



Monitorización de la ventilación mecánica en el enfermo obeso: una tarea de peso

Monitoring of mechanical ventilation in obese patients: a weighty task

Monitorização da ventilação mecânica em pacientes obesos: uma tarefa de peso

Juan Carlos Sánchez Suárez,* Alberto Alvarado Echavarría,* Jonathan Vicente Cárdenas Hernández,* Daniel Antonio Solís Estrada*

RESUMEN

El número de pacientes con obesidad que ingresa a una Unidad de Cuidados Intensivos cada día aumenta, la mayoría de ellos requieren apoyo de ventilación mecánica. Para observar las consecuencias que tiene la programación de la ventilación mecánica sobre el enfermo, requerimos diferentes herramientas que permitan la monitorización de los cambios esperados en el paciente crítico, tanto por historia natural de la enfermedad como por acción del manejo médico. El presente trabajo mencionará detalles importantes de las modificaciones en la fisiología respiratoria en el obeso, pautas de programación en la ventilación en estos pacientes y la monitorización que se debe llevar a cabo en ellos.

Palabras clave: obesidad, ventilación mecánica, presión de distensión, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).

ABSTRACT

The number of obese patients admitted to an Intensive Care Unit is increasing every day, most of them requiring mechanical ventilation support. In order to watch out for the consequences that mechanical ventilation builds upon them, we need several tools to allow us monitoring the expected changes in the critically ill patient, due to either natural history of disease or as a result of medical management. The next work will show in detail the modifications of respiratory physiology in the obese patient, several cues when programming mechanical ventilation support and the monitoring that must be carried out.

Keywords: obesity, mechanical ventilation, driving pressure, acute respiratory distress syndrome (ARDS).

RESUMO

O número de pacientes obesos internados em uma unidade de terapia intensiva aumenta a cada dia, a maioria deles necessitam suporte ventilatório mecânico. Para observar as consequências que a programação da ventilação mecânica tem sobre o paciente, precisamos de diferentes ferramentas que permitam monitorar as mudanças esperadas no paciente em estado crítico, tanto pela história natural da doença quanto pela ação do manejo médico. Este trabalho mencionará detalhes importantes sobre as alterações da fisiologia respiratória nos pacientes obesos, orientações de programação ventilatória nesses pacientes e o monitoramento que deve ser realizado neles.

Palavras-chave: obesidade, ventilação mecânica, pressão de distensão, síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA).

Abreviaturas:

CPAP = presión positiva continua en la vía aérea.

DLCO = difusión de monóxido de carbono.

ECMO = oxigenación por membrana extracorpórea.

EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

FiO₂ = fracción inspirada de oxígeno.

FR = frecuencia respiratoria.

PEEP = presión positiva al final de la espiración.

PEEPi = presión positiva al final de la espiración intrínseca.

PIA = presión intraabdominal.

SAOS = síndrome de la apnea obstructiva del sueño.

SIRA = síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.

VILI = lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica.

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica requiere un amplio conocimiento de fisiología respiratoria antes de aplicarse en el paciente crítico, los fundamentos de la ventilación mecánica incluyen los diferentes modos ventilatorios, las variables a programar en éstos, los efectos de la programación sobre la fisiología respiratoria y los efectos sistémicos de la ventilación. Para observar las consecuencias que tiene la programación de la ventilación mecánica sobre el enfermo, requerimos diferentes herramientas que permitan la monitorización de los cambios esperados en el paciente crítico, tanto por historia natural de la enfermedad como por acción del manejo médico. El paciente obeso no está exento de requerir ventilación mecánica, además, debido a su fisiología particular y a las comorbilidades que generalmente se encuentran presentes, constituye una población especial que merece hablar de sus particularidades. El presente trabajo mencionará detalles importantes de las modificaciones en la fisiología respiratoria en el obeso, pautas de programación en la ventilación en estos pacientes y la monitorización que se debe llevar a cabo en ellos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en línea en los principales motores: Embase, Medline, PubMed y Ovid. Dicha búsqueda se limitó a artículos en idioma español e inglés, en el periodo de 2000 a 2022, acerca de ventilación mecánica en pacientes con obesidad, mediante uso de palabras clave «pacientes», «obesidad», «ventilación mecánica», «monitorización», «terapia intensiva», «UCI», «intubación», «mortalidad». Posteriormente se enlistó en un archivo de Excel junto a su resumen y se buscó de manera manual.

* Unidad Médica de Alta Especialidad del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, Instituto Mexicano del Seguro Social. México.

Recibido: 05/09/2022. Aceptado: 14/11/2022.

Citar como: Sánchez SJC, Alvarado EA, Cárdenas HJV, Solís EDA. Monitorización de la ventilación mecánica en el enfermo obeso: una tarea de peso. Med Crit. 2023;37(4):348-355. <https://dx.doi.org/10.35366/112170>

FISIOLOGÍA PULMONAR EN EL PACIENTE OBESO. ¿CÓMO SE AFECTA EL SISTEMA RESPIRATORIO?

La obesidad es un factor asociado a mayor riesgo de desarrollar enfermedades agudas o procesos patológicos crónicos.¹ Los efectos clínicos de la obesidad fueron descritos por primera vez aproximadamente hace 40 años, desde entonces se han reconocido varios síndromes clínicos asociados con el aumento de peso. Por tal motivo es importante conocer los efectos de la obesidad sobre el sistema respiratorio (*Tabla 1*).

Mecánica pulmonar

El paciente con obesidad presenta varios cambios en la mecánica pulmonar: menor distensibilidad del sistema pulmonar, alteración del patrón respiratorio, alteración en pruebas espirométricas tanto estáticas como dinámica y aumento de la resistencia en las vías aéreas.²

Recordemos que la distensibilidad se define como la capacidad del sistema pulmonar de deformar su morfología y aumentar el volumen en su interior dependiendo de la presión ejercida sobre él. Los determinantes de la distensibilidad son: el pulmón, sus características morfológicas y la pared torácica. Una disminución en la distensibilidad indica una menor capacidad del sistema para deformarse, lo que conlleva a una reducción en los volúmenes pulmonares.³ Estudios observacionales han detectado en pacientes con obesidad, una distensibilidad del sistema pulmonar reducida en comparación con sujetos sanos. Analizando los componentes por separado, la disminución de la distensibilidad se debe esencialmente a alteraciones en las características anatómicas de la pared torácica, siendo la principal causa una acumulación del tejido adiposo en las costillas, músculos accesorios, diafragma y abdomen.¹

La espirometría en pacientes con obesidad muestra alteraciones en sus valores estáticos, con alteraciones en los volúmenes pulmonares y parámetros dinámicos. El cambio observado con mayor frecuencia en estos pacientes es una reducción del volumen de reserva espiratorio, lo que condiciona una capacidad funcional residual disminuida,⁴ dicha capacidad está compuesta por el volumen de reserva espiratorio, el volumen residual y el volumen corriente. Estudios observacionales han demostrado una disminución de la capacidad funcional residual a expensas de un volumen de reserva espiratorio disminuido, dicha alteración se ve acentuada durante la posición supina, como consecuencia de la transmisión de presión al pulmón, procedente de la parte inferior de la cavidad torácica y el ascenso del diafragma.³

Mediante la revisión de estudios de investigación clínica se ha observado un aumento en el volumen de cierre y una disminución del volumen de reserva espiratoria, esto condiciona que el paciente con obesidad desarrolle un aumento en la resistencia de la vía aérea, junto con alteraciones en la difusión de gases (*Figura 1*).⁴

Las alteraciones descritas condicionan un aumento en el trabajo respiratorio. En el paciente obeso el consumo de oxígeno se aumenta, ya que requiere un gasto energético mayor para superar la baja distensibilidad del sistema pulmonar y el aumento en la resistencia de la vía aérea. Estos cambios generan una intolerancia del paciente obeso al ejercicio o al estrés, donde las demandas energéticas son mayores. La distribución de la grasa corporal tiene efecto sobre la función pulmonar. Varios estudios han intentado demostrar la relación de la distribución de la grasa corporal con alteraciones en la mecánica pulmonar; no obstante, la asociación no ha sido del todo esclarecida. Por el momento, estudios observacionales colocan a la obesidad central como un posible factor que podría estar implicado en la alteración de la

Tabla 1: Cambios en la fisiología pulmonar del paciente obeso.

Mecánica pulmonar	Distensibilidad del sistema pulmonar	La distensibilidad del sistema pulmonar se encuentra disminuida principalmente por una acumulación excesiva de tejido adiposo en costillas, diafragma y abdomen, lo que compromete la distensibilidad de la caja torácica de manera importante
	Patrón respiratorio	El patrón respiratorio se torna rápido superficial, secundario al aumento del espacio muerto y alteración de los volúmenes y capacidad pulmonares
	Pruebas espirométricas estáticas	Disminución de volumen de reserva espiratorio que afecta la capacidad de reserva funcional
	Pruebas espirométricas dinámicas Resistencia de la vía aérea	Disminución de la capacidad funcional total y aumento del volumen de cierre La disminución de los volúmenes pulmonares y la disminución de la distensibilidad de la caja torácica, condicionan el aumento en la resistencia de la vía aérea
Intercambio gaseoso	Prueba DLCO	Valores altos en la prueba DLCO, secundario a un aumento del volumen sanguíneo pulmonar, una característica importante del paciente obeso
Ventilación y perfusión	Ventilación	Áreas basales con disminución de la ventilación, secundarias al aumento de presión sobre el parénquima pulmonar ocasionado por la caja torácica y el desplazamiento del diafragma
	Perfusión	Se mantiene una distribución de la perfusión normal, secundario al aumento del volumen sanguíneo pulmonar
	Ventilación alveolar	PaCO ₂ elevada, secundaria a una mecánica respiratoria anormal, debilidad de los músculos respiratorios, alteración del impulso central, aumento del umbral respiratorio y aumento del trabajo respiratorio

DLCO = prueba de difusión de monóxido de carbono.

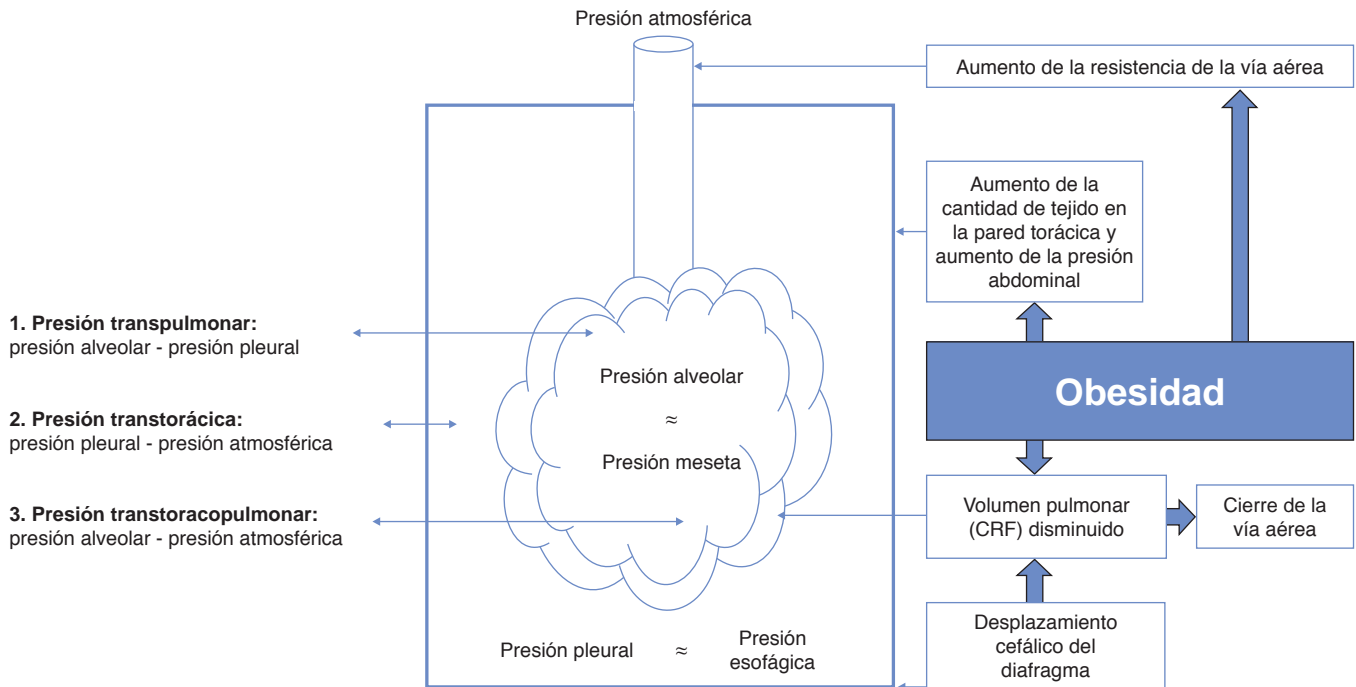


Figura 1: Efecto de la obesidad en las principales presiones del sistema respiratorio. Modificada de: De Jong, et al.¹¹
 CFR = capacidad residual funcional.

mecánica pulmonar; sin embargo, se requieren mayores estudios para establecer una asociación causal.⁵

Intercambio gaseoso

Podemos evaluar el intercambio gaseoso mediante una prueba de difusión de monóxido de carbono (DLCO, por sus siglas en inglés).² Estudios observacionales compararon obesos sanos y sujetos sanos mediante la prueba DLCO, en donde se encontraron valores más altos en sujetos obesos sanos en comparación con sujetos sin obesidad. Estos hallazgos obedecen a un aumento del volumen sanguíneo pulmonar, el cual permite reclutar un mayor número de capilares, lo que favorece el intercambio gaseoso. La DLCO está directamente relacionada con el volumen pulmonar, una disminución de éste altera la prueba, por lo tanto, una reducción de los parámetros en la prueba DLCO debe hacer sospechar al clínico de una reducción del volumen pulmonar.⁶

Ventilación y perfusión

La principal función de los pulmones es el intercambio gaseoso, esto depende de un equilibrio entre dos conceptos importantes en la fisiología pulmonar: ventilación y perfusión. La pérdida del equilibrio entre estas dos variables, resulta en un intercambio de gases deficiente.²

Las distribuciones regionales tanto de la ventilación como del volumen pulmonar se ven alteradas por fac-

tores como la edad, la postura y el peso corporal. Durante el estudio de la ventilación y la perfusión en el paciente sano, podemos dividir al pulmón de un sujeto sano en tres regiones: zona 1, zona 2 y zona 3. La zona 1 corresponde al vértice pulmonar, la característica de esta región es una mayor presión alveolar respecto a la presión hidrostática capilar, esto se traduce en una zona con una adecuada ventilación, pero una perfusión deficiente. La zona 2 se caracteriza por un aumento de la presión hidrostática capilar respecto a la presión alveolar, la presión venosa persiste en rangos menores a la presión alveolar. El flujo sanguíneo en esta región está determinado por el gradiente generado entre la presión hidrostática capilar y la presión alveolar. Al analizar la zona número 3, observamos un aumento de la presión hidrostática capilar y la presión venosa respecto a la presión alveolar. El flujo sanguíneo obedece al gradiente entre la presión del capilar pulmonar y la presión venosa.^{2,3}

Grupos de investigación estudiaron la ventilación y la perfusión pulmonar en sujetos obesos y sujetos sanos. En los pacientes con obesidad observaron alteraciones principalmente en la ventilación, relacionadas directamente con volúmenes pulmonares disminuidos. Pacientes obesos que conservaron su volumen de reserva espiratoria mantuvieron una distribución de la ventilación normal; sin embargo, en pacientes con volumen de reserva espiratoria reducida, la distribución de la ventilación fue predominantemente en las zonas superiores.

La perfusión en sujetos obesos, en comparación con sujetos sanos, mantuvo una distribución más uniforme. Los autores concluyeron que el mecanismo por el cual se ve afectada la distribución de la ventilación atiende a una hipoventilación en las bases secundario, al cierre de las vías respiratorias y al colapso alveolar.⁷

Hipoventilación alveolar

Los pacientes con problemas de obesidad pueden desarrollar niveles de PaO_2 bajos y PaCO_2 altos, pero los pacientes sin obesidad mórbida mantienen niveles de presión parcial de oxígeno y dióxido de carbono en rangos normales, no así los pacientes que tiene grados de obesidad mórbidos. Esto debido a que dichos pacientes no logran aumentar la ventilación-minuto, por lo que los niveles altos de dióxido de carbono son la característica principal del síndrome de hipoventilación alveolar del paciente obeso.⁸

Investigaciones en pacientes con obesidad mórbida se plantearon como objetivo dilucidar los mecanismos por los cuales este grupo de pacientes desarrolla niveles de PaCO_2 inapropiados. Estudios descriptivos mostraron una menor respuesta de los pacientes con obesidad mórbida a los niveles elevados de CO_2 , además, se documentó la asociación entre un FEV1 reducido y los niveles altos de PaCO_2 , lo que sugiere que la mecánica respiratoria anormal podría ser en parte responsable, sin descartar otros mecanismos como: debilidad de los músculos respiratorios, alteración del impulso central, aumento del umbral respiratorio y aumento del trabajo respiratorio.^{9,10}

PERLAS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL PACIENTE OBESO

Con lo anteriormente descrito, detallamos a continuación las recomendaciones para una ventilación mecánica segura en pacientes obesos, tanto en el escenario del síndrome de insuficiencia respiratoria aguda como sin éste.

Es complejo ventilar al paciente con SIRA, y si es obeso ¿lo es más?

Cuando el paciente obeso se ve afectado por el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, es necesario titular la ventilación mecánica con el fin de disminuir el riesgo de lesión pulmonar inducida por ésta (VILI, por sus siglas en inglés); para lograrlo, requerimos la programación de los diferentes parámetros como se describe a continuación:

Modo ventilatorio: dentro de los modos convencionales, existen ventajas y limitaciones en el uso tanto de ventilación por presión como por volumen.

En el primer escenario, existe el control de la presión máxima presente en la vía aérea, y de forma indirecta, de la presión alveolar (o presión plateau, que es menor o igual a la presión máxima); de igual forma, el flujo desacelerado que se oferta al paciente con este modo ventilatorio permite una distribución más uniforme del aire en los alvéolos; pero estos beneficios vienen con desventajas, como en el caso de broncoespasmo y la oclusión de la cánula orotraqueal, en esta situación se alcanzará rápidamente la presión máxima de la vía aérea programada, con lo cual el volumen tidal entregado será menor que el esperado y esto ocasionará hipercapnia y acidosis respiratoria.

En el segundo caso, se asegura un volumen-minuto estricto que en algunos pacientes se necesita, como en el neurocrítico o en el obstructivo; no obstante, no se tiene control sobre la cantidad de presión generada sobre la vía aérea y los alvéolos. La elección del modo ventilatorio dependerá entonces de las diversas situaciones que se presenten en el paciente, así como en el *expertise* del médico en el manejo de estos modos.^{11,12}

Posición: debido al acúmulo de presión generada por el tejido adiposo torácico y abdominal sobre la distensibilidad pulmonar, así como la restricción del movimiento del diafragma para abatirse en cada inspiración, el paciente obeso está en riesgo de formación de atelectasias si se decide ventilarlo en decúbito supino. Tanto la elevación de la cabecera de la cama como la posición prona ayudan a la disminución de presión dentro de la vía aérea, particularmente la segunda permite la apertura de alvéolos con incremento de la superficie de área de intercambio de gases, con lo que se incrementa la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ al mejorar la relación V/Q.^{11,12}

Volumen tidal: se programa de 4 a 6 mL/kg de peso ideal y la razón es simple: utilizar el peso real del paciente obeso sobrestima la cantidad de aire que ingresa a los pulmones, con el riesgo de ocasionar barotrauma y volutrauma.¹³

Frecuencia respiratoria (FR): debido al incremento en el consumo de oxígeno y mayor producción de CO_2 , el paciente obeso requiere de frecuencia respiratoria en el límite superior normal, y en caso de requerir incrementos del volumen-minuto se prefiere primero incrementar esto antes que el volumen tidal.^{12,14}

Presión positiva al final de la espiración (PEEP): que es preferible llamar presión positiva continua en la vía aérea (CPAP, por sus siglas en inglés), porque así se comporta, como una presión que permanece dentro del sistema de conducción del aire (desde el inicio del circuito inspiratorio en la válvula inspiratoria, hasta pasar por la cánula orotraqueal, la vía aérea de conducción y de retorno al ventilador mediante el circuito espiratorio y la válvula espiratoria), así como en la vía respiratoria o de intercambio de gases.

La finalidad de programar esta presión es que el paciente obeso sometido a ventilación mecánica, desde el momento en que se decide la intubación orotraqueal, cuente con una presión que permita evitar el colapso alveolar (i. e. evitar el atelectrauma) y no como medio para reexpandir alvéolos; además, con esta disminución del colapso alveolar permanecerá constante la capacidad residual funcional y disminuirá la resistencia de la vía aérea al flujo de gas.

En todo momento debemos tener en cuenta la interacción de la ventilación con presión positiva con el sistema cardiovascular y las modificaciones que la primera hará con la segunda; en el caso específico de la CPAP, mientras esta presión se mantenga en rango terapéutico (i. e. menor de 10 cmH₂O), habrá una disminución de la postcarga del ventrículo derecho debido a la disminución de la incidencia del fenómeno de vasoconstricción pulmonar hipóxica, mientras que si esta presión se incrementa por encima de dicho valor (es decir, en rango de reclutamiento alveolar), la sobredistensión alveolar ocasionará un incremento de la presión alveolar por encima de la presión capilar pulmonar y, en consecuencia, un incremento del espacio muerto fisiológico; este aumento de presión incrementará la resistencia vascular pulmonar y, finalmente, de forma proporcional incrementará la postcarga del ventrículo derecho, lo que podría comprometer el retorno venoso y el gasto cardíaco. En el paciente obeso con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) generalmente se requiere de PEEP/CPAP mayor de 10 cmH₂O con lo que esto implica desde el punto de vista respiratorio y hemodinámico.^{11,12,15}

Fracción inspirada de oxígeno (FiO₂): la titulación de esta variable no difiere con respecto al resto de pacientes bajo ventilación mecánica, para evitar los efectos deletéreos de la hipoxemia y la hiperoxemia; también debemos realizar dicha titulación con base en las enfermedades que nuestro paciente pueda presentar, tales como enfermedades obstructivas del tipo enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o síndrome de la apnea obstructiva del sueño (SAOS), cardiopatía isquémica crónica, etcétera, ya que cada una cuenta con sus respectivas metas de oxigenación.^{12,15}

El paciente obeso sin SIRA, ¿resta complejidad al manejo ventilatorio?

En el escenario no tan catastrófico en que el paciente obeso requiera ventilación mecánica sin lesión pulmonar, es decir, sin SIRA, programaremos las distintas variables del ventilador como se explica a continuación:

Modo ventilatorio: siguiendo las pautas descritas en el apartado anterior, la elección del modo ventilatorio se realizará con base en el padecimiento que lle-

vó en primera instancia al requerimiento de ventilación mecánica, así como en las distintas comorbilidades que el paciente presente. Si se requiere del control del volumen-minuto, se prefiere el uso de ventilación por volumen, en cambio, si se requiere el control de las distintas presiones del sistema respiratorio, se opta por la ventilación por presión.^{11,12}

Posición: se prefiere la elevación de la cabecera de la cama para disminuir las presiones ejercidas sobre la dinámica pulmonar, que se originan por el peso de la grasa torácica y abdominal (tanto de pared como visceral), con lo que se disminuye el riesgo de formación de atelectasias y las respectivas alteraciones de la relación V/Q.^{11,12}

Volumen tidal: se favorece utilizar de 6 a 8 mL/kg de peso ideal, eso es porque si los pulmones se encuentran sanos, no debe haber incremento perjudicial de las distintas presiones del sistema respiratorio.¹³

Frecuencia respiratoria (FR): lo habitual es que se requiera mantenerla entre 15 y 20 respiraciones por minuto, por el aumento de la producción de CO₂ secundario al incremento del consumo tisular de oxígeno.^{12,14}

PEEP/CPAP: generalmente no requieren más de 10 cmH₂O, con esto se garantiza el adecuado intercambio gaseoso para evitar los efectos hemodinámicos deletéreos del incremento de la presión intratorácica.^{11,12,15}

Fracción inspirada de oxígeno (FiO₂): se programará el necesario para alcanzar la meta de oxigenación que el paciente requiera, de acuerdo con el padecimiento actual y sus comorbilidades.^{11,15}

EL GRAN PESO... DE LA MONITORIZACIÓN DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL PACIENTE OBESO

El número de pacientes con obesidad que ingresan a una Unidad de Cuidados Intensivos cada día aumenta, la mayoría de ellos requieren apoyo de ventilación mecánica, dado que ya se mencionaron previamente en este trabajo los cambios fisiológicos que se presentan en ellos, es de vital importancia conocer cómo realizar una correcta monitorización de la ventilación mecánica en estos pacientes y así evitar la VILI.¹⁶

Parámetros de protección en el obeso, ¿son los que conocemos?

Uno de los principales retos en la ventilación mecánica es mantener una estrategia protectora, por lo que enfocarse en una población en específico es aún más controversial, en los pacientes con obesidad debemos de tomar en cuenta ciertos parámetros (*Tabla 2*) que agrupamos a continuación:

Oxigenación: se recomienda mantener niveles de PaO₂ entre 55-80 mmHg, así como una SatO₂ entre 88-

94%, evitando las concentraciones altas de oxígeno, lo cual se ha asociado a mal pronóstico especialmente en pacientes obesos sometidos a procedimientos quirúrgicos,¹⁷ se sugiere ajuste de PEEP y de FiO_2 con valores para lograr dichas metas, al priorizar primero FiO_2 antes que PEEP, sin tener un nivel de evidencia adecuado. Respecto a maniobras de reclutamiento alveolar existen estudios en pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos,¹⁸ en los cuales se ha concluido una mejoría en la oxigenación; sin embargo, es controversial y en muchos casos no se recomienda como práctica habitual.¹⁹

PaCO₂: respecto a los niveles de dióxido de carbono se recomiendan valores menores a 45 mmHg, pero es común que este grupo de pacientes presenten hipercapnia leve especialmente cuando existe un síndrome de hipoventilación por obesidad,²⁰ o en aquellos con SIRA. Se recomienda mantener un pH mayor a 7.25, al optimizar la frecuencia respiratoria y el volumen tidal para lograr dichos objetivos. Se debe tener en cuenta que el aumento de la frecuencia respiratoria puede generar un PEEP intrínseca (PEEPi), esto se debe a la limitación del flujo espiratorio, así como al cierre de las vías respiratorias. Se ha logrado demostrar que la PEEPi en pacientes con obesidad aumenta de 1.4 a 4.1 cmH₂O cuando se les cambiaba de la posición vertical a posición supina, asimismo se ha reportado un incremento medio de la PEEPi en 0.2 cmH₂O por cada unidad de IMC,²¹ por lo que es importante realizar una pausa espiratoria y descartarla cuando se sospecha de PEEPi.

Presión máxima de la vía aérea: se ha demostrado que presiones máximas elevadas (> 35 cmH₂O) están asociadas a complicaciones postoperatorias en pacientes con obesidad; no obstante, para cuantificar las fuerzas que actúan sobre el tejido pulmonar y que condicionan VILI, es importante primero comprender que todos los componentes del sistema respiratorio influyen en la distensibilidad, por ello en pacientes que tienen una distensibilidad de la pared torácica disminuida, como es el

caso de aquellos que padecen obesidad, es imperativo un monitoreo estricto.

Presión meseta (presión plateau): los pacientes con obesidad, como ya se ha comentado, presentan una distensibilidad disminuida de la pared torácica como consecuencia de las grandes cargas abdominales, por lo que una presión meseta limitada a 30 cmH₂O podría condicionar atelectasia e hipoxemia, ya que requieren una mayor presión pleural y presión en las vías respiratorias para mantener una saturación de oxígeno adecuada, aunque, el aumento de dichas presiones va a repercutir de manera negativa en la perfusión, al disminuir los efectos benéficos del aumento de la saturación de oxígeno,²² por lo que se sugiere tener una meta de presión meseta menor a 20 cmH₂O en pacientes sin SIRA y menor de 27 cmH₂O en pacientes con SIRA, además, se ha propuesto que este valor debe ser ajustado en aquellos pacientes que tienen un aumento de la presión intraabdominal (PIA), por lo que se ha planteado la siguiente fórmula:¹⁵

$$\text{Presión meseta ajustada} = \text{presión meseta} + \frac{\text{PIA} - 13 \text{ cmH}_2\text{O}}{2}$$

Cabe señalar que esta fórmula no ha sido evaluada por grandes ensayos clínicos, además de contar con poca evidencia de pacientes con hipertensión intraabdominal o síndrome compartimental abdominal, por lo que sólo existe la opinión de expertos que recomiendan una presión meseta menor a 30 cmH₂O.²³

Presión de distensión (driving pressure): una de las metas que ha demostrado disminuir la mortalidad en los pacientes con SIRA es la presión de distensión, que es la diferencia entre la presión de meseta y la PEEP. El concepto supone que el tamaño pulmonar funcional se cuantifica mejor por la distensibilidad, es decir, durante la ventilación mecánica en pacientes con obesidad, los pulmones y predominantemente la pared torácica se vuelven «más rígidos», lo que puede requerir una mayor presión para insuflar los pulmones. Esto permite explicar por qué la presión de distensión se asocia más a VILI, al *strain* y a la supervivencia, en comparación con el volumen tidal.

Por lo anterior se recomienda en pacientes obesos sin SIRA una presión de distensión menor a 15 cmH₂O y en pacientes con SIRA se debe limitar a un máximo de 17 cmH₂O.¹⁵ La monitorización y cambios de PEEP han sido tema de controversia, por lo que se debe de priorizar el aumento de la FiO_2 sobre el PEEP en pacientes con SIRA, así los cambios hemodinámicos son más frecuentes en pacientes obesos sin SIRA que la insuficiencia respiratoria.²⁴ Los aumentos del PEEP no deben generar un aumento de la presión de distensión fuera de metas, ya que se ha asociado a peores resul-

Tabla 2: Parámetros a monitorizar en el paciente obeso bajo ventilación mecánica.

- PEEP: 8-10 cmH₂O, para lograr metas de PaO₂ y SatO₂
- PaO₂: 55-80 mmHg
- PaCO₂: < 45 mmHg o un pH > 7.25
- SatO₂: 88-92%
- FiO₂: evitar hiperoxemia, en caso de desaturación priorizar incremento de FiO₂ versus PEEP
- Presión máxima: < 35 cmH₂O
- Presión meseta: < 27 cmH₂O con SIRA y < 20 cmH₂O sin SIRA (ajustar si existe hipertensión intrabdominal)
- Presión de distensión: < 17 cmH₂O con SIRA y < 15 cmH₂O sin SIRA
- Poder mecánico: 17-20 J/min

PEEP = presión positiva al final de la espiración. SIRA = síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.

tados; aunque, no siempre las estrategias con PEEP bajo garantizan una adecuada oxigenación, por lo que si la hipoxemia es persistente se pueden ajustar niveles de PEEP titulados con la presión de distensión más baja.^{25,26}

Poder mecánico: se ha propuesto medir los niveles de poder mecánico, pues es ésta la energía transferida al sistema respiratorio cuando se buscan metas de 17 a 20 J/min, y se desconoce si los pacientes obesos pueden tolerar niveles más altos, por lo que se calcula este parámetro con la siguiente fórmula:

$$\text{Poder mecánico} = 0.098 \times \text{FR} \times \text{volumen tidal} \\ (\text{presión pico} - [\text{presión de distensión}/2])$$

Protocolos en situaciones especiales. ¿Qué debemos de ajustar?

Como se ha comentado, mantener en equilibrio los parámetros de la ventilación mecánica para lograr metas de protección resulta complejo en la población con obesidad, especialmente en aquellos pacientes que presentan patologías agregadas como insuficiencia cardíaca, hipertensión intrabdominal y SIRA. Adicionalmente, no existe evidencia suficiente para formular estrategias adecuadas en dicha población, por lo que los expertos realizan las recomendaciones basadas en las guías de la patología de base, las cuales se resumen a continuación:

Insuficiencia cardíaca aguda: se debe evaluar si el paciente es candidato a ventilación mecánica no invasiva o ventilación mecánica invasiva, se recomienda monitorizar la función del ventrículo derecho, así como del izquierdo y de la hemodinamia en general para realizar los ajustes del ventilador, al evitar volúmenes y PEEP bajos, con lo que se previene tanto la hipoxemia como la hiperoxemia.²³

Hipertensión intraabdominal: se sugieren mantener PEEP elevados para normalizar la posición del diafragma, inclusive se ha propuesto la titulación al multiplicar la PIA $\times 0.5$. Por otra parte, se ha reportado en modelos animales que el uso de volúmenes corrientes de 10 mL/kg, comparados con 6 mL/kg, han demostrado presentar menor inflamación en el tejido pulmonar; sin embargo, no se han realizado estudios en humanos, por lo que se continúa la recomendación de ajustar de acuerdo con las tablas FiO_2/PEEP del ARDS Network. También existen estudios que correlacionan un aumento de 2 cmH_2O en la PIA durante la posición prona, sin condicionar cambios clínicos significativos, por lo que se le considerada una contraindicación relativa, la cual debe de ser evaluada de acuerdo al riesgo beneficio.²³

Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA): previamente se ha comentado acerca de los

parámetros de la ventilación mecánica en este grupo de pacientes, así como su monitoreo. No existe evidencia que contraindique la posición prona, incluso los beneficios ya conocidos se han demostrado también en pacientes obesos. No se recomiendan de manera rutinaria las maniobras de reclutamiento alveolar ni el uso de opioides o bloqueadores neuromusculares. Cuando fracasan las terapias de rescate convencionales, se debe considerar la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés).^{15,23}

Retiro de la ventilación mecánica invasiva, un enorme reto

Recientemente Mahul y colaboradores realizaron un estudio en el cual se evaluaron diferentes pruebas de ventilación espontánea y el trabajo respiratorio postextubación en pacientes críticamente enfermos con obesidad mórbida, en dicho estudio se concluyó que la prueba con pieza en T, así como la prueba de presión soporte 0 + PEEP 0 cmH_2O fueron las pruebas que mejor predijeron el esfuerzo inspiratorio y el trabajo respiratorio posteriores a la extubación.²⁷ Asimismo, se recomienda el empleo de ventilación protectora mediante ventilación mecánica no invasiva después de la extubación. Respecto a pacientes traqueostomizados se realizó un estudio en el cual se optimizó la PEEP mediante balón esofágico para mantener una presión transpulmonar positiva, en dicho grupo de pacientes se logró una liberación más rápida de la ventilación mecánica.²⁸

DISCUSIÓN

Uno de los principales retos del médico intensivista es la programación y monitoreo de la ventilación mecánica en poblaciones especiales. Como hemos desarrollado en el presente trabajo, el paciente con obesidad presenta diferentes cambios fisiológicos asociados principalmente a las alteraciones de la pared torácica, de tal modo que un paciente de estas características requiere de una programación especial. Los diferentes autores recomiendan mantener PEEP elevados y volúmenes protectores, al limitar la frecuencia respiratoria para evitar PEEP_i, tener como objetivo un adecuado intercambio de gases y conservar las presiones de la vía aérea en metas de protección para esta población. No obstante, en la práctica habitual resulta complejo lograr que el paciente con obesidad se encuentre en rangos de protección, ya que se requiere de un amplio conocimiento de la fisiología y fisiopatología, además de la destreza de la programación del ventilador. Por tal motivo, se hace énfasis a los médicos encargados de pacientes críticos con obesidad para que se mantengan en constante actualización.

CONCLUSIONES

Con la búsqueda realizada, se encontraron diversas fuentes donde se estipula que la ventilación mecánica en el paciente obeso se monitoriza con las variables que utilizamos cotidianamente en la Unidad de Cuidados Intensivos, aunque con rangos diferentes que se explican por las alteraciones en la fisiología respiratoria que estos pacientes presentan. Sin embargo, como hemos resaltado, muchas de estas recomendaciones se basan en opiniones de expertos, por consiguiente, se requiere de mayores ensayos clínicos para determinar el manejo adecuado de este grupo de pacientes.

REFERENCIAS

- Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. *Can Respir J* [Internet]. 2006;13(4):203-210. Available in: <https://www.hindawi.com/journals/crj/2006/834786/>
- West JB, Luks AM. *West's respiratory physiology: the essentials*. Philadelphia: Lippincott & Williams & Wilkins; 2016. pp. 146-250.
- Hall JE, Hall ME. *Guyton and hall textbook of medical physiology E-Book*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Health Sciences; 2020. Available in: <https://books.google.co.id/books?id=H1rrDwAAQBAJ>
- Steier J, Lunt A, Hart N, Polkey MI, Moxham J. Observational study of the effect of obesity on lung volumes. *Thorax* [Internet]. 2014;69(8):752-759. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24736287/>
- Yuan H, Schwab RJ, Kim C, He J, Shults J, Bradford R, et al. Relationship between body fat distribution and upper airway dynamic function during sleep in adolescents. *Sleep* [Internet]. 2013;36(8):1199-1207. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23904680/>
- Mandal S, Suh ES, Boleat E, Asher W, Kamalanathan M, Lee K, et al. A cohort study to identify simple clinical tests for chronic respiratory failure in obese patients with sleep-disordered breathing. *BMJ Open Respir Res* [Internet]. 2014;1(1):e000022. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25478174/>
- Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol* [Internet]. 2010;108(1):206-211. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19875713/>
- Powers MA. The obesity hypoventilation syndrome. *Respir Care* [Internet]. 2008;53(12):1723-1730. Available in: <https://rc.rcjournal.com/content/53/12/1723>
- Martino JL, Stapleton RD, Wang M, Day AG, Cahill NE, Dixon AE, et al. Extreme obesity and outcomes in critically ill patients. *Chest* [Internet]. 2011;140(5):1198-1206. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21816911/>
- Shashaty MGS, Stapleton RD. Physiological and management implications of obesity in critical illness. *Ann Am Thorac Soc* [Internet]. 2014;11(8):1286-1297. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25172506/>
- De Jong A, Wrigge H, Hedenstierna G, Gattinoni L, Chiumello D, Frat JP, et al. How to ventilate obese patients in the ICU. *Intensive Care Med*. 2020;46(12):2423-2435.
- De Jong A, Chanques G, Jaber S. Mechanical ventilation in obese ICU patients: from intubation to extubation. *Crit Care*. 2017;21(1):63.
- Bonatti G, Robba C, Ball L, Silva PL, Rocco PRM, Pelosi P. Controversies when using mechanical ventilation in obese patients with and without acute distress respiratory syndrome. *Expert Rev Respir Med*. 2019;13(5):471-479.
- Grassi L, Kacmarek R, Berra L. Ventilatory mechanics in the patient with obesity. *Anesthesiology*. 2020;132(5):1246-1256.
- Ball L, Pelosi P. How I ventilate an obese patient. *Crit Care* [Internet]. 2019;23(1):1-3. Available in: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-019-2466-x>
- Schetz M, De Jong A, Deane AM, Druml W, Hemelaar P, Pelosi P, et al. Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med*. 2019;45(6):757-769.
- Pelosi P, Gregoretti C. Perioperative management of obese patients. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2010;24(2):211-225.
- Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Massone A, Petit A, et al. Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology* [Internet]. 2011;114(6):1354-1363. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21478734/>
- Falcao LFDR, Pelosi P, De Abreu MG. Protective mechanical ventilation in the obese patient. *Int Anesthesiol Clin* [Internet]. 2020;58(3):53-57. Available in: https://journals.lww.com/anesthesiaclinics/Fulltext/2020/05830/Protective_mechanical_ventilation_in_the_obese.9.aspx
- Pépin JL, Borel JC, Janssens JP. Obesity hypoventilation syndrome: an underdiagnosed and undertreated condition. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2013;186(12):1205-1207. Available in: <https://doi.org/10.1164/rccm.201210-1922ED>
- Pankow W, Podszus T, Gutheil T, Penzel T, Peter JH, von Wichert P. Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol*. 1998;85(4):1236-1243.
- Magder S, Slobod D, Assanangkornchai N. Mechanical ventilation in the obese patient: compliance, pleural pressure, and driving pressure. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2021;203(5):534-536. Available in: www.icnarc.org/DataServices/Attachments/Download/7673eac0-
- Esquinas AM, Lemyze M. Mechanical ventilation in the critically ill obese patient. *Mechanical Ventilation in the Critically Ill Obese Patient*. Springer; 2018. pp. 1-315.
- Ball L, Hemmes SNT, Serpa Neto A, Bluth T, Canet J, Hiesmayr M, et al. Intraoperative ventilation settings and their associations with postoperative pulmonary complications in obese patients. *Br J Anaesth*. 2018;121(4):899-908.
- Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, Simoes CM, Tonelotto BFF, Pompeo MS, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*. 2018;129(6):1070-1081.
- Fumagalli J, Santiago RRS, Teggia Droghi M, Zhang C, Fintelmann FJ, Troschel FM, et al. Lung recruitment in obese patients with acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2019;130(5):791-803.
- Mahul M, Jung B, Galia F, Molinari N, de Jong A, Coisel Y, et al. Spontaneous breathing trial and post-extubation work of breathing in morbidly obese critically ill patients. *Crit Care* [Internet]. 2016;20(1):346. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27784322/>
- Obi ON, Mazer M, Bangley C, Kassabo Z, Saadah K, Trainor W, et al. Obesity and weaning from mechanical ventilation-an exploratory study. *Clin Med Insights Circ Respir Pulm Med* [Internet]. 2018;12:1179548418801004. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30245572>

Correspondencia:

Juan Carlos Sánchez Suárez

E-mail: carlos.sanchez.s@hotmail.com