

Cambios en la fisiología pulmonar y la ventilación mecánica en pacientes obesos con COVID-19. Revisión Bibliográfica

Changes in Pulmonary Physiology and Mechanical Ventilation in Obese Patients with COVID-19. Bibliographic Review

Wilmer Arley Criollo López¹, Jhoselin Daniela Castillo Martínez²

RESUMEN

Estudios recientes indican que la obesidad podría ser un factor de riesgo para la infección del coronavirus (COVID-19). Durante el brote se presentó una alta tasa de muertes en obesos al momento de ser soportados con ventilación mecánica. El objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar el predominio de los diversos cambios a nivel pulmonar en la población de obesos con COVID-19 sometidos a ventilación mecánica. Se realizó una búsqueda en las bases de datos incluidas Scielo, PubMed, Google Scholar, Elsevier, Springerlink y ScienceDirect. El algoritmo de búsqueda incluyó todas las combinaciones posibles de las palabras claves. Los resultados demostraron que el obeso con COVID-19 presenta un estado proinflamatorio que altera la respuesta inmune, lo que conlleva a presentar mayor susceptibilidad y depósito del virus que genera

lesión pulmonar grave, insuficiencia respiratoria y aumento del trabajo respiratorio, por lo tanto, una mayor probabilidad de necesitar ventilación mecánica con modos y parámetros exactos.

Palabras clave: COVID-19, SARS-CoV-2, obesidad, respiración artificial, pandemia.

SUMMARY

Recent studies indicate that obesity could be a risk factor for coronavirus infection (COVID-19). During the outbreak, a high number of deaths occurred in obese patients when they were supported with mechanical ventilation. This literature review aims to identify the prevalence of various pulmonary changes in mechanical ventilation in the obese COVID-19 population. A search was performed in the databases, including Scielo, PubMed, Google Scholar, Elsevier, Springerlink, and ScienceDirect. The search algorithm included all possible combinations of keywords. The results showed that obese patients with COVID-19 present a pro-inflammatory state that alters the immune

DOI: <https://doi.org/10.47307/GMC.2024.132.3.15>

ORCID: 0000-0003-4478-91571¹

ORCID: 0009-0004-6957-21432²

¹Docente Facultad de Salud, Grupo de Investigación Fisioter, Fundación Universitaria María Cano, Cali – Colombia. Magister en Educación, Especialista en Fisioterapia Cardiopulmonar. E-mail: wilmerarleycriollolopez@fumc.edu.co

²Facultad de Salud, Fundación Universitaria María Cano, Cali – Colombia. Fisioterapeuta. E-mail: jhoselyndanielac@gmail.com

Autor de correspondencia: Wilmer Arley Criollo López. E-mail: wilmer6520@gmail.com
Dirección: Carrera 66 #9-119.

Recibido: 4 de enero 2024

Aceptado: 6 de junio 2024

response, leading to increased susceptibility and deposition of the virus that generates severe lung injury, respiratory failure and increased work of breathing, therefore, a greater likelihood of needing mechanical ventilation with exact modes and parameters.

Keywords: *COVID-19, SARS-CoV-2, obesity, artificial respiration, pandemic.*

INTRODUCCIÓN

La enfermedad por coronavirus (COVID-19), se presentó a finales de noviembre de 2019, cerca del mercado de Huanan, en Wuhan, provincia de Hubei (China) y se describe como el primer caso de neumonía por un nuevo coronavirus, del género beta, que infectan habitualmente el tracto respiratorio superior de humanos y que producen un cuadro clínico habitual de catarro, similar a la gripe, pero dada la exacerbación de la enfermedad puede llegar a afectar otros órganos. Esta enfermedad infecciosa tiene un alto índice de propagación y a la fecha de 2 de agosto de 2023, se han registrado en el mundo alrededor de 769 millones de casos de coronavirus (SARS-CoV-2) y que ha impactado aproximadamente a 205 países, donde el índice de mortalidad es significativamente preocupante, constituyendo una contingencia sanitaria a nivel mundial, siendo que a la fecha de 8 de agosto de 2023 se habían contabilizado aproximadamente siete millones de muertes debidas al virus, de las cuales 5 272 ocurrieron en China, lugar en el que se originó el virus (1).

En el año 2020 exactamente en el mes de marzo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) confirmó el brote epidémico debido a la infección causada por el COVID-19 extendido en diferentes países. Los rasgos distintivos clínicos, epidemiológicos y dificultades de los infectados con COVID-19 en una etapa inicial han sido claramente reportadas, las secuelas en un período largo de la enfermedad infecciosa pueden traer consigo un deterioro a nivel pulmonar y además de esto puede causar alteraciones en diferentes órganos como en el caso del corazón, los riñones, la piel e incluso el cerebro. En inicios del séptimo mes del año 2021, aproximadamente 191 millones de individuos estaban infectados por el COVID-19 a una magnitud mundial y

el virus seguía propagándose en varios países. El promedio de la persistencia de los síntomas en el ciclo inicial de la infección es de 5 a 11 días aproximadamente. No obstante, se logró identificar que el 15 % de la población contagiada por el virus manifestaban una sintomatología que permanecía por semanas o incluso meses posteriores a la infección. La sintomatología reportada después de la etapa inicial es muy irregular y puede incluir sensación de ahogo, fatiga muscular, dolor en región torácica, taquicardia, problemas gastrointestinales, a nivel psicológico puede presentarse confusión mental, ansiedad y depresión, entre otra sintomatología asociada a la infección (2).

Es preciso tener presente, que uno de los principales riesgos de la exposición al virus COVID-19 es la aparición de comorbilidades como la obesidad, ya que al ser obesos existe mayor probabilidad de desarrollar una enfermedad más grave por el COVID-19. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la obesidad y el sobrepeso como la acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Actualmente, de acuerdo con la clasificación internacional de enfermedades de la OMS, la obesidad se define como el anormal o excesivo almacenamiento de grasa, secundario a diferentes causas, incluyendo desbalance energético, fármacos y patología genética. La Federación Mundial de Obesidad (*World Obesity Federation* [WOF]) la ha definido como una enfermedad crónica, recurrente y progresiva, enfatizando en la necesidad de acción inmediata para la prevención y control de esta. La morbilidad asociada al sobrepeso y la obesidad incluyen, además de la diabetes tipo 2, dislipemia, hipertensión, enfermedad coronaria y cerebrovascular, colelitiasis, osteoartritis, insuficiencia cardíaca, alteraciones menstruales, esterilidad y alteraciones psicológicas. Además de estas complicaciones, los individuos obesos presentan una mayor susceptibilidad a padecer algunos tipos de cáncer e infecciones, tienen mayor riesgo de bacteriemia y un mayor tiempo de cicatrización de las heridas tras una intervención quirúrgica. Todo ello indica que la obesidad ejerce unos efectos negativos sobre los componentes del sistema inmune y su funcionalidad. Se estima que una persona presenta obesidad cuando su índice de masa corporal es $>30 \text{ kg/m}^2$, y se clasifican

tres categorías de obesidad: la obesidad grado I (IMC entre 30 y 34,9 kg/m²), obesidad grado II (IMC entre 35 y 39,9 kg/m²) y obesidad grado III (IMC ≥ 40 kg/m²) (3).

La evidencia muestra que la obesidad es un factor de mayor amenaza para la hospitalización, la entrada en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), ventilación mecánica y la evolución de implicaciones graves que pueden llevar incluso a la muerte. Ahora bien, la Federación Mundial de Obesidad, sugiere que los servicios sanitarios no están acondicionados para ocuparse de una alta cantidad de pacientes con obesidad que presenten COVID-19, ya que podrían padecer complicaciones clínicas durante procesos como la intubación, realización de imágenes de diagnóstico, posicionamiento y transporte (3).

Esta problemática en la actualidad no constituye un acontecimiento relevante de salud pública; sin embargo, el virus sigue siendo una amenaza activa en el ámbito internacional. Durante el brote de la enfermedad por coronavirus, la población con exceso de peso fue intubada y ventilada, presentando una alta mortalidad en muchos casos. La trascendencia de la hipoxemia y la alta tasa de defunción notificada en pacientes con este virus que necesitaron intubación temprana han llevado al personal de salud a adoptar estrategias de reclutamiento pulmonar para mejorar la oxigenación, el intercambio de gases y, potencialmente, los resultados clínicos. La posición decúbito prono es un método de reclutamiento pulmonar establecido y de uso común para pacientes intubados con COVID-19, con beneficios en la evolución del paciente. Durante la pandemia, se extendió la implementación de la posición decúbito prono tanto en pacientes intubados como no intubados. En algunos pacientes, se utilizó esta estrategia para evitar la intubación y aliviar la carga en las UCI durante el brote de la infección (4).

El alto índice de población con exceso de peso que durante la pandemia fue intubada y ventilada, presentó diferencias con la población no obesa. Por eso, el interés de este estudio es analizar los cambios pulmonares en estos pacientes con ventilación mecánica y sus posibles complicaciones, distinguiendo el

lazo entre la obesidad y las indisposiciones respiratorias. La obesidad se relaciona con algunas enfermedades respiratorias como la inflamación y/o estrechamiento de las vías respiratorias, la apnea obstructiva del sueño, la lesión pulmonar aguda y el síndrome de dificultad respiratoria aguda del adulto (SDRA), lo que hace que sea oportuno reconocer una relación directa entre las manifestaciones del COVID-19 y la obesidad. Este estudio presenta un valor agregado ya que complementa las investigaciones actuales sobre la relación entre los cambios a nivel pulmonar del obeso con COVID-19 y cómo estos deben ser ventilados teniendo en cuenta la ventilación mecánica protectora (5). Por ello, mediante esta revisión bibliográfica se pretende describir los diversos cambios en la fisiología pulmonar y el uso de la ventilación mecánica invasiva en pacientes obesos con COVID-19.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar el impacto de los diversos cambios en la fisiología pulmonar y la respiración artificial en la población de obesos con COVID-19. El algoritmo de búsqueda incluyó todas las combinaciones posibles de las siguientes palabras clave: COVID-19, SARS-CoV-2, Obesidad, Respiración artificial, Pandemia. Se realizó búsqueda en bases de datos como Scielo, PubMed, Springerlink, Elsevier, Science Direct, Google Scholar. Fueron tomados en cuenta artículos en inglés y español lo que permitió obtener datos importantes y relevantes para su elaboración, se incluyeron estudios observacionales, estudios descriptivo-retrospectivos, metaanálisis, revisiones literarias, revisiones sistemáticas y revisiones narrativas, publicados entre el año 2020 y 2023. Se excluyeron estudios que no cumplieran con los criterios de inclusión.

Se consideró el análisis de aquellas publicaciones que cumplan con los criterios de selección e inclusión y condiciones de calidad evidenciados mediante su lectura exhaustiva y dirigida.

RESULTADOS

Del total de 1 196 artículos publicados desde 2020 a 2023 en revistas internacionales y nacionales, se excluyeron 1 146 de acuerdo con título y resumen que no se enfocaban en ventilación mecánica y estrategias ventilatorias

en obesos con COVID-19, posteriormente se excluyeron todos aquellos artículos, en total 6 que no correspondían a obesidad o COVID-19, con datos incompletos sobre fisiología y manejo se excluyeron 7, así como duplicados se excluyeron 2. Finalmente se obtuvieron 31 artículos que cumplían lo requerido (Figura 1).

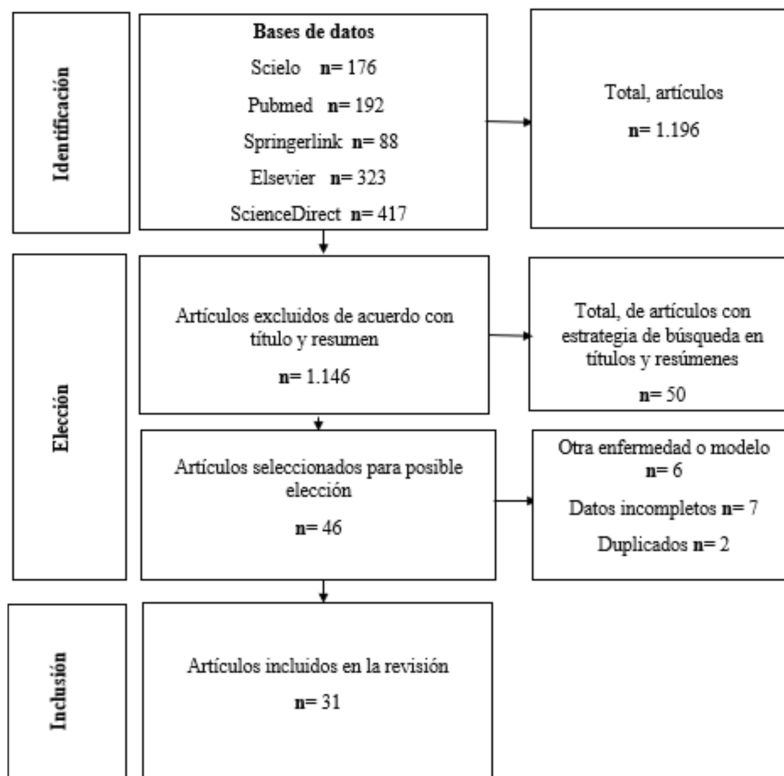


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda PRISMA.

Cambios en la fisiología pulmonar del paciente obeso con COVID-19

El exceso de grasa a nivel somático se convierte en un factor de riesgo para aquellos que presentan COVID-19. La obesidad como enfermedad implica un estado proinflamatorio que produce una desregulación del sistema inmunológico ya que el tejido adiposo ocasiona una inflamación crónica lo que agrava el cuadro inflamatorio por COVID-19. Dentro de la

inmunidad innata los adipocitos hipertróficos reclutan macrófagos polarizados que inducen una inflamación sistémica de bajo grado a través de la producción de cantidades excesivas de citoquinas inflamatorias, de las cuales IL-6, TNF- α , IL-1, IL-10 y MCP-1 son los más importantes. Los altos niveles de citoquinas secretadas por las células grasas hipertróficas en el torrente sanguíneo contrarrestan la terminación de la respuesta inmunitaria antiviral en los pulmones y, por lo tanto, promueven a esa tormenta de citoquinas

en la infección por SARS-CoV-2 con una mayor severidad de la enfermedad. La inflamación está asociada a con un ligero incremento del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), miembro de un grupo de otras citoquinas que estimulan la fase aguda de la reacción inflamatoria, y la interleucina-6 (IL-6) secretada especialmente por los macrófagos células T, tejido endotelial y los fibroblastos, también se relaciona con una mayor gravedad de la infección. Esta elevación de citoquinas genera una alteración en la regulación de la respuesta inmune, tanto innata como adaptativa, lo que hace a nivel inmunitario, en aquellos con obesidad, pueda conllevarlos a presentar mayor susceptibilidad a la infección. En quienes padecen de obesidad y contagio por coronavirus, la respuesta negativa de los linfocitos T y linfocitopenia secundaria a la infección y la muerte celular inducida por COVID-19, favorecen aumento del daño a nivel pulmonar generando mayor lesión. En estas circunstancias, la existencia de una elevada cantidad de macrófagos contribuye a la excreción de citoquinas inflamatorias, lo que se asocia con falla multiorgánica por la infección por COVID-19 (6).

De igual forma, este estado proinflamatorio puede generar cambios significativos en la fisiología pulmonar del paciente, los cuales dependen del tipo de obesidad según el Índice de Masa Corporal (IMC) y de la zona donde hay mayor porcentaje de tejido adiposo corporal. El obeso *per se* es un paciente que ya tiene complicaciones de tipo metabólico, además de un proceso inflamatorio crónico, desarrolla un incremento en el consumo de oxígeno en comparación con una persona no obesa. Los volúmenes a nivel intratorácico se reducen debido al incremento del músculo cardíaco, la disminución de la elasticidad torácica por el incremento del panículo adiposo circundante y el aumento de la presión intraabdominal que disminuyen la complianza total en 35 %. El aumento de tejido adiposo alrededor del tórax y abdomen pueden provocar una restricción de la respiración a nivel visceral o abdominal, lo cual puede estar asociado a un aumento de la presión arterial, hiperinsulemia, concentración excesiva de azúcar en la sangre y dislipidemia. A nivel general, hay una alteración del volumen sanguíneo y la función del corazón. Dichas

modificaciones pueden limitar la capacidad para adaptarse en diferentes situaciones, como en el caso de los pacientes críticos, e incluir inflamación, desequilibrio en la producción de especies reactivas de oxígeno, y variaciones en la función endotelial y adipocitocinas, entre otros (7).

Se ha demostrado que la vía de entrada para el virus SARS-CoV-2 es la proteína transmembranal la enzima convertidora de angiotensina tipo 2 (ECA2). El virus SARS-CoV-2, como otros coronavirus, se introduce en las células pulmonares acoplándose a la ECA2 que forma parte importante del Sistema Renina Aldosterona. Esta enzima, se expresa en diversos tejidos humanos y tiene como función principal mantener el equilibrio entre los efectos vasoconstrictores, proinflamatorios, proliferativos, profibróticos y oxidantes de este sistema y sus antagónicos, mediante la degradación y disminución de la producción de angiotensina II y la formación de angiotensina 1-7. Estos receptores ECA2 se encuentran presentes en los riñones, las arterias, el corazón, los adipocitos, los ovarios, el sistema nervioso central y periférico, y en los pulmones, donde su concentración es mucho más alta. Por lo tanto, los pulmones constituyen el órgano principal de infección por COVID-19. El tejido adiposo contiene cantidades grandes de ECA2, por lo que se espera encontrarlos en mayor cantidad en las personas obesas. Al tener mayor cantidad de estos receptores, es mayor el área de ingreso que tendrá el patógeno (8), pero no se dispone de evidencia específica de que la infección llegue al tejido adiposo por SARS-CoV-2. Por lo tanto, hay indicios que sugieren que la grasa intratorácica, perirrenal, epicárdica y mesentérica, al contener ECA2, sirva como reserva, acopio y propagación del virus SARS-CoV-2. Diversos estudios han identificado que esta reserva y depósito pueden conllevar a la presencia de mayor carga viral, lo que sucede en el caso de los obesos y puede resultar en un tiempo de diseminación prolongado. El acúmulo de adipocitos conlleva otras complicaciones médicas ya mencionadas anteriormente e incluso un estado de hipercoagulabilidad y trombosis, que determina una peor evolución del paciente contagiado por esta infección. Por lo tanto, los obesos tienden a tener mayores dificultades durante el proceso de ventilación, ya que se

ve reflejado en una mayor resistencia al flujo aéreo, menor expansión del volumen pulmonar y dificultades de movilización de la caja torácica, diafragma y músculos intercostales, lo que provoca hipoventilación, afectación de las arterias pulmonares y pausas respiratorias durante el sueño (6). De igual forma, la obesidad puede provocar modificaciones en el sistema renina-angiotensina-aldosterona. Se ha demostrado que en aquellos pacientes con COVID-19 que tenían niveles elevados de angiotensina II hubo una correlación con la gravedad de la lesión pulmonar. Los valores incrementados de angiotensina II en el pulmón pueden inducir vasoconstricción local que conduce a un desajuste de ventilación/perfusión e hipoxemia, así como a inflamación y daño oxidativo, lo que promueve una lesión pulmonar aguda. Por ende, el incremento de la angiotensina II en pacientes con obesidad pueden exacerbar el aumento del nivel de angiotensina II inducido por COVID-19, lo que lleva a una lesión pulmonar más grave (8).

La obesidad como factor de riesgo ante el COVID-19 puede causar insuficiencia respiratoria, ya que por sí sola induce un aumento en la carga de trabajo respiratorio y, por lo tanto, una mayor probabilidad de necesidad de ventilación mecánica. También puede provocar una marcada debilidad en las fibras musculares que participan en la respiración y un decrecimiento de la compliance respiratoria (9). En efecto, la obesidad podría afectar el sistema respiratorio de diferentes formas debido a los depósitos de adiposidad en el mediastino y el abdomen. Estudios previos han confirmado que el sobrepeso genera riesgo para muchas enfermedades del sistema respiratorio, como el estrechamiento e inflamación de los músculos que rodean las vías respiratorias, provocando una disminución de la elasticidad y expansión del tórax, así como, la poca fuerza de los músculos respiratorios y la movilidad limitada del diafragma predisponen a estos individuos a una menor distensibilidad de la caja torácica con un bajo volumen de reserva espiratorio. La obesidad se asocia con una oposición superior de la vía aérea, alteración del intercambio gaseoso, atrapamiento posicional de gases y disfunción del surfactante. Estos cambios funcionales y fisiológicos predisponen a los obesos con COVID-19 a neumonía asociada a hipoventilación, hipertensión arterial pulmonar

y estrés cardíaco. Además, los pacientes obesos requieren un mayor consumo de oxígeno, por lo tanto, una mayor necesidad de oxígeno, donde la hipoxia en pacientes obesos podría conducir a la exacerbación de otros problemas respiratorios (10).

Ahora bien, mecánicamente la obesidad podría deteriorar la función pulmonar, la compliance de los pulmones y la reserva respiratoria. De forma importante la adiposidad en el área del abdomen conlleva a complicaciones respiratorias a causa de una baja distensión del diafragma. La distensión es fundamental para un adecuado movimiento respiratorio, ya que permite una expansión eficiente del tórax y, por ende, una adecuada ventilación pulmonar. Cuando el diafragma tiene una baja distensibilidad, tiende a estar más aplanado. Este aplanamiento puede interpretarse como una señal de que el músculo está en un estado de retracción, o sea, parcialmente contraído y con una capacidad reducida para generar una fuerza efectiva. Esto puede comprometer la mecánica respiratoria y resultar en una ventilación ineficaz, lo que a su vez puede llevar a una mayor carga de trabajo para otros músculos respiratorios y eventualmente a fatiga muscular respiratoria. En el caso de la obesidad, el exceso de tejido adiposo intraabdominal ejerce una presión hacia arriba contra el diafragma, limitando su movimiento descendente y, por ende, su capacidad de expansión. Esto resulta en una distensibilidad reducida, donde el diafragma se encuentra más aplanado y en una posición más elevada de lo normal (11). El aumento de peso genera daño a las propiedades flexibles de la caja torácica, los cambios en las capacidades pulmonares, como lo son la capacidad residual funcional o la capacidad pulmonar total, son los responsables de los cambios en la resistencia pulmonar. Un hallazgo relevante en las personas con aumento de peso es que en los pulmones se encontrará más fuerza de retracción elástica pulmonar. En este sentido, el aumento de las resistencias elásticas del pulmón y zonas que lo rodean, junto con una baja compliance pulmonar, obligarían a realizar más trabajo respiratorio (8).

Aunado a esto, el patrón respiratorio en estos pacientes obesos afecta el rendimiento respiratorio. Varios estudios relacionados sobre la obesidad aclaran que esta población, entre más peso corporal tenga, desarrollan en

su respiración modificaciones al hacerla mucho más rápida y notable si se compara con personas de peso normal, esto ocurre como un mecanismo compensatorio por el tejido graso en la pared torácica. Al tener este tipo de respiración se afecta el esfuerzo del sujeto, ya que su organismo aumenta la necesidad ventilatoria, gasto energético y consumo de oxígeno. La función muscular de las personas con obesidad puede estar alterada al presentar hipertrofia muscular a causa del trabajo y esfuerzo respiratorio que conduce a una sobrecarga muscular, sino también por la posible infiltración de grasa en los músculos que participan en la respiración. Finalmente, en el obeso se observan modificaciones en la longitud y tensión muscular, dificultando así las presiones respiratorias (12).

Estas presiones respiratorias se ven ampliamente afectadas en pacientes obesos con COVID-19, las dinámicas de las presiones respiratorias, es decir, alveolar, intrapleural, transpulmonar y atmosférica, juegan un papel crucial en la comprensión y manejo de la función respiratoria. Aquí se proporciona una síntesis de cómo cada una de estas presiones se ve afectada:

- 1. Presión Alveolar:** En el contexto de COVID-19, especialmente en casos severos que pueden evolucionar a un síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), se observa una disminución en la compliance pulmonar. Esto significa que la presión alveolar debe ser más alta durante la espiración para vencer la rigidez del pulmón inflamado y facilitar la expulsión del aire.
- 2. Presión Intrapleural:** Normalmente negativa, esta presión puede acercarse a cero o volverse menos negativa en pacientes obesos. La grasa abdominal ejerce presión sobre el diafragma, limitando su movimiento hacia abajo y reduciendo así la expansión torácica durante la inspiración. Esto es particularmente crítico en el contexto de COVID-19, donde la demanda de una función diafragmática eficiente es más alta debido a la necesidad de mejorar la ventilación pulmonar.
- 3. Presión Transpulmonar:** Esta presión, que es la diferencia entre la presión alveolar y la intrapleural, es crucial para mantener los alvéolos abiertos. En pacientes obesos con COVID-19, la compresión del diafragma por

el aumento de la presión abdominal puede reducir significativamente esta diferencia de presión, lo que conduce a una menor expansión alveolar y un riesgo aumentado de colapso alveolar o atelectasias.

- 4. Presión Atmosférica:** Si bien esta presión permanece constante y actúa como referencia, es esencial considerarla para entender la mecánica de las otras presiones en relación al entorno exterior.

Los pacientes obesos con COVID-19 presentan un desafío único en cuanto a la mecánica respiratoria debido a la combinación de cambios patológicos inducidos por el virus y las limitaciones mecánicas impuestas por la obesidad. Esto puede resultar en una reducción de la capacidad de los pulmones para ventilarse eficazmente, comprometiendo el intercambio gaseoso. Este análisis subraya la necesidad de un enfoque personalizado en el manejo ventilatorio de pacientes obesos con COVID-19, ajustando los parámetros de ventilación mecánica para adaptarse a las complejidades específicas de la fisiología respiratoria alterada (13,14).

Identificación de los fenotipos de COVID-19

El manejo respiratorio del coronavirus se ha establecido conforme al manejo del Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA); sin embargo, distintas investigaciones consideran que la tomografía computarizada del tórax (TAC) puede brindar datos interesantes relacionados con la fisiopatología y la individualización de la ventilación mecánica en individuos críticos con COVID-19. La monitorización de las características presentes en el TAC de tórax es relativamente importante en estos pacientes para personalizar las estrategias de tratamiento y la configuración de los parámetros del ventilador mecánico. El TAC de tórax puede ayudar a evaluar áreas de atelectasia o sobre perfusión y derivación, así como en la evaluación del riesgo de embolia pulmonar. Existen 3 distintos fenotipos en la enfermedad de COVID-19 (15).

En tal sentido, en el fenotipo 1 existe presencia de hipoxemia grave, la Presión Positiva al Final de la Expiración (PEEP) debe programarse con el objetivo de redistribuir el flujo pulmonar.

En estos casos se podría considerar la posición prona, que puede redistribuir la perfusión, pero generalmente no es muy útil en esta etapa. En cuanto al fenotipo 2, predominan las atelectasias y el desreclutamiento; la PEEP alta y la posición en decúbito prono pueden reclutar áreas no aireadas del pulmón. Las maniobras de reclutamiento (RM) pueden desempeñar un papel importante en estos casos. En el fenotipo 3, se evidencia un patrón de SDRA moderado a severo con edema alveolar y baja distensibilidad. Los ajustes respiratorios deben seguir los principios generales aplicados para SDRA. La PEEP debe configurarse de acuerdo con la mejor presión de conducción; eventualmente, se pueden considerar RM, posicionamiento prono y Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO) (15).

Factores que pueden influir en la complicación del paciente obeso con COVID-19 sometido a ventilación mecánica

Existen factores específicos que pueden contribuir a mayor mortalidad de obesos con COVID-19 entre estos factores se encuentran:



Figura 2. Factores que favorecen una mala clínica en el paciente obeso con COVID-19. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, en los pacientes obesos con COVID-19 existen factores que complican el proceso de intubación (Figura 2). Los pacientes con índices de masa corporal elevados enfrentan

complejidades y dificultades en algunos procedimientos; entre estos se encuentran el proceso de colocación del tubo endotraqueal, realización de TAC, RX entre otras imágenes, además del posicionamiento y traslado, así como requerir de más recursos y personal para realizar la posición en decúbito prono, utilizada en el tratamiento del síndrome respiratorio agudo, después de tener COVID-19. Los individuos con sobrepeso infectados por el coronavirus también encuentran peligros al desarrollar lesiones pulmonares a causa de los sedantes, la posición supina y ventilación mecánica (16).

Manejo inicial y estrategias utilizadas en el paciente obeso con COVID-19

El abordaje ventilatorio inicial incluye cánula nasal de bajo flujo entre 1 y 6 L/min; posteriormente, si no se evidenciaba mejoría, se cambia a cánula nasal de alto flujo (CNAF), propuesta como una alternativa segura con limitación en la velocidad del flujo. Se utiliza, además, soportes de oxígeno como la mascarilla tipo Venturi o mascarilla de no re-inhalación en el tratamiento inicial de estos pacientes. En comorbilidades como la obesidad, se podría alterar la permeabilidad del flujo aéreo en la vía aérea superior en su camino hacia la vía aérea inferior, produciendo una inadecuada oxigenación ante el uso de la CNAF. El reporte de fracasos al tratamiento con CNAF supone la presencia de otros factores adicionales en los obesos que pueden justificar un uso preventivo en la aplicación de la CNAF. Por lo tanto, en estos pacientes existe la necesidad de asegurar una vía aérea superior permeable, a través de la evaluación de toda la vía aérea (17).

Cabe aclarar que estrategias como la ventilación mecánica no invasiva y las cánulas nasales de alto flujo no se recomiendan para tratar casos de SDRA por COVID-19. Se ha demostrado que su uso retrasa la ventilación protectora y existe un riesgo de contagio mayor, ya que puede generar gran cantidad de aerosoles y su dispersión a varios metros de distancia (18).

Es así como, en situaciones en que el enfermo no muestre mejoría se utiliza la ventilación artificial invasiva con un volumen corriente recomendado a 6 mL/kg en modos convencionales

y estrategias de ventilación mecánica protectora. Asimismo, se utiliza el posicionamiento en prono como estrategia de primera línea para la hipoxemia refractaria. Este posicionamiento se usa con el paciente despierto o con ventilación mecánica en modos controlados, una alternativa es la utilización de ECMO, que se ha asociado con mayor linfocitopenia y mayor producción de interleucinas proinflamatorias; sin embargo, es una alternativa utilizada únicamente para rescate (19).

De igual forma, la maniobra de posicionamiento en prono ha comprobado restablecer y optimizar la oxigenación, ya que actúa en la relación de la ventilación-perfusión, en zonas pulmonares dorsales que fisiológicamente cuentan con un aumento considerado de unidades alveolares, estas zonas ya no están condensadas por el peso que puede ejercer la cavidad abdominal y el mediastino, lo que ayuda a promover de esta manera una reapertura y reclutamiento alveolar de las zonas pulmonares más eficientes en el intercambio de gases (20).

Ahora bien, en estos pacientes la mortalidad relacionada con la baja distensión, así como con el reclutamiento y el desreclutamiento alveolar de forma periódica se encuentra elevada, con lo cual se obtiene una congruente reducción del peligro de contraer una lesión o daño pulmonar asociado con la ventilación artificial. Consecuentemente, el uso de respiración artificial con parámetros protectores y la posición prona en pacientes contagiados por COVID-19 podría disminuir los casos de mortalidad y el posible daño asociado a la ventilación mecánica invasiva (VMI) (21).

La Organización Mundial de la Salud indica realizar este posicionamiento durante 12 o incluso 16 horas en pacientes que presenten Síndrome de insuficiencia respiratoria pulmonar aguda (SIRPA) grave. La Guía de Surviving Sepsis Campaign para COVID-19 indica que el posicionamiento debe mantenerse de 12 a 16 horas en pacientes con SIRPA moderado o grave bajo la respiración artificial. Es recomendado mantener el posicionamiento durante 16 horas para mejorar la relación PaO_2/FiO_2 en pacientes con hipoxemia, especialmente si presentan una PaO_2/FiO_2 menor a 150, indicando una hipoxemia moderada o severa (22). Cabe resaltar que esta

maniobra de cambio de posicionamiento en el paciente obeso con COVID-19, no está libre de proporcionar consecuencias en el tratamiento, ya que se pueden presentar situaciones como: comprimir algún nervio, disminución del flujo venoso, extubación del tubo por accidente, limitación de la movilidad del músculo diafragma, úlceras, daño a la retina, desaturación arterial de oxígeno, vómitos, arritmias, palpitaciones, etc. (23).

Es importante señalar el papel que cumplen los fisioterapeutas en las Unidades de Cuidado Intensivo en el manejo inicial, la aplicación de estrategias de fisioterapia respiratoria, terapia física y el manejo ventilatorio en pacientes con COVID-19, tales como las técnicas de desobstrucción bronquial, posición prona, entrenamiento de músculos respiratorios, reclutamiento alveolar, movilización temprana y posicionamiento en cama, entre otros. Estas favorecen una adecuada evolución en estos pacientes, lo que repercute en menos días de estancia hospitalaria (24).

Manejo de Ventilación Mecánica Invasiva en pacientes obesos con COVID-19

Durante la pandemia de COVID-19 muchos pacientes obesos fueron sometidos a ventilación mecánica. La finalidad primordial de la respiración artificial es mantener un intercambio de gases adecuado, disminuir el esfuerzo respiratorio, reducir el consumo de oxígeno por parte de los tejidos, restablecer la presión arterial de oxígeno, minimizar las demandas energéticas y mantener un adecuado equilibrio ácido/base (25).

En la actualidad son escasos los estudios exactos sobre ventilación mecánica en obesidad y COVID-19. Sin embargo, muchos estudios destacan al obeso como un factor de riesgo para la COVID-19 y expresan la necesidad de la ventilación mecánica invasiva con parámetros individualizados en esta población. Aun así, muy pocos mencionan los parámetros ventilatorios a usar con el paciente, cabe resaltar que durante la pandemia, en muchos países los obesos con COVID-19 fueron una población con mayor contagio y, en algunos casos, de alta mortalidad (26).

Para ventilar a los pacientes obesos, se recomienda inicialmente el uso de ventilación no invasiva (VNI), tanto para prevenir como para tratar la insuficiencia respiratoria aguda. Cuando se necesita ventilación mecánica invasiva, la preoxigenación con VNI y la elección adecuada de los dispositivos de intubación disminuirán las posibles complicaciones. Durante la respiración artificial invasiva, los obesos están más predispuestos a tener colapso alveolar y requieren una elevada PEEP para evitar mayores daños. El volumen corriente (VT) se calcula sobre el peso corporal del valor predicho, tanto en hombres como en mujeres. Cuando se presenta el SDRA, se pueden utilizar maniobras de reclutamiento cuidadosa asociada con la posición prona (27).

La ventilación mecánica, además del ingreso en la UCI, se considera uno de los indicadores más importantes de enfermedad grave. El estudio realizado por Stefan y col. (28), en Seattle mostraron que el 85 % de los pacientes obesos necesitan ventilación mecánica. Por su parte, Simonnet y col. (29) lograron confirmar la mayor necesidad de ventilación mecánica en pacientes obesos. Un análisis de 124 participantes con COVID-19 ingresados en las UCI de un hospital universitario de Lille, Francia, informó la necesidad de intubación 7,36 veces mayor en pacientes con IMC > 35 (85,7 % de ellos) a diferencia de quienes presentaban un IMC < 25 kg/m², independiente de otras comorbilidades. El aumento de peso (IMC > 30) y la obesidad severa (IMC > 35) se encontraron en el 48 % y el 28 % de los casos, respectivamente (26).

La obesidad podría conducir a una COVID-19 grave tanto en pacientes jóvenes como mayores; sin embargo, en las personas mayores, la obesidad puede estar acompañada de más comorbilidades, por ejemplo, el sobrepeso está relacionado con la diabetes mellitus tipo 2, que se observa frecuentemente en personas de 65 años o más. Además, se demostró que la amenaza de incorporación en la UCI en pacientes obesos es mayor que en individuos delgados. De forma similar, el estudio de Kass y col. (30), en Nueva York mostró que las personas más jóvenes con COVID-19 ingresadas en la UCI eran obesas. Otro estudio realizado por Lighter y col. (31), también en Nueva York, demostró que las personas con un IMC entre 30 y 34 kg/m², tenían entre el 1,8 y 3,6 veces más posibilidades de entrar en la

UCI. Por otro lado, Busetto y col. (32), en Italia, mostraron que los obesos eran en promedio 9 años más jóvenes que los de peso normal y necesitaban más ventilación asistida y cuidados intensivos o semiintensivos. Es esencial tener en cuenta que la obesidad puede aumentar la probabilidad de afección grave por coronavirus en sujetos más jóvenes, especialmente en poblaciones con alta prevalencia de obesidad (26).

Existen parámetros establecidos de protección pulmonar en esta población de pacientes: Volumen tidal (VT) entre 4-7 mL/kg del peso ideal, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) \geq 5 cmH₂O, Presión meseta (PM): \leq 27 cmH₂O, Driving pressure (DP): \leq 13 cmH₂O, Poder mecánico: \geq 12 Joules/minuto. La presión meseta en pacientes obesos representa los desórdenes por la baja elasticidad de la pared torácica. Diversas investigaciones confirman que preservar la presión meseta < 30 cmH₂O reduce los marcadores inflamatorios; sin embargo, en el paciente obeso, la presión meseta se presenta concurrentemente aumentada, demarcar esta presión meseta a un valor menor de 35 cmH₂O hace que no sea suficiente para mantener una apertura alveolar, en cuyo caso pueden necesitarse presiones aún más elevadas para cumplir con el objetivo de una ventilación adecuada y eficaz (25).

Clínicamente, se ha considerado el uso de la ventilación mecánica invasiva en pacientes contagiados por esta infección, en falla ventilatoria, luego del fracaso y resultados no esperados de medidas como la oxigenoterapia de bajo y alto flujo y la ventilación mecánica no invasiva. Así se llega a la administración de soporte artificial invasivo, considerando criterios para su uso como, la PaO₂/FIO₂ < 200, presencia de esputo abundante, deterioro en la función neurológica, acidosis PH < 7,35, y aumento del trabajo respiratorio acompañado de signos de dificultad, así como también que, el paciente no proteja vía aérea (33).

Así, se plantean los siguientes parámetros ventilatorios en el paciente con coronavirus. Se recomienda el uso de modos controlados o asistidos, ya sea por presión o volumen, considerando las estrategias de protección pulmonar. El PEEP inicial es de 12 cmH₂O, teniendo en cuenta el riesgo de barotrauma, la FIO₂ se inicia en 100 % y se titula para el logro

de saturaciones entre 93 % y 96 %, el volumen corriente inicial es bajo de (4–8 mL/kg de peso corporal predicho), y la frecuencia respiratoria se programa entre 16 a 20 respiraciones por minuto. En caso de usar un volumen tidal bajo, esta frecuencia debe ser alta, la presión de distensión (DP) < 15 cmH₂O en pacientes obesos, el poder mecánico (PM) debe ser < 20 J/min, la sensibilidad por flujo se ajusta según esfuerzo del paciente entre 3 a 5 L/min, el flujo entre 30 y 50 L/min, este valor está relacionado con el VT, el tiempo inspiratorio oscila entre 0,8 y 1,2 segundos, dependiendo de si el ventilador permite su programación (18,33).

DISCUSIÓN

Entre los pacientes con COVID-19, la obesidad presenta una proporción significativa de las admisiones en las UCI, debido a que los índices de masa corporal (IMC) > 30 kg/m² generan efectos adversos en la función respiratoria. Durante la pandemia de COVID-19, muchos pacientes obesos requirieron ventilación mecánica con parámetros exactos. La infección por COVID-19, desarrollada en los sujetos obesos y con normo peso, representó diversas alteraciones en el sistema respiratorio, llevándolos a sufrir de otras complicaciones que pueden agravar la estadía de los pacientes y promueven un mal pronóstico. En el caso del obeso con COVID-19, se evidencian cambios que provocan una mayor restricción respiratoria en comparación con otros grupos poblacionales. En estos pacientes hay mayor resistencia al flujo aéreo y alteración del intercambio gaseoso, además, la capacidad de los pulmones para expandirse se reduce, al igual que la movilidad de las rejas costales y de los músculos colaboradores con la respiración, debido a la cantidad excesiva de tejido adiposo.

Ahora bien, la ventilación artificial es hasta el día de hoy uno de los mejores procedimientos en el tratamiento de obesos con COVID-19. La repercusión positiva en la recuperación ha sido posible gracias a estrategias que buscan proteger o asegurar la función pulmonar. El desempeño de las diversas exploraciones clínicas y prácticas ha permitido mejorar la comprensión de los mecanismos responsables de la enfermedad infecciosa y la evolución de la

lesión. Sin embargo, es esencial personalizar los parámetros de tratamiento teniendo en cuenta la presentación clínica del paciente, el índice de masa corporal, las características demográficas y las condiciones hemodinámicas presentes (18).

Se ha documentado la necesidad que los pacientes obesos con índice de masa corporal ≥ 35 kg/m² necesitan hasta 7 veces más respiración artificial invasiva que aquellos con un índice más bajo, debido a su condición. Por ello, la tasa de ventilación mecánica invasiva en pacientes obesos con COVID-19 es superior en comparación a otras situaciones de neumonía adquirida por diferentes razones que no corresponden al COVID-19. Estos datos resaltan un umbral crítico: un IMC ≥ 35 kg/m², a partir de este punto, es evidente que el exceso de grasa corporal constituye una condición de mayor gravedad en el momento de intubación por COVID-19 (6).

Es necesario resaltar que en el paciente con COVID-19, se ven afectados otros sistemas además del sistema respiratorio, como el renal, cardiovascular y digestivo, ya que estos actúan como reservorios del virus, lo que aumenta la complejidad y manifestaciones clínicas. El paciente obeso presenta características y factores de riesgo relevantes que agravan la carga viral por COVID-19 y resultan en mayores complicaciones a nivel respiratorio, ya que el obeso experimenta cambios en la fisiología pulmonar que incrementan sus requerimientos ventilatorios y de consumo de oxígeno, someterlo a ventilación mecánica invasiva podría prolongar la asistencia al ventilador y generar descondicionamiento físico por la inmovilización (34).

Por otro lado, históricamente, durante múltiples investigaciones sobre respiración artificial protectora, se ha descartado a quienes padecen de obesidad. Es vital identificar cómo ventilar adecuadamente a este grupo poblacional, especialmente porque presentan cambios significativos a nivel fisiológico e inmune por COVID-19. Vale la pena señalar que la ventilación mecánica es un proceso invasivo que se individualiza según las manifestaciones clínicas del paciente, por ello dependiendo de estas manifestaciones, se debe implementar un modo de ventilación, ya sea asistido o controlado, y ajustar entre volumen o presión, considerando las estrategias de protección pulmonar. Sin embargo, durante la pandemia,

el modo de control más utilizado fue el control por volumen. Para programar los parámetros, es relevante tener en cuenta la situación clínica del paciente. De acuerdo a los parámetros ventilatorios identificados en esta revisión, estos se deben programar de forma individualizada para el paciente obeso con COVID-19; además se debe tener en cuenta las estrategias de protección pulmonar y cómo el paciente tolera esta presión positiva, ya que pueden variar de acuerdo con las necesidades y comorbilidades de cada paciente (8).

Actualmente, existe poca evidencia científica sobre cómo ventilar a los pacientes obesos con COVID-19; no obstante, a través de esta revisión se logró identificar cómo se debe ventilar al paciente obeso con COVID-19, los parámetros que se deben monitorear constantemente y qué efectos se obtienen al implementar estrategias como el posicionamiento en decúbito prono, entre otras. Más allá de la infección por COVID-19, se logró analizar que esta población de obesos, al presentar cambios en la fisiología pulmonar, genera una mayor carga viral por el depósito del virus en el tejido adiposo. Este factor, junto con las posibles comorbilidades, son las principales características que afectan el proceso ventilatorio en el paciente obeso con COVID-19, requiriendo así parámetros exactos de acuerdo con las características de cada paciente.

Los expertos han sugerido que el personal contagiado por COVID-19 con exceso de tejido adiposo, especialmente aquellos que presentan obesidad grado II o III, deben ser responsables y consientes de tomar los protocolos para prevenir el contagio, como mantener buena higiene y usar elementos que los protejan. Asimismo, los jóvenes también están en riesgo de ser gravemente afectados si son obesos y asintomáticos, debido a la mayor carga viral. Además de las posibles alteraciones debido al COVID-19, los pacientes obesos enfrentan riesgos exacerbados por la sedación, la posición supina y la ventilación mecánica. Aunque la ventilación mecánica presenta desventajas, también presenta beneficios en el tratamiento de esta población, ya que la falta de su uso cuando es necesario puede traer consecuencias negativas, al no satisfacer las demandas de oxígeno requeridas (6).

Es claro afirmar que, a la hora de ventilar a estos pacientes, se deben tener en cuenta

consideraciones importantes que faciliten y eviten mayores riesgos en este procedimiento, además de proteger el pulmón, se requiere disminuir los días de intubación para tener más oportunidades de mejora y menos daños o patologías asociadas ya sea por la intubación o por la inmovilización.

CONCLUSIONES

La obesidad transciende y afecta la función pulmonar de diversas maneras, resultando en una marcada limitación de los volúmenes pulmonares, específicamente la capacidad residual funcional y la reserva espiratoria. Asimismo, se observa una disminución en la fuerza de los músculos que participan en la respiración, la mayor cantidad de tejido adiposo puede ser un yacimiento importante para la ECA2, la enzima utilizada por el patógeno para ingresar e infectar las células. Posteriormente, el adipocito predispone a un estado proinflamatorio, deteriorando el sistema inmune y comprometiendo su respuesta ante el virus, lo que trae como consecuencia un empeoramiento de la infección. Para el tratamiento ventilatorio del obeso con COVID-19, se sugiere tener en cuenta las características y recomendaciones mencionadas a fin de lograr una adecuada intervención desde la elección de los modos y parámetros ventilatorios más beneficiosos para esta población. Es importante mencionar que los parámetros ventilatorios deben ajustarse según las características y necesidades ventilatorias de cada paciente con obesidad, ya que presentan diferentes comorbilidades y fenotipos de COVID-19, lo que indica que la ventilación debe ser individualizada, teniendo en cuenta algunas estrategias de protección pulmonar propuestas durante la revisión.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Fundación Universitaria María Cano por su formación académica continua.

Financiamiento: No se recibió apoyo financiero.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

RECOMENDACIONES

En vista de que el exceso de grasa corporal se considera como un factor peligroso para desarrollar una infección grave por COVID-19, se recomienda continuar realizando investigaciones dirigidas a profundizar, mejorar y consolidar información científica que permita establecer un manejo basado en la evidencia sobre el soporte ventilatorio de pacientes obesos con COVID-19. Esto debe tener en cuenta las variaciones de la fisiología pulmonar y del componente inmunológico presentes en esta población. Cabe resaltar que algunos parámetros ventilatorios oscilan dependiendo de comorbilidades y fenotipos de la COVID-19. Se recomienda continuar realizando aportes científicos sobre este tema que contribuyan a mejorar la evidencia disponible y el manejo requerido en estos pacientes.

REFERENCIAS

1. Abuabara E, Bohórquez J, Restom J, Uparella I, Saenz J, Restom J. Infección por SARS-CoV-2 y enfermedad COVID-19: revisión literaria. *Rev Científica Salud Uninorte*. 2020;36(1):196-230.
2. López Sampalo A, Bernal López M, Gómez Huelgas R. Persistent COVID-19 syndrome. A narrative review. *Rev Clin Esp*. 2022;222(4): 241-250.
3. Petrova D, Salamanca-Fernández E, Rodríguez Barranco M, Navarro Pérez P, Jiménez Moleón JJ, Sánchez MJ. La obesidad como factor de riesgo en personas con COVID-19: posibles mecanismos e implicaciones. *Aten Primaria*. 2020;52(7):496-500.
4. Graziani M, Barbieri G, Maraziti G, Falcone M, Fiaccadori A, Corradi F, et al. The role of prone positioning in patients with SARS-CoV-2-related respiratory failure in non-intensive care unit. *Ther Adv Respir Dis*. 2023;17:1-16
5. Inui S, Fujikawa A, Jitsu M, Kunishima N, Watanabe S, Suzuki Y, et al. Chest CT Findings in Cases from the Cruise Ship Diamond Princess with Coronavirus Disease (COVID-19). *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020;2(2): e200110.
6. Rubio Herrera M, Bretón Lesmes I. Obesidad en tiempos de COVID-19. Un desafío de salud global. *Endocrinol Diabetes Nutr*. 2021;68(2):123-129.
7. Montaña Jiménez A, Olvera Guzmán C, Aguirre Sánchez J, Camarena G, Franco Granillo J. Pronóstico de la ventilación mecánica invasiva en el paciente obeso críticamente enfermo. *Med Crít (Col Mex Med Crít)*. 2020;32(5):277-284.
8. Arévalo C, Rubio S. Influencia de la obesidad en la severidad de la infección por SARS-CoV-2. *Rev Virtual Soc Paraguaya Medicina Interna*. 2023;10(1):98-106.
9. Demircan S, Korkmaz Dıslı Z, Kalkan S, Ozer A. Management of mechanical ventilation in a morbidly obese patient with COVID-19-induced ARDS. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2021;25(18):5853-5856.
10. Mosallami Aghili S, Ebrahimpur M, Arjmand B, Shadman Z, Pejman Sani M, Qorbani M, et al. Obesity in COVID-19 era, implications for mechanisms, comorbidities, and prognosis: A review and meta-analysis. *Int J Obes (Lond)*. 2021;45(5):998-1016.
11. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact—a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):213-219.
12. Carpio C, Santiago A, García de Lorenzo A, Álvarez R. Función pulmonar y obesidad. *Nutr Hosp*. 2014;30(5):1054-1062.
13. Gómez K, Gómez J, Cinencio C. Monitorización de la ventilación mecánica invasiva en el paciente obeso. *Med Crit*. 2023;37(3):251-256.
14. Mezidi M, Daviet F, Chabert P, Hraiech S, Bitker L, Forel JM, et al. Transpulmonary pressures in obese and non-obese COVID-19 ARDS. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):129.
15. Robba C, Battaglini D, Ball L, Patroniti N, Loconte M, Brunetti I, et al. Distinct phenotypes require distinct respiratory management strategies in severe COVID-19. *Respir Physiol Neurobiol*. 2020; 27(9):103455.
16. Hernández J, González N. Factores que favorecen una peor evolución clínica de la COVID-19 en las personas con obesidad. *Medicentro Electrónica*. 2022;26(1):131-150.
17. Vergara-de la Rosa E, Alcas O, Galvez-Olortegui J. Importancia de una vía aérea superior permeable, previo al uso de cánula nasal de alto flujo en pacientes obesos con COVID-19. *Neumol Cir Torax*. 2022;81(1):66-67.
18. Pérez O, Zamarrón E, Guerrero M, Soriano R, Figueroa A, López J, et al. Protocolo de manejo para la infección por COVID-19. *Med Crít (Col Mex Med Crít)*. 2022;34(1):43-52.
19. Carrillo-Esper R, Mejía-Gómez L, Monares-Zepeda E, Chavarría-Martínez U, Díaz-Carrillo A, Ayala-León M, et al. Abordaje hemodinámico y ventilatorio en pacientes con COVID-19. *Cir Cir*. 2020;88(6):805-817.
20. Gandhi K, Sharma M, Tonya Taweeseedt P, Surani S. Role of proning and positive end-expiratory pressure in

- COVID-19. *World J Crit Care Med.* 2021;10(5):183-193.
21. Vivanco P, Hernández I, Troncozo C, Gómez F, Pino R. Efectos del decúbito prono en síndrome de distrés respiratorio agudo secundario a COVID-19: experiencia en un hospital de alta complejidad. *Rev Méd Clín Las Condes.* 2023;34 (3):195-203.
 22. González F, Salame L, Olvera C, Valente B, Aguirre J, Franco J. Posición prona en pacientes con síndrome de insuficiencia respiratoria progresiva aguda por COVID-19. *Med Crit.* 2020;34(1):73-77.
 23. Barja Martínez E, García S, Jiménez E, Thuissard J, Arias S, Blanco S. Decúbito prono en pacientes COVID-19 con síndrome de distrés respiratorio agudo y ventilación mecánica invasiva. *Enfermería Intensiva.* 2022;34(2):80-89.
 24. Estela J, Zarama I, Calero P, Criollo W. Fisioterapia respiratoria y ventilación mecánica en el manejo integral del paciente con COVID-19. *Gac Méd Caracas.* 2023;131(2):354-364.
 25. Acosta A, Alva N, López L, Athié J, Alberti P. Uso de medidas de protección pulmonar y del poder mecánico en adultos sometidos a ventilación mecánica bajo anestesia general en un hospital de tercer nivel. *Acta Med GA.* 2022;20(3):245-249.
 26. Vio del Rio F. Obesidad y coronavirus: las dos pandemias. *Rev Méd Chile.* 2021;149(4):648-648.
 27. De Jong A, Wrigge H, Hedenstierna G, Gattinoni L, Chiumello D, Pierre Frat J, et al. How to ventilate obese patients in the ICU. *Intensive Care Med.* 2020;46:2423-2435.
 28. Stefan N, Birkenfeld AL, Schulze MB, Ludwig DS. Obesity and impaired metabolic health in patients with COVID-19. *Nat Rev Endocrinol.* 2020;16(7):341-342.
 29. Simonnet A, Chetboun M, Poissy J, Raverdy V, Noulette J, Duhamel A, et al. LICORN and the Lille COVID-19 and Obesity study group. High Prevalence of Obesity in Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) Requiring Invasive Mechanical Ventilation. *Obesity (Silver Spring).* 2020;28(7):1195-1199.
 30. Kass DA. COVID-19 and Severe Obesity: A Big Problem? *Ann Intern Med.* 2020;173(10):840-841.
 31. Lighter J, Phillips M, Hochman S, Sterling S, Johnson D, Francois F, et al. Obesity in Patients Younger Than 60 Years Is a Risk Factor for COVID-19 Hospital Admission. *Clin Infect Dis.* 2020;71(15):896-897.
 32. Busetto L, Bettini S, Fabris R, Serra R, Dal Pra C, Maffei P, et al. Obesity and COVID-19: An Italian Snapshot. *Obesity (Silver Spring).* 2020;28(9):1600-1605.
 33. Barahona M, Avendaño C. Ventilación mecánica invasiva en COVID-19. Santiago de Cali: Ediciones Universidad San Buenaventura, Universidad Santiago de Cali y Universidad Javeriana. 2020; https://distribuna.com/wp-content/uploads/2020/05/Cap5_Ventilaci%C3%B3n-mec%C3%A1nica-13-V-2020.pdf
 34. Kaufner M, Pérez J. La obesidad: aspectos fisiopatológicos y clínicos. *Inter disciplina.* 2022;10(26):147-175.