



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.

REVISIÓN

Posición prono en respiración espontánea: una lección más del COVID-19



Diana Borre-Naranjo^{a,b,*}, Amilkar Almanza^{a,b}, Dairo Rodelo^c, Leydis Lora^{b,d}, Wilfrido Coronell^{a,b} y Carmelo Dueñas-Castell^{a,b,c}

^a Clínica Gestión Salud, Cartagena, Bolívar, Colombia

^b Intensive Care and Obstetrics Research Group (GRICIO), Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

^c Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia

^d Universidad del Magdalena

Recibido el 21 de diciembre de 2021; aceptado el 5 de febrero de 2022

Disponible en Internet el 14 de febrero de 2022

PALABRAS CLAVE

Pandemia;
Infecciones por coronavirus;
Posición prona;
Hipoxia;
Fisiología

Resumen Con la pandemia se implementaron diversas estrategias para evitar la intubación y la ventilación mecánica invasiva. La posición prona tiene claros efectos benéficos en mejorar la oxigenación por diversos mecanismos al tiempo que genera cambios hemodinámicos que pueden optimizar la función del ventrículo derecho.

La evidencia de la posición prona en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda en ventilación mecánica invasiva es contundente y obliga a considerarla en las primeras 24 h de pacientes con $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 150$ mmHg. La posición prona en respiración espontánea puede mejorar la oxigenación en pacientes con falla respiratoria y si se implementa mediante un protocolo que incluya una adecuada selección de pacientes puede evitar la intubación de pacientes en falla respiratoria.

La presente revisión resume los antecedentes históricos, las bases fisiológicas de la posición prona en el paciente despierto, así como la evidencia que evalúa su aplicación en el paciente con COVID-19 al tiempo que resume el protocolo y la experiencia de un centro con esta estrategia como propuesta para estudios multicéntricos.

© 2022 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Pandemic;
Coronavirus infections;
Prone position;
Hypoxia;
Physiology

Prone position in spontaneous breathing: A further lesson from COVID-19

Abstract During the pandemic, various strategies were implemented to avoid intubation and invasive mechanical ventilation. The prone position has clear beneficial effects in improving oxygenation by various mechanisms while generating haemodynamic changes that can optimize the function of the right ventricle.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Dianaborren0424@gmail.com (D. Borre-Naranjo).

The evidence of prone position in patients with acute respiratory distress syndrome on invasive mechanical ventilation is overwhelming and makes it necessary to consider it in the first 24 hours in patients with $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 \leq 150$ mmHg. The prone position in spontaneous breathing can improve oxygenation in patients with respiratory failure and if implemented through a protocol that includes adequate selection of patients it can avoid intubation of patients in respiratory failure.

This review summarizes the historical antecedents, the physiological bases of the prone position in the awake patient, as well as the evidence that evaluates its application in the patient with COVID-19 while summarizing the protocol and the experience of a centre that uses this strategy as a proposal for multicentre studies.

© 2022 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

«Cuando en el quinto círculo hube entrado, vi por aquel a gentes que lloraban, tumbados en la tierra boca abajo.»

Divina Comedia, Dante Alighieri

Antecedentes históricos de la posición prono

Durante la década de 1960, West describió el impacto de la fuerza de gravedad y la posición corporal en su modelo de zona clásico en el cual resaltaba la importancia de la relación ventilación (V) y perfusión pulmonar (Q) en la oxigenación y la eliminación de CO_2 ^{1,2}.

Años después se reportó que hay fuerzas distintas a la gravedad que influyen en el flujo sanguíneo pulmonar^{3,4}. Modelos animales mostraron que la conductabilidad vascular era mayor en las regiones pulmonares dorsocaudales, independientemente de la postura corporal⁵. Por lo tanto, hay características vasculares que dan como resultado una mejor perfusión pulmonar dorsal y contrarrestan la fuerza de gravedad en la posición prona (PP).

En 1974, en sus «comentarios de un abogado del diablo», Bryan planteó que la PP permitiría una mayor expansión y ventilación de las áreas dorsales de los pulmones⁶. Poco después, Piehl demostró que la PP aumentaba la presión arterial de oxígeno en 47 mmHg en promedio. Además, demostraron mejoría de la higiene bronquial⁷.

El emblemático trabajo de Douglas en 6 pacientes en falla respiratoria reportó que, a un mismo nivel de volumen corriente, fracción inspiratoria de oxígeno (FiO_2) y presión espiratoria al final de la espiración, la PP ocasionaba un incremento promedio en la PaO_2 de 69 mmHg y una mejoría del gasto cardiaco entre 0,3 y 1,2 l/min⁸.

Pasaron varias décadas para que el estudio PROSEVA, y varios metaanálisis posteriores, generaron evidencia de peso sobre la reducción de la mortalidad al emplear la PP en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) en ventilación mecánica invasiva^{9,10}.

En el estudio PROSEVA, la PP redujo la mortalidad al día 28 y este beneficio se mantuvo hasta el día 90 con respecto al grupo control (16,0%, 38 de 237 participantes) versus 32,8%

(75 de 229; $p < 0.001$); esto fue significativo en pacientes con SDRA grave con una $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 \leq 150$ mmHg¹⁰.

El uso de la PP adquirió mayor importancia con la aparición de un nuevo coronavirus, demostrado por el análisis de secuenciación profunda de muestras del tracto respiratorio inferior¹¹.

Beneficios fisiológicos de la posición prono

La mejoría en la oxigenación que produce la PP es multifactorial:

1. Genera cambios en la distribución de la ventilación alveolar. Optimiza la relación ventilación/perfusión y reduce la ventilación a regiones con baja relación V/Q al reclutar mayor número de unidades alveolares en áreas dorsales. Mejora el tamaño alveolar¹²⁻¹⁶.
2. El peso del corazón, el pulmón dorsal y las vísceras abdominales aumentan la presión pleural dorsal y reducen las presiones transpulmonares en las regiones dorsales, generando así un gradiente de presión pleural ventral-dorsal. En pacientes con SDRA, este gradiente se amplifica aún más debido al aumento de la masa del pulmón edematoso, que provoca un colapso de las regiones dorsales dependientes. El gradiente gravitacional aumenta la perfusión en estas zonas, lo que da como resultado una región de baja ventilación y alta perfusión, lo que provoca hipoxemia. La PP mejora este gradiente de presión pleural a través de las regiones dorsal y ventral, disminuyendo así el desajuste ventilación-perfusión¹²⁻¹⁶.
3. Puede reducir la lesión pulmonar inducida por ventilador (volutrauma, atelectrauma, barotrauma). Además, al mejorar, de forma fiable y predecible la oxigenación, puede optimizar el impulso respiratorio, disminuyendo así el riesgo de lesión pulmonar autoinfligida por el paciente o fatiga respiratoria¹²⁻¹⁶.
4. Puede reducir la poscarga del ventrículo derecho al disminuir la resistencia vascular pulmonar, lo cual, sumado a un aumento del retorno venoso, origina una notoria mejoría en el desempeño del ventrículo derecho¹²⁻¹⁶.

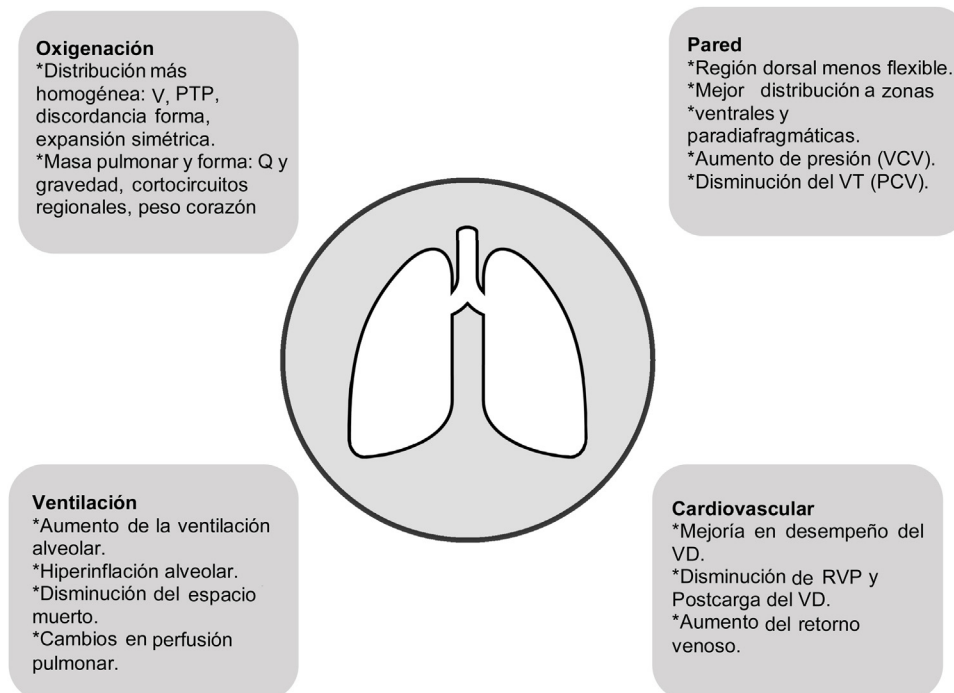


Figura 1 Beneficios fisiológicos de la posición prona.

Fuente: elaborado a partir de las referencias Glenny et al.²⁰, Scholten et al.²¹ y Behesht Aeen et al.²².

PCV: ventilación controlada por presión; PTP: presión transpulmonar; Q: perfusión; RVP: resistencia vascular periférica; V: ventilación; VCV: ventilación controlada por volumen; VD: ventrículo derecho.

5. La PP debe ser considerada una forma de maniobra de reclutamiento. A medida que el peso del corazón, ejercido sobre las porciones dependientes de los pulmones, disminuye y los gradientes de presión pleural se redistribuyen, las fuerzas transalveolares aumentan en las zonas dorsales del pulmón. Una vez que el paciente ha sido reposicionado, estas fuerzas se mantienen, lo que ayuda a mantener la permeabilidad de los alvéolos, que se abren por el aumento de la presión local¹⁷.

En pacientes con SDRA moderado-grave se ha empleado la PP de forma temprana para lograr una mejoría de la oxigenación y disminución del cortocircuito intrapulmonar a través de una distribución más homogénea del volumen corriente^{18,19}.

Los beneficios fisiológicos de la PP se pueden ver resumidos en la [figura 1](#)²⁰⁻²².

Posición prono en respiración espontánea

En 1999 se reportó la pionera experiencia de la PP, en respiración espontánea (PPRE), en 17 niños con neumonía, al demostrar un aumento significativo en la oximetría de pulso ($95,52 \pm 2,87$ a $98,00 \pm 2,40\%$; $p=0,0002$) y la distensibilidad del sistema respiratorio ($5,99 \pm 2,52$ a $7,93 \pm 4,30$ ml/cmH₂O; $p=0,02$)²³.

Ese mismo año, Tulleken reportó el caso de un joven de 16 años con falla respiratoria por casi ahogamiento y epilepsia. La PP fue bien tolerada, mejoró la oxigenación y produjo tal recuperación clínica que evitó la intubación y permitió

el egreso 4 días después²⁴. Pequeños casos mostraron beneficios en la PPRE en situaciones muy específicas²⁵⁻²⁹.

En 2015, Scaravilli publicó el caso de 15 pacientes con falla respiratoria hipoxémica manejados con PP entre 2009 y 2014. La PP mejoró la oxigenación ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 124 ± 50 mmHg, 187 ± 72 mmHg y 140 ± 61 mmHg, antes, durante la prono y después de la prono, respectivamente, $p < 0,001$)³⁰.

La PPRE pretende mejorar la oxigenación y evitar la intubación. Sin embargo, se ha planteado que prolongar la decisión de intubación puede aumentar la mortalidad³¹.

Más recientemente se evaluó la PPRE combinada con ventilación no invasiva (VMNI) o cánula de alto flujo (CAF) para evitar la necesidad de intubación en SDRA moderado a grave. Entre enero de 2018 y abril de 2019, 20 pacientes ingresaron al estudio. En 11 pacientes se evitó la intubación (grupo exitoso). La $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en el grupo de PP+CAF fue significativamente mayor en el grupo exitoso que en el grupo que fracasó (125 ± 41 vs. 119 ± 19 mmHg; $p=0,043$). El promedio de duración de la PP fue de 2 h 2 veces al día. Los autores concluyeron que la aplicación temprana de PPRE con CAF, especialmente en pacientes con SDRA moderado y $\text{SpO}_2 > 95\%$ puede ayudar a evitar la intubación. La eficacia en mejorar la oxigenación de las 4 estrategias, en orden ascendente, fue CAF < PP+CAF < VMNI < PP+VMNI³².

Posición prono en respiración espontánea durante la pandemia

Desde el comienzo de la pandemia se planteó la posibilidad de implementar la PPRE en el paciente con COVID-19

Tabla 1 Criterios para intubar un paciente en falla respiratoria

1 criterio es suficiente	2 criterios y dificultad respiratoria
Paro cardiaco	FR > 35 o <6
Deterioro de conciencia	VR < 5 ml/kg
Inestabilidad hemodinámica	SaO ₂ < 90% a pesar de O ₂
PaO ₂ < 45 mmHg a pesar de O ₂	pH < 7,20 reducción súbita
	Hipercapnia: aumentar PaCO ₂ > 10 o disminución del pH menos de 0,08
	Encefalopatía o disminución del estado de conciencia
	Abdomen paradójico

FR: frecuencia respiratoria; PaCO₂: parcial de dióxido de carbono; PaO₂: presión arterial de oxígeno; pH: potencial de hidrógeno; SaO₂: saturación de oxígeno; VR: volumen respiratorio.

Fuente: Elaborado a partir de las referencias: Pontoppidan et al.⁴², Brochard et al.⁴³ y Plant et al.⁴⁴.

para mejorar la oxigenación, evitar la intubación y facilitar el uso de recursos sanitarios^{33,34}. Algunos autores presentaron su experiencia en pacientes conscientes para evitar la intubación ante las limitaciones en recursos disponibles, especialmente ventiladores y la alta mortalidad reportada en ventilación invasiva^{35,36}.

Cardona et al., en su metaanálisis, que incluyó a 364 pacientes (16 estudios observacionales), encontraron una tasa de intubación del 28% (IC95%: 20-38%; I² = 63%) y mortalidad del 14% (IC95%: 7,4-24,4%) entre los pacientes que se sometieron a PPRE³⁷.

A pesar de la evidencia a favor de los beneficios clínicos de la PPRE, se ha cuestionado si tal beneficio se mantiene con el cambio a posición supina³⁸.

Antes de la pandemia se sabía de los riesgos de la intubación y la ventilación mecánica invasiva (lesión de vía aérea, neumonía asociada a ventilador, lesión pulmonar asociada a ventilador)^{39,40}. Sin embargo, parecía que estaba claro que demorar la intubación se asociaba con peores desenlaces. Así, Kangelaris et al. evaluaron si el tiempo hasta la intubación impactaba en la mortalidad entre pacientes con SDRA. Para ello definieron intubación temprana como aquella realizada el primer día del diagnóstico de SDRA, mientras que denominaron intubación tardía a la realizada después del segundo día. Los pacientes del subgrupo de intubación tardía tuvieron una mortalidad significativamente mayor a los 60 días (56 frente a 36%; $p = 0,03$). El mayor riesgo de muerte persistió al año y a los 2 años de seguimiento⁴¹. Algunos estudios clínicos y el tiempo habían decantado unos criterios clásicos para intubar un paciente en falla respiratoria⁴²⁻⁴⁴ (tabla 1).

Con la pandemia la decisión de intubar se vio alterada por varios factores: el desconocimiento de una nueva enfermedad; el riesgo de contagio y la dispersión de aerosoles; reportes iniciales que describían una altísima mortalidad en los pacientes con COVID-19 manejados con ventilación

mecánica invasiva; la falta de ventiladores y el gran número de pacientes en falla ventilatoria⁴⁵. Así, se hizo masivo el uso de estrategias no invasivas como la VMNI, la cánula de alto flujo y la PPRE para mejorar la oxigenación.

Decidir si intubar y ventilar mecánicamente a un paciente con insuficiencia respiratoria, y cuándo hacerlo, es una decisión compleja basada tanto en la gravedad del paciente como en el juicio del clínico y puede tener impacto en los desenlaces clínicos. En teoría, retrasar la intubación se asocia con aumento en la mortalidad, probablemente por lo que hoy conocemos como lesión pulmonar autoinducida por el incremento del impulso y el esfuerzo respiratorio⁴⁶⁻⁴⁹.

Existe una ventana de oportunidad para realizar intervenciones no invasivas que mejoren al paciente y eviten la intubación y la ventilación mecánica invasiva (VMI). Pasado un tiempo se perdería esa oportunidad y retardar la intubación se asociaría con aumento en morbilidad para el paciente. En contraposición con los estudios de Kangelaris, durante la pandemia, se publicaron estudios que mostraron resultados diferentes sobre el momento oportuno para la intubación⁵⁰.

En pacientes con COVID grave, a partir de los estudios de Hernandez-Romieu, no se encontró asociación entre el tiempo hasta la intubación y la mortalidad, incluso después de tener en cuenta las comorbilidades. La mortalidad fue del 38,2; 31,6 y 38,1% entre los intubados menos de 8 h, entre 8 y 24 h e igual o más de 24 h después del ingreso en la UCI, respectivamente ($p = 0,7$), después de ajustar por edad, sexo, raza, índice de masa corporal, puntaje SOFA al ingreso en la UCI y exposición a la cánula nasal de alto flujo antes de la intubación. El tiempo más prolongado hasta la intubación no se asoció con mayores probabilidades de la muerte⁵⁰.

De igual manera, Papoutsis demostró que no hubo diferencias estadísticamente detectables entre los pacientes tratados mediante intubación temprana (menor a 24 h desde el ingreso a UCI) y tardía (intubación en cualquier momento después de 24 h del ingreso en la UCI) con respecto a la mortalidad por todas las causas (3.981 muertes; 45,4% versus 39,1%; RR: 1,07; IC 95%: 0,99-1,15; $p = 0,08$)⁵¹. Sin embargo, Zirpe reportó que los pacientes intubados después de 48 h tenían una mayor mortalidad que los intubados antes de ese momento⁵².

En resumen, está claro que prolongar la decisión de intubación puede ser fatal para el paciente, pero esa ventana de oportunidad no está aún del todo clara.

Protocolo de PPRE: experiencia de un centro

Con el objetivo de aumentar la seguridad y eficacia de la PP en pacientes en respiración espontánea, en la clínica Gestión Salud de la ciudad de Cartagena, describimos y socializamos el protocolo elaborado al comienzo de la pandemia a partir de la guía de la Sociedad de Cuidados Intensivos del Reino Unido, que se constituyó en un estándar de atención para pacientes con sospecha de COVID-19 que requerían una FiO₂ ≥ 28%^{53,54}.

Primero se evalúa, y descarta, la presencia de contraindicaciones absolutas (SDRA grave, *shock*, inestabilidad espinal, fracturas faciales o pélvicas, tórax abierto o inestable, hipertensión intracraneal o lesión en la cabeza,



Figura 2 Protocolo de PPRE

A) Explicar procedimiento y beneficios al paciente. B) Pronar durante 15 min, controlando la saturación de oxígeno. Si el paciente tolera la posición, continuar el decúbito prono de 30 a 120 min. C) Cambiar a decúbito lateral derecho entre 30 y 120 min. D) Cambiar a la posición supina con cabecera de 30 a 60 grados entre 30 y 120 min. E) Cambiar a decúbito lateral izquierdo entre 30 y 120 min. F) Retornar a decúbito prono durante 30 a 120 min.

Fuente: se ha obtenido consentimiento de los autores para publicación (Dueñas-Castell et al.⁵⁴).

arritmias graves o hipotensión aguda, traumatismos múltiples, presión intraocular elevada, hemoptisis masiva, traqueostomía reciente <24 h, cirugía de tráquea <2 semanas, dificultad respiratoria (frecuencia respiratoria ≥ 30 respiraciones por minuto, $\text{PaCO}_2 \geq 65$ mmHg, uso de músculos accesorios), necesidad inmediata de intubación y contraindicaciones relativas (delirio, confusión, incapacidad para cambio de posición independiente, náuseas o vómitos recientes, embarazo avanzado, quemadura grave, marcapasos reciente, cirugía abdominal mayor, receptores de trasplante pulmonar, tromboembolia venosa profunda <2 días). Después se explica al paciente el procedimiento y los beneficios, se asegura el soporte respiratorio básico y oxigenoterapia convencional, se verifica la longitud de la tubuladura y la disponibilidad de almohadas para tórax y de sistema de monitoreo continuo, incluyendo monitoreo

de los índices de saturación de oxígeno. Tras ello, se inicia el protocolo de pronación, después de evaluar la tolerancia y los índices de oxigenación por 15 min, continuando con cambios de posición cada 30 a 120 min, tal como se describe en la [figura 2](#)⁵³.

Entre el 1 de marzo de 2020 y el 31 de agosto de 2020, ingresaron 1.470 pacientes con síntomas respiratorios y sospecha de COVID-19 a través del servicio de urgencias; 732 (49,8%) pacientes se hospitalizaron por más de 24 h, de los cuales 212 fueron llevados a PP espontánea con oxigenoterapia convencional (bajo el protocolo señalado) por insuficiencia respiratoria aguda⁵⁴. Se encontraron diferencias en las variables clínicas entre los sobrevivientes y los no sobrevivientes, tales como: frecuencia respiratoria (23 [RIQ 20-26] frente a 27 [RIQ 24-34]), saturación de oxígeno (94% [RIQ 90-97] frente a 88% [RIQ 80-92]) y el índice ROX (5,7

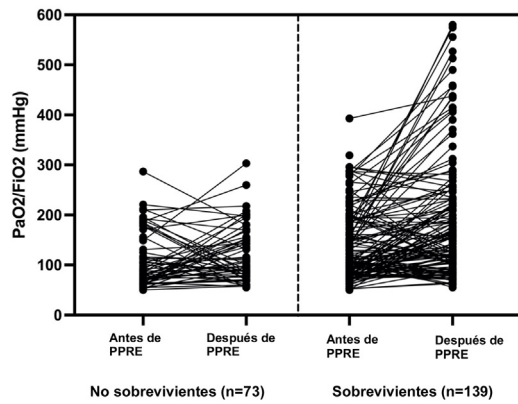


Figura 3 Cambios en la $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en PPRE con oxigenoterapia convencional.

PPRE: posición prono en respiración espontánea.

Fuente: tomada de Dueñas-Castell et al.⁵⁴, con el consentimiento de los autores.

[RIQ 4,75-10,2] frente a 4,1 [RIQ 3,03-4,6]) todos $p < 0,001$, respectivamente. La saturación de oxígeno después de prono fue mayor en los sobrevivientes que en los no sobrevivientes (97% [RIQ 95-99] frente a 91% [RIQ 85-95]; $p < 0,001$), respectivamente. La frecuencia respiratoria después del prono fue menor en los sobrevivientes (22 [RIQ 20-23] frente a 25 [RIQ 22-28] rpm; $p < 0,001$)⁵⁴.

La diferencia de rango medio en la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ antes y después de prono fue mayor en los sobrevivientes que en los no sobrevivientes (201,1 a 252,6, diferencia de rango medio = 51,5; $p < 0,001$ frente a 134,1 a 172,4, diferencia de rango medio = 38,3; $p = 0,24$, respectivamente) tal como se aprecia en la figura 3⁵⁴.

Implementar un protocolo de decúbito prono ha demostrado el aumento en la duración en PP en pacientes con respiración espontánea⁵⁵. En el estudio de Rosen et al., el grupo en el cual se empleó un protocolo comparado con el grupo de cuidado estándar tuvo una media en posición decúbito prono de 9 h frente a 3,4 h en el protocolo estándar. Estos autores no comprobaron la hipótesis de que el mayor tiempo en PP podría disminuir la tasa de intubación.

Tan et al. evaluaron la eficacia y tolerancia de la PP en pacientes con respiración espontánea y encontraron diferencias marcadas entre los estudios, con variaciones desde menos de 1 h hasta más de 16 h; sin embargo, resaltaron que el número de pacientes con una duración del decúbito prono superior a 12 h fue muy pequeño. Intentando encontrar el punto de equilibrio de la eficacia y la tolerancia, dividieron los pacientes en 2 grupos, grupo 1 menor duración de PP (menos de 5 h al día) y un segundo grupo con mayor duración de PP (más de 5 h al día). La tasa de intubación agregada del grupo 1 y del grupo 2 fue del 34 y 21%, respectivamente. La tasa de mortalidad agregada fue del 6 y 0%, respectivamente⁵⁶.

Un reciente estudio clínico controlado, multicéntrico, liderado por el doctor Gustavo Ospina-Tascon, comparó la cánula de alto flujo con la oxigenoterapia convencional en COVID-19 y no encontró diferencia significativa en el tiempo en PPRE entre los 2 grupos de estudio (21 h [RIQ 8-40] para la CAF vs. 18 h [RIQ 8-35] para la oxigenoterapia convencional; $p = 0,35$)⁵⁷.

Con independencia de la asistencia ventilatoria empleada durante la PPRE, se requiere monitoreo clínico, gasométrico y hemodinámico continuo, dado el riesgo de rápida descompensación: la meta es corregir la hipoxemia y mejorar la dificultad respiratoria. Por ello, además de la oxigenación, es fundamental monitorizar el trabajo respiratorio. Apigo et al. agruparon variables clínicas en una escala propuesta para evaluar el trabajo ventilatorio que va de un puntaje del 1 al 7, basada en la fisiología respiratoria y que combina la frecuencia respiratoria con el uso de los músculos accesorios respiratorios. El aleteo nasal se determina visualmente al notar el ensanchamiento de las fosas nasales durante la inspiración mientras se está de pie, aproximadamente a un metro del paciente. La activación del esternocleidomastoideo se determina mediante la palpación suave de su inserción clavicular con 2 dedos de la mano ipsilateral al lado del paciente, notando un aumento de la tensión durante la inspiración. La activación de los músculos abdominales se determina mediante la palpación suave del abdomen con la mano ipsilateral al lado del paciente, notando un aumento de la tensión durante la espiración. La relación entre la frecuencia respiratoria y la activación de los músculos accesorios respiratorios en 110 pacientes fue evaluada por los autores, que encontraron una baja incidencia de uso de los músculos respiratorios accesorios cuando la frecuencia respiratoria era ≤ 20 . Por el contrario, con el aumento de la frecuencia respiratoria, el uso de los músculos respiratorios accesorios aumentó proporcionalmente⁵⁸.

Con el mismo fin, en el Hospital Santa Cabrini en Montreal, se ha utilizado una escala de trabajo respiratorio (Escala de trabajo respiratorio de Cabrini) para ayudar en la documentación clínica del esfuerzo respiratorio, como marcador de gravedad y potencial herramienta de decisión para progresar a un nivel superior de soporte ventilatorio⁵⁹.

Más recientemente, Molano et al., en un estudio prospectivo multicéntrico, evaluaron la cánula de alto flujo en pacientes con falla respiratoria hipoxémica a una altitud mayor de 2.600 m, sin emplear la PPRE. Ellos concluyeron que la cánula de alto flujo se asoció con baja frecuencia de fracaso y redujo la necesidad de ventilación mecánica. En este escenario específico, podría evaluarse el impacto de la PPRE en futuros estudios⁶⁰.

Conclusión

La PP tiene claros efectos benéficos en mejorar la oxigenación por diversos mecanismos al tiempo que genera cambios hemodinámicos. La PPRE, implementada mediante un protocolo, puede mejorar la oxigenación en pacientes con falla respiratoria aguda. Se requieren estudios prospectivos multicéntricos que permitan definir los pacientes, el momento ideal y los criterios de fracaso para optimizar su uso, así como demostrar si puede evitar la necesidad de intubación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses potencial con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

Bibliografía

1. West JB, Dollery CT, Naimark A. Distribution of blood flow in isolated lung; relation to vascular and alveolar pressures. *J Appl Physiol.* 1964. DOI: 10.1152/jap.1964.19.4.713.
2. Hughes JMB, Glazier JE, Maloney JE, West JB. Effect of extra-alveolar vessels on distribution of blood flow in the dog lung. *J Appl Physiol.* 1968. DOI: 10.1152/jap.1968.25.6.701.
3. Reed JH, Wood EH. Effect of body position on vertical distribution of pulmonary blood flow. *J Appl Physiol.* 1970. DOI: 10.1152/jap.1970.28.3.303.
4. Hogg JC, Holst P, Corry P, Ruff F, Housley E, Morris E. Effect of regional lung expansion and body position on pulmonary perfusion in dogs. *J Appl Physiol.* 1971. DOI: 10.1152/jap.1971.31.1.97.
5. Beck CK, Rehder K. Differences in regional vascular conductances in isolated dog lungs. *J Appl Physiol.* 1986. DOI: 10.1152/jap.1986.61.2.530.
6. Bryan AC. Comments of a devil's advocate. *Am Rev Respir Dis.* 1974. DOI: 10.1164/arrd.1974.110.6P2.143.
7. Piehl MA, Brown RS. Use of extreme position changes in acute respiratory failure. *Crit Care Med.* 1976. DOI: 10.1097/00003246-197601000-00003.
8. Douglas WW, Rehder K, Beynen FM, Sessler AD, Marsh HM. Improved oxygenation in patients with acute respiratory failure: The prone position. *Am Rev Respir Dis.* 1977. DOI: 10.1164/arrd.1977.115.4.559.
9. Guérin C, Reignier J, Richard JC, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, et al. PROSEVA Study Group Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1214103>.
10. Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ, Hodgson CL, Wunsch H, Meade MO, Uleryk E, Mancebo J, Pesenti A, Ranieri VM, Fan E. Prone Position for Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc.* 2017. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201704-343OT.
11. Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
12. Johnson NJ, Luks AM, Glenny RW. Gas exchange in the prone posture. *Respir Care.* 2017. DOI: 10.4187/respcare.05512.
13. Gattinoni L, Busana M, Giosa L, Macrì MM, Quintel M. Prone positioning in acute respiratory distress syndrome. *Semin Respir Crit Care Med.* 2019. DOI: 10.1055/s-0039-1685180.
14. Scholten EL, Beitler JR, Prisk GK, Malhotra A. Treatment of ARDS with prone positioning. *Chest.* 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2016.06.032>.
15. Glenny RW, Lamm WJ, Albert RK, Robertson HT. Gravity is a minor determinant of pulmonary blood flow distribution. *J Appl Physiol.* 1991. DOI: 10.1152/jap.1991.71.2.620.
16. Guérin C. Prone ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir Rev.* 2014. DOI: 10.1183/09059180.00001114.
17. Cakar N, van der Kloot T, Youngblood M, et al. Oxygenation response to a recruitment maneuver during supine and prone positions in an oleic acid-induced lung injury model. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000. DOI: 10.1164/ajrccm.161.6.9907113.
18. Kallet RHA. Comprehensive review of prone position in ARDS. *Respir Care.* 2015. DOI: 10.4187/respcare.04271.
19. Guérin C, Reignier J, Richard JC, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1214103>.
20. Glenny RW, Lamm WJ, Albert RK, Robertson HT. Gravity is a minor determinant of pulmonary blood flow distribution. *J Appl Physiol.* 1991. DOI: 10.1152/jap.1991.71.2.620.
21. Scholten EL, Beitler JR, Prisk GK, Malhotra A. Treatment of ARDS with prone positioning. *Chest.* 2017. DOI: 10.4187/respcare.05512.
22. Behesht Aeen F, Pakzad R, Goudarzi Rad M, Abdi F, Zaheri F, Mirzadeh N. Effect of prone versus supine position in COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Anesth.* 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-93739-y.
23. Chaisupamongkollarp T, Preuthippan A, Vaicheeta S, Chantarojanasiri T, Kongvivekkajornkij W, Suwanjutha S. Prone position in spontaneously breathing infants with pneumonia. *Acta Paediatr.* 1999. <http://dx.doi.org/10.1080/08035259950168586>.
24. Tulleken JE, van der Werf TS, Ligtenberg JJ, Fijen JW, Zijlstra JG. Prone position in a spontaneously breathing near-drowning patient. *Intensive Care Med.* 1999. <http://dx.doi.org/10.1007/s001340051101>.
25. Valter C, Christense AM, Tollund C, Schonemann NK. Response to the prone position in spontaneously breathing patients with hypoxemic respiratory failure. *Acta Anaesthesiol.* 2003. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1399-6576.2003.00088.x>.
26. Feltracco P, Serra E, Barbieri S, Persona P, Rea F, Loy M, et al. Non-invasive ventilation in prone position for refractory hypoxemia after bilateral lung transplantation. *Clin Transplant.* 2009. doi: 10.1111/j.1399-0012.2009.01050.x.
27. Feltracco P, Serra E, Barbieri S, Milevoj M, Michieletto E, Carollo C, et al. Noninvasive high-frequency percussive ventilation in the prone position after lung transplantation. *Transplant Proc.* 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.transproceed.2012.05.062>.
28. Chaisupamongkollarp T, Preuthippan A, Vaicheeta S, Chantarojanasiri T, Kongvivekkajornkij W, Suwanjutha S. Prone position in spontaneously breathing infants with pneumonia. *Acta Paediatr.* 2003. <http://dx.doi.org/10.1080/08035259950168586>.
29. Tulleken JE, van der Werf TS, Ligtenberg JJ, Fijen JW, Zijlstra JG. Prone position in a spontaneously breathing near-drowning patient. *Intensive Care Med.* 1999. <http://dx.doi.org/10.1080/08035259950168586>.
30. Scaravilli V, Grasselli G, Castagna L, Zanella A, Isgrò S, Lucchini A, et al. Prone positioning improves oxygenation in spontaneously breathing nonintubated patients with hypoxemic acute respiratory failure: A retrospective study. *J Crit Care.* 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.07.008>.
31. Dikmen Y, Esquinas AM. Prone position in nonintubated hypoxemic respiratory failure. New tool to avoid endotracheal intubation? *J Crit Care.* 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.07.008>.
32. Ding L, Wang L, Ma W, He H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: A multi-center prospective cohort study. *Crit Care.* 2020. DOI: 10.1186/s13054-020-2738-5.
33. Koeckerling D, Barker J, Mudalige NL, Oyefeso O, Pan D, Pareek M, et al. Awake prone positioning in COVID-19. *Thorax.* 2020. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-215133.
34. Slessarev M, Cheng J, Ondrejicka M, Arntfield R, Critical Care Western Research Group. Patient self-proning with high-flow nasal cannula improves oxygenation in COVID-19 pneumonia. *Can J Anaesthesia.* 2020. DOI: 10.1007/s12630-020-01661-0.
35. Paternoster G, Sartini C, Pennacchio E, Lisanti F, Landoni G, Cabrini L. Awake pronation with helmet continuous positive airway pressure for COVID-19 acute respiratory distress syndrome patients outside the ICU: A case series. *Med Intensiva.* 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2020.08.008>.
36. Remuzzi A, Remuzzi G. COVID-19 and Italy: What next? *Lancet.* 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30627-9.
37. Cardona S, Downing J, Alfalasi R, Bzhilyanskaya V, Milzman D, Rehan M, Schwartz B, et al. Intubation rate of patients with hypoxia due to COVID-19 treated with awake proning: A meta-analysis. *Am J Emerg Med.* 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2021.01.058.38>. DOI: 10.1016/j.ajem.2021.01.058.
38. Sartini C, Tresoldi M, Scarpellini P, Tettamanti A, Carca F, Landoni G, et al. Respiratory parameters in patients

- with COVID-19 after using noninvasive ventilation in the prone position outside the intensive care unit. *JAMA*. 2020, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2020.7861>.
39. Beitler JR, Malhotra A, Thompson BT. Ventilator-induced lung injury. *Clin Chest Med*. 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccm.2016.07.004>.
 40. Marini JJ. How I optimize power to avoid VILI. *Crit Care*. 2019. DOI: 10.1186/s13054-019-2638-8.
 41. Kangelaris KN, Ware LB, Wang CY, et al. Timing of intubation and clinical outcomes in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2016, <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000001359>.
 42. Pontoppidan H, Geffin B, Lowenstein E. Acute respiratory failure in the adult (Second of three parts). *N Engl J Med*. 1972, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM197210122871505>.
 43. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med*. 1995, <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199509283331301>.
 44. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: A multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2000. DOI: 10.1016/s0140-6736(00)02323-0.
 45. Wunsch H. Mechanical Ventilation in COVID-19: Interpreting the current epidemiology. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020, doi: 10.1164/rccm.202004-1385ED. DOI: 10.1164/rccm.202004-1385ED.
 46. Hernandez-Romieu AC, Adelman MW, Hockstein MA, et al. Timing of intubation and mortality among critically ill coronavirus disease 2019 patients: A single-center cohort study. *Crit Care Med*. 2020, <http://dx.doi.org/10.1016/j.accpm.2020.08.004>.
 47. 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. DOI: 10.1164/rccm.201605-1081CP.
 48. Gattinoni L, Coppola S, Cressoni M, Busana M, Rossi S, Chiumello D. COVID-19 does not lead to a «typical» acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020, doi: 10.1164/rccm.202003-0817LE.
 49. Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, Busana M, Romitti F, Brazzi L, Camporota L. COVID-19 pneumonia: Different respiratory treatments for different phenotypes? *Intensive Care Med*. 2020. DOI: 10.1007/s00134-020-06033-2.
 50. Hernandez-Romieu AC, Adelman MW, Hockstein MA, Robichaux CJ, et al. Timing of intubation and mortality among critically ill coronavirus disease 2019 patients: A single-center cohort study. *Crit Care Med*. 2020, <http://dx.doi.org/10.1016/j.accpm.2020.08.004>.
 51. Papoutsis E, Giannakoulis VG, Xourgia E, Routsis C, Kotanidou A, Siempos II. Effect of timing of intubation on clinical outcomes of critically ill patients with COVID-19: A systematic review and meta-analysis of non-randomized cohort studies. *Crit Care*. 2021. DOI: 10.7759/cureus.19620.
 52. Zirpe KG, Tiwari AM, Gurav SK, Deshmukh AM, Suryawanshi PB, Wankhede PP, et al. Timing of invasive mechanical ventilation and mortality among patients with severe COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome. *Indian J Crit Care Med*. 2021. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23816.
 53. Bamford P, Bentley A, Dean J, et al. ICS guidance for prone positioning of the conscious COVID patient. *Intensive Care Soc*. 2020. Available en: <https://emcrit.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-04-12-Guidance-for-conscious-proning.pdf>.
 54. Dueñas-Castell C, Borre-Naranjo D, Rodelo D, Lora L, Almanza A, Coronell W, et al. Changes in oxygenation and clinical outcomes with awake prone positioning in patients with suspected COVID-19 in low-resource settings: A retrospective cohort study. *J Intensive Care Med*. 2021. DOI:10.1177/08850666211049333.
 55. Rosén J, von Oelreich E, Fors D, Jonsson Fagerlund M, Taxbro K, Skorup P, et al. Awake prone positioning in patients with hypoxemic respiratory failure due to COVID-19: The PRO-FLO multicenter randomized clinical trial. *Crit Care*. 2021. DOI: 10.1186/s13054-021-03602-9.
 56. Tan W, Xu DY, Xu MJ, et al. The efficacy and tolerance of prone positioning in non-intubation patients with acute hypoxemic respiratory failure and ARDS: A meta-analysis. *Ther Adv Respir Dis*. 2021. DOI:10.1177/17534666211009407.
 57. Ospina-Tascon GA, Calderon-Tapia LE, Garcia AF, Zarama V, et al. Effect of high-flow oxygen therapy vs conventional oxygen therapy on invasive mechanical ventilation and clinical recovery in patients with severe COVID-19. A randomized clinical trial. *JAMA*. 2021;326:2161–71, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2021.20714>.
 58. Apigo M, Schechtman J, Dhliwayo N, Al Tameemi M, Gazmuri RJ. Development of a work of breathing scale and monitoring need of intubation in COVID-19 pneumonia. *Crit Care*. 2020. DOI: 10.1186/s13054-020-03176-y.
 59. Rola P, Farkas J, Spiegel R, Kyle-Sidell C, Weingart S, Duggan L, et al. Rethinking the early intubation paradigm of COVID-19: Time to change gears? *Clin Exp Emerg Med*. 2020. DOI: 10.15441/ceem.20.043.
 60. Molano D, Gómez M, Beltrán E, Villabon M, et al. Use of high-flow nasal cannula in patients with pneumonia and hypoxemic respiratory failure at altitudes above 2600 m: What is the best predictor of success? *J Intensive Care Med*. 2021;23:23:8850666211057503. doi: 10.1177/08850666211057503.