Ventilación mecánica invasiva en el paciente obeso

Invasive mechanical ventilation in the obese patient

Humberto Ochoa-Salmonán^{1*}, Ivonne Martínez-Martínez¹ y Enrique J. Díaz-Greene²

¹Servicio de Urgencias; ²Servicio de Medicina Interna. Hospital Ángeles del Pedregal, Ciudad de México, México

Resumen

La obesidad constituye un problema de salud pública. Actualmente se ingresan cada vez más pacientes obesos a las unidades de terapia intensiva, pudiendo llegar a representar hasta el 20% de los ingresos. La obesidad conlleva una serie de cambios fisiopatológicos, siendo de interés para esta revisión a nivel pulmonar la disminución de la capacidad funcional residual, disminución de la distensibilidad pulmonar y torácica, y el aumento de consumo de oxígeno. Estos cambios se deben de tener en cuenta al ingreso de los pacientes, para así poder ofrecer un adecuado tratamiento. Los objetivos en el paciente obeso con ventilación mecánica invasiva son mantener una adecuada oxigenación y evitar el daño pulmonar inducido por el ventilador. Antes de conectar al paciente al ventilador se ponen en marcha estrategias para lograr estos dos objetivos, en una serie de cinco pasos: intubación y acciones previas, establecimiento de los parámetros iniciales, ajuste de los parámetros previamente establecidos, medición de los parámetros de daño pulmonar y determinación de las estrategias de rescate. En el presente artículo abordamos de forma pragmática cada uno de estos apartados, así como su justificación.

Palabras clave: Obesidad. Ventilación. Mecánica.

Abstract

Obesity constitutes a public health problem. Nowadays more and more obese patients are admitted to the Intensive Care Units, being able to represent up to 20% of the income. Obesity involves a series of pathophysiological changes, being of interest for this review at the pulmonary level the decrease in residual functional capacity, decrease in pulmonary and thoracic compliance, and increase in oxygen consumption. These changes must be considered when patients are admitted, in order to offer adequate treatment. The objectives in the obese patient with invasive mechanical ventilation are to maintain adequate oxygenation and avoid ventilator-induced lung injury. Before connecting the patient to the ventilator, strategies are implemented to achieve these two objectives, following five steps: intubation and previous actions, initial parameters setting, adjustment of previously established parameters, measurement of damage parameters, and setting of rescue strategies. In this article we address each of these sections in a pragmatic way, as well as their justification.

Key words: Obesity. Ventilation. Mechanical.

Correspondencia:

*Humberto Ochoa-Salmonán
E-mail: hochoas2528@gmail.com

Fecha de recepción: 23-02-2020

Fecha de aceptación: 15-06-2020

DOI: 10.24875/RHJM.20000037

Disponible en internet: 14-01-2021

Rev Hosp Jua Mex. 2020;87(4):197-202

www.revistahospitaljuarez.com

1405-9622/© 2020 Sociedad Médico-Quirúrgica del Hospital Juárez de México, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Actualmente las unidades de terapia intensiva (UTI) reciben un mayor número de pacientes obesos, cerca del 20% de los ingresos presentan algún grado de obesidad. La Organización Mundial de la Salud define la obesidad y el sobrepeso como una condición en la cual el exceso de tejido adiposo incrementa el riesgo de daño a la salud^{1,2}.

La ventilación mecánica invasiva (VMI) es una técnica de soporte vital a corto plazo ampliamente utilizada en el mundo y tiene un amplio rango de indicaciones, desde procedimientos quirúrgicos hasta la presencia de soporte ante una falla orgánica aguda. Esta técnica fue descrita inicialmente por Andreas Vesalius en el siglo xvi, quien experimentó con animales al insertar un tubo de junco en la tráquea del animal e insuflando aire a través de ese tubo expandiendo los pulmones y manteniéndolo vivo. Esta técnica se retomó al inicio de la década de 1950, durante la epidemia de poliomielitis, y evolucionó hasta lo que conocemos hoy en día. De forma general se siguen ciertas directrices con la finalidad de disminuir el daño pulmonar por el mismo ventilador, teniendo que adaptarse de forma específica a determinadas situaciones³.

Dependiendo del grado, disposición y duración del exceso de tejido adiposo, los diferentes órganos y sistemas se verán afectados (Tabla 1). Algunos de estos problemas son derivados de la obesidad por sí misma, como el síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS) o la discapacidad funcional. Son importantes para esta revisión los cambios en el sistema respiratorio, como la reducción del volumen pulmonar al final de la espiración, el incremento de obstrucción de la vía aérea, la formación de atelectasias y las alteraciones en el parénquima pulmonar o pared torácica; todo esto explicará la alta frecuencia de alteraciones en el intercambio gaseoso, las alteraciones mecánicas ventilatorias y el compromiso hemodinámico. Uno de los objetivos en pacientes obesos con patología pulmonar que requieren de manejo avanzado de la vía aérea es prevenir complicaciones como la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VILI, *ventilator-induced lung injury*). Esto hace que el manejo ventilatorio del paciente obeso en UTI difiera de los pacientes delgados y con pulmones sanos, por lo que se ha propuesto un algoritmo para su abordaje (Tabla 2)^{1,2,4}.

Tabla 1. Impacto de la obesidad en el paciente críticamente enfermo en los diferentes órganos y sistemas

Sistema nervioso central: alteraciones del estado de ánimo, estigma social	Hemato infeccioso: inflamación crónica, alteraciones inmunitarias, riesgo de infecciones
Cardiovascular: enfermedad cardiovascular crónica, gasto cardíaco incrementado, monitorización estándar poco fiable, riesgo de reanimación hídrica insuficiente	Respiratorio: incremento del trabajo respiratorio, del dióxido de carbono y del consumo de oxígeno, reducción de la distensibilidad pulmonar y de la capacidad funcional residual, apnea obstructiva del sueño, vía aérea difícil
Hepático: hígado graso no asociado a alcohol, metabolismo alterado de fármacos, dislipidemia	Renal: enfermedad renal crónica, riesgo incrementado de lesión renal aguda
Farmacológico: alteraciones de la farmacocinética	Metabólico: incremento de la masa grasa, sarcopenia oculta, hiperglucemia, dislipidemia, objetivo de requerimiento calórico y de proteínas basado en peso ajustado

El sistema respiratorio en el paciente obeso

El consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono (CO₂), el trabajo respiratorio y la presión abdominal están aumentados en pacientes obesos, mientras que la distensibilidad del sistema respiratorio y la capacidad funcional residual están disminuidas. La obesidad por sí sola es el factor de riesgo más importante para el SAOS. Estos factores justifican la dificultad en el manejo de la vía aérea, atelectasias y complicaciones respiratorias^{5,6}. Una complicación que pone en riesgo la vida es el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA), cuya incidencia es mayor en pacientes obesos; esto se observó en un metaanálisis donde se estudiaron 30,583 pacientes (*odds ratio*: 1.89; intervalo de confianza (IC) del 95%: 1.45-2.47). A pesar de esto, el pronóstico en pacientes obesos con SIRA o con choque séptico parece ser paradójicamente mejor comparado con pacientes delgados, esto se conoce como la «paradoja de la obesidad», concepto que es difícil de interpretar además de que puede estar influenciado de forma importante por múltiples factores^{7,8}.

Los pacientes obesos tienen cambios en su fisiología muy específicos, que se tienen que contemplar al ser admitidos en la UTI, para un adecuado tratamiento (Tabla 3). La oxigenación disminuye con el aumento

Tabla 2. Ventilación mecánica en pacientes obesos de acuerdo con el algoritmo iSTAR (por sus siglas en inglés, *intubate, Set-up initial ventilation, Titrate ventilation parameters, Assess harmfulness of ventilation, Rescue strategies*)

Intubación:
– Valorar riesgo de vía aérea difícil y preoxigenar
– Tener disponibles fármacos vasoactivos y fluidoterapia por los cambios hemodinámicos propios de la ventilación mecánica
Establecer parámetros iniciales:
– Volumen corriente de 4-6 ml/kg en SIRA y de 6-8 ml/kg en pacientes sin SIRA
– Valores de PEEP leves a moderados
– Disminución gradual de la FiO_2
Titular parámetros establecidos:
– Frecuencia respiratoria para mantener un $pH > 7.25$
– Mantener PEEP mínimo para lograr PaO_2 de 55-80 mmHg o SpO_2 del 88-92%
– Evitar hiperoxia al disminuir la FiO_2
Medir parámetros de daño pulmonar:
– Presión <i>plateau</i> : mantener metas de 27 o 20 cmH_2O si tiene o no SIRA respectivamente, ajustando los valores de acuerdo con la presión intraabdominal
– Diferencia de presiones: objetivo de 17 o 15 cmH_2O si tiene o no SIRA
– Poder mecánico: metas dentro de 17-20 J/minuto
Estrategias de rescate:
– Maniobras de reclutamiento alveolar, solo como rescate, de forma escalonada
– Posición decúbito prono, segura y factible de realizar
– Oxigenación con membrana extracorpórea en pacientes seleccionados

SIRA: síndrome de insuficiencia respiratoria aguda; PEEP: presión positiva al final de la espiración; FiO_2 : fracción inspirada de oxígeno; PaO_2 : presión arterial de oxígeno; SpO_2 : saturación arterial periférica de oxígeno.

de peso, esto asociado al aumento en el consumo de oxígeno y aumento del trabajo respiratorio, que además condiciona un aumento en la producción de CO_2 . En los pacientes obesos el consumo de oxígeno es 1.5 veces mayor que en pacientes no obesos. El aumento de los niveles de CO_2 se exagera en presencia de SAOS^{9,10}. Además la presión intraabdominal (PIA) está aumentada por el volumen abdominal y la disposición de la grasa visceral. De esta forma la capacidad de la caja torácica está disminuida por el desplazamiento del diafragma en dirección craneal que provoca la PIA¹¹.

Manejo de la vía aérea en el paciente obeso

El manejo de la vía aérea es difícil, iniciando por el empleo de interfaces para ventilación no invasiva, así

Tabla 3. Cambios fisiopatológicos pulmonares del paciente obeso

Volumen pulmonar	Atelectasias, disminución de la capacidad funcional residual, aumento de la presión intraabdominal, diafragma desplazado de forma pasiva en dirección craneal, disminución de distensibilidad pulmonar y torácica
Vía aérea	Aumento de las resistencias, aumento del trabajo respiratorio, vía aérea difícil
Control ventilatorio	Disminución de la respuesta ventilatoria a la hipercapnia e hipoxemia, aumento de la frecuencia respiratoria
Circulación pulmonar	Hipertensión pulmonar poscapilar si está asociada a disfunción cardíaca, precapilar en caso de usar toxinas (anoréxicos)
Intercambio gaseoso	Aumento del consumo de oxígeno, aumento de la producción de dióxido de carbono
Comorbilidades	Apnea obstructiva del sueño, hipoventilación

como la intubación orotraqueal. Un *score* de Mallpanti elevado, una apertura oral limitada, movilidad cervical reducida, presencia de SAOS, estado de coma e hipoxemia severa se asocian a una intubación difícil. Para evitar la desaturación durante la intubación orotraqueal se debe optimizar la preoxigenación. Esto se logra con ventilación mecánica no invasiva, durante cinco minutos, con el paciente sentado, empleando presión soporte y presión positiva al final de la espiración (PEEP), lo cual permite alcanzar una fracción de oxígeno mayor del 90% mas rápido que con dispositivos estándar¹².

Asegurada la vía aérea, se debe de evitar el potencial daño por la hiperoxia. El volumen tidal (VT) es el principal determinante de VILI y debe de ser titulado con base en el peso predicho del paciente. Como meta se debe de emplear un VT de 4-6 ml/kg o de 6-8 ml/kg del peso predicho en pacientes con o sin síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA), respectivamente. El modo ventilatorio que se prefiere es controlado por volumen sobre el controlado por presión, debido a la alta frecuencia del cierre de la vía aérea en pacientes obesos, además de que se ha documentado que en pacientes posquirúrgicos con riesgo de desarrollar complicaciones pulmonares el modo controlado por volumen reduce la aparición de estas. La PEEP no solo incrementa el volumen pulmonar al final de la espiración y previene el colapso de la vía aérea, sino que también provoca alteraciones hemodinámicas deletéreas, por lo que su uso es debatido. Pereira, et al. proponen un valor de 12 cmH_2O como una PEEP

óptima para minimizar el desarrollo de atelectasias; esto se evidenció mediante impedancia eléctrica, solo se debe considerar que esto se describió en pacientes sometidos a cirugía. En otro estudio se encontró que los niveles altos de PEEP no mostraba beneficio en disminuir complicaciones y, por el contrario, provocan efectos deletéreos hemodinámicos, con requerimiento de aminas vasoactivas. En pacientes con pulmones sanos se sugiere comenzar con valores moderados de PEEP, como 5-8 cmH₂O¹³⁻¹⁷.

Para valorar y ajustar los parámetros del ventilador se sugiere, como en todo paciente bajo ventilación mecánica, realizar examen de gases arteriales. En la mayoría de los pacientes obesos resulta adecuado mantener una presión arterial de oxígeno (PaO₂) entre 55-80 mmHg, saturación de oxígeno (SatO₂) del 88-94% y que los niveles de CO₂ resulten en un pH > 7.25, tolerando una hipercapnia moderada, especialmente en pacientes con SIRA. La primera maniobra para alcanzar estas metas es realizar ajustes en la fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) y la frecuencia respiratoria. Esto último debe utilizarse con cautela, pues al usar una frecuencia respiratoria elevada se puede incrementar la PEEP intrínseca (PEEPi), debido a la limitación del cierre de la vía aérea, así como del flujo espiratorio. Para valorar la PEEPi se recomienda visualizar la curva flujo-tiempo en el tiempo espiratorio. La diferencia de presiones o *driving pressure* resulta del gradiente entre presión *plateau* (Pplat) y PEEP, la cual no se ha evidenciado que aumente la mortalidad en pacientes obesos con SIRA. No obstante, este parámetro es el más importante en el desarrollo de VILI, debiendo limitarse a un valor máximo de 17 cmH₂O en el SIRA y de 15 cmH₂O en pacientes sin SIRA; la titulación de la PEEP es controvertida¹⁸. La falla hemodinámica se encuentra presente de forma más frecuente en pacientes obesos que la insuficiencia respiratoria. Dado lo anterior, se prefiere priorizar el aumento en la FiO₂ sobre el aumento de la PEEP en pacientes con SIRA. A su vez, el incremento de la PEEP nunca debe condicionar un aumento de la *driving pressure*, y cuando se presenta sugiere hiperinflación, resultando en un peor desenlace clínico. De cualquier forma, la estrategia de PEEP baja puede no asegurar un aporte aceptable de oxigenación. En pacientes con hipoxemia persistente se considera emplear niveles de PEEP elevados, pero manteniendo niveles *driving pressure* dentro de metas, basando esta estrategia en el protocolo reclutamiento alveolar escalonado o midiendo la presión transpulmonar. Bime, et al. mencionan que una PEEP elevada se

asoció con una mejor supervivencia en pacientes obesos con SIRA; esta evidencia es aún pobre, por lo que se recomienda valorar los efectos hemodinámicos negativos de la PEEP¹⁹⁻²¹.

La Pplat debe mantenerse por debajo de 20 cmH₂O o 27 cmH₂O en pacientes obesos sin SIRA o con SIRA respectivamente. En pacientes obesos la distensibilidad de la pared abdominal está disminuida y asociada con un aumento de la PIA, medida en la vejiga¹. Por esta razón se ha propuesto ajustar la Pplat meta basándose en la siguiente fórmula:

$$\text{Pplat objetivo (ajustada)} = \text{Pplat objetivo} + \text{PIA} - 13 \text{ cmH}_2\text{O}/2$$

Recientemente el concepto de poder mecánico se ha relacionado con la VILI y con un aumento de la mortalidad de los pacientes críticos^{1,22}. Este parámetro puede ser medido de la siguiente forma:

$$\text{Poder (J/minuto)} = 0.098 * \text{FR} * \text{VT} * (\text{PP} - \text{driving pressure}/2)$$

Donde FR es la frecuencia respiratoria en un minuto, VT es el volumen tidal en litros, y la PP (la presión pico) y la *driving pressure* se miden en cmH₂O. El poder mecánico se refiere a la energía transferida hacia el sistema respiratorio, cuyo umbral debe de ser de 17-20 J/minuto, para minimizar el riesgo de VILI. Lo anterior aplica en pacientes delgados, actualmente se desconoce si los pacientes obesos pueden tolerar valores más altos^{1,22}.

Las maniobras de reclutamiento alveolar no se consideran necesarios de forma sistemática, salvo en casos refractarios y con alteraciones en el intercambio gaseoso, en los cuales se recomienda realizar cambios graduales en los parámetros establecidos en el ventilador, como puede ser el incremento escalonado de la PEEP o las presiones inspiratorias. La posición decúbito prono es una herramienta terapéutica de rescate en pacientes con SIRA, y también es factible, segura y efectiva en pacientes obesos. De Jong, et al. refieren la efectividad de esta maniobra en pacientes con índice de masa corporal por arriba de 35 kg/m², al igual que en no obesos, encontrando que la proporción entre la PaO₂ y la FiO₂ (PaO₂/FiO₂) era incluso significativamente más alta en pacientes obesos comparados con los que no lo son. Cuando las medidas de rescate han fallado, la oxigenación con membrana extracorpórea se debe de considerar. La posición de Trendelenburg inversa y una óptima posición de la obesidad abdominal pueden ayudar a disminuir las complicaciones por el incremento de la PIA, como la isquemia intestinal²³. Además, la optimización de la posición corporal puede mejorar la función respiratoria

al estar bajo VMI, siendo la posición sentado la ideal en pacientes con insuficiencia respiratoria. Lemyze, et al., en un estudio comparativo realizado en 15 pacientes obesos, encontraron que la posición sentado mejoraba notablemente la limitación del flujo espiratorio y con mejoría de la auto-PEEP, resultando además en una disminución importante de las presiones alveolares²⁴⁻²⁶.

El uso de bloqueo neuromuscular y opioides debe estar limitado en caso de pacientes obesos; en ambos casos se prefieren agentes de corta duración y que a su vez se cuente con antídoto para revertirlos. La ventilación no invasiva debe de ser considerada en el proceso postextubación en pacientes seleccionados¹. Esto se ha analizado en estudios observacionales pequeños, donde se ha demostrado que disminuye la incidencia de insuficiencia respiratoria aguda en el proceso de extubación, tanto en pacientes obesos en UTI como en el posquirúrgico²⁷.

Conclusiones

Los pacientes obesos presentan características fisiopatológicas que se deben conocer, por lo que su manejo con relación a un paciente delgado y sometido a ventilación mecánica difiere. En relación con los pulmones, la disminución de la distensibilidad pulmonar y la capacidad funcional residual, con todas sus consecuencias en la dinámica respiratoria, presentan retos en cuanto al manejo ventilatorio, siendo uno de los objetivos en estos pacientes evitar la VILI y mantener una adecuada oxigenación para sus características particulares. Incluso previo al ajuste de los parámetros ventilatorios se deben de empezar a realizar maniobras que mejorarán la evolución del paciente, como han sugerido Ball y Pelosi. En este artículo se presentan dichos cambios fisiopatológicos, así como las últimas tendencias para el manejo del ventilador en este grupo de pacientes.

Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses alguno.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Bibliografía

1. Ball L, Pelosi P. How I ventilate an obese patient. *Crit Care*. 2019;23:176.
2. Schetz M, De Jong A, Deane AM, Druml W, Hemelaar P, Pelosi P, et al. Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med*. 2019;45(6):757-69.
3. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: State of the art. *Mayo Clin Proc*. 2017;92(9):1382-400.
4. Pépin JL, Timsit JF, Tamsier R, Borel JC, Lévy P, Jaber S. Prevention and care of respiratory failure in obese patients. *Lancet Respir Med*. 2016;4(5):407-18.
5. De Jong A, Chanques G, Jaber S. Mechanical ventilation in obese ICU patients: from intubation to extubation. *Crit Care*. 2017;21(1):63.
6. Bazurro S, Ball L, Pelosi P. Perioperative management of obese patient. *Curr Opin Crit Care*. 2018;24(6):560-7.
7. Zhi G, Xin W, Ying W, Guohong X, Shuying L. "Obesity paradox" in acute respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11(9):e0163677.
8. Ball L, Serpa Neto A, Pelosi P. Obesity and survival in critically ill patients with acute respiratory distress syndrome: a paradox within the paradox. *Crit Care*. 2017;21(1):114.
9. Kress JP, Pohlman AS, Alverdy J, Hall JB. The impact of morbid obesity on oxygen cost of breathing (VO₂RESP) at rest. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160(3):883-6.
10. Pépin JL, Borel JC, Janssens JP. Obesity hypoventilation syndrome: an underdiagnosed and undertreated condition. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012;186(12):1205-7.
11. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Vicardi P, Gattinoni L. Total respiratory system, lung, and chest wall mechanics in sedated-paralyzed postoperative morbidly obese patients. *Chest*. 1996;109(1):144-51.
12. Delay JM, Sebbane M, Jung B, Nocca D, Verzilli D, Pouzeratte Y, et al. The effectiveness of noninvasive positive pressure ventilation to enhance preoxygenation in morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesth Analg*. 2008;107(5):1707-13.
13. Ball L, Hemmes SNT, Serpa Neto A, Bluth T, Canet J, Hiesmayr M, et al. Intraoperative ventilation settings and their associations with postoperative pulmonary complications in obese patients. *Br J Anaesth*. 2018;121(4):899-908.
14. Bagchi A, Rudolph MI, Ng PY, Timm FP, Long DR, Shaefi S, et al. The association of postoperative pulmonary complications in 109,360 patients with pressure-controlled or volume-controlled ventilation. *Anaesthesia*. 2017;72(11):1334-43.
15. Pelosi P, Rocco PRM, Gama de Abreu M. Close down the lungs and keep them resting to minimize ventilator-induced lung injury. *Crit Care*. 2018;22(1):72.
16. Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, Simões CM, Tonelotto BFF, Pompeo MS, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*. 2018;129(6):1070-81.
17. Kon ZN, Dahi S, Evans CF, Byrnes KA, Bittle GJ, Wehman B, et al. Class III obesity is not a contraindication to venovenous extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg*. 2015;100(5):1855-60.
18. De Jong A, Cossic J, Verzilli D, Monet C, Carr J, Conseil M, et al. Impact of the driving pressure on mortality in obese and non-obese ARDS patients: a retrospective study of 362 cases. *Intensive Care Med*. 2018;44(7):1106-14.
19. Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*. 2016;4(4):272-80.

20. Fumagalli J, Santiago RRS, Teggia Droghi M, Zhang C, Fintelmann FJ, Troschel FM, et al.; Lung Rescue Team Investigators. Lung recruitment in obese patients with acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2019;130(5):791-803.
21. Fumagalli J, Berra L, Zhang C, Pirrone M, Santiago RRS, Gomes S, et al. Transpulmonary pressure describes lung morphology during decremental positive end-expiratory pressure trials in obesity. *Crit Care Med*. 2017;45(8):1374-81.
22. 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*. 2018;44(11):1914-22.
23. De Jong A, Molinari N, Sebbane M, Prades A, Futier E, Jung B, et al. Feasibility and effectiveness of prone position in morbidly obese patients with ARDS: a case-control clinical study. *Chest*. 2013;143(6):1554-61.
24. Naimark A, Cherniack RM. Compliance of the respiratory system and its components in health and obesity. *J Appl Physiol*. 1960;15:377-82.
25. Lemyze M, Mallat J, Duhamel A, Pepy F, Gasan G, Barrailler S, et al. Effects of sitting position and applied positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics of critically ill obese patients receiving mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2013;41(11):2592-9.
26. Mezidi M, Guérin C. Effects of patient positioning on respiratory mechanics in mechanically ventilated ICU patients. *Ann Transl Med*. 2018;6(19):384.
27. Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Massone A, Petit A, et al. Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology*. 2011;114(6):1354-63.