

Ventilación mecánica invasiva en COVID-19

Mechanical ventilation in COVID-19

Sebastián Rodríguez-Llamazares¹, Luis J. Arroyo-Hernández², Josué D. Cadeza-Aguilar^{3*}, Irene Balam-Lara³, Edith L. Nicolás-Martínez³, Jazmín G. Emeterio-Alcázar³, Gustavo Lugo-Goytia³, Iván A. Osuna-Padilla⁴ y Carmen M. Hernández-Cárdenas⁵

¹Division of Respiriology and Sleep Medicine, Queen's University, Kingston, ON, Canadá; ²Servicio de Broncoscopia y Endoscopia; ³Departamento de Áreas Críticas; ⁴Departamento de Nutrición Clínica; ⁵Dirección General. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío, Ciudad de México, México

Resumen

La COVID-19 puede evolucionar a una condición crítica con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda caracterizada por colapso alveolar, infiltrado exudativo e intensa respuesta inflamatoria, que puede progresar a biotrauma y falla multiorgánica. En caso de insuficiencia respiratoria grave refractaria a oxigenoterapia o soporte no invasivo, considerando criterios clínicos y gasométricos, está indicada la ventilación mecánica invasiva; constituye una terapia de soporte vital, orientada a mantener el intercambio gaseoso mientras ocurre la recuperación pulmonar. Durante la pandemia se describieron distintos fenotipos de COVID-19 con compromiso respiratorio, desde formas con distensibilidad relativamente conservada y alteración predominante de la perfusión (fenotipo L), hasta cuadros similares al SIRA clásico con alta elastancia, edema pulmonar y mayor potencial de reclutamiento (fenotipo H). Estos fenotipos pueden evolucionar dinámicamente, lo que explica la heterogeneidad clínica y la respuesta variable a intervenciones como la posición prona. La programación inicial de la ventilación debe individualizarse, usualmente con modos controlados por volumen y el monitoreo continuo es fundamental, incluyendo variables estáticas y dinámicas, para la optimización ventilatoria y la reducción del daño inducido por el ventilador. Además, el reclutamiento alveolar y la posición prona son estrategias clave en SIRA moderado a grave, con evidencia de disminución de mortalidad cuando se aplican de forma temprana y prolongada.

Palabras clave: COVID-19. SIRA. Posición prono. Ventilación mecánica invasiva.

Abstract

COVID-19 can progress to a critical condition with acute respiratory distress syndrome, characterized by alveolar collapse, exudative infiltrate with an intense inflammatory response, which can progress to biotrauma and multiple organ failure. In cases of severe respiratory failure refractory to oxygen therapy or non-invasive support, invasive mechanical ventilation is indicated based on clinical and blood gas analysis criteria. This constitutes a life-support therapy aimed at maintaining gas exchange while pulmonary recovery occurs. During the pandemic, different COVID-19 phenotypes with respiratory compromise were described, ranging from relatively preserved compliance and predominantly impaired perfusion (phenotype L) to presentations like classic acute respiratory distress syndrome with high elastance, pulmonary edema, and greater recruitment potential (phenotype H). These phenotypes can evolve dynamically, which explains the clinical heterogeneity and the variable response to interventions such as prone positioning. Initial ventilation programming should be individualized, usually using

*Correspondencia:

Josué D. Cadeza-Aguilar
E-mail: jdcnm@gmail.com

Recibido: 28-11-2025
Aceptado: 18-05-2026
DOI: 10.24875/NCT.M26000063

Disponible en línea: 30-07-2026
Neumol Cir Torax. 2025;84(4):287-296
www.revistanct.org.mx

2594-1526 / © 2026 Sociedad Mexicana de Neumología y Cirugía de Tórax. 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/>).

volume-controlled modes, and continuous monitoring, including static and dynamic variables; this is essential for ventilatory optimization and reducing ventilator-induced lung injury. Furthermore, alveolar recruitment and prone positioning are key strategies in moderate to severe respiratory distress syndrome, with evidence of reduced mortality when implemented early and for an extended period.

Keywords: COVID-19. ARDS. Prone positioning. Invasive mechanical ventilation.

Introducción

La COVID-19 puede evolucionar hacia un síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA), caracterizado por colapso alveolar, ocupación exudativa e inflamación pulmonar que puede progresar a biotrauma y falla orgánica múltiple. En este contexto, la ventilación mecánica es una terapia de soporte esencial que permite mantener el intercambio gaseoso mientras el pulmón se recupera, mediante el ajuste cuidadoso de volumen y presión para optimizar la ventilación y favorecer el reclutamiento alveolar.

La ventilación protectora, basada en volúmenes corrientes de 6-8 ml/kg de peso predicho, busca evitar tanto la sobredistensión (volutrauma) como el colapso cíclico alveolar (atelectrauma), particularmente relevante en el SIRA, donde el daño pulmonar ya está establecido¹. Esta condición obliga al operador del ventilador mecánico a extremar precauciones en la selección de los volúmenes y presiones administrados, con el objetivo de no perpetuar ni agravar la lesión pulmonar subyacente. Los ajustes utilizados en este contexto se conocen como parámetros de protección pulmonar.

La indicación de iniciar ventilación mecánica invasiva (VMI) en pacientes con COVID-19 se establece ante la presencia de insuficiencia respiratoria grave refractaria a otras estrategias terapéuticas, como la oxigenoterapia convencional, la ventilación mecánica no invasiva o la cánula nasal de alto flujo. En particular, debe considerarse la VMI cuando se presentan uno o más de los siguientes criterios: a) relación presión arterial de oxígeno (PaO_2)/fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) < 200; b) deterioro del estado neurológico; c) incremento del trabajo respiratorio (WOB, por sus siglas en inglés); d) taquipnea mayor de 30 respiraciones por minuto; y e) acidosis respiratoria, definida por un $\text{pH} < 7.35$ con $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}^2$ en altitudes como la de la Ciudad de México a 2,240 m. Para comprender adecuadamente los parámetros ventilatorios y las estrategias de monitorización, es fundamental conocer los fenotipos clínicos descritos a lo largo de la pandemia.

Fenotipos de COVID-19

Los pacientes con COVID-19 pueden presentar distintos patrones de hipoxemia refractaria, que incluyen desde casos con distensibilidad pulmonar conservada hasta formas más graves similares al SIRA clásico. Algunos pacientes muestran buena respuesta a la posición prona, mientras que otros sin mejoría suelen tener baja capacidad de reclutamiento alveolar³. Gattinoni et al.³, en su editorial *COVID-19: ¿Tratamiento respiratorio diferencial para cada fenotipo?*, plantean la hipótesis de que la presentación clínica y la gravedad de la neumonía por COVID-19 dependen de la interacción de múltiples factores: 1) la gravedad de la infección, la respuesta del huésped, la reserva fisiológica y las comorbilidades; 2) la respuesta ventilatoria a la hipoxemia, y 3) el intervalo entre el inicio de los síntomas y la instauración del manejo hospitalario.

Se han propuesto dos fenotipos principales:

- El fenotipo L se caracteriza por distensibilidad relativamente preservada, alteración de la relación ventilación/perfusión predominante por cambios en la perfusión, patrón en vidrio esmerilado con bajo peso pulmonar y escasa respuesta al reclutamiento.
- El fenotipo H en cambio, presenta alta elastancia, aumento del edema y del peso pulmonar, mayor cortocircuito intrapulmonar y alta capacidad de reclutamiento alveolar. Se asemeja al SIRA clásico³.

Estos fenotipos pueden evolucionar de L a H debido al incremento del trabajo ventilatorio y de las presiones intratorácicas, así como a la progresión del daño inflamatorio y del edema. Esta dinámica fisiopatológica explica la variabilidad clínica observada en la COVID-19 grave, incluyendo respuestas heterogéneas a la ventilación y la oxigenación³. En la [figura 1](#) se muestran las diferencias entre ambos fenotipos.

Los fenotipos H y L de Gattinoni constituyen una herramienta conceptual útil para comprender la heterogeneidad fisiopatológica de COVID-19, pero actualmente se han descrito subfenotipos hiperinflamatorios e hipoinflamatorios del SDRA, por lo que la evaluación individual de la mecánica pulmonar, la reclutabilidad y la respuesta clínica tienen mayor relevancia para guiar las decisiones terapéuticas.

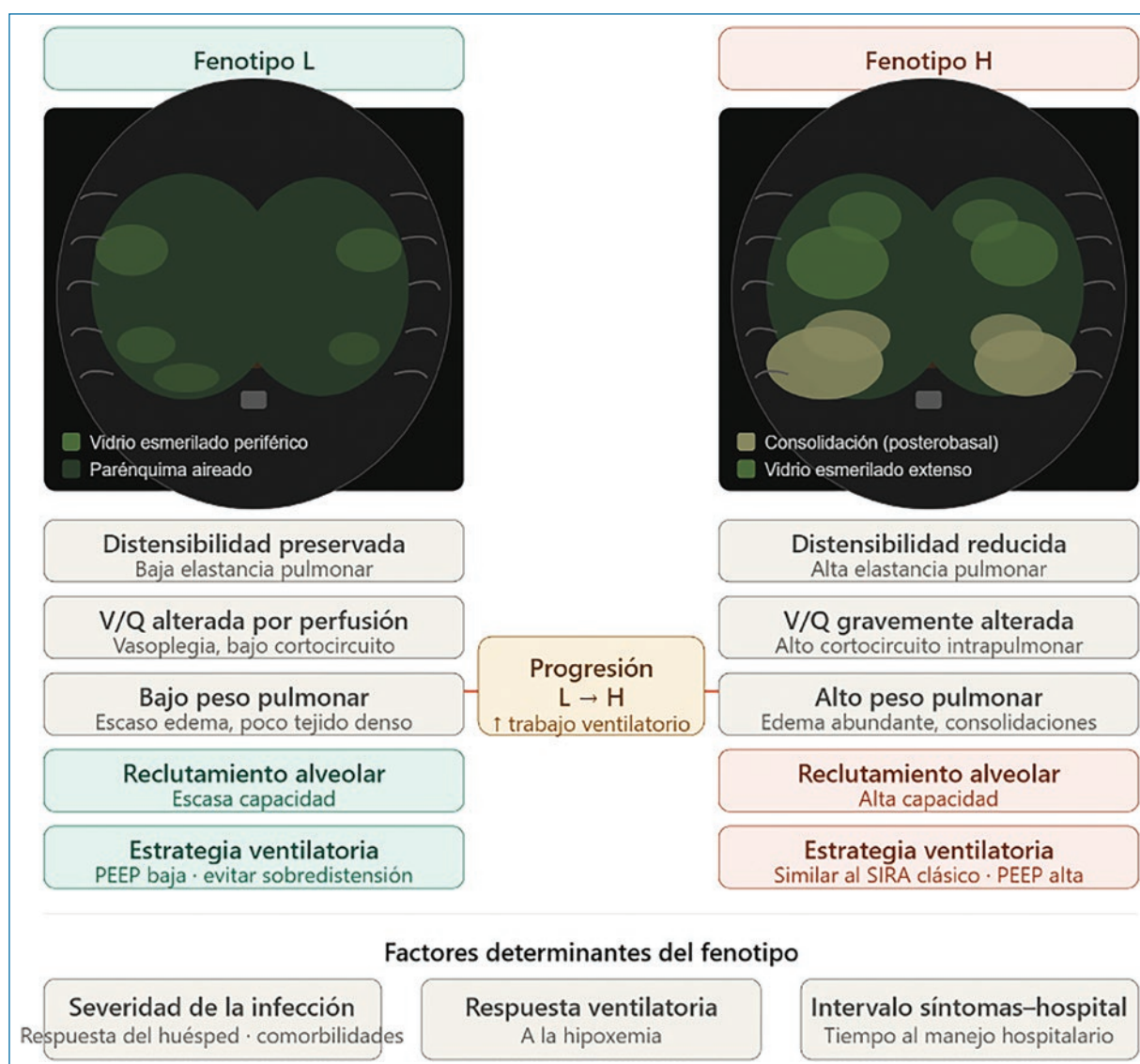


Figura 1. Fenotipos de neumonía grave por COVID-19. Los cortes axiales esquemáticos ilustran los hallazgos tomográficos característicos de cada fenotipo. El fenotipo L (panel izquierdo) muestra opacidades en vidrio esmerilado de distribución periférica y escasa, con parénquima pulmonar predominantemente aireado y bajo peso pulmonar. El fenotipo H (panel derecho) presenta consolidaciones posterobasales extensas y opacidades en vidrio esmerilado difusas, reflejo del edema pulmonar abundante y el aumento del peso pulmonar. Fisiológicamente, el fenotipo L se caracteriza por distensibilidad conservada, alteración de la relación ventilación/perfusión de predominio vascular y baja capacidad de reclutamiento; el fenotipo H, en cambio, es similar al SIRA clásico, con alta elastancia, cortocircuito intrapulmonar elevado y alta capacidad de reclutamiento alveolar. Ambos fenotipos pueden coexistir o progresar de L a H por incremento del trabajo ventilatorio y progresión del daño inflamatorio. Las imágenes son representaciones esquemáticas; no corresponden a tomografías reales de pacientes. *Adaptado de Gattinoni et al.³*. PEEP: presión positiva al final de la espiración; SIRA: síndrome de insuficiencia respiratoria aguda; V/Q: relación ventilación/perfusión.

Parámetros de programación inicial en ventilación mecánica

La programación inicial de la ventilación mecánica debe individualizarse según las características clínicas del paciente, con énfasis en la protección pulmonar,

la oxigenación y la sincronía con el ventilador. No existe un modo ventilatorio superior, por lo que la elección depende de la experiencia clínica. Sin embargo, se recomienda iniciar frecuentemente con ventilación controlada por volumen para garantizar un volumen corriente (VT) protector (4-8 ml/kg de peso predicho,

idealmente 6-8 ml/kg), con frecuencia respiratoria de 12-18 rpm y ajustes que pueden requerir incrementos según la condición del paciente⁴.

Otros parámetros iniciales incluyen flujo inspiratorio de 40-60 l/min, relación inspiración:expiración (I:E) de 1:2 a 1:3, presión positiva al final de la expiración (PEEP) inicial ≥ 5 cmH₂O y sensibilidad de 1.5 a 2 l/min (o, en modalidad por presión, entre -1 y -3 cmH₂O). El objetivo central es mantener una presión meseta < 30 cmH₂O y evitar el daño pulmonar inducido por el ventilador (VILI), ajustando conjuntamente frecuencia y flujo para prevenir auto-PEEP. El volumen minuto debe adaptarse a las demandas metabólicas y al espacio muerto. En algunos casos puede aceptarse hipercapnia permisiva como estrategia protectora².

El modo controlado por presión es una alternativa válida, pero requiere conocer sus diferencias de programación según el ventilador. En este modo, el VT es variable y depende de la mecánica pulmonar del paciente y del gradiente de presión aplicado, por lo que la impedancia toracopulmonar influye directamente en la ventilación efectiva; a mayor impedancia, la presión inspiratoria máxima se alcanza más rápidamente, lo que resulta en un menor VT entregado. Desde un punto de vista operativo, la diferencia de presión (ΔP) entre la línea de base (PEEP más auto-PEEP) y la presión inspiratoria pico (PIP) es el principal determinante del VT administrado. Esta relación está influenciada tanto por las propiedades mecánicas del pulmón como por el esfuerzo respiratorio del paciente⁴. Otras consideraciones relevantes incluyen el uso de una onda de flujo preferentemente desacelerada, la programación de una frecuencia respiratoria mínima, el ajuste adecuado de la relación I:E y la sensibilidad del disparador. La presión inspiratoria debe titularse de forma progresiva para alcanzar el volumen corriente objetivo dentro de un rango seguro, en concordancia con los principios de protección pulmonar⁴.

Concepto de reclutamiento

El reclutamiento pulmonar, descrito por Lachmann en 1992, consiste en la reapertura de unidades alveolares colapsadas para incorporarlas nuevamente a la ventilación. Este proceso se logra mediante la aplicación transitoria de presiones inspiratorias elevadas (presión positiva inspiratoria) y su mantenimiento con niveles adecuados de PEEP, con el fin de evitar el colapso al final de la expiración y favorecer una ventilación más homogénea y protectora⁵. Las maniobras de reclutamiento alveolar buscan aumentar de forma controlada

la presión transpulmonar para reabrir alvéolos colapsados o parcialmente ventilados. En el contexto del SIRA, representan una estrategia relevante en el manejo de la hipoxemia refractaria. Sin embargo, la evidencia disponible, particularmente en COVID-19, es limitada y de baja calidad, por lo que su uso no se recomienda de manera sistemática. Cuando se emplean, pueden incluir la aplicación de presiones elevadas durante periodos breves, siempre bajo estrecha monitorización clínica⁶⁻⁹.

Monitoreo pulmonar

La interpretación de las variables de la mecánica pulmonar es fundamental para comprender el estado funcional del pulmón y guiar los ajustes de la ventilación mecánica. Es necesario medir, analizar e interpretar las fuerzas aplicadas durante la insuflación, particularmente la presión transpulmonar (*stress*) y las deformaciones resultantes del tejido pulmonar (*strain*), sin perder de vista el objetivo central de mantener unidades alveolares abiertas y funcionales para el adecuado intercambio gaseoso. Desde la perspectiva de la relación ventilación/perfusión (V/Q), la ventilación puede entenderse como la respuesta del sistema respiratorio al impulso mecánico de la insuflación y su posterior retorno a la posición de reposo. Este proceso se divide en tres componentes: 1) fase dinámica, en la que se vencen las fuerzas resistivas del sistema respiratorio (pulmón, caja torácica y abdomen); 2) fase estática, correspondiente a la distribución del gas en los compartimentos pulmonares, y 3) fase de retroceso elástico pulmonar. La identificación de las variables que representan cada una de estas fases es esencial para un monitoreo adecuado y para la titulación de una estrategia ventilatoria protectora⁶⁻⁹.

Monitoreo en condiciones estáticas

En ventilación mecánica controlada por volumen, la evaluación en condiciones de flujo cero permite analizar con mayor precisión las propiedades elásticas del sistema respiratorio. Durante la pausa inspiratoria, tras el cierre de la válvula inspiratoria y antes de la apertura de la válvula espiratoria, el flujo se detiene y el volumen administrado se redistribuye de manera homogénea. En este punto se mide la presión meseta o *plateau* (Pplat), que refleja la presión de retracción elástica del sistema respiratorio y, en equilibrio, se aproxima a la presión alveolar⁸.

Por otra parte, la medición de la PEEP intrínseca (PEEPi) se realiza mediante una pausa al final de la espiración, también en condiciones de flujo cero, y permite identificar fenómenos de atrapamiento aéreo e hiperinsuflación dinámica. La PEEPi puede presentarse en distintos escenarios: 1) sin sobredistensión pulmonar, asociada a espiración activa y aumento de la presión alveolar al final de la espiración; 2) por incremento de las demandas ventilatorias (frecuencia respiratoria o volumen corriente elevados) con tiempo espiratorio insuficiente, lo que condiciona un vaciamiento alveolar incompleto, y 3) en presencia de limitación del flujo aéreo, donde el colapso dinámico de la vía aérea durante la espiración favorece el atrapamiento de aire y el aumento de la presión alveolar sin mejora del flujo espiratorio¹⁰. La correcta interpretación de estas variables es esencial para optimizar la ventilación y minimizar el riesgo de lesión pulmonar inducida por el ventilador.

La distensibilidad (*C*, *compliance*) describe la relación entre el cambio de volumen pulmonar y la presión necesaria para generarlo ($C = V/P$, ml/cmH₂O). En pacientes bajo VMI, la distensibilidad estática se estima a partir del volumen corriente (VT) dividido entre la diferencia entre la Pplat y la PEEP ($C = VT/(P_{plat} - PEEP)$). Como referencia, los valores normales se sitúan alrededor de 100 ml/cmH₂O en condiciones generales, aproximadamente 75 ml/cmH₂O en decúbito supino y cerca de 50 ml/cmH₂O en pacientes con SIRA, lo que refleja la pérdida de elasticidad pulmonar en este contexto¹¹.

La presión de conducción (*driving pressure*) se define como la diferencia entre Pplat y PEEP, y se evalúa idealmente en ausencia de esfuerzo respiratorio espontáneo. Este parámetro refleja la relación entre el volumen corriente y la distensibilidad del sistema respiratorio, actuando como un indicador indirecto del tamaño funcional del pulmón. La evidencia clínica ha demostrado que valores elevados de presión de conducción se asocian con mayor mortalidad en pacientes con SIRA; por ello, se recomienda mantenerla por debajo de 15 cmH₂O. Además, su seguimiento resulta útil para ajustar la PEEP dentro de una estrategia de ventilación protectora orientada a optimizar la oxigenación y minimizar el daño pulmonar¹².

Monitoreo en condiciones dinámicas

El monitoreo dinámico permite evaluar la interacción entre flujo, presión y volumen durante el ciclo respiratorio, integrando tanto las propiedades elásticas como resistivas del sistema respiratorio.

La resistencia de la vía aérea se define como la relación entre el gradiente de presión (desde la vía aérea proximal hasta los alvéolos) y el flujo de aire ($R = P/F$, cmH₂O/l/s). Este parámetro varía en función del volumen pulmonar: a mayor volumen, menor resistencia de la vía aérea, y viceversa¹³. Su evaluación es útil para identificar obstrucción al flujo aéreo o cambios en las condiciones mecánicas del sistema respiratorio.

La distensibilidad dinámica se calcula como la relación entre el VT y la diferencia entre la presión pico y la PEEP ($C_{din} = VT/(P_{pico} - PEEP)$). A diferencia de la distensibilidad estática, este parámetro integra el efecto combinado de la resistencia de la vía aérea, la caja torácica y el parénquima pulmonar. Sus valores suelen ser entre un 10 y 20% menores que los de la distensibilidad estática y pueden verse influenciados por factores como la edad y el peso del paciente¹³.

Monitoreo de la deformación del parénquima pulmonar

El estrés pulmonar se define como la presión de distensión aplicada al fibroesqueleto del pulmón durante la ventilación. Con base en este concepto, Grasso et al.¹⁴ desarrollaron el índice de estrés (*stress index*), una herramienta útil para optimizar la titulación de la PEEP y reducir el riesgo de VILI. Este índice se evalúa mediante la morfología de la curva presión-tiempo (Fig. 2). Una curva cóncava hacia abajo (índice < 1) indica aumento de la distensibilidad y sugiere reclutamiento alveolar potencial, por lo que podría considerarse incrementar la PEEP hasta obtener un trazo más lineal. En contraste, una curva cóncava hacia arriba (índice > 1) sugiere sobredistensión alveolar, lo que indica la necesidad de reducir la PEEP. Un perfil lineal se asocia con una ventilación más homogénea y, por tanto, con menor riesgo de daño pulmonar.

El *strain* representa la deformación del fibroesqueleto pulmonar en respuesta a la ventilación mecánica y constituye un parámetro clave en la génesis de la VILI. Su evaluación permite estimar el grado de estrés mecánico aplicado al pulmón y orientar estrategias de ventilación protectora. Entre las herramientas disponibles, la tomografía por impedancia eléctrica destaca por ser un método no invasivo, libre de radiación y de bajo costo, que permite analizar en tiempo real la distribución regional de la ventilación, contribuyendo a la optimización de los parámetros ventilatorios y a la reducción del riesgo de VILI¹⁴.

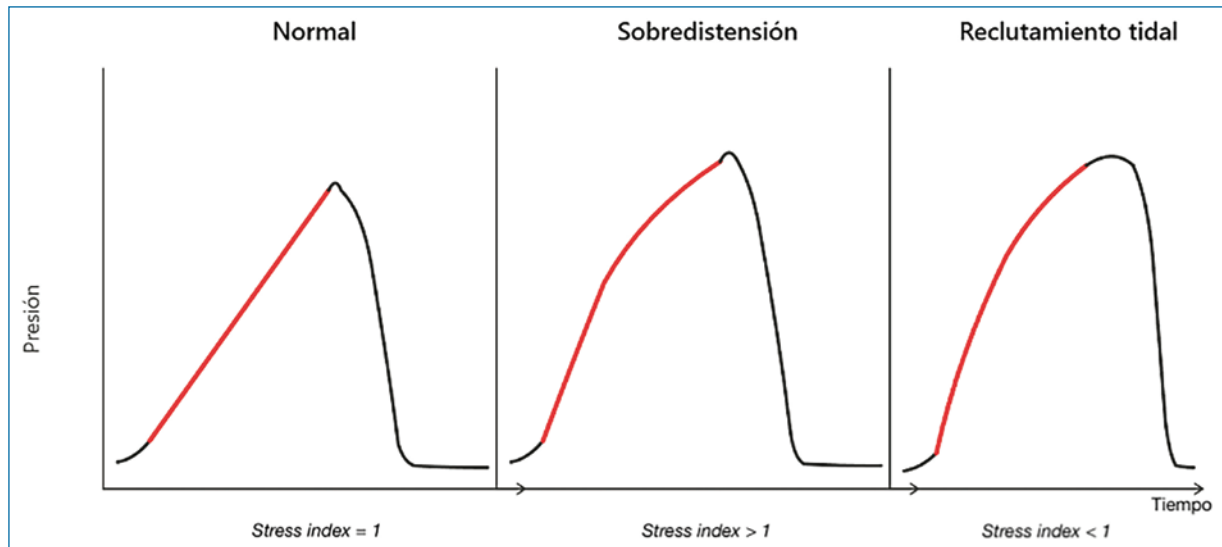


Figura 2. Monitoreo del índice de estrés en la curva de presión (eje-y) y tiempo (eje-x) durante la ventilación mecánica invasiva. El segmento rojo marca la porción inspiratoria en cada caso: Normal ($= 1$): la presión sube de forma lineal durante la inspiración; Sobredistensión (> 1): la curva se acelera (cóncava hacia arriba), indicando sobredistensión alveolar; Reclutamiento tidal (< 1): la curva desacelera (cóncava hacia abajo), indicando reclutamiento cíclico con cada respiración.

Titulación del ventilador y protección pulmonar

La titulación de la ventilación mecánica se orienta a tres objetivos fundamentales: evitar la sobredistensión alveolar, optimizar el reclutamiento alveolar (previniendo el colapso y reapertura cíclica) y ajustar la ventilación a las características del «pulmón enfermo», en concordancia con las metas de oxigenación y ventilación¹⁵.

El establecimiento de un VT basado en el peso corporal predicho constituye el pilar de la ventilación protectora. La evidencia ha demostrado que el uso de VT bajos (≈ 6 ml/kg) se asocia con menor mortalidad en comparación con volúmenes más altos (≈ 12 ml/kg), principalmente por su impacto en la reducción de la presión meseta^{16,17}. No obstante, en pacientes con fenotipo L de COVID-19, caracterizados por mayor distensibilidad, puede considerarse el uso de volúmenes ligeramente superiores (hasta 8 ml/kg de peso predicho), siempre que la presión meseta se mantenga por debajo de 30 cmH₂O¹⁸.

Mantener una presión meseta < 30 cmH₂O es un objetivo clave, ya que este parámetro se correlaciona con la distensión alveolar y, en condiciones normales, actúa como un sustituto de la presión transpulmonar¹⁴. Sin embargo, su interpretación debe ajustarse en presencia de alteraciones en la elastancia torácica o abdominal, donde puede perder precisión y requerir

mediciones más directas, como la presión esofágica. Valores elevados de presión meseta se asocian con mayor riesgo de edema alveolar y daño pulmonar².

Por su parte, la presión de conducción (ΔP = presión meseta – PEEP) refleja el volumen pulmonar funcional disponible y el grado de pulmón reclutable en cada ciclo respiratorio. Este parámetro integra tanto la configuración del ventilador como las propiedades mecánicas del paciente, y se recomienda mantenerlo por debajo de 15 cmH₂O como parte de una estrategia de ventilación protectora^{13,16}.

Importancia de la titulación de la PEEP en pacientes con COVID-19

La titulación adecuada de la PEEP es un componente clave en la estrategia de ventilación protectora, particularmente en pacientes con SIRA secundario a COVID-19. Un metaanálisis que incluyó los estudios ALVEOLI, LOVS y EXPRESS evaluó el impacto de estrategias con niveles altos vs. bajos de PEEP¹⁹. En la población general analizada no se observaron diferencias significativas en la mortalidad entre ambos grupos (riesgo relativo [RR]: 0.94; intervalo de confianza al 95% [IC 95%]: 0.86-1.04; $p = 0.25$). No obstante, en el subgrupo de pacientes con SIRA, el uso de niveles más altos de PEEP se asoció con una reducción

Tabla 1. Aspectos metodológicos de estudios que han implementado la ventilación en posición prono en pacientes con SIRA

Característica	SIRA clásico	SIRA por COVID-19
Estudio	Guérin et al. ²² PROSEVA trial	Estudios observacionales y metaanálisis (2020-2024)
Diseño del estudio	Ensayo clínico aleatorizado multicéntrico	Predominantemente observacional (cohortes, retrospectivos, metaanálisis)
Nivel de evidencia	Alto	Moderado-bajo
Población	SIRA severo ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$)	SIRA moderado-severo, población heterogénea
Fisiopatología	SIRA «típico»	Inicialmente fenotipos variables; actualmente manejado como SIRA típico
Inicio del prono	Precoz (< 36 horas)	Variable; a menudo tardío al inicio de la pandemia
Duración del prono	≥ 16 horas por sesión	≥ 16 horas; frecuentemente prolongado (> 24 horas)
Número de sesiones	Ciclos repetidos	Variable según respuesta clínica
Estrategia ventilatoria	Ventilación protectora estricta	Adherencia variable a ventilación protectora
Efecto sobre la oxigenación	Mejoría significativa y consistente de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	Mejoría consistente, con magnitud variable
Efecto sobre la mortalidad	Reducción significativa (28 días: 16% versus 32.8%)	No concluyente; posible beneficio sugerido
Complicaciones	Úlceras por presión, eventos de vía aérea (sin aumento significativo)	Perfil similar; manejable en centros experimentados
Reproducibilidad	Alta (intervención protocolizada)	Variable (dependiente de recursos y experiencia)
Recomendación clínica	Recomendación fuerte	Recomendación fuerte (basada en extrapolación y beneficio fisiológico)

SIRA: síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.

modesta pero significativa de la mortalidad (RR ajustado: 0.90; IC 95%: 0.81-1.0; $p = 0.049$). Estos hallazgos sugieren que el beneficio de una PEEP elevada depende del grado de gravedad del síndrome. En particular, los pacientes con SIRA moderado a grave pueden beneficiarse de niveles más altos de PEEP, probablemente por un mayor potencial de reclutamiento alveolar. En contraste, en pacientes con SIRA leve, el uso de PEEP elevado no solo carece de beneficio claro, sino que podría asociarse con efectos adversos, incluyendo sobredistensión alveolar y compromiso hemodinámico. Por ello, la titulación de la PEEP debe individualizarse, considerando la respuesta clínica, la mecánica pulmonar y el potencial de reclutamiento de cada paciente²⁰.

Posición prona

En el SIRA, las zonas de colapso y ocupación alveolar predominan en las regiones dependientes del pulmón. En decúbito supino, estas corresponden principalmente a las regiones dorsobasales, lo que favorece el desequilibrio en la ventilación y la perfusión. La ventilación en decúbito prono redistribuye estas áreas,

desplazando el colapso hacia regiones anteriores y promoviendo una ventilación más homogénea del parénquima pulmonar²¹.

Este cambio mejora la relación ventilación/perfusión, reduce el cortocircuito intrapulmonar y disminuye tanto la sobredistensión alveolar como el espacio muerto, contribuyendo así a limitar la VILI²¹. Los beneficios son más evidentes en pacientes con SIRA moderado a grave, en quienes se ha demostrado una reducción significativa de la mortalidad, como evidenció el estudio PROSEVA²². En la [tabla 1](#) se muestran algunas características de los estudios que han empleado esta estrategia terapéutica.

En el contexto de COVID-19, aunque inicialmente se plantearon fenotipos distintos, la evidencia actual respalda que el manejo ventilatorio (incluida la posición prona) debe seguir los principios del SIRA clásico. En estos pacientes, especialmente con hipoxemia grave ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$, $\text{FiO}_2 > 60\%$ y $\text{PEEP} \geq 5\text{-}10 \text{ cmH}_2\text{O}$), el prono mejora de manera consistente la oxigenación y se asocia con mejores desenlaces cuando se aplica de forma temprana y prolongada. Para maximizar sus beneficios, se recomienda mantener la posición prona durante > 12 horas al día²³, idealmente en la fase exudativa del SIRA y bajo sedación adecuada. Evidencia

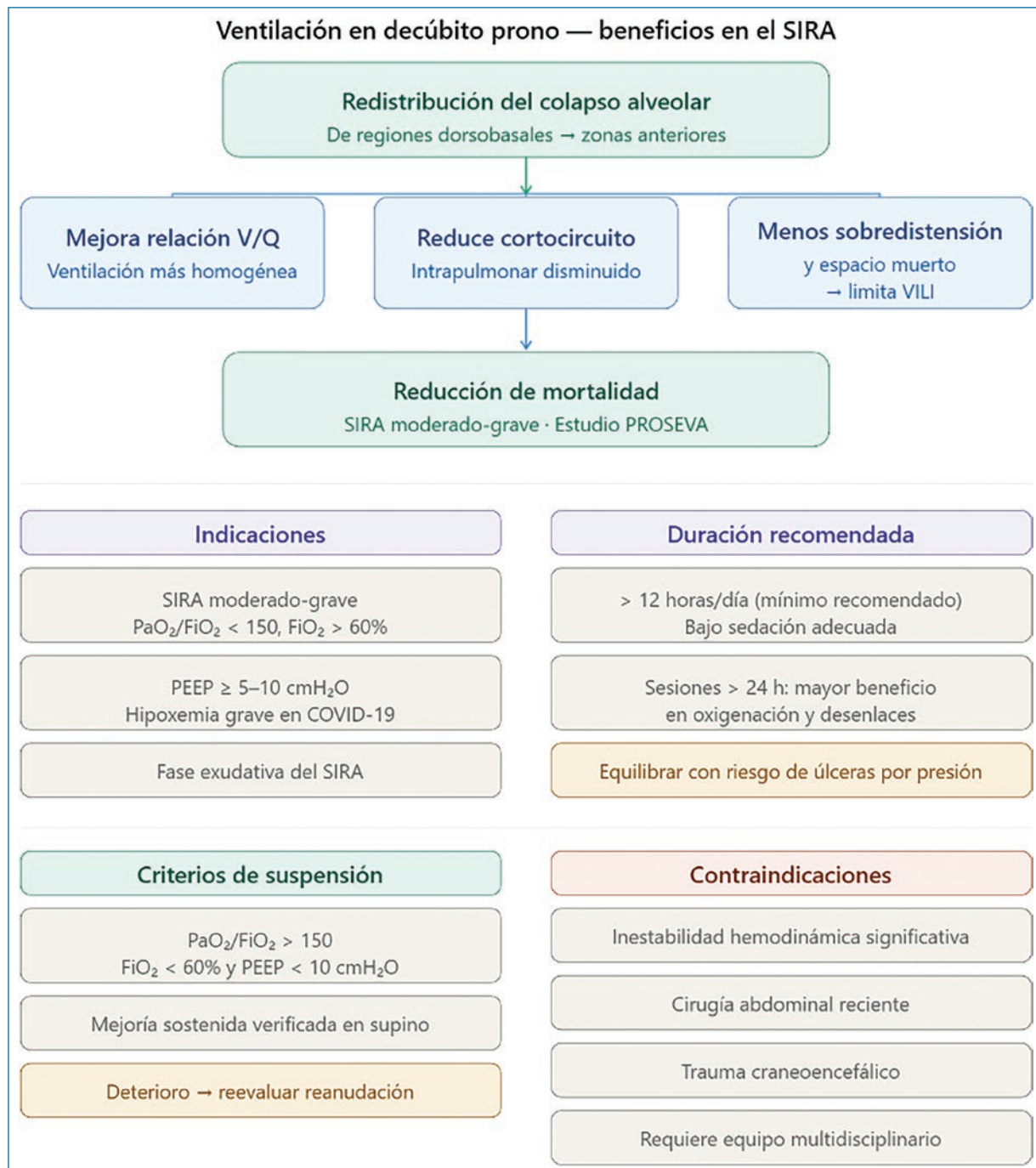


Figura 3. Beneficios fisiológicos y consideraciones clínicas de la ventilación en decúbito prono en el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA). El cambio postural redistribuye el colapso alveolar desde las regiones dorsobasales hacia zonas anteriores, favoreciendo una ventilación más homogénea del parénquima pulmonar. Ello se traduce en mejoría de la relación ventilación/perfusión (V/Q), reducción del cortocircuito intrapulmonar y disminución de la lesión pulmonar asociada al ventilador (VILI). PEEP: presión positiva al final de la espiración; SIRA: síndrome de insuficiencia respiratoria aguda; V/Q: relación ventilación/perfusión; VILI: *ventilator-induced lung injury*.

más reciente sugiere que la prolongación de las sesiones por encima de 24 horas puede asociarse con mayores beneficios en términos de oxigenación y desenlaces clínicos²⁴; sin embargo, este enfoque debe

equilibrarse con el riesgo de complicaciones, entre las que destacan las úlceras por presión y otras lesiones asociadas a la inmovilidad prolongada^{25,26}. La suspensión de esta estrategia debe considerarse cuando

se logre una mejoría sostenida de la oxigenación ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 150$, $\text{FiO}_2 < 60\%$ y $\text{PEEP} < 10 \text{ cmH}_2\text{O}$), verificando su estabilidad tras el retorno a decúbito supino. En caso de deterioro, debe reevaluarse la reanudación del prono²⁷.

Las contraindicaciones incluyen situaciones de inestabilidad hemodinámica significativa o condiciones que dificulten su implementación, como cirugía abdominal reciente o trauma craneoencefálico. Asimismo, su aplicación requiere un equipo multidisciplinario entrenado, dado el nivel de complejidad y recursos necesarios²⁸. En la actualidad, la evidencia respalda su uso como una intervención estándar en el manejo del SIRA, independientemente de la causa, incluida la COVID-19²³.

La posición en decúbito prono constituye una estrategia fundamental en el manejo de pacientes intubados con COVID-19 y SIRA grave. Su implementación oportuna y adecuada, especialmente en unidades de cuidados intensivos, ha demostrado ser una intervención clave para mejorar la oxigenación y los desenlaces clínicos, como se muestra en la **figura 3**.

Conclusión

En conjunto, la evidencia actual consolida que el manejo ventilatorio del SIRA, incluido el asociado a COVID-19, debe sustentarse en una estrategia integral de ventilación protectora, basada en la limitación del daño inducido por el ventilador, la optimización del reclutamiento alveolar y la individualización de parámetros según la mecánica pulmonar de cada paciente. El monitoreo continuo de variables estáticas y dinámicas, junto con herramientas avanzadas de evaluación regional, permite ajustar de manera precisa la ventilación para minimizar el VILI. Asimismo, intervenciones como la titulación adecuada de la PEEP y la posición prona mantienen un papel central en la mejoría de la oxigenación y en la reducción de la mortalidad en casos moderados a graves. En este contexto, la comprensión fisiopatológica del SIRA y la aplicación rigurosa de principios de protección pulmonar siguen siendo pilares fundamentales para optimizar los desenlaces clínicos en pacientes críticamente enfermos.

Financiamiento

El presente trabajo no recibió financiamiento alguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones 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, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este artículo.

Referencias

1. Cannon JW, Gutsche JT, Brodie D. Optimal strategies for severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Clin*. 2017;33(2):259-75. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2016.12.010>.
2. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, Antonelli M, Cabrini L, Castelli A, et al. COVID-19 Lombardy ICU Network. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA*. 2020;323(16):1574-81. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.5394>.
3. Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, Busana M, Romitti F, Brazzi L, et al. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? *Intensive Care Med*. 2020;46(6):1099-102. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06033-2>.
4. Cairo JM. *Pilbeam's mechanical ventilation - E-Book: Physiological and Clinical Applications*. Elsevier Health Sciences; 2023.
5. Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med*. 1992;18(6):319-21. <https://doi.org/10.1007/bf01694358>.
6. Cui Y, Cao R, Wang Y, Li G. Lung recruitment maneuvers for ARDS patients: a systematic review and meta-analysis. *Respiration*. 2020;99(3):264-76. <https://doi.org/10.1159/000501045>.
7. Gibson PG, Qin L, Puah SH. COVID-19 acute respiratory distress syndrome (ARDS): clinical features and differences from typical pre-COVID-19 ARDS. *Med J Aust*. 2020;213(2):54-6.e1. <https://doi.org/10.5694/mja2.50674>.
8. Warrillow S, Austin D, Cheung W, Close E, Holley A, Horgan B, et al. ANZICS guiding principles for complex decision making during the COVID-19 pandemic. *Crit Care Resusc*. 2020;22(2):98-102. <https://doi.org/10.51893/2020.2.sa1>.
9. Leach R, Bolanaki M, Behringer W, Prescott HC, Freund Y. The 2026 Surviving Sepsis Campaign guidelines: a turning point for emergency medicine. *Eur J Emerg Med*. 2026;33(3):139-40. <https://doi.org/10.1097/mej.0000000000001348>.
10. dos Santos CC, Slutsky AS. The contribution of biophysical lung injury to the development of biotrauma. *Annu Rev Physiol*. 2006;68:585-618. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.68.072304.113443>.
11. Piacentini E, Wysocki M, Blanch L. A new automated method *versus* continuous positive airway pressure method for measuring pressure-volume curves in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med*. 2009;35(3):565-70. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1322-2>.
12. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa ELV, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015;372(8):747-55. <https://doi.org/10.1056/nejmsa1410639>.
13. Galetke W, Feiler C, Muth T, Ruehle K-H, Borsch-Galetke E, Randerath W. Reference values for dynamic and static pulmonary compliance in men. *Respir Med*. 2007;101(8):1783-9. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.02.015>.
14. Grasso S, Terragni P, Mascia L, Fanelli V, Quintel M, Herrmann P, et al. Airway pressure-time curve profile (stress index) detects tidal recruitment/hyperinflation in experimental acute lung injury. *Crit Care Med*. 2004;32(4):1018-27. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000120059.94009.ad>.
15. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 1998;338(6):347-54. <https://doi.org/10.1056/nejm199802053380602>.
16. Acute Respiratory Distress Syndrome Network; Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A, 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(18):1301-8. <https://doi.org/10.1056/nejm200005043421801>.

17. Brochard L, Roudot-Thoraval F, Roupie E, Delclaux C, Chastre J, Fernandez-Mondéjar E, et al. Tidal volume reduction for prevention of ventilator-induced lung injury in acute respiratory distress syndrome. The Multicenter Trial Group on Tidal Volume reduction in ARDS. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(6):1831-8. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.158.6.9801044>.
18. Marini JJ, Gattinoni L. Management of COVID-19 Respiratory Distress. *JAMA*. 2020;323(22):2329-30. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6825>.
19. Briel M, Meade M, Mercat A, Brower RG, Talmor D, Walter SD, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2010;303(9):865-73. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.218>.
20. Writing Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators; Cavalcanti AB, Suzumura EA, Laranjeira LN, Paisani D de M, Damiani LP, Guimarães HP, et al. Effect of lung recruitment and titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs low PEEP on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2017;318(14):1335-45. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.14171>.
21. Rampon GL, Simpson SQ, Agrawal R. Prone positioning for acute hypoxemic respiratory failure and ARDS: A Review. *Chest*. 2023;163(2):332-40. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.09.020>.
22. Guérin C, Reignier J, Richard J-C, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, et al. PROSEVA Study Group. Prone Positioning in Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med*. 2013;368(23):2159-68. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1214103>.
23. Qadir N, Sahetya S, Munshi L, Summers C, Abrams D, Beitler J, et al. An update on management of adult patients with acute respiratory distress syndrome: an official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2024;209(1):24-36. <https://doi.org/10.1164/rccm.202311-2011st>.
24. Kang H, Subinuer K, Tong Z. Effect of extended prone positioning in intubated COVID-19 patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med*. 2024;39(11):1164-72. <https://doi.org/10.1177/08850666241252759>.
25. Keenan Chong WH, Dan Ong WJ, Khan FA, Sajeed S, Souza JD, Kansal MG, et al. Clinical benefits of prolonged *versus* standard prone positioning in mechanically ventilated COVID-19 patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review, meta-analysis, and trial-sequential analysis. *Aust Crit Care*. 2026;39(2):101531. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2026.101531>.
26. Berger do Rosário M, da Silva DW, Wawrzeniak IC, Ziegelmann PK, Rios Vieira SR, Boniatti MM, et al. Extended prone positioning in ARDS: a systematic review and meta-analysis. *Respir Care*. 2026;71(4):417-25. <https://doi.org/10.1177/19433654251405270>.
27. Papazian L, Aubron C, Brochard L, Chiche J-D, Combes A, Dreyfuss D, et al. Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care*. 2019;9(1):69. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0540-9>.
28. Kallet RH. A comprehensive review of prone position in ARDS. *Respir Care*. 2015;60(11):1660-87. <https://doi.org/10.4187/respcare.04271>.