18. Girardis M, Busani S, Damiani E, Donati A, Rinaldi L, Marudi A, et al. Effect of conservative vs conventional oxygen therapy on mortality among patients in an intensive care unit: the oxygen-ICU randomized clinical trial. *JAMA.* 2016;316:1583-1589.
19. Suzumura EA, Amato MBP, Cavalcanti AB, Understanding recruitment maneuvers. *Intensive Care Med.* 2016;42:908-911. doi: 10.1007/s00134-015-4025-5. Epub 2015 Aug 20.
20. Elshaug AG, Rosenthal MB, Lavis JN, Brownlee S, Schmidt H, Nagpal S, et al. Levers for addressing medical underuse and overuse: achieving high-value health care. *Lancet.* 2017;390:191-202.
21. Ñamendys SS. Cuidado de alto valor en medicina critica. *Med Crit.* 2019;33:91-97.
22. Devlin JW, Skrobik Y, Gélinas C, Needham DM, Slooter AJC, Pandharipande PP, et al. Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Pain, Agitation/Sedation, Delirium, Immobility, and Sleep Disruption in Adult Patients in the ICU. *Crit Care Med.* 2018;46:e825-e873. doi: 10.1097/CCM.0000000000003299.
23. Chang W, Sun Q, Peng F, Xie J, Qiu H. Validation of neuromuscular blocking agent use in acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis of randomized trials. *Crit Care.* 2020;24:54. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2765-2>.
24. Nieto-Pérez OR, Sánchez-Díaz JS, Solórzano-Guerra A, Márquez-Rosales E, García-Parra OF, Zamarrón-López EI. Fluidoterapia intravenosa guiada por metas. *Med Int Mex.* 2019;35:235-250.
25. Sondergaard S. Pavane for a pulse pressure variation defunct. *Crit Care.* 2013;17:327. doi: 10.1186/cc13109.
26. Koyner JL, Davison DL, Brasha-Mitchell E, Chalikonda DM, Arthur JM, Shaw AD, et al. Furosemide stress test and biomarkers for the prediction of AKI severity. *J Am Soc Nephrol.* 2015;26:2023-2031.
27. Hitoshi Y, Yu K, Kyohei M, Tomonori Ya, Yoshinori O, Takeshi M. Effect of norepinephrine dosage on mortality in patients with septic shock. *J Intensive Care.* 2018;6:12. <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0280-1>.
28. Fredes S, Gogniat E, Plotnikow G, Rodrigues-LaMoglie R. Utilización de filtros bacterianos/virales durante la ventilación mecánica invasiva. *Med Intensiva.* 2013;30:1.
29. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One.* 2012;7:35797.