



Oxigenoterapia en pacientes hospitalizados

Insuficiencia respiratoria

Sección de Medicina Clínica y Crítica AAMR

La insuficiencia respiratoria se refiere a un estado en el que el sistema respiratorio falla en una o ambas de sus funciones de intercambio gaseoso. El diagnóstico de insuficiencia respiratoria se realiza con la medición de gases arteriales en el laboratorio. Desde el punto de vista práctico el sistema respiratorio se puede ver afectado de dos maneras, como órgano donde se realiza el intercambio de los gases o como bomba que ventila los pulmones. La bomba ventilatoria consta de la caja ósea torácica, los músculos respiratorios, los centros respiratorios ubicados en el sistema nervioso central y los nervios que conectan los centros respiratorios con los músculos respiratorios.

Generalmente las enfermedades que comprometen el pulmón, como por ejemplo neumonías, atelectasias o enfermedades intersticiales, conducen a hipoxemia con normocapnia o hipocapnia (insuficiencia respiratoria tipo 1), mientras que enfermedades que comprometen la bomba ventilatoria como intoxicación por drogas o miopatías conducen a hipoventilación alveolar con la presencia de hipercapnia (insuficiencia

respiratoria tipo 2). En algunas enfermedades pueden coexistir el compromiso pulmonar y el ventilatorio.

Causas de insuficiencia respiratoria hipoxémica

Los mecanismos fisiopatogénicos de la hipoxémia son cuatro.

- 1) Alteración en la relación ventilación perfusión. Es el mecanismo más común, se produce cuando hay una disminución de la ventilación con respecto a la perfusión. Los pacientes presentan hipoxemia sin hipercapnia que mejora con la administración de oxígeno. (Ej.: EPOC leve a moderado)
- 2) Shunt o cortocircuito de derecha a izquierda. Es una situación extrema de alteración en la relación ventilación perfusión, hay una ausencia total de ventilación, con conservación de la perfusión. Los pacientes presentan hipoxemia sin hipercapnia que no corrige con la administración de oxígeno. (Ej.: Atelectasias)
- 3) Alteraciones en la difusión. Está dada por afectación de la membrana alveolo capilar. Esto lleva a dificultad en la difusión de oxígeno conduciendo a hipoxemia que se intensifica durante el ejercicio físico. La difusión del dióxido de carbono raramente está afectada ya que este gas es mucho más difusible que el oxígeno. Los pacientes con esta alteración mejoran con la administración de oxígeno. (Ej. Fibrosis pulmonar idiopática)
- 4) Hipoventilación alveolar. Se debe a un desbalance entre el consumo de oxígeno y la reposición de oxígeno al alveolo. La disminución del lavado de gases en el alveolo

lleva a afectación también en el gradiente de difusión del dióxido de carbono. Los pacientes se presentan con hipoxemia e hipercapnia. La administración de oxígeno corrige la hipoxemia pero no la hipercapnia, que mejora solo aumentando la ventilación alveolar. (Ej.: Intoxicación por uso de morfina)

Causas de insuficiencia respiratoria hipercápnica

La eliminación del CO₂ se realiza a través de los alvéolos. El nivel de CO₂ en la sangre estará determinado por la producción de CO₂ desde las células y su excreción a través del alveolo.

Las principales causas de fallo en la bomba ventilatoria (hipoventilación alveolar) son.

- 1) Alteración de los centros respiratorios. Esto resulta en un estímulo respiratorio central que es insuficiente para la demanda ventilatoria. (ej.: anestésicos)
- 2) Defectos mecánicos en la pared del tórax (ej.: escoliosis)
- 3) Enfermedad de los nervios (ej. síndrome de Guillain-Barré)
- 4) Enfermedad de los músculos respiratorios (ej. miopatías)

En algunas enfermedades la hipoventilación se produce por una combinación de mecanismos. Por ejemplo en la crisis severa de asma agudo, al compromiso bronquial se puede sumar hiperinsuflación del pulmón con alteración mecánica de la pared torácica, puede haber disfunción de los músculos respiratorios por fatiga, e inhibición de los centros respiratorios en relación al tratamiento con altas concentraciones de oxígeno. Otro ejemplo

es la obesidad mórbida donde a la afección mecánica del tórax se suman efectos de hiposensibilidad del centro respiratorio.¹

Diagnóstico de la insuficiencia respiratoria aguda

Una forma clínica de evaluar deterioro en la oxigenación es a través de la presencia de cianosis. Se denomina cianosis a la coloración azulada que presenta la piel y las mucosas en presencia de hemoglobina desaturada. Pero este es un método inexacto porque existe cierta variabilidad en la percepción del color de la piel entre individuos y porque la cianosis aparece recién en estados de hipoxemia severa.

Para diferenciar si estamos en presencia de un paciente con fallo pulmonar, fallo de la bomba ventilatoria o ambos, es necesaria la determinación de gases en sangre arterial.

El diagnóstico de fallo en la oxigenación se realiza midiendo la PaO_2 en el laboratorio o mediante saturometría arterial de oxígeno mediante un oxímetro de pulso (SpO_2). El diagnóstico de fallo en la ventilación se determina midiendo la $PaCO_2$ en el laboratorio.

Insuficiencia respiratoria se define como una presión arterial de oxígeno (PaO_2) menor de 60 mmHg (equivalente a una SpO_2 menor de 90%) y /o una presión arterial de dióxido de carbono ($PaCO_2$) mayor de 45 mmHg.

Oxígeno y oxigenoterapia

El oxígeno es un gas vital que se encuentra en la atmósfera. La atmósfera normal (aire) es una mezcla de gases, compuesta de oxígeno en un 21%, nitrógeno en un 78% y el resto hasta completar el 100% corresponde a dióxido de carbono y otros gases. La presión

atmosférica del aire a nivel de mar es de 760 mmHg. Estos gases interactúan entre sí, y el aumento de la presión parcial de uno de ellos producirá obligatoriamente el descenso de las presiones parciales de los otros.

La oxigenoterapia consiste en la administración de oxígeno a concentraciones mayores que las del aire ambiente tratando o previniendo los síntomas y manifestaciones relacionadas con la hipoxemia. Así, en pacientes bajo oxigenoterapia al aumentar la concentración de oxígeno del aire disminuirá la concentración de nitrógeno inspirado.

Cuando hablamos de oxígeno inspirado generalmente lo hacemos refiriéndonos a la concentración o fracción inspirada que el paciente recibe. La diferencia entre concentración y fracción inspirada de un gas se debe en que la primera se expresa en porcentaje (%) y la segunda se expresa como una fracción de 1, por ejemplo la concentración de oxígeno en el aire es de 21%, lo que corresponde a una fracción inspirada (F_{iO_2}) de 0,21. En la práctica diaria se utilizan ambos términos pero la fracción Inspirada es más usada en formulas y cálculos.

El tratamiento con oxígeno suplementario es una de las herramientas principales en el cuidado de pacientes hospitalizados, principalmente en unidad de cuidados intensivos.

Los candidatos a oxigenoterapia serán aquellos pacientes que presenten hipoxemia. Como ya se mencionó la hipoxemia deberá ser evaluada a partir de un análisis de gases arteriales o de registro de saturometría arterial, teniendo también en cuenta los antecedentes patológicos del paciente.

En los pacientes hipoxémicos el límite mínimo de seguridad respecto a la PaO_2 es en general de 60 mmHg la que se corresponde a una SpO_2 de 90%. De manera

tal que uno de los objetivos durante la oxigenoterapia es el de mantener una PaO_2 o SpO_2 por encima de estos valores.

El uso de oxígeno suplementario no es libre de riesgo, por lo que se aconseja prescribirlo acorde el rango de SpO_2 que se quiere obtener y monitorearlo estrechamente. Un elevado nivel de PaO_2 (hiperoxia) incrementa la producción de reactivos oxidantes tóxicos que potencialmente producirían injuria principalmente en los pulmones, retinas y sistema nervioso central. Además puede conducir a atelectasias pulmonares por reabsorción debida a la menor cantidad de nitrógeno y a vasoconstricción principalmente de la circulación coronaria y cerebral. Hay estudios que evidencian un incremento en la mortalidad cuando se utiliza oxígeno no controlado.

Hipoxemia se define como una PaO_2 en sangre <60 mmHg o una $SaO_2 <90\%$.

La SpO_2 se considera el quinto signo vital y debe ser chequeada en todo paciente internado, principalmente si tiene disnea o está críticamente enfermo



Fig1

Cuando se indica oxigenoterapia se debe tener en cuenta lo siguiente: 1) Debe haber un objetivo de intensidad de tratamiento determinado por la SpO₂ necesaria para el paciente. 2) Es un tratamiento para la condición de hipoxemia y no para la sensación de disnea. 3) No se trata la causa de la hipoxemia sino sus consecuencias.

Para pacientes críticamente enfermos con baja SpO₂ es conveniente iniciar el tratamiento con elevadas concentraciones de oxigenos que luego se irán reduciendo acorde a los registros de SpO₂. Se recomienda administrar inmediatamente oxígeno terapia suplementaria a cualquier paciente en situaciones de emergencia para alcanzar un objetivo de SpO₂ de 94-98%, una vez estabilizados reducir el oxígeno suplementario y mantener un objetivo de SpO₂ de 92–96%. Este objetivo de SpO₂ puede variar ante diferentes situaciones patológicas. Por ejemplo, en pacientes con enfermedad pulmonar crónica que presentan hipoxemia crónica, la utilización de mecanismos compensadores les permite tolerar una PaO₂ baja, y en general hay que evitar administrar oxígeno en altas concentraciones ya que induce retención de dióxido de carbono.

Mientras la hipoxemia puede ser tratada fácilmente por el incremento de la concentración de oxígeno inhalado, la retención de dióxido de carbono solo puede ser tratada incrementando la ventilación.

Tratamiento de la insuficiencia respiratoria

Según la condición clínica del paciente el objetivo de SpO₂ va a variar.

- 1) En general el objetivo de SpO2 es entre 92 y 96%.**
- 2) Pacientes con enfermedad coronaria y vascular cerebral se recomienda no iniciar oxigenoterapia si la SpO2 es de 92 o 93% y mantener un objetivo de SpO2 entre 92-94% para evitar riesgo de vasoconstricción coronaria o cerebral**
- 3) Pacientes en condiciones de insuficiencia respiratoria severa (distres respiratorio) o fallo hemodinámico se sugiere administrar inmediatamente altas concentraciones de oxígeno para un objetivo de SpO2 entre 94-98%.**
- 4) Pacientes con hipercapnia o riesgo de hipercapnia se sugiere objetivo de SpO2 entre 88-92%.**
- 5) Pacientes con intoxicación por gas monóxido de carbono o crisis drepanocítica se sugiere objetivo de SpO2 de 100%.**

Para corregir la hipoxemia y/o hipercapnia contamos con tipos de tratamiento que nos proveen diferentes niveles de FiO2 y que pueden incrementar o no la ventilación.

Pacientes que presentan insuficiencia respiratoria hipercapnica asociada a acidosis deben ser tratados con algún método que disminuya el dióxido de carbono ya sea disminuyendo el espacio muerto (oxigenoterapia a alto flujo) o incrementando la ventilación (ventilación mecánica no invasiva o invasiva).

En pacientes con insuficiencia respiratoria severa, la persistencia de signos de sobreesfuerzo inspiratorio (grandes oscilaciones de la presión venosa central, esfuerzo inspiratorio excesivo, volumen minuto respiratorio alto, presencia de tiraje muscular respiratorio o asincronía toraco abdominal respiratoria) puede conducir a injuria pulmonar, en estos pacientes se sugiere no retrasar la sedación y ventilación mecánica invasiva. 2-7

Para su descripción ordenada vamos a clasificar la oxigenoterapia de la siguiente manera:

- 1) Oxigenoterapia convencional.
 - a. Oxigenoterapia corriente (cánula nasal, máscara común)
 - b. Oxigenoterapia controlada (máscara venturi)
 - c. Oxigenoterapia de alta concentración (máscara con bolsa de no rehinalación)
- 2) Oxigenoterapia de alto flujo.
- 3) Ventilación mecánica no invasiva.
- 4) Ventilación mecánica invasiva.

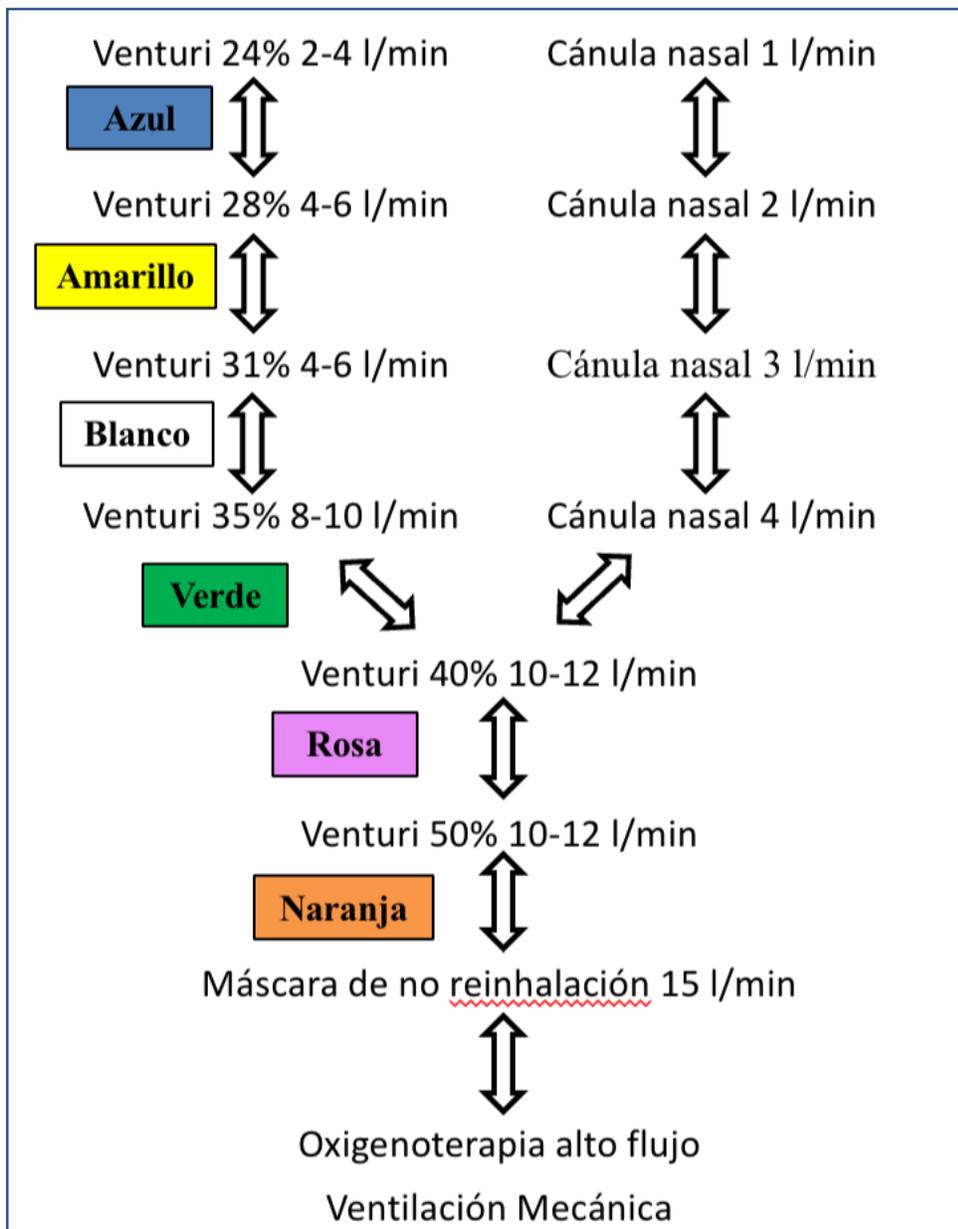


Figura 2: Tratamiento de la insuficiencia respiratoria hipoxémica (fallo de oxigenación) y de la insuficiencia respiratoria hipercápnica (fallo de ventilación).

1) Oxigenoterapia convencional

La elección del procedimiento a utilizar para administrar oxígeno se debe basar fundamentalmente en la concentración o FiO_2 que se desee administrar, la presencia o no de enfermedad pulmonar crónica con hipercápnia comprobada o sospechada, la comodidad para el paciente y la simplicidad y costo del procedimiento.

a. Oxigenoterapia corriente

En este modo la administración de oxígeno se realiza mediante cánulas nasales (bigoteras) o máscaras simples.

Está indicada fundamentalmente en la hipoxemia moderada en pacientes sin hipercapnia aunque el uso de bigotera a bajo flujo suele ser comúnmente aplicado a pacientes con hipoxemia leve y a pulmonares crónicos.

La concentración de oxígeno que brinda este tipo de terapia estará determinada por el flujo de oxígeno y el volumen corriente del paciente. A mayor flujo la concentración será más alta y a mayor volumen corriente será más baja debido a que el paciente incorpora mayor cantidad de aire ambiente con cada respiración.

Con el uso de cánulas nasales se pueden administrar entre 24 a 40% de oxígeno con flujos de hasta 6 L/min, flujos < 4 L/min no requieren ser humidificados.

Las máscaras simples pueden proveer 35-50% de oxígeno, el flujo debe mantenerse por encima de 5 L/min para evitar la reinhalación de CO_2 exalado que podría quedar retenido en la máscara.

b. Oxigenoterapia controlada

Se realiza con máscaras denominadas genéricamente "Mascaras tipo Venturi", que generan mezclas aire /oxígeno de concentraciones fijas y exactas. Este tipo de máscaras utiliza un inyector o jet que posee un orificio muy pequeño por donde sale un chorro de oxígeno a gran velocidad. El jet inyecta este chorro de oxígeno dentro del tubo corrugado que conecta con la máscara a través de un adaptador que tiene dos ventanas laterales. La alta velocidad del chorro de oxígeno produce entrada de aire ambiente por las ventanas laterales generándose de esta forma una mezcla de aire y oxígeno. La cantidad de aire incorporada por las ventanas laterales depende en forma directa de la velocidad del chorro de oxígeno inyectado, a mayor velocidad se incorpora mas aire de manera tal que la mezcla final mantiene una relación de entrada aire /oxígeno constante. Existe otro tipo de máscara utilizada en oxigenoterapia controlada que regula la concentración de oxígeno mediante la mayor o menor apertura de las ventanas laterales permitiendo de ese modo una mayor o menor incorporación de aire.

Además de no variar la concentración de oxígeno que recibe el paciente este sistema de oxigenación tampoco es influenciado por el volumen corriente, permitiendo administrar oxígeno con FiO_2 exactas confiables que no se modifican con las variaciones respiratorias.

Este tipo de oxigenoterapia esta indicado especialmente para el manejo de pacientes con enfermedad pulmonar crónica con riesgo de hipercapnia, en los que debemos utilizar la

mínima concentración de oxígeno con la que se pueda lograr una PaO_2 por encima del límite de seguridad.

c. Oxigenoterapia de alta concentración

Este tipo de oxigenoterapia se realiza con máscaras denominadas de no reinhalación que proveen FiO_2 más elevada a partir de la incorporación de una bolsa reservorio y válvulas. Deben ser utilizados con flujos de oxígeno de más de 10 L/min suficientes para mantener bien inflada la bolsa. Está indicada en hipoxemia severa, como las derivadas de neumopatías severas, shock y fallo cardíaco, cuando se pretende lograr un mayor aporte de oxígeno para evitar daño tisular y también en intoxicaciones con monóxido de carbono en donde está alterado el transporte de oxígeno.

Este modo de oxigenoterapia no debe ser aplicada en pacientes pulmonares crónicos con retención de dióxido de carbono.

La concentración de oxígeno en estas máscaras estará influida por el flujo de oxígeno, el volumen corriente del paciente y la correcta colocación de la mascarilla. Puede alcanzar concentraciones de oxígeno entre 60 y 80%. 2-3

2) Oxigenoterapia de alto flujo

Es un tratamiento no invasivo que libera a través de una cánula nasal flujos de hasta 60 l/m, con humedad óptima y FiO_2 estable. Es bien tolerado y fácil de usar. El nivel de flujo y de FiO_2 estará regulado según la severidad de la hipoxemia y el esfuerzo

inspiratorio del paciente. Es la única modalidad de oxigenoterapia no invasiva que reduce el espacio muerto, logrando beneficios también sobre el clearance mucociliar y la mecánica toracopulmonar.⁸

3) Ventilación mecánica no invasiva

La ventilación no invasiva es una forma de asistencia mecánica respiratoria que permite proveer soporte ventilatorio sin necesidad de intubación endotraqueal o traqueostomía. La principal ventajas consiste en prevenir complicaciones causadas por la técnica de intubación, la permanencia del tubo endotraqueal y la pérdida de los mecanismos de defensa de las vías aéreas superiores. Esto ha llevado a un incremento en el uso de la ventilación no invasiva como alternativa inicial de asistencia ventilatoria en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda que conservan cierta autonomía respiratoria, su efectividad depende en gran parte de la etiología, siendo al momento más estudiada su eficacia en EPOC reagudizado, edema agudo de pulmón y enfermedades restrictivas.

La ventilación no invasiva a presión positiva se puede proveer como presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), en la cual la presión positiva se mantiene constante en ambas fases del ciclo respiratorio siendo su principal efecto el de reclutar alveolos colapsados y /o edematizados, permitiendo mejorar la oxigenación. El otro tipo de soporte ventilatorio es realizado un doble nivel de presión positiva inspiratoria y espiratoria, aumentando la ventilación alveolar y disminuyendo el trabajo respiratorio, permitiendo de esta manera mejorar la oxigenación y disminuir el dióxido de carbono.

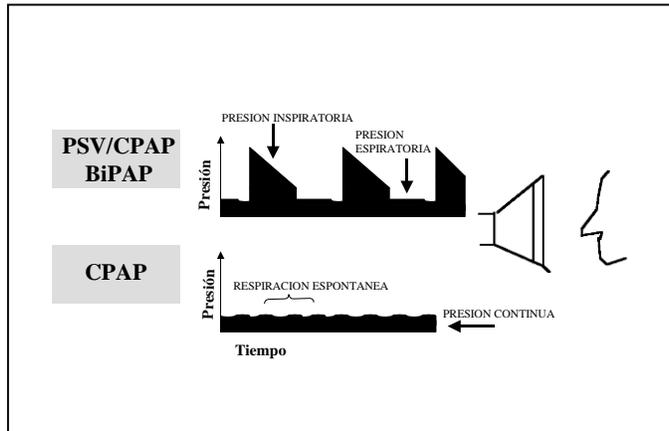


Figura 6: Tipos de ventilación no invasiva a presión positiva.

La VNI a presión positiva se puede realizar mediante respiradores convencionales o con equipos portátiles denominados BiPAP.⁹

4) Ventilación mecánica invasiva

La ventilación mecánica invasiva es una estrategia terapéutica utilizada para corregir la insuficiencia respiratoria en pacientes en los que no se logra mediante medios no invasivos, es un procedimiento transitorio, que se mantiene durante el tiempo necesario hasta la recuperación de la capacidad respiratoria. A diferencia de la ventilación no invasiva requiere de intubación endotraqueal.

La introducción de respiradores microprocesados ha expandido las posibilidades de modos de soporte ventilatorio.¹⁰

Bibliografía.

1. John B. West, Andrew M. Luks. West's Respiratory Physiology: The essentials, Tenth Edition; Publisher : LWW 2015-10-21; I SBN-13 : 9781496310118.
2. O'Driscoll BR, Howard LS, Davison AG, et al. BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. Thorax 2008;63(Suppl 6).
3. O'Driscoll BR, Howard LS, et al. BTS Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings, Thorax 2017;72 (Suppl 1).
4. Siemieniuk RAC, Chu DK, Kim LH-Y, et al. Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline. BMJ 2018;363:k4169.
5. Chu DK, Kim LH-Y, Young PJ, et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. Lancet 2018; 391:1693-705.
6. Barrot L, Asfar P, Mauny F, et al. Liberal or conservative oxygen therapy for acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med 2020;382:999-1008.
7. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med 2017; 195:438–442.

8. Frat JP, Thille AW, Mercat A et al. (2015) High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med* 372:2185–2196
9. Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J.* 2017; 50: 1602426
10. Fan, E., Del Sorbo, L., Goligher, E. C. et al. (2017). An official American Thoracic Society/European Society of intensive care medicine/society of critical care medicine clinical practice guideline: Mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 195(9), 1253-1263.