

Fisiología respiratoria y ventilación mecánica artificial durante el embarazo. Una revisión narrativa de la literatura

Respiratory physiology and artificial mechanical ventilation during pregnancy. A narrative review of the literature

Arian Jesús Cuba Naranjo^{1,2,3}, Ariel Sosa Remón^{1,4,5,*} , Ana Esperanza Jeréz Alvarez^{4,6,7}, Ildris Núñez Verdecia^{2,8,9}

¹ Médico Intensivista.

² Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Cuba.

³ Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes, Hospital Militar "Carlos Arvelo". Venezuela.

⁴ Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba.

⁵ Unidad de Cuidados Intensivos Oncológicos, Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

⁶ Médico Internista.

⁷ Servicio de Consulta Externa, Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

⁸ Médico General, Residente de la Especialidad Medicina Intensiva y Emergencias.

⁹ Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes. Hospital Provincial Clínico-Quirúrgico "Celia Sánchez Manduley". Cuba.

Fuente de financiamiento: no existió.

Conflicto de intereses: no existió.

Fecha de recepción: 24 de enero de 2024 / Fecha de aceptación: 08 de marzo de 2024

ABSTRACT

Pregnancy is characterized by physiological changes that allow the embryo and later the fetus to live in utero. These changes make them prone to develop diseases with greater severity. Despite the variety of therapies for the management of acute respiratory failure, maternal morbimortality is a health problem for intensive care. This article aims to address essential aspects of respiratory physiology during pregnancy and general considerations of artificial mechanical ventilation. A review was carried out in Pumed/Medline, regional SciELO and academic Google. Forty-two references that met the inclusion criteria were selected. The evidence on obstetric patients with ventilatory support and the impact of labor on ventilatory parameters is limited and controversial. Therefore, knowledge of respiratory physiology is necessary for a correct interpretation of the results and an adequate maternal-fetal outcome. It is concluded that it is vital to know the respiratory changes in respiratory failure in the current pandemic and post-pandemic context as a cause of high maternal mortality.

Key words: Pregnancy, acute respiratory distress syndrome, invasive mechanical ventilation, COVID-19.

RESUMEN

El embarazo se caracteriza por cambios fisiológicos que permiten la vida intra útero del embrión y posteriormente del feto. Dichos cambios hacen propensas a desarrollar enfermedades con mayor severidad. A pesar de la variedad de terapias para el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda, la morbimortalidad materna, resulta un problema de salud para los cuidados intensivos. Este artículo tiene como objetivo abordar aspectos esenciales sobre la fisiología respiratoria durante el embarazo y consideraciones generales de la ventilación mecánica artificial. Se realizó una revisión en Pumed/Medline, SciELO regional y Google académico. Se seleccionaron 42 referencias que cumplieron los criterios de inclusión. Las evidencias sobre pacientes obstétricas con soporte ventilatorio y el impacto del parto en los parámetros ventilatorios es limitada y controvertida.

Dr. Ariel Sosa

asosa@infomed.sld.cu

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5128-4600>

ISSN: 0716-4076



Por lo que, el conocimiento de la fisiología respiratoria es necesario para una correcta interpretación de los resultados y un adecuado desenlace materno-fetal. Se concluye que resulta vital conocer las modificaciones respiratorias en la insuficiencia respiratoria en el contexto actual pandémico y pospandémico como causante de una elevada letalidad materna.

Palabras clave: Embarazo, síndrome de dificultad respiratoria aguda, ventilación mecánica invasiva, COVID-19.

Introducción

Los cambios respiratorios durante el embarazo comienzan muy temprano, desde la cuarta semana de gestación, se observa una dilatación de los capilares de la mucosa nasal, orofaríngea y laríngea, esta condición puede predisponer al desarrollo de epistaxis durante el embarazo, que en general es auto limitada[1],[2].

Las modificaciones generadas en el sistema inmunitario, cardiovascular y respiratorio se extienden hasta la semana dos después del parto y facilitan que las mujeres embarazadas sean más propensas a desarrollar la enfermedad con mayor severidad[3].

La mecánica respiratoria se modifica conforme avanza el período genésico y es dependiente del útero que emerge de la cavidad pélvica; niveles elevados de estrógenos, proveen mayor congestión de la mucosa e hipervascularización de las vías aéreas superiores e inferiores[3].

Entre los factores de riesgo que conducen a la embarazada a padecer falla respiratoria, se encuentran: la pre-eclampsia grave, edema pulmonar relacionado con tocolíticos, aspiración de contenido gástrico, embolismo de líquido amniótico e infecciones obstétricas o de otra localización, como son sepsis, neumonía, contusión pulmonar, y pancreatitis aguda[4].

A pesar de la variedad de terapias para el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda (IRA), la morbilidad y la mortalidad materna en la unidad de cuidados intensivos (UCI), representa un verdadero problema de salud, probablemente por las complicaciones resultantes de las causas obstétricas, o los cambios anatómo-fisiológicos generados durante la gestación[5].

El tratamiento en la UCI es un reto que requiere considerar los cambios fisiológicos y anatómicos del embarazo, además de las condiciones feto-placentarias. El presente artículo tiene como objetivo abordar aspectos esenciales sobre fisiología respiratoria durante el embarazo y consideraciones generales de la ventilación mecánica artificial (VM).

Métodos

Se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante una búsqueda sin restricciones en idiomas español e inglés. El período de búsqueda incluyó los recientes 10 años.

Se ejecutó una pesquisa en las bases de datos y motores de búsqueda como *Scielo*, *Pubmed/Medline*, y *Google académico*, en idiomas español e inglés. Se utilizaron como descriptores los consignados en las palabras clave del artículo.

Los criterios de inclusión fueron: artículos de acceso libre, originales, revisiones narrativas y sistemáticas (con/sin meta-análisis), ensayos clínicos, editoriales, casos clínicos, cartas al editor/director y documentos de consenso.

Se seleccionaron 42 referencias que cumplieron con los criterios de selección. De ellas, el 71% corresponde a los últimos 5 años.

Desarrollo

Para proporcionar un medio favorable intraútero, se requiere una serie de cambios adaptativos maternos. Estos, son secundarios a eventos mecánicos y hormonales (altos niveles de estrógenos y progesterona de origen placentario), lo que genera el espacio propicio para el feto. A su vez, es responsables de síntomas respiratorios frecuentes, propios del embarazo[6].

Toda paciente obstétrica que es admitida en la UCI, se evalúa por un equipo interdisciplinario, que incluye personal de obstetricia, cuidado intensivo, medicina interna y personal del área administrativa[7].

Cambios en la función respiratoria durante el embarazo

Los cambios fisiológicos y anatómicos del embarazo resultan desafiantes en el ardid respiratorio. Debido a las modificaciones y adaptaciones en la vía aérea (VA) durante el embarazo, toda paciente obstétrica debe considerarse como VA difícil, haciéndolas más intolerantes a la hipoxemia producida en complicaciones respiratorias como el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA)[13],[14].

Al inicio del embarazo, el volumen de reserva inspiratoria (VRI) [volumen adicional que se puede inspirar por encima del volumen corriente (VC) = 3.000 ml] se reduce, ya que el VC (volumen que se inspira y se espira en una ventilación tranquila, normal = 500 ml) aumenta. Al término del tercer trimestre el VRI aumenta aún más, como resultado de la disminución de la capacidad residual funcional (CRF) [volumen de reserva espiratorio [VRE] + volumen residual [VR] = 2.400 ml].

En el embarazo avanzado, el crecimiento del útero grávido produce un importante ascenso diafragmático de 4 cm, un incremento del diámetro anteroposterior (AP) entre 5 a 7 cm hacia el término del embarazo, lo que condiciona una disminución de la CRF en 10%-25% y de la capacidad pulmonar total (CPT); sin embargo, debido al aumento en la circunferencia torácica provocada por la relajación de los músculos intercostales y del músculo liso bronquial, la capacidad vital (CV) permanece sin cambios, lo que favorece en la mujer embarazada que los síntomas de irritación de la VA como el asma bronquial disminuyan (lo cual ocurre hasta en 30% de las mujeres previamente asmáticas)[1],[2].

Los altos niveles de estrógenos y progesterona provocan un edema del tracto respiratorio superior, contribuyendo a la susceptibilidad a las infecciones respiratorias graves. Esto asociado a una expansión pulmonar restringida, incrementa la predispo-

sición a ser infectada por ciertos agentes patógenos respiratorios[15],[16],[17].

En la exploración física habitual, la frecuencia ventilatoria (FV) aumenta en 1 o 2 ventilaciones por minuto, debido a que la relación entre la tasa metabólica y la demanda de oxígeno (O_2) es directamente proporcional; el consumo de O_2 también se eleva hasta 20%.

El volumen respiratorio (VR) por minuto aumenta entre 40%-50% debido al incremento del VC, lo que se traduce como una hiperventilación y, secundario a esto, los valores de gases en la sangre arterial se ven modificados, la presión arterial de oxígeno (PaO_2) aumenta y la presión arterial de dióxido de carbono ($PaCO_2$) disminuye, mientras que el bicarbonato (HCO_3^-) amortigua este cambio disminuyendo también. Podemos decir, por lo tanto, que durante el embarazo observamos una alcalosis respiratoria leve compensada. (Figura 1)[18].

Además, la compresión mecánica del útero grávido y un aumento en la progesterona circulante se asocian con un retardo en el vaciado gástrico, con el correspondiente incremento del volumen estomacal residual (VER), lo que aumenta el riesgo de aspiración de su contenido[15].

El estado grávido condiciona un síndrome restrictivo que dificulta en ocasiones, la evolución de las gestantes con afectación respiratoria severa previa. En los casos en que la paciente se halla en una situación de IRA subsidiaria con un soporte ventilatorio específico, e ingresada en una UCI, el riesgo de un empeoramiento que exige una actuación urgente, es muy probable, cuestión que en este contexto se debe evitar, para garantizar la seguridad materno fetal[19],[20].

Hasta la fecha, la información sobre este tema, incluyendo la enfermedad causada por el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2) en maternas es limitada. Esto es debido a que muchos estudios excluyeron a pacientes embarazadas o tuvieron participantes limitados. Menos aún se conoce acerca de aquellas en estado crítico que requirieron VMA o progresaron al SDRA[21],[22].

Una vez identificada la enfermedad crítica, la atención debe centrarse en tratamientos específicos. Debe haber además un enfoque en el control de la criatura y la discusión de las decisiones de tratamiento con respecto a un feto viable vs no viable[23].

IRA durante el embarazo

La IRA se define cuando la $PaO_2 < 60$ mmHg, con o sin hipercapnia ($PaCO_2 \geq 45$ mmHg); si existe hipoxemia sólo se denomina insuficiencia respiratoria parcial y si se acompaña de hipercapnia, insuficiencia respiratoria total.

Esta se puede dividir en hipoxémica ($PaO_2 < 60$ mmHg) e hipercápica ($PaCO_2 > 45$ mmHg con acidemia ($pH < 7,3$); así como en insuficiencia respiratoria aguda mixta (IRAm), resultante de la combinación de las dos anteriores[8].

La IRA afecta a una pequeña parte de las embarazadas, sin embargo, la morbimortalidad tanto para la madre como para el feto es alta, de igual manera el SDRA es poco frecuente, su letalidad es elevada y ha sido reportado como un factor importante en la mortalidad materna[3].

El consumo de O_2 aumenta en el embarazo en 20% hasta

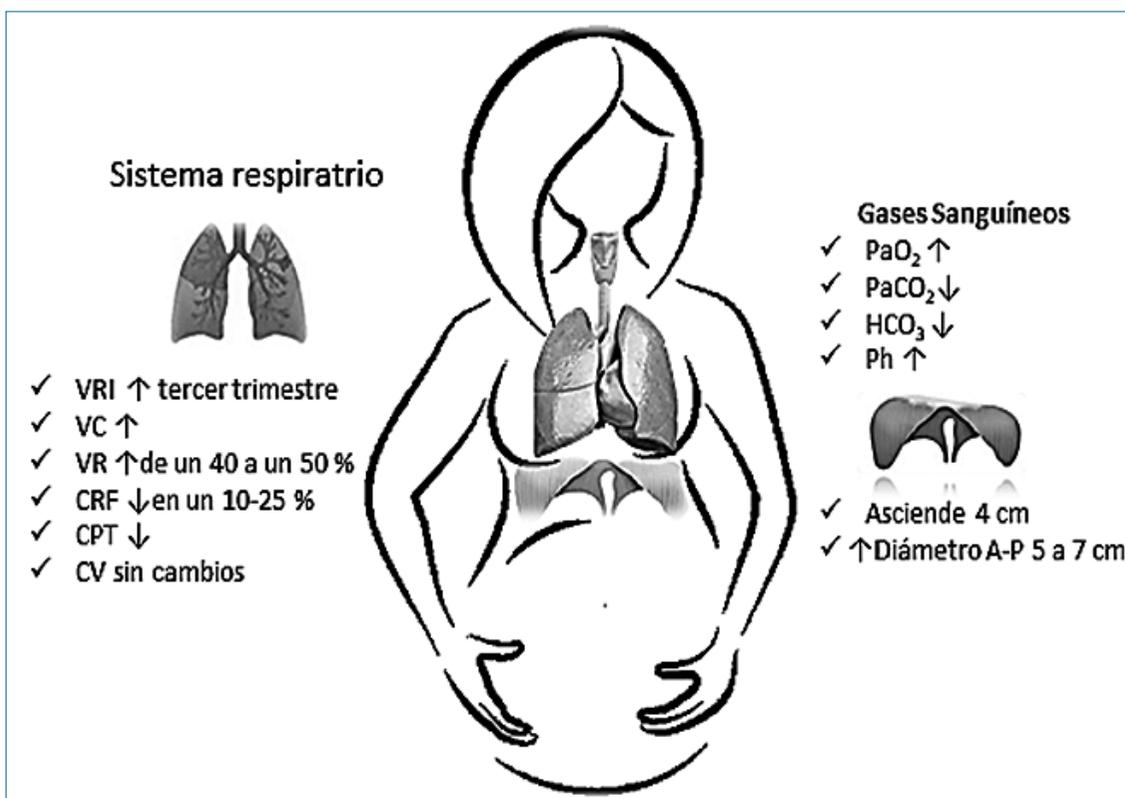


Figura 1. Cambios respiratorios durante el embarazo. Imagen de los autores.

50% durante el trabajo de parto. La tolerancia del feto a la hipoxemia es baja, ya que la PaO_2 en la vena umbilical es de 35 a 40 mmHg, por lo tanto, cualquier reducción en la oxigenación materna puede afectar negativamente al feto[9],[10],[11].

Se debe realizar monitorización estricta de los signos vitales (SV) y los niveles de saturación periférica de oxígeno (SpO_2), con el fin de garantizar niveles de oxigenación $\geq 95\%$ [10],[11].

Para el tratamiento de las complicaciones respiratorias; se requiere un profundo conocimiento de los cambios hemodinámicos y ventilatorios adaptativos normales que se realizan durante la gestación; entre ellos, cambios en la resistencia vascular total (RVT), incremento del volumen sistólico, aumento de la frecuencia cardíaca (FC), incremento del volumen sanguíneo (VS), aumento fisiológico de la PaO_2 por minuto (VPM), capacidad residual reducida (CRF), desplazamiento ascendente del diafragma, aumento de la distensibilidad de la pared torácica, todos ellos con un requerimiento de mayor consumo de O_2 [12].

Manejo ventilatorio de la IRA en el embarazo

Ventilación no invasiva (VNI)

Datos recogidos de maternas con SDRA por SARS-Cov2, no recomiendan los modos de VNI, como la presión continua o positiva de las vías aéreas, debido a una mayor probabilidad de falla, con necesidad de cambio inminente a una VA invasiva. Por estas razones, se debe realizar secuencia rápida de intubación orotraqueal (IOT) por parte de personal de anestesiología, ya que se debe tener en cuenta que la VA de la gestante es diferente y requiere de un tubo endotraqueal de calibre más pequeño[24].

VM

El edema y la estrechez fisiológica de la VA acentuada resulta una característica del proceso infeccioso pulmonar asociado. El objetivo terapéutico de oxigenación y ventilación incluyen considerar la alcalosis respiratoria leve, un VRF disminuido, mayor requerimiento de presión espiratoria al final de la espiración (PEEP) para llegar a presiones mesetas (P_2) más elevadas debidos a la compresión diafragmática del útero grávido, de la pared del tórax y el edema del tejido mamario[25].

El VC fisiológico en el embarazo es mayor que el valor objetivo de 6 ml/kg de peso corporal ideal ampliamente difundido y validado como *gold standart* en VMA invasiva. Lo que traduce un reto para la adecuada oxigenación y protección pulmonar; es por esta razón que se requiere el aumento de la PEEP, sin dejar de permitir que la P_2 sobrepase los 35 cm H_2O [26],[27].

El objetivo de SpO_2 para pacientes no embarazadas con COVID-19, según la Sociedad médica Materna-Fetal (SMFM, por sus siglas en inglés) es de 95%[28].

Para pacientes que no requieren intubación inmediata, la cánula nasal de alto flujo es una alternativa atractiva[28].

Pacheco et al.[29], recomiendan el inicio de 50 a 60 lpm con 100% de fracción inspiratoria de oxígeno (FiO_2) y luego la disminución subsiguiente hasta 40% a 50% seguido de una disminución en el flujo inspiratorio de 5 a 10 lpm cada 4 a 6 h. La VNI, como la presión positiva en las vías respiratorias de dos niveles (BIPAP por sus siglas en inglés), tiende a evitarse durante el embarazo debido a un mayor riesgo de aspiración por la disminución del tono del esfínter esofágico y aumento de la presión abdominal.

Hay datos limitados sobre la VMA en gestantes. Antes de la pandemia de COVID-19 la VM en esta población era un evento relativamente poco común y ocurría a una tasa aproximada de 1 de cada 10 mil embarazos. La exclusión de la gestante de las investigaciones sobre VM es un fenómeno conocido y preocupante; sin embargo, el mayor problema es la escases de casos. Las preguntas sin respuestas en este campo incluyen: los efectos del embarazo sobre la fisiología respiratoria, los objetivos óptimos de los gases sanguíneos y el papel del parto en el pronóstico vital. En general, las estrategias ventilatorias son similares a las no embarazadas, pero con algunas diferencias claves, especialmente en el SDRA. Básicamente, la PaCO_2 debe estar dirigida a una hipocapnia específica del embarazo[30],[31].

En la paciente no embarazada, la terapia estándar del SDRA incluye ventilación con VT bajo. Si la patología pulmonar limita el uso de ventilación con VT bajo, entonces se puede tolerar la hipercapnia permisiva ya que no está contraindicada en el embarazo; una hipercapnia leve de 50 a 60 mmHg es generalmente aceptable. Sin embargo, si la hipercapnia es superior a 60 mmHg, existe la posibilidad de que la acidemia fetal desplace la curva de disociación de la oxihemoglobina fetal hacia la derecha[30].

El protocolo ARDSnet (por sus siglas en inglés) recomienda una P_2 objetivo, de menos de 30 cm H_2O , pero dada la reducción en la distensibilidad de la pared torácica, una P_2 superior a 30 cm H_2O puede ser apropiada; ya que la presión transpulmonar puede no estar elevada. Por lo tanto, el control de la presión esofágica puede ser útil[30].

COVID-19, ventilación prona (PP), Driving pressure y poder mecánico

Con respecto al manejo del SDRA debido a COVID-19, las pautas de tratamiento sugieren PP en SDRA moderado a severo durante 12 a 16 h. Sin embargo, los datos sobre pacientes embarazadas son insuficientes por las limitaciones antes descritas[32].

Hay varios informes de casos que informan ventilación prona exitosa en pacientes embarazadas con SDRA grave, tanto ventiladas como no ventiladas. La PP de las gestantes es más difícil debido al gran útero grávido, pero es factible con almohadillas, almohadas y mantas por encima y por debajo del útero grávido. Este método descarga el útero y evita la compresión aorto-cava[3],[30],[33].

En el estudio de Osmundo GS Jr et al.[34], la PP se asoció con un aumento $> 20\%$ de los niveles de PaO_2 y de los cocientes $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en el 50% y 100% de los casos, respectivamente. La relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ aumentó 76,7% (20,5%-292,4%) durante la PP y 76,9% (0%-182,7%) en posición supina. La PP produjo mejoras sostenidas en la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ media ($p < 0,001$) y el nivel de PaCO_2 ($p = 0,028$). No hubo casos de parto de emergencia o sospecha de sufrimiento fetal en embarazos ≥ 25 semanas durante el periodo de 24 h posterior a la PP. La PP es segura y factible durante el embarazo, mejora la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ y ayuda a retrasar el parto prematuro en SDRA grave.

Las embarazadas a menudo se excluyen de los ensayos que investigan el uso de PP a pesar de sus beneficios potenciales para la oxigenación de la sangre. Otros protocolos incluso la contraindican. Por lo tanto, la literatura sobre este tema es escasa[30],[32],[34].

A pesar de que ocurre el parto, la fisiología del embarazo continúa semanas después. Independientemente de la edad gestacional en el momento del parto, hay una autotransfusión fisiológica desde la unidad útero-placentaria hacia la circulación materna, lo que resulta en un aumento de la perfusión y el flujo visceral. Esta autotransfusión da como resultado un aumento de la presión pulmonar y el consiguiente aumento del riesgo de edema pulmonar. Además, un aumento de las catecolaminas y los cambios de líquidos durante el período posparto hacen que los pulmones sean particularmente vulnerables a la fuga capilar[35].

La DP es un parámetro disponible a la cabecera del enfermo que ayuda a identificar el desarrollo potencial de lesión pulmonar inducida por la VM (LPIV). Está fuertemente asociada con cambios en la supervivencia y ha demostrado ser mediador clave de los efectos de la VMA en el resultado del SDRA. Los datos publicados sugieren un mayor riesgo de muerte en pacientes con DP > 14 cmH₂O (incluyendo datos en pacientes obstétricas), aunque aún no se ha identificado un umbral bien tolerado para este parámetro. La PP junto con simples ajustes ventilatorios para facilitar la eliminación de CO₂ pueden ayudar a reducir la DP. Su monitoreo es de gran utilidad en el paciente con SDRA asociado a COVID-19 teniendo en cuenta la alta respuesta inflamatoria que tiene el pulmón durante la infección[27],[36].

Vasquez et al.[37], describe en un estudio multinacional y prospectivo a 47 pacientes bajo VM por COVID-19. Sus resultados incluyen una similitud de la mecánica respiratoria con la población general. La DP fue en promedio < 14 cmH₂O en las supervivientes y significativamente mayor en las fallecidas (12,1 ± 3,5 Vs 14,1 ± 2,1 el día 0 de VM; p = 0,10 y 12,7 ± 3,7 vs 19,3 ± 4,1 el día 7 de VM; p = 0,000).

Aunque existe una tendencia natural entre los intensivistas a tratar de eliminar el factor que genera la complicación, en la paciente obstétrica grave este presupuesto no justifica el bienestar materno[31]. En este contexto, los datos aportados por Vasquez et al.[37], no demuestran una mejora significativa universal incluyendo la DP. Mientras que Péju et al.[38], encontraron mejoría significativa en la PaO₂/FiO₂ y la DP luego de la cesárea programada en 10 pacientes con obesidad asociada como comorbilidad (disminución de la DP en 27%; p = 0,05).

El poder mecánico (PM) es una variable de interés en la protección pulmonar, involucra la cantidad de energía que se

disipa en el parénquima pulmonar en cada ciclo respiratorio por medio de cálculos derivados de la ecuación del movimiento respiratorio (Tabla 1). Los estudios consultados asocian el PM a la mortalidad en pacientes con SDRA. Permite identificar el riesgo de daño inducido por la ventilación, complicaciones pulmonares y puede ser usado con seguridad como un marcador de mejoría en los objetivos y metas en VM[39].

Aún queda por definir un umbral de PM seguro para pacientes con enfermedades críticas con o sin SDRA aunque, la evidencia disponible apunta hacia un punto de corte ≥ 12 J/min como un excelente discriminativo para la aparición de LPIV o mortalidad[39]. En poblaciones obstétricas, los autores de esta comunicación no encontraron datos que justifiquen su uso. Sin embargo, se considera que al igual que en el resto de los pacientes críticos y, tomando en consideración que, algunos estudios han descrito similares características ventilatorias entre ambos grupos. El PM representa una herramienta atractiva a considerar en la monitorización pulmonar avanzada.

**Alternativas farmacológicas:
Vasodilatadores pulmonares inhalados**

El óxido nítrico inhalado (ONi) es un vasodilatador pulmonar selectivo que reduce la presión arterial pulmonar y aumenta la oxigenación arterial en pacientes con SDRA grave.

El panel de la Campaña Sobrevivir a la Sepsis no recomienda el uso rutinario de ONi en pacientes con SDRA por COVID-19 con VMA. Los datos sobre el uso de ONi en pacientes embarazadas con/sin COVID-19 son escasos[33],[35],[40],[41].

Safae Fakhri et al.[42], trataron a 6 maternas que cumplían con los criterios de COVID-19 grave o crítico, con dosis altas de ONi (160-200 ppm) dos veces al día a través de una máscara. Informaron un aumento en la oxigenación sistémica con cada sesión de administración y fue bien tolerado sin eventos adversos agudos.

Sin embargo, se necesitan más estudios y ensayos para dilucidar los beneficios potenciales de la terapia con ONi en pacientes con/sin COVID-19.

Limitaciones del estudio

La principal limitación de esta investigación es su carácter narrativo. Por lo que el uso de métodos estadísticos que le ofrez-

Tabla 1 Propuesta de formulaciones matemáticas para el cálculo del PM. Adaptado de Cuba-Naranjo et al (39)

Tipo de VM	Fórmula propuesta
VCV	$PM_{VCV} = 0,098 \times FR \times \Delta \left\{ \frac{1}{2} \times E_{sr} + FR \times \frac{(1 + I:E)}{60 \times I:E} \times R_{va} \right\} + Vt \times PEEP$ <p>simplificada: $PM = (0,098 \times Vt \times FR \times P_{pico}) - P_{plat} - \left(\frac{PEEP}{2}\right)$</p> <p>*PDA = 0,098x(P_{plat} - PEEP)xVtxFR</p>
VCP	$PM_{VCP} = 0,098 \times FR \times Vt \times \left[PEEP + \Delta P_{insp} \times \left(1 - e^{-\frac{t_{insp}}{R \times C}}\right) \right]$ <p>simplificada: $PM_{VCP} = 0,098 \times FR \times Vt (\Delta P_{insp} + PEEP)$</p>

VCV: ventilación controlada por volumen; VCP: ventilación controlada por presión; PM: poder mecánico; 0,098: factor de conversión de L/cmH₂O en J/min; FR: frecuencia respiratoria; Vt: volumen corriente; Esr: elastancia del sistema respiratorio; I:E: relación inspiración/espiración; R_{va}: resistencia de la vía aérea; P_{pico}: presión pico; P_{plat}: presión meseta; PEEP: presión positiva al final de la espiración; PDA: presión de distensión alveolar; ΔP_{insp}: presión inspiratoria; T_{insp}: tiempo inspiratorio; C: compliance; e: elastancia; T_{slope}: tiempo de aumento de la presión inspiratoria; *simplificación la fórmula sin considerar los componentes dependientes del flujo y la resistencia.

can robustez a los comentarios aquí recogidos por los autores como es el caso de las revisiones sistemáticas con meta-análisis pudiera ser motivo de sesgo. Sin embargo, se considera que debido al número reducido de investigaciones en torno al manejo ventilatorio durante el embarazo. Y en el contexto actual, cobra gran importancia e impera la necesidad de profundizar el estudio de esta esfera. La prevención de lesión materno-fetal es de suma importancia y se necesita una mejor caracterización de los parámetros ventilatorios a utilizar, en las áreas de atención a las maternas críticas.

Conclusiones

El manejo de la VM en pacientes obstétricas es un gran desafío. Aunque cada vez más estudios parecen favorecer el uso de ventilación protectora, actualmente no se ha propuesto una pauta sobre el correcto mando de la VM en maternas con IRA.

Establecer pautas y algoritmos universales sobre el manejo ventilatorio, se vuelve crucial para un desenlace materno-fetal favorable, donde la prioridad para el equipo médico que se encarga del tratamiento y atención de este tipo de pacientes es el cuidado del binomio (madre-hijo).

Referencias

- Shagana JA, Dhanraj M, Ashish R, Jain y Nirosa T. Physiological changes in pregnancy. *Drug Invention Today* [internet]. 2018 [consultado: 20/09/2023];(10):1594-97. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/327048037>
- Bhatia P, Chhabra S. Physiological and anatomical changes in pregnancy: Implications for anaesthesia. *Indian J Anaesth* [internet]. 2018 [consultado: 20/09/2023];62(9):651-657. Disponible en https://doi.org/10.4103/ija.IJA_458_18.
- Pamela-Pozos CK, Deloya TE, Rubén-Pérez NO, Miranda CA, Janette-González RL, Alejandro-Díaz CM. Síndrome de dificultad respiratoria aguda severo en el embarazo. Revisión de la literatura y reporte de dos casos. *Med Crit* [internet]. 2019 [consultado: 20/09/2023];33(4):209-214. Disponible en: www.medicinacritica.com/medicinacritica
- Zieskiewicz L, Chantry A, Duclos G, Bourgoin A, Mignon A, Deneux-Tharoux C et al. Intensive care and pregnancy: Epidemiology and general principles of management of obstetrics ICU patients during pregnancy. *Anaesth Crit Care Pain Med* [internet]. 2016 [consultado: 20/09/2023];35(1):S51-S57. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2016.06.005>..
- Hung CY, Hu HC, Chiu LC, Chang CH, Li LF, Huang CC et al. Maternal and neonatal outcomes of respiratory failure during pregnancy. *J Formos Med Assoc* [internet]. 2018 [consultado: 20/09/2023];117(5):413-420. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2017.04.023>.,
- Carbajal JA, Barriga MI. Manual de Obstetricia y Ginecología Vol1. 12ª edición. Barcelona: Facultad de Medicina; 2021. Disponible en: <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2020/11/Manual-Obstetricia-y-Ginecologia-2021-11112020.pdf>
- Favre G, Pomar L, Musso D, Baud D. 2019-nCoV epidemic: what about pregnancies? *Lancet* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];395(10224):e40. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30311-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30311-1).
- Demiri S, Demoule A. Insuficiencia respiratoria aguda. *EMC Tratado de Medicina* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];24(2):1-9. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(20\)43749-3](https://doi.org/10.1016/S1636-5410(20)43749-3).
- Plojoux J, Froudarakis M, Janssens JP, Soccal PM, Tschopp JM. New insights and improved strategies for the management of primary spontaneous pneumothorax. *Clin Respir J* [internet]. 2019 [consultado: 20/09/2023];13(4):195-201. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/crj.12990>.
- Burlinson CEG, Sirounis D, Walley KR, Chau A. Sepsis in pregnancy and the puerperium. *Int J Obstet Anesth* [internet]. 2018 [consultado: 20/09/2023];36:96-107. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2018.04.010>..
- Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM). Electronic address: pubs@smfm.org; Plante LA, Pacheco LD, Louis JM. SMFM Consult Series #47: Sepsis during pregnancy and the puerperium. *Am J Obstet Gynecol* [internet]. 2019 [consultado: 20/09/2023];220(4):B2-B10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.01.216>.
- Carrillo-Mora P; García-Franco A; Soto-Lara M; Rodríguez-Vásquez G; Pérez-Villalobos J; Martínez-Torres D. Cambios fisiológicos durante el embarazo normal. *Revista de La Facultad de Medicina de La UNAM* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];64(1):39-48. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2021.64.1.07>.
- Borre-Naranjo D, Santacruz J, González-Hernández J, Anichiarico W, Rubio-Romero J. Infección por SAR COV 2 en la paciente obstétrica: una perspectiva desde el cuidado crítico. *Acta colombiana de Cuidados Intensivos. Asociación Colombiana de Medicina Crítica y cuidado Intensivo* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];20(2):98-107 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.04.002>.
- Oliveira C, Lopes MAB, Rodrigues AS, Zugaib M, Francisco RPV. Influence of the prone position on a stretcher for pregnant women on maternal and fetal hemodynamic parameters and comfort in pregnancy. *Clinics (Sao Paulo)* [internet]. 2017 [consultado: 20/09/2023];72(6):325-332. Disponible en: [https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(06\)01](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(06)01).
- Wastnedge EA, Reynolds RM, van-Boeckel SR, Stock SJ, Denison FC, Maybin JA, et al. Pregnancy and COVID-19. *Physiol Rev* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];101(1):303-318. Disponible en: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/physrev.00024.2020>
- Vale AJM, Fernandes ACL, Guzen FP, Pinheiro FI, de Azevedo EP, Cobucci RN. Susceptibility to COVID-19 in pregnancy, labor, and postpartum period: immune system, vertical transmission, and breastfeeding. *Front Glob Womens Health* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];2(1):602572. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fgwh.2021.602572>.
- Córdoba-Vives S, Fonseca-Peñaranda G. COVID-19 y Embarazo. *Rev Med Costa Rica* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];86(629):22-29. Disponible en: <https://www.medicinacritica.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2020/rmc20629f.pdf>
- Soma-Pillay P, Nelson-Piercy C, Tolppanen H, Mebazaa A. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovasc J Afr* [internet]. 2016 [consultado: 20/09/2023];27(2):89-94. Disponible en: <https://doi.org/10.5830/CVJA-2016-021>..
- Ministerio de Sanidad. Gobierno de España. Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. Documento técnico. Manejo de la

- mujer embarazada y el recién nacido con COVID-19. Versión de 17 junio de 2020 [Internet]. Madrid: Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. 2020 [consultado: 20/09/2023]. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Documento_manejo_embarazo_recien_nacido.pdf
20. Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Comité de Anestesia Obstétrica de la Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.). Analgesia y anestesia en la gestante con sospecha de o diagnóstico de Covid-19 [internet]. Bogotá: Comité de Anestesia Obstétrica de la Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.); 2020 [consultado: 20/09/2023]. Disponible en: <https://www.apsf.org/wp-content/uploads/patient-safety-resources/covid-19/es/Analgesia-y-anestesia-en-la-gestante-con-sospecha-o-diagn%C3%B3stico-de-COVID-19.pdf>
 21. Pierce-Williams RAM, Burd J, Felder L, Khoury R, Bernstein PS, Avila K, Penfield CA et al. Clinical course of severe and critical coronavirus disease 2019 in-hospitalized pregnancies: a United States cohort study. *Am J Obstet Gynecol MFM* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];2(3):100134. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2020.100134>.
 22. Easter SR, Gupta S, Brenner SK, Leaf DE. Outcomes of Critically Ill Pregnant Women with COVID-19 in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];203(1):122-125. Disponible en: <https://doi.org/10.1164/rccm.202006-2182LE>.
 23. Levitus M, Shainker SA, Colvin M. COVID-19 in the Critically Ill Pregnant Patient. *Crit Care Clin* [internet]. 2022 [consultado: 20/09/2023];38(3):521-534. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2022.01.003>.
 24. ACOG Practice Bulletin No. 211: Critical Care in Pregnancy. *Obstet Gynecol* [internet]. 2019 [consultado: 20/09/2023];133(5):e303-e319. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000003241>.
 25. Bhatraju PK, Ghassemieh BJ, Nichols M, Kim R, Jerome KR, Nalla AK et al. Covid-19 in Critically Ill Patients in the Seattle Region - Case Series. *N Engl J Med* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];382(21):2012-2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2004500>.
 26. Wang L, Wang Y, Ye D, Liu Q. Review of the 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2) based on current evidence. *Int J Antimicrob Agents* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];55(6):105948. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105948>.
 27. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Núñez-Verdecia I. Presión de distensión alveolar: su asociación a la mortalidad y protección pulmonar en pacientes ventilados. *Rev Cuban Anestesiol Reanimac* [internet]. 2022 [consultado: 20/09/2023];21(2):e810. <http://revanestesia.sld.cu/index.php/anestRean/article/view/810>
 28. Halscott T, Vaught J. the SMFM COVID-19 Task Force. Management considerations for pregnant patients with COVID-19 [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023]. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/cdn.smfm.org/media/2734/SMFM_COVID_Management_of_COVID_pos_preg_patients_2-2-21_\(final\).pdf](https://s3.amazonaws.com/cdn.smfm.org/media/2734/SMFM_COVID_Management_of_COVID_pos_preg_patients_2-2-21_(final).pdf)
 29. Pacheco LD, Saad AF, Saade G. Early acute respiratory support for pregnant patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *Obstet Gynecol* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];136(1):42-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000003929>.
 30. Tolcher MC, McKinney JR, Eppes CS, Muigai D, Shamshirsaz A, Guntupalli KK, Nates JL. Prone positioning for pregnant women with hypoxemia due to coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Obstet Gynecol* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];136(2):259-261. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000004012>.
 31. Lapinsky SE, Viau-Lapointe J. Mechanical ventilation and delivery during pregnancy. *Chest* [internet]. 2023 [consultado: 20/09/2023];163(3):473-474. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.10.025>.
 32. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Pérez-Yero Y, Lorient-Romero D. Ventilación en decúbito prono en el síndrome de dificultad respiratoria aguda del adulto por el virus SARS CoV-2. *MULTIMED* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];25(5):e2454. <http://revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/2454>
 33. Alhazzani W, Møller MH, Arabi YM, Loeb M, Gong MN, Fan E et al. Surviving Sepsis Campaign: guidelines on the management of critically ill adults with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Intensive Care Med* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];46(5):854-887. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06022-5>.
 34. Os mundo GS-Jr, Paganotti CF, da-Costa RA, Silva THDS, Bombonati PC, Malbouisson LMS, Francisco RPV. Prone positioning: a safe and effective procedure in pregnant women presenting with severe acute respiratory distress syndrome. *Vaccines (Basel)* [internet]. 2022 [consultado: 20/09/2023];10(12):2182. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/vaccines10122182>.
 35. Huang CY, Tsai YL, Lin CK. The prone position ventilation (PPV) as an approach in pregnancy with acute respiratory distress syndrome (ARDS). *Taiwan J Obstet Gynecol* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];60(3):574-576. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2021.03.036>.
 36. Pandya ST, Krishna SJ. Acute respiratory distress syndrome in pregnancy. *Indian J Crit Care Med* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];25(3):S241-S247. Disponible en: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24036>.
 37. Vasquez DN, Giannoni R, Salvatierra A, Cisnera K, LaFose D, Escobar MF et al. Ventilatory parameters in obstetric patients with COVID-19 and impact of delivery: A multicenter prospective cohort study. *Chest* [internet]. 2023 [consultado: 20/09/2023];163(3):554-556. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.10.010>.
 38. Péju E, Belicard F, Silva S, Hraiech S, Paivin B, Kamel T et al. Management and outcomes of pregnant women admitted to intensive care unit for severe pneumonia related to SARS-CoV-2 infection: the multicenter and international COVID-PREG study. *Intensive Care Med* [internet]. 2022 [consultado: 20/09/2023];48(9):1185-1196. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06833-8>.
 39. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Jeréz-Alvarez AE. Poder mecánico, variable relacionada a la lesión pulmonar inducida por la ventilación y la mortalidad. *Revista Chilena de Anestesia* [internet]. 2023 [consultado: 20/09/2023];52(1):89-94. Disponible en: <https://doi.org/10.25237/revchilanestv5209111522>.
 40. Chen L, Jiang H, Zhao Y. Pregnancy with COVID-19: Management considerations for care of severe and critically ill cases. *Am J Reprod Immunol* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];84(5):e13299. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/aji.13299>.
 41. Garren MR, Ashcraft M, Qian Y, Douglass M, Brisbois EJ, Handa

- H. Nitric oxide and viral infection: Recent developments in anti-viral therapies and platforms. *Appl Mater Today* [internet]. 2021 [consultado: 20/09/2023];22:100887. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2020.100887>.
42. Safaee-Fakhr B, Wiegand SB, Pincioli R, Gianni S, Morais CCA, Ikeda T et al. High concentrations of nitric oxide inhalation therapy in pregnant patients with severe Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Obstet Gynecol* [internet]. 2020 [consultado: 20/09/2023];136(6):1109-1113. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000004128>.