

## Ventilación mecánica. Aspectos esenciales y aplicación clínica

### Mechanical Ventilation. Essential Aspects and Clinical Application

Alejandro Pesqueira-Bojórquez<sup>1\*</sup>, Axel D. López-Vásquez<sup>1</sup>, Ángel C. Jimenez-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiantes de 8.º semestre de Licenciatura en Medicina. Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro. Av. Luis Donald Colosio Murrieta, Centro, C. P. 83000, Hermosillo, Son. Identificador ORCID: Pesqueira-Bojorquez A. 0009-0005-5182-3482, López-Vásquez A. 0009-0002-2634-8729

<sup>2</sup>Profesor de urgencias médico-quirúrgicas. Médico especialista en urgencias médico-quirúrgicas adscrito al servicio de urgencias del Hospital General del Estado de Sonora. Zona Administrativa Federal, C. P. 83249. Blvd. Luis Donald Colosio, esquina con Quintero Arce. Hermosillo, Son. Identificador ORCID: Jiménez -López A. C. 0009-0003-6815-9907

\*Correo-e de autor(a) de correspondencia: [a220204538@unison.mx](mailto:a220204538@unison.mx)

### RESUMEN

La ventilación mecánica es una terapia de asistencia respiratoria extracorpórea que permite la ventilación y el intercambio de gases en los pacientes incapaces de hacerlo de manera fisiológica, ya sea debido a patologías pulmonares o extrapulmonares que afectan la mecánica ventilatoria, o por intervenciones quirúrgicas que requieren sedación profunda. La ventilación mecánica es un pilar en la medicina crítica, y es esencial que los médicos comprendan y apliquen sus conceptos básicos. En la presente revisión, se pretende abarcar las generalidades físicas y fisiológicas de la ventilación mecánica, así como sus diferentes modalidades y diversas aplicaciones terapéuticas. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos electrónicas como ScienceDirect, PubMed y Google Scholar. El ventilador mecánico es el dispositivo encargado de proveer oxígeno al paciente según las condiciones ajustadas por el operador. Se denomina “modo ventilatorio” al patrón determinado en el cual interactúan el paciente y el ventilador, y está compuesto por una variable de control, que puede ser presión o volumen, y una secuencia ventilatoria, que determina si las respiraciones son espontáneas, mandatorias o un patrón combinado de ambas.

*Palabras clave:* respiración artificial, insuficiencia respiratoria, ventilación no invasiva, respiración con presión positiva, presión positiva continua en las vías respiratorias

### ABSTRACT

Mechanical ventilation is an extracorporeal respiratory support therapy that allows ventilation and gas exchange in patients unable to do so physiologically, either due to pulmonary or extrapulmonary pathologies that affect ventilatory mechanics, or due to surgical interventions that require deep sedation. Mechanical ventilation is a mainstay in critical care medicine, and it is essential that physicians understand and apply its basic concepts. In this review, we aim to cover the physical and physiological generalities of the mechanical ventilation, as well as its different modalities and various therapeutic applications. For this purpose, an exhaustive search was carried out in electronic databases such as ScienceDirect, PubMed and Google Scholar. The mechanical ventilator is the device in charge of providing oxygen to the patient according to the conditions set by the operator.

The “ventilatory mode” is the determined pattern in which the patient and the ventilator interact, and it is composed of a control variable, which can be pressure or volume, and a “ventilatory sequence” which determines whether the respirations are spontaneous, mandatory, or a combined pattern of both.

*Keywords:* artificial respiration, respiratory insufficiency, noninvasive ventilation, positive-pressure respiration, continuous positive airway pressure

### Introducción

La ventilación mecánica (VM) es una terapia extracorpórea que proporciona asistencia respiratoria asegurando la ventilación y el intercambio de gases en pacientes que no pueden hacerlo fisiológicamente. Esto puede ser debido a patologías respiratorias directas, condiciones extrapulmonares o intervenciones quirúrgicas que requieran sedación profunda.<sup>1,2</sup>

Desde 1952, durante la epidemia de poliomielitis de Copenhague, donde la ventilación por presión positiva (VPP) desempeñó un papel crucial en la supervivencia de los pacientes con insuficiencia respiratoria, se reconoció el gran potencial terapéutico de la VM en los pacientes críticamente enfermos. De este modo, la VM se ha consolidado desde hace varias décadas como uno de los pilares del soporte vital avanzado y del mantenimiento transoperatorio, aspectos posibles gracias a la medicina moderna.<sup>2</sup>

En este artículo se revisan los conceptos básicos, generalidades físicas y fisiológicas de la VM, así como sus distintas modalidades, principales diferencias e indicaciones terapéuticas, con el fin de explorar las posibles aplicaciones clínicas de cada una.

### Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos electrónicas como ScienceDirect, PubMed y Google Scholar, usando como términos de búsqueda:

“ventilación mecánica”, “respiratory physiology”, “ventilatory support”, entre otros; seleccionando artículos en español e inglés publicados en el periodo de 2019-2024. De igual manera, se realizó una búsqueda y selección manual de bibliografía en la sección de referencias de artículos seleccionados a conveniencia.

### Resultados y discusión

#### *Fisiología respiratoria*

Es primordial entender la fisiología respiratoria para el manejo de la VM, ya que su comprensión permite ajustar parámetros y proporcionar una ventilación adecuada según las características anatómicas, fisiológicas y clínicas del paciente.

El ciclo ventilatorio está conformado por dos componentes: la inspiración y la espiración, las cuales presentan un mecanismo de producción, duración y función específica.<sup>3</sup>

#### *Fase inspiratoria*

La fase inspiratoria corresponde a la movilización del gas desde la atmósfera hacia los alvéolos. Esta fase es facilitada por los músculos de la inspiración, donde el diafragma es el principal de ellos. La contracción de los músculos inspiratorios genera un aumento del volumen intratorácico y una disminución en la presión intraalveolar en comparación con la presión atmosférica, creando así un gradiente de presión que permite un flujo de aire hacia el interior del pulmón.<sup>3</sup>

*Fase espiratoria*

Una vez finalizada la inspiración, comienza la fase espiratoria. Para que esta se produzca, deben cumplirse 3 condiciones: 1) el gradiente de presión que inició la inspiración debe haber desaparecido (retornar al valor 0), 2) el volumen intraalveolar debe ser superior al volumen de reposo, 3) los músculos de la inspiración deben relajarse. Al iniciar la espiración, se genera un aumento de la presión intraalveolar para que se produzca el vaciado pulmonar. El aumento de la presión intraalveolar es provocado por el fenómeno de elasticidad pulmonar, el cual establece que, al alcanzar el límite de distensibilidad, el pulmón retorna a su posición de reposo debido al rebote o retroceso elástico. Este proceso genera un gradiente de presión que produce la espiración.<sup>3</sup>

*Relación inspiración-espiración*

En condiciones normales, el tiempo espiratorio duplica la duración del tiempo inspiratorio debido a las diferencias en las fuerzas generadoras de cada fase. Esto establece una relación inspiración:espiración fisiológica de aproximadamente 1:2, la cual representa la duración total del ciclo ventilatorio.<sup>3</sup>

*Presión pleural*

En la cavidad pleural también hay variaciones de presión, pero es negativa en condiciones normales, de aproximadamente -5 centímetros de agua (cmH<sub>2</sub>O). Durante la inspiración, la expansión de la caja torácica tira hacia afuera los pulmones y genera un aumento de la negatividad de la presión de la cavidad pleural. Al comenzar la espiración, la presión en la cavidad pleural vuelve a aproximarse a su valor inicial, pero siempre se mantiene negativa.<sup>4</sup>

*Presión transpulmonar*

La presión alveolar y la presión de la cavidad pleural difieren únicamente durante el transcurso de las fases del ciclo respiratorio; a esta dife-

rencia se le denomina “presión transpulmonar”. Cuando la presión transpulmonar es positiva, se ejerce una fuerza expansora sobre las estructuras pulmonares, como sucede durante el ciclo respiratorio fisiológico. En cambio, cuando la presión transpulmonar es negativa, se ejerce una fuerza colapsante, como ocurre en el caso de la espiración forzada.<sup>3</sup>

Es importante comprender también los conceptos de volúmenes y capacidades pulmonares al hablar de ventilación mecánica.<sup>5</sup>

**Volúmenes pulmonares**

*Volumen tidal (VT)*: cantidad de aire que se moviliza en cada ciclo respiratorio. Aproximadamente 500 ml en un adulto.<sup>5</sup>

*Volumen de reserva inspiratoria (VRI)*: volumen adicional al volumen tidal que se puede movilizar en una inspiración máxima.<sup>5</sup>

*Volumen de reserva espiratoria (VRE)*: volumen máximo que se puede eliminar del pulmón al tener una espiración forzada.<sup>5</sup>

*Volumen residual (VR)*: corresponde a la cantidad de aire que permanece en el pulmón tras una espiración forzada.<sup>5</sup>

**Capacidades pulmonares**

*Capacidad vital*: VRI + VT + VRE

*Capacidad inspiratoria*: VT + VRI

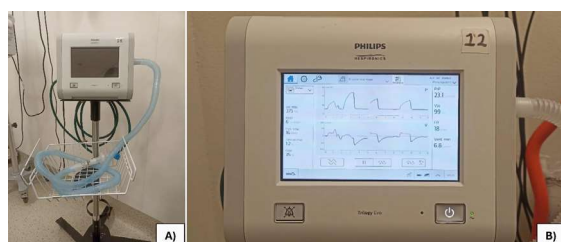
*Capacidad residual funcional*: VRE + VR

*Capacidad pulmonar total*: VRI + VT + VRE + VR.

*Espacio muerto*

No todo el aire inspirado llega a las zonas de intercambio gaseoso, la vía aérea superior e infe-

rior conforman el “espacio muerto anatómico” en donde no ocurre intercambio gaseoso. Además, existe el concepto de “espacio muerto fisiológico”, que se refiere a las zonas pulmonares donde no se produce un intercambio gaseoso efectivo.<sup>3</sup> Estos son conceptos muy importantes para tener en cuenta durante la VM, ya que las tubuladuras del circuito del ventilador pueden aumentar el espacio muerto, afectando así la eficiencia del intercambio gaseoso.



**Figura 1A y 1B. Ventilador mecánico**

*Nota:* A. Ventilador mecánico modelo Philips Trilogy Evo disponible en la unidad de urgencias del Hospital General del Estado de Sonora, se observa el ventilador y el circuito del paciente con tubuladuras de una rama. B. Panel de programación. A la izquierda se muestran parámetros ajustables como el volumen tidal (vol. Tidal), presión al final de la espiración (PEEP), frecuencia respiratoria (Frec. resp.), tiempo de inspiración (Tiempo insp.) y fracción de inspiración de oxígeno (FiO<sub>2</sub>). A la derecha parámetros del paciente como la presión inspiratoria pico (PIP), volumen tidal exhalado (Vte), frecuencia respiratoria (FR) y ventilación por minuto (Vent. min). En el centro del panel se muestran las gráficas de presión (arriba) y ventilación (abajo), útiles para valorar la ventilación efectiva en el paciente.

## El ventilador mecánico

El ventilador mecánico es la herramienta principal que permite suministrar oxígeno al paciente según las condiciones ajustadas por el operador, como el volumen, presión, frecuencia respiratoria, concentración de oxígeno, entre otros parámetros. Este también tiene la capacidad de monitorear el estado del paciente y su mecánica respiratoria mediante la visualización de indicadores gráficos y digitales. También, proporciona alarmas audiovisuales en caso de que se produzca una alteración en los diferentes parámetros programados para la ventilación del paciente.<sup>1</sup>

Para el operador, es fundamental conocer los distintos componentes del ventilador mecánico, los cuales se describen a continuación:

*Sistema de suministro eléctrico:* puede ser alimentado gracias a una conexión externa o por una batería recargable.<sup>6,7</sup>

*Sistema electrónico:* utiliza procesadores electrónicos que controlan las funciones disponibles del ventilador. El microprocesador permite ajustar la forma de entrega de gases al paciente, ofrece distintas modalidades de ventilación, mejora la capacidad de monitorización y proporciona una mayor seguridad durante la ventilación.<sup>6,7</sup>

*Sistema neumático:* consiste en un conjunto de elementos que gestionan la mezcla de aire y oxígeno, así como el control de flujo durante la inspiración y espiración.<sup>6,7</sup>

*Circuito del paciente:* conecta al paciente con el equipo de ventilación. Generalmente, consiste en tubuladuras que suelen ser de doble rama unidas por una pieza en forma de “Y”. Una rama inspiratoria sale del equipo y llega al paciente, mientras que una rama espiratoria va del paciente hacia la válvula espiratoria en el equipo. De igual forma, también existen tubuladuras de una sola rama (**Figura 1A**). El circuito puede incluir otros elementos, como un capnógrafo y un codo de aspiración, el cual puede ser abierto o cerrado.<sup>7</sup>

*Filtro:* es un dispositivo que cuenta con una lámina formada por fibras en su interior con el fin de filtrar gases, bacterias y virus que pudieran afectar al paciente durante la ventilación. Estos filtros pueden ser mecánicos o electrostáticos.<sup>8</sup>

*Humidificador:* existen dos tipos principales; pasivos y activos. Los humidificadores pasivos actúan atrapando el calor y la humedad del aire espirado por el paciente y devolviéndolos en la siguiente

inspiración. Por otro lado, los humidificadores activos se componen de una cámara de reservorio de agua estéril calentada, donde los gases pasan adquiriendo calor y humedad hasta un nivel de acondicionamiento óptimo.<sup>9</sup>

*Panel de programación:* se trata de un sistema de interfase que permite seleccionar las modalidades de ventilación y configurar los diferentes parámetros. Asimismo, el panel proporciona diferentes indicadores gráficos útiles para evaluar el estado del paciente, así como datos respecto a la ventilación, volúmenes y presiones ejercidas por el ventilador (**Figura 1B**).<sup>7</sup>

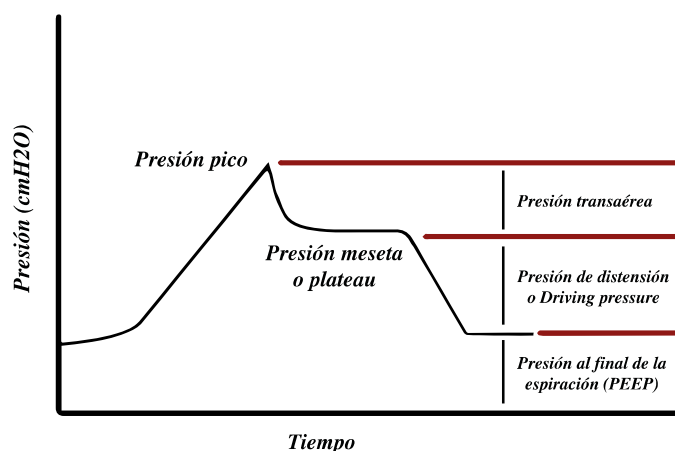
En términos generales, el aire y el oxígeno ingresan al respirador a través de un sistema neumático donde un manómetro permite mantener la presión de manera constante. Un microprocesador emite la orden de cómo debe ser el flujo y abre la válvula que permite el paso de aire al paciente durante la inspiración. Al finalizar la inspiración, se abre la válvula espiratoria, y los gases son detectados por un sensor de flujo que mide el volumen de gas exhalado. A medida que el gas sale, la presión disminuye y la válvula se cierra hasta que la presión alcance la presión positiva al final de la espiración

(PEEP) programada.<sup>7</sup>

El equipo también está equipado con un sistema de alarmas. Algunas de estas alarmas son ajustables e indican cuando se rebasan los límites superior o inferior programados en parámetros, como la presión, volumen minuto, frecuencia respiratoria, entre otros. Otras alarmas son independientes del paciente y se ajustan de manera automática, como la falta de suministro eléctrico, falta de suministro de gas u oxígeno, fallos en las válvulas de inhalación/exhalación, fugas en el sistema, entre otros.<sup>6,7</sup>

### Terminología

Uno de los principales problemas al entender la VM es la falta de comprensión de la terminología utilizada. Es fundamental que el operador domine esta terminología, ya que es indispensable para ajustar los parámetros y proporcionar al paciente una ventilación adecuada según sus necesidades. A continuación, se presentan los términos más importantes para entender la fisiología pulmonar y el funcionamiento del ventilador mecánico. Asimismo, la representación gráfica de varios de estos términos se encuentra contenida en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Gráfica de presión y tiempo

*Nota:* Se ve la presión pico encargada de vencer la resistencia y propiedades elásticas de los pulmones y la presión meseta que corresponde a la presión alveolar al final de la inspiración. La presión al final de la espiración (PEEP) se refiere a la presión positiva dentro del pulmón al final de la espiración, la presión de distensión refleja la relación entre el volumen tidal y la distensibilidad de los pulmones, la presión transaérea refleja la resistencia de la vía aérea y es el resultado de la diferencia entre presión inspiratoria máxima y la presión meseta.

*Volumen tidal:* es el volumen de gas que se moviliza durante cada respiración. Se puede calcular en función del peso ideal del paciente, estableciendo el volumen tidal entre 6-8 ml/kg.<sup>6</sup>

*FiO<sub>2</sub>:* es la fracción inspirada de oxígeno en la mezcla de gas, la cual puede variar entre 21 y 100 %, según los requerimientos de oxígeno del paciente.<sup>10</sup>

*Frecuencia respiratoria:* es el número de respiraciones por minuto que se programa o que realiza el paciente. El número de respiraciones está inversamente relacionado con el tiempo de duración del ciclo respiratorio.<sup>10</sup>

*Tiempo inspiratorio:* es el periodo durante el cual los gases ingresan hasta llegar a los pulmones. Es importante para establecer la relación inspiración:expiración (I:E).<sup>10</sup>

*Presión inspiratoria máxima (PIM):* también conocida como “presión pico”, se refiere a la presión más alta que se alcanza durante el ciclo respiratorio y es necesaria para vencer la resistencia y propiedades elásticas de los pulmones.<sup>10</sup>

*Presión positiva al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés):* se refiere a la presión positiva dentro del pulmón al final de la espiración, con el objetivo de evitar el colapso alveolar<sup>11</sup>

*Presión plateau:* corresponde a la presión alveolar al final de la inspiración. También conocida como “presión meseta”.<sup>6</sup>

*Presión de distensión:* frecuentemente referida como *driving pressure*, es el resultado de la presión plateau menos la PEEP (presión plateau - PEEP) y refleja la relación entre el volumen tidal y la distensibilidad de los pulmones.<sup>12</sup>

*Presión de soporte:* proporciona asistencia a la respiración espontánea del paciente mediante la

aplicación programada de presión positiva durante la inspiración. Es el resultado de la presión inspiratoria máxima menos la PEEP (PIM - PEEP).<sup>6</sup>

*Compliancia/distensibilidad:* se define como el cambio de volumen que ocurre por unidad de presión, midiendo así la resistencia elástica. Puede categorizarse en “estática” cuando representa la distensión pulmonar aislada, o “dinámica” cuando toma en cuenta toda la vía aérea. La compliancia estática es la más valorada en la VM y suele ser superior a 40 ml/cmH<sub>2</sub>O.<sup>13</sup>

*Resistencia de la vía aérea:* es el aumento en la presión transpulmonar necesario para generar una unidad de flujo de gas a través de las vías respiratorias del paciente. Se puede medir mediante la presión transaérea, resultante de la diferencia entre la presión inspiratoria máxima y la presión plateau (PIM - presión plateau). Usualmente debe ser menor a 4 cmH<sub>2</sub>O.<sup>14</sup>

#### *Modos ventilatorios*

Se denomina “modo ventilatorio” al patrón específico en el cual interactúan el paciente y el ventilador. Dicho de otra manera, es la forma en la que cada ciclo de ventilación se desarrolla en función a las variables que programó el operador con anterioridad. Cada modo ventilatorio se compone por una variable independiente o variable de control y una secuencia ventilatoria.<sup>10</sup>

La “variable de control” es aquella que determina la forma en la que se entrega la mezcla de gases en la fase de inspiración y que el operador ajusta manualmente, esta puede ser volumen o presión, de forma que alguna de las dos será la variable de control o independiente y la otra irremediablemente será dependiente de la primera.<sup>15,16</sup>

Será responsabilidad del operador, con base en el estado clínico del paciente, elegir adecuadamente la variable de control y su punto de corte, de modo

que la variable dependiente siempre se mantenga dentro de rangos fisiológicos y no sea perjudicial para el paciente.<sup>17</sup>

La “secuencia ventilatoria” se refiere a si las respiraciones son espontáneas, mandatorias o un patrón combinado de ambas. Existen 3 secuencias ventilatorias:

1) *Ventilación mandatoria continua (CMV) o asistido-control (AC)*: es un patrón en el que no existen las respiraciones espontáneas, solo mandatorias (cuando la respiración es iniciada y terminada por el ventilador mecánico hasta alcanzar las variables preestablecidas por el operador) o asistidas (cuando la respiración es iniciada por el esfuerzo respiratorio del paciente, pero asistida y terminada por el ventilador mecánico hasta lograr las variables preestablecidas por el operador).<sup>17</sup>

2) *Ventilación espontánea continua (CSV)*: secuencia en la cual solo existen respiraciones espontáneas, es decir, todas son iniciadas y terminadas por el paciente, quien determina su propio volumen tidal en lugar de ser determinado por el ventilador.<sup>19</sup>

3) *Ventilación mandatoria intermitente (IMV)*: secuencia que permite la existencia de respiraciones espontáneas entre las respiraciones mandatorias programadas, combinando así ambas modalidades.<sup>15</sup>

Actualmente, debido al avance tecnológico de los ventiladores mecánicos y a la amplia gama de modelos disponibles en el mercado, cada fabricante ofrece una amplia gama de modos ventilatorios preestablecidos. Sin embargo, formalmente se pueden reconocer los siguientes modos en prácticamente cualquier dispositivo: VC - CMV, VC - IMV, PC - CMV, PC - IMV, PS - CSV.<sup>16</sup> En la **Tabla 1** se reúnen las principales características de cada uno de ellos.<sup>18-21</sup>

## Implicaciones fisiológicas de la ventilación mecánica

### *Efectos cardiovasculares*

La ventilación por presión positiva, utilizada en los ventiladores modernos, implica el “empuje” de la mezcla de gases a través de las vías respiratorias del paciente, al menos cuando las respiraciones son mandatorias o asistidas. Esto provoca variaciones en las distintas presiones intratorácicas y una subsecuente cadena de importantes efectos cardiovasculares secundario a ello.<sup>22</sup>

**Tabla 1.** Principales características de los modos ventilatorios

<i>Modo ventilatorio</i>	<i>Usos comunes</i>	<i>Limitaciones</i>	<i>Anotaciones</i>
Ventilación mandatoria continua controlada por volumen (VC - CMV)	Aumento del trabajo respiratorio  Deterioro neurológico  Sedación transoperatoria	Riesgo de asincronía con el ventilador  Riesgo de hiperventilación con alcalosis respiratoria  Riesgo de atrapamiento aéreo	Para disminuir el riesgo de asincronía y mejorar la coordinación puede ser necesaria la sedación profunda y parálisis neuromuscular
Ventilación mandatoria continua controlada por presión (PC - CMV)	Patologías con disminución de la compliancia pulmonar  Limitar el barotrauma  Mala adaptación a la ventilación controlada por volumen	Volúmenes tidales variables	No es un modo ideal cuando se requiere controlar estrictamente la PaCO <sub>2</sub>
Ventilación mandatoria intermitente controlada por volumen (VC - IMV)	Destete de ventilación mecánica prolongada  Pacientes sin deterioro neurológico  Prevención de atrofia de músculos respiratorios  Disminuye la necesidad de sedación y parálisis muscular	Riesgo de retención de CO <sub>2</sub> con FR bajas  Puede aumentar paradójicamente el trabajo respiratorio	El aumento del trabajo respiratorio se produce especialmente en circuitos ventilatorios y tubos endotraqueales de alta resistencia (de diámetro pequeño) y en asincronías con el ventilador. Para evitar esto, se combina con presión soporte durante la inspiración (PS - SIMV)
Ventilación mandatoria intermitente controlada por presión (PC - IMV)	Mismos que VC - IMV + Patologías con disminución de la compliancia pulmonar		
Ventilación espontánea continua con presión soporte (PS - CSV)	Destete de ventilación mecánica prolongada  Pacientes sin deterioro neurológico	Riesgo de retención de CO <sub>2</sub> si la FR espontánea del paciente es baja	Se denomina presión soporte y no presión control porque es el paciente quien determina su presión pico con base en su propio tiempo inspiratorio

*Nota:* PaCO<sub>2</sub>, presión de dióxido de carbono en sangre arterial, CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono; FR, frecuencia respiratoria; VC – CMV, volume control continuous mandatory ventilation (ventilación mandatoria continua controlada por volumen); PC – CMV, pressure control continuous mandatory ventilation (ventilación mandatoria continua controlada por presión); VC – IMV, volume control intermittent mandatory ventilation (ventilación mandatoria intermitente controlada por volumen); PC – IMV, pressure control intermittent mandatory ventilation (ventilación mandatoria intermitente controlada por presión); PS – CSV, pressure support synchronized intermittent mandatory ventilation (ventilación espontánea continua controlada por presión); PS – SIMV, pressure support synchronized intermittent mandatory ventilation (ventilación mandatoria intermitente sincronizada con presión soporte)



En la VM, durante la fase inspiratoria, el aumento de la presión alveolar e intratorácica comprime el mediastino, causando un aumento de la presión intramural de la aurícula derecha; esto dificulta su llenado y reduce el retorno venoso y la precarga del ventrículo derecho. Además, se produce un aumento de la resistencia vascular pulmonar y de la poscarga del ventrículo derecho.<sup>22,23</sup>

Mientras tanto, debido a la reducción del volumen telediastólico del ventrículo derecho, se produce un aumento del gradiente de presión transeptal que facilita una mayor distensión del ventrículo izquierdo. Esto, junto con el incremento de la presión intratorácica que disminuye su esfuerzo contráctil, ayuda en la eyección de sangre, resultando en una disminución neta de la poscarga del ventrículo izquierdo y un aumento de su volumen sistólico.<sup>23,24</sup>

Durante la espiración pasiva del paciente, todos los cambios mencionados anteriormente suceden de forma inversa: el retorno venoso y la precarga del ventrículo derecho aumentan, y disminuye su poscarga. Por otro lado, en el ventrículo izquierdo disminuye el volumen sistólico y aumenta la poscarga.<sup>23</sup>

La repercusión hemodinámica que tienen estos cambios cíclicos y opuestos en el paciente dependen meramente de sus características clínicas y comorbilidades. En pacientes con cajas torácicas poco distensibles (como pacientes con obesidad, deformidades óseas, entre otros), pulmones con poca compliancia (síndrome de distrés respiratorio agudo, neumotórax, entre otros), o pacientes con disfunción ventricular previa, las presiones intratorácicas elevadas pueden causar una caída severa del gasto cardíaco debido a la interrupción del retorno venoso y a aumentos incompensables en la poscarga.<sup>23,25</sup>

Cabe destacar el papel fundamental que tiene la PEEP en los efectos antes descritos, pues es capaz de comprometer hemodinámicamente al paciente en cualquier comorbilidad antes mencionada si se ajusta una PEEP demasiado alta o el paciente experimenta atrapamiento aéreo por cualquier causa.<sup>25,26</sup>

#### *Efectos renales*

Es difícil definir los cambios fisiológicos que causa la VM sobre la función renal en pacientes críticamente enfermos, debido a la disfunción multiorgánica intrínseca de su condición. Sin embargo, en términos generales, la función renal se afecta a consecuencia de una combinación de efectos hemodinámicos y neurohormonales.<sup>26</sup>

Como se explicó anteriormente, el aumento de la presión intratorácica puede disminuir el retorno venoso y el gasto cardíaco, lo que se traduce a una congestión renal y la consecuente disminución en la tasa de filtrado glomerular y en el gasto urinario.<sup>24,26</sup> De la misma manera, el aumento de la presión intratorácica conduce a un aumento de la presión intraabdominal, lo cual se ha asociado a una disminución de la presión de perfusión renal y desarrollo de lesión renal aguda. Este último efecto se ve agravado por comorbilidades que, por sí mismas, aumentan la presión intraabdominal, como la obesidad mórbida o el síndrome compartimental abdominal.<sup>25,26</sup>

Los cambios neurohumorales que se producen durante la VM son numerosos y diversos. Entre ellos se incluyen el aumento de la producción de hormona antidiurética, el aumento de la actividad plasmática de renina, la disminución de la producción de péptido natriurético auricular y la producción de sustancias vasoactivas. Estas sustancias actúan simultáneamente para tratar de compensar la hipoperfusión renal producida por los cambios hemodinámicos de la VM.<sup>26</sup> En conjunto, estas es-

trategias ahorradoras de volumen se traducen en una disminución de la tasa de filtrado glomerular, del gasto urinario y de la excreción renal de sodio, efectos importantes que tienen que ser tomados en cuenta en el manejo del paciente crítico.<sup>24</sup>

#### *Efectos en el sistema nervioso central (SNC)*

Los efectos más relevantes de la VM en el SNC radican en su capacidad para modificar el flujo sanguíneo cerebral (FSC), el cual está altamente regulado por el metabolismo cerebral y los niveles sanguíneos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Cuando el CO<sub>2</sub> arterial aumenta, se produce una vasodilatación de las arterias y arteriolas cerebrales, de forma que aumenta el FSC. Se estima que por cada aumento de 1 mmHg de la PaCO<sub>2</sub>, el FSC aumenta en un 2 a 3 %. Lo contrario sucede cuando se produce una hiperventilación y la PaCO<sub>2</sub> disminuye.<sup>24,27</sup> De esta manera, el grado de ventilación (dependiente de la frecuencia respiratoria, FiO<sub>2</sub> y volumen tidal) puede ser ajustado para modificar el FSC a conveniencia del paciente. Tal es el caso de los pacientes que presentan una herniación cerebral, en donde se puede utilizar una hiperventilación de corta duración para disminuir la presión intracraneal en lo que se realiza la resolución quirúrgica definitiva.<sup>25</sup>

### **Ventilación mecánica no invasiva (VMNI) vs. ventilación mecánica invasiva (VMI)**

Hasta este punto, hemos abordado la VMI, la cual se suministra al paciente a través de dispositivos de manejo avanzado de la vía aérea, como sondas de traqueostomía, mascarillas laríngeas o, más comúnmente, tubos endotraqueales. Sin embargo, también existe la posibilidad de brindar ventilación sin la necesidad de instaurar dichos dispositivos, evitando así las consecuencias que estos conllevan. Esto es posible mediante el uso de distintas *interfaces*, las cuáles pueden ser mascarillas oronasales, mascarillas faciales o incluso cascos cefálicos.<sup>28</sup>

Los ventiladores capaces de suministrar VMNI se dividen en dos grandes grupos con base en su funcionamiento: los *continuous positive airway pressure* (CPAP) o los *bilevel positive airway pressure* (BIPAP).<sup>29,29</sup>

Los dispositivos CPAP son capaces de mantener una presión positiva constante a lo largo de todo el ciclo respiratorio de un paciente con respiraciones espontáneas, es decir, la misma presión durante la inspiración y espiración. Esto aumenta la PEEP, lo cual evita el colapso de la vía aérea, aumenta la capacidad residual funcional, facilita el reclutamiento alveolar y disminuye las atelectasias. La terapia CPAP no proporciona asistencia ventilatoria, ya que depende de las respiraciones espontáneas del paciente y solamente aumenta la PEEP. Por lo tanto, su uso debe reservarse a aquellos pacientes que conserven su esfuerzo respiratorio y mantengan un adecuado nivel de conciencia.<sup>30,31</sup>

Por otro lado, los dispositivos BIPAP son capaces de producir una presión espiratoria positiva y una presión inspiratoria positiva distintas. A diferencia de los dispositivos CPAP, esto se logra mediante la asistencia ventilatoria inspiratoria dada por una presión soporte. Se puede decir que los dispositivos BIPAP son más similares a la VMI convencional, mientras que los dispositivos CPAP se utilizan en situaciones clínicas distintas e, incluso, en manejos domiciliarios (como en la apnea obstructiva del sueño).<sup>30,32</sup>

Existen muchas diferencias entre la VMNI y la VMI que influyen en la elección del clínico sobre la mejor opción para cada paciente en particular, entre ellas destacan:

- La inherente poca invasividad de las interfaces de la VMNI la predispone a fugas, que en ciertas situaciones imposibilitan alcanzar presiones o volúmenes adecuados para la ventilación del paciente.<sup>33</sup>

- La VMNI presenta riesgos como la posibilidad de insuflar aire hacia la vía digestiva, lo cual puede llevar a generar distensión gástrica y aumentar el riesgo de aspiración, especialmente en pacientes con estómagos llenos o esfínteres esofágicos incompetentes.<sup>33</sup>
- La VMI generalmente requiere una sedación más profunda y, en muchos casos, el uso de bloqueo neuromuscular.<sup>34,35</sup>
- La VMI conlleva complicaciones que pueden ser evitables con VMNI, como la reducción del riesgo de neumonía asociada al ventilador, lesiones laríngeas, entre otras.<sup>36</sup>

En la **Tabla 2** se resumen las indicaciones de la VM, así como las indicaciones y contraindicaciones específicas de la VMI y VMNI. La elección entre una modalidad u otra deberá ser siempre una elección individualizada, basada en las características y necesidades de cada paciente.<sup>37-41</sup>

### Programación inicial del ventilador mecánico

El encendido y configuración inicial de cada ventilador varía según el fabricante y modelo, sin embargo, de manera general se engloban los siguientes pasos:

1. Conectar el ventilador a la fuente de alimentación.
2. Conectar el suplemento de oxígeno.
3. Conectar el circuito seleccionado (tubuladura de una rama o doble rama, codos de aspiración, entre otros).<sup>42</sup>
4. Conectar dispositivos externos y sensores, como filtros de partículas, filtros antibacterianos, sensores de capnografía y humidificadores.<sup>43</sup>
5. Encender el ventilador.<sup>42,43</sup>
6. Realizar una lista de verificación y calibración, que incluya la verificación de fugas, calibración del sensor de flujo, calibración de sensor de CO<sub>2</sub> y calibración de sensor de O<sub>2</sub>.<sup>42</sup>
7. Ingresar datos del paciente, como edad, talla y sexo.<sup>42</sup>
8. Seleccionar el modo de ventilación basándose en el estado clínico del paciente y patología subyacente.<sup>42,43</sup>
9. Programar los parámetros principales: volumen tidal (algunos ventiladores sugieren un volumen tidal a partir del peso ideal, calculado automáticamente con base en la talla y el sexo ingresados por el programador), frecuencia respiratoria, tiempo de inspiración, FiO<sub>2</sub> y PEEP; este último debe ser ajustado con base en el índice de masa corporal y el estado clínico del paciente.<sup>42-44</sup>
10. Configurar las alarmas.<sup>43</sup>
11. Iniciar ventilación y monitorear estrictamente al paciente mediante una constante cuantificación de gases arteriales y evaluación clínica. Basándose en ello, modificar los parámetros previamente programados.<sup>43</sup>

**Tabla 2.** Indicaciones de la ventilación mecánica en general

<p><b>Indicaciones clínicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla de la ventilación alveolar o insuficiencia respiratoria aguda tipo II</li> <li>• Hipertensión endocraneana</li> <li>• Hipoxemia severa o insuficiencia respiratoria aguda tipo I</li> <li>• Profilaxis frente a inestabilidad hemodinámica</li> <li>• Aumento del trabajo respiratorio</li> <li>• Tórax inestable</li> <li>• Permitir sedación y/o relajación muscular</li> <li>• Deterioro del estado de conciencia (escala de coma de Glasgow &lt;8)</li> </ul>	<p><b>Mecánica respiratoria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia respiratoria &gt; 35 por minuto</li> <li>• Fuerza inspiratoria negativa &lt; -25 cmH<sub>2</sub>O</li> <li>• Capacidad vital &lt; 10 ml/kg</li> <li>• Ventilaciones por minuto &lt; 3 o &gt; 20</li> </ul> <p><b>Intercambio gaseoso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PaO<sub>2</sub> &lt; 60 mmHg con FiO<sub>2</sub> &gt; 50 %</li> <li>• PaCO<sub>2</sub> &gt; 50 mmHg (agudo) y pH &lt; 7.25</li> </ul>	
	<b>Ventilación mecánica no invasiva</b>	<b>Ventilación mecánica invasiva</b>
<b>Indicaciones</b>	<p>Insuficiencia respiratoria aguda tipo 2 o hipercápnica, como lo pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exacerbación aguda de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)</li> <li>• Edema pulmonar cardiogénico</li> <li>• Obesidad y síndrome de hipoventilación del obeso</li> <li>• Destete del ventilador mecánico (prevención de reintubación)</li> </ul> <p>Pacientes con orden de “no intubar” en cuidados paliativos, especialmente aquellos con causas de insuficiencia respiratoria ajenas a su patología de base.</p> <p>Insuficiencia respiratoria aguda en pacientes inmunocomprometidos</p>	<p>Corregir una obstrucción de la vía aérea superior</p> <p>Facilitar la higiene bronquial</p> <p>Coma (escala de coma de Glasgow &lt; 8)</p> <p>Fallo o contraindicación de VMNI</p>
<b>Contraindicaciones</b>	<p>Absolutas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paro cardiorrespiratorio establecido o de alto riesgo</li> <li>• Deformidad, trauma o cirugía facial reciente</li> <li>• Obstrucción de la vía aérea superior</li> <li>• Vómito</li> </ul> <p>Relativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipotensión</li> <li>• Paciente poco cooperador o que no tolere la VMNI</li> <li>• Disminución del estado de conciencia</li> </ul>	<p>No autorización del paciente</p>
<p><i>PaCO<sub>2</sub>: presión de dióxido de carbono en sangre arterial, FiO<sub>2</sub>: fracción inspirada de oxígeno, VMNI: ventilación mecánica no invasiva</i></p>		

## Conclusiones

La VM resulta ser un tema de suma importancia, sobre todo en áreas de especialidad como urgencias y medicina interna, donde juega un papel crucial en situaciones en las que el sistema respiratorio se encuentra comprometido, ya sea por enfermedades respiratorias o por lesiones traumáticas.

Es fundamental que los médicos estén capacitados para el uso óptimo de ventiladores mecánicos y posean conocimientos sobre los modos de ventilación disponibles, los parámetros ajustables y la monitorización del paciente. Todo esto con el fin de garantizar una ventilación eficaz y personalizada según los requerimientos específicos de cada escenario clínico.

## Conflicto de interés

Los autores del artículo declaran no tener algún conflicto de interés.

## Contribución de los autores:

Pesqueira Bojorquez Alejandro:

Concepción del estudio, recolección de datos, búsqueda de información, preparación del manuscrito, escritura del artículo, diseño de tablas.

Vásquez López Axel Daniel:

Concepción del estudio, recolección de datos, búsqueda de información, preparación del manuscrito, escritura del artículo, diseño de figuras.

López Jiménez Ángel Cuauhtémoc

Recolección de datos, búsqueda de información, supervisión y verificación del manuscrito, corrección de información, acceso a ventilador mostrado en la **Figura 1**.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benito Vales S, Ramos Gómez LA. Capítulo 4. Efectos sistémicos de la ventilación mecánica. En: Fundamentos de la ventilación mecánica. Barcelona: Marge Medica Books; 2024, p. 53–68. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=3icBD88rFO0C&oi=fnd&pg=PA9&dq=volumen+presion+%22ventilacion+mecanica%22&ots=\\_fgNB1r0Cj&sig=aODayQJdTGKsC0oNgJhO7Puzd54&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=3icBD88rFO0C&oi=fnd&pg=PA9&dq=volumen+presion+%22ventilacion+mecanica%22&ots=_fgNB1r0Cj&sig=aODayQJdTGKsC0oNgJhO7Puzd54&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
2. Romero-Ávila Pablo, Márquez-Espinós Carlos, Cabrera-Afonso Juan Rafael. Historia de la ventilación mecánica. De la Antigüedad a Copenhague 1952. Rev. méd. Chile. 2020 Jun.; 148(6): 822-830. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872020000600822&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872020000600822&lng=en&nrm=iso&tlng=en) <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000600822>.
3. Cristancho-Gómez William. Mecánica de la ventilación. Fisiología respiratoria: Lo esencial en la práctica clínica. 3a edición. El Manual Moderno; 2012. P. 2-44.
4. Hall John, Hall Michael. Ventilación pulmonar. Guyton y Hall Tratado de Fisiología Médica. 14a edición. Elsevier; 2021, p. 491-501.
5. Henríquez RB. Fisiología respiratoria ventilación: cómo llega el aire a los alvéolos. Neumología Pediátrica. 2022 Mar 12;17(1):9–11. <https://neumologia-pediatria.cl/index.php/NP/article/view/473/434>
6. Yepez J. Tema 6. ventiladores mecánicos. Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”. 2020. <https://www.slideshare.net/SistemadeEstudiosMed/tema-6-ventiladores-mecanicos>
7. Ramos-Gómez Luis A., Benito-Vales Salvador. Descripción de un ventilador. Fundamentos de la ventilación mecánica. 2a edición. Barcelona, España: Marge Médica Books, 2024, pág. 69-81.

8. Picazo L, Gracia Arnillas MP, Muñoz-Bermúdez R, Durán X, Álvarez Lerma F, Masclans JR. La humidificación activa en ventilación mecánica no se asocia con un aumento de complicaciones infecciosas respiratorias en un estudio cuasi-experimental pre-postintervención. *Medicina Intensiva*. 2021 Aug;45(6):354–61. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2019.11.006>
9. Fredes S, Gogniat E, Plotnikow G, Moglie RRL. Utilización de filtros bacterianos/virales durante ventilación mecánica invasiva. Use of bacterial/viral filters during invasive mechanical ventilation. *Revista Argentina de Terapia Intensiva*, 2013 May 20;30(1). <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/340/286>
10. Gonzales Juárez BA. “Control, sensores y visualización de flujo en la modalidad de volumen control para un prototipo didáctico de ventilación mecánica” [Internet] [Tesis]. [Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]; 2022, p. 12–30. <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/4024/SSIT0019061.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Khames-Aly Magdy. Optimizing PEEP in ARDS: A Narrative Review of Personalized Strategies, Advancements, and Clinical Outcomes. [Internet]. ICU department Zayed Military Hospital Abu Dhabi, UAE. 2022. [https://www.researchgate.net/profile/Magdy-Khames-Aly/publication/379020389\\_Optimizing\\_PEEP\\_in\\_ARDS\\_A\\_Narrative\\_Review\\_of\\_Personalized\\_Strategies\\_Advancements\\_and\\_Clinical\\_Outcomes/links/65f5ad29c05fd268801ade65/Optimizing-PEEP-in-ARDS-A-Narrative-Review-of-Personalized-Strategies-Advancements-and-Clinical-Outcomes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Magdy-Khames-Aly/publication/379020389_Optimizing_PEEP_in_ARDS_A_Narrative_Review_of_Personalized_Strategies_Advancements_and_Clinical_Outcomes/links/65f5ad29c05fd268801ade65/Optimizing-PEEP-in-ARDS-A-Narrative-Review-of-Personalized-Strategies-Advancements-and-Clinical-Outcomes.pdf)
12. Sahetya SK, Fan E. Driving Pressure: The Road Ahead. *Respiratory Care*. 2019 Jul 24;64(8):1017–20. <https://doi.org/10.4187/respcare.07226>
13. Desai JP, Moustarah F. Pulmonary Compliance. Nih.gov. StatPearls Publishing; 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538324/>
14. Campbell M, Sapra A. Physiology, Airflow Resistance. PubMed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554401/>
15. Chatburn RL, El-Khatib M, Mireles-Cabodevila E. A Taxonomy for Mechanical Ventilation: 10 Fundamental Maxims. *Respiratory Care*. 2014 Nov 1;59(11):1747–63. <http://rc.rcjournal.com/content/59/11/1747>
16. Hickey SM, Giwa AO. Mechanical Ventilation. PubMed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539742/>
17. Ramos Gómez LA, Benito Vales S. Capítulo 6. Modos de soporte ventilatorio. In: *Fundamentos de la ventilación mecánica*. Barcelona: Marge Medica Books; 2024, p. 81–104. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=3icBD88rFO0C&oi=fnd&pg=PA9&dq=volumen+presion++%22ventilacion+mecanica%22&ots=\\_fgNB1r0Cj&sig=aODayQJdTGKsC0oNgJhO7Puzd54&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=3icBD88rFO0C&oi=fnd&pg=PA9&dq=volumen+presion++%22ventilacion+mecanica%22&ots=_fgNB1r0Cj&sig=aODayQJdTGKsC0oNgJhO7Puzd54&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
18. Reinoso Fernández W. Capítulo 36. Ventilación asistida controlada. En: *Terapia intensiva Tomo 4 3era edición*. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas, Centro nacional de información de ciencias médicas; 2020, p. 92–9. <https://instituciones.sld.cu/socuenfhabana/files/2021/02/Terapia-intensiva.-Tomo-4.-Ventilaci%C3%B3n-mec%C3%A1nica.pdf>
19. Garneró AJ, Abbona H, Gordo-Vidal F, Hermosa-Gelbard C. Modos controlados por presión versus volumen en la ventilación mecánica invasiva. *Medicina Intensiva*. 2013 May 1;37(4):292–8. <https://www.medintensiva.org/es-modos-controlados-por-presion-versus-articulo-S0210569112003166>

20. Camcho Assef V. Capítulo 37. Ventilación mandatoria intermitente. In: *Terapia intensiva Tomo 4 3era edición*. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas, Centro nacional de información de ciencias médicas; 2020. p. 100–11. <https://instituciones.sld.cu/socuenfhabana/files/2021/02/Terapia-intensiva.-Tomo-4.-Ventilaci%C3%B3n-mec%C3%A1nica.pdf>
21. Montes de Oca Sandoval MA, Rodríguez Reyes J, Villalobos Silva JA, Franco Granillo J. Modalidades de destete: Ventilación con presión soporte, presión positiva bifásica y liberación de presión de la vía aérea. *Medicina Crítica*. 2008 Jan 1;22(4):260–70. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2008/ti084j.pdf>
22. Potchileev I, Doroshenko M, Mohammed AN. Positive Pressure Ventilation. En: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560916/>
23. Kreit JW. Chapter 3 Cardiovascular–Pulmonary Interactions. In: *Mechanical Ventilation Physiology and Practice*. Oxford University Press; 2018, p. 52–80. <https://www.spci.pt/media/enfermagem/ventilacao/mechanical-ventilation-physiology-an-practice-book.pdf>
24. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*. 2022 Apr 19;43(3). <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0042-1744447.pdf>
25. Anderson MR, Shashaty MGS. Impact of Obesity in Critical Illness. *CHEST*. 2021 Dec 1;160(6):2135–45. [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(21\)03616-3/fulltext](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(21)03616-3/fulltext)
26. Koyner JL, Murray PT. Mechanical Ventilation and the Kidney. *Blood Purification*. 2010;29(1):52–68. <https://karger.com/bpu/article-pdf/29/1/52/2275835/000259585.pdf>
27. Robba C, Poole D, McNett M, Asehnoune K, Bösel J, Bruder N, et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine consensus. *Intensive Care Medicine*. 2020 Nov 11;46(12):2397–410. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00134-020-06283-0.pdf>
28. Cammarota G, Simonte R, De Robertis E. Comfort During Non-invasive Ventilation. *Frontiers in Medicine*. 2022;9(1):874250. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35402465/>
29. Crossley B. Troubleshoot It: CPAP and BiPAP Machines: Similar Devices with Key Differences in Functionality. *Biomedical Instrumentation & Technology*. 2020 Jan 1;54(1):76–7. <https://meridian.allenpress.com/bit/article/54/1/76/428029/Troubleshoot-It-CPAP-and-BiPAP-Machines-Similar>
30. Popowicz P, Leonard K. Noninvasive Ventilation and Oxygenation Strategies. *Surgical Clinics of North America*. 2022 Feb;102(1):149–57. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8598279/>
31. Pinto VL, Sharma S. Continuous Positive Airway Pressure. PubMed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29489216/>
32. Singh G, Cao M. Noninvasive Ventilator Devices and Modes. *Sleep Medicine Clinics*. 2020 Dec;15(4):545–55. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2020.08.005>
33. MacIntyre NR. Physiologic Effects of Noninvasive Ventilation. *Respiratory Care*. 2019 May 20;64(6):617–28. <https://rc.rcjournal.com/content/64/6/617/tab-pdf>
34. Pearson SD, Patel BK. Evolving targets for sedation during mechanical ventilation. *Current Opinion in Critical Care*. 2020 Feb;26(1):47–52. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8086012/pdf/nihms-1693342.pdf>
35. Hadda V, Bhakta P, Karim HMR, Piervincenzi E, Šarc I, Calandra C, et al. Role of Sedation and Analgesia during Noninvasive Ventilation: Sys-

- tematic Review of Recent Evidence and Recommendations. *Indian Journal of Critical Care Medicine*. 2022 Jul 30;26(8):938–48. <https://doi.org/10.5005%2Fjcp-journals-10071-23950>
36. Tikka T, Hilmi OJ. Upper airway tract complications of endotracheal intubation. *British Journal of Hospital Medicine*. 2019 Aug 2;80(8):441–7. <https://www.magonlinelibrary.com/doi/full/10.12968/hmed.2019.80.8.441>
  37. Slutsky AS. Mechanical ventilation. American College of Chest Physicians' Consensus Conference. *Chest*. 1993 Dec;104(6):1833–59. [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)42461-4/abstract](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)42461-4/abstract)
  38. Comellini V, Pacilli AMG, Nava S. Benefits of non-invasive ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Respirology*. 2019 Jan 12;24(4). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/resp.13469>
  39. Cammarota G, Simonte R, Edoardo De Robertis. Treatment of patients with “do not intubate orders.” *Current Opinion in Anesthesiology*. 2023 Feb 8;36(2):183–7. [https://journals.lww.com/co-anesthesiology/fulltext/2023/04000/treatment\\_of\\_patients\\_with\\_do\\_not\\_intubate.12.aspx](https://journals.lww.com/co-anesthesiology/fulltext/2023/04000/treatment_of_patients_with_do_not_intubate.12.aspx)
  40. Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, Hess D, Hill NS, Nava S, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *European Respiratory Journal*. 2017 Aug;50(2):1602426. <https://erj.ersjournals.com/content/50/2/1602426>
  41. Kreit JW. Chapter 16 Noninvasive Mechanical Ventilation. In: *Mechanical Ventilation Physiology and Practice*. Oxford University Press; 2018. p. 234–44. <https://www.spci.pt/media/enfermagem/ventilacao/mechanical-ventilation-physiology-an-practice-book.pdf>
  42. HAMILTON-T1 Manual del operador. Hamilton Medical AG. 1st ed. Vol. 1. Suiza: Hamilton Medical AG 2020. p. 53–154. [https://www.hamilton-medical.com/dam/jcr:badef212-c33d-4bc7-ad35-5e735bba2e64/HAMILTON-T1\\_ops-manual\\_v2.2x\\_es\\_624371.03.pdf](https://www.hamilton-medical.com/dam/jcr:badef212-c33d-4bc7-ad35-5e735bba2e64/HAMILTON-T1_ops-manual_v2.2x_es_624371.03.pdf)
  43. Koninklijke Philips. Philips Respironics. *Trilogy Evo Manual clínico* [Internet]. 1st ed. Vol. 1. Estados Unidos: Koninklijke Philips. Respironics Inc.; 2019. p. 44–55. [https://www.philips.com.ar/c-dam/b2bhc/mx/specialties/covid-19-response/Trilogy\\_Evo\\_Clinical\\_ES.pdf](https://www.philips.com.ar/c-dam/b2bhc/mx/specialties/covid-19-response/Trilogy_Evo_Clinical_ES.pdf)
  44. Pérez Nieto OR, Zamarrón López EI, Guerrero Gutiérrez MA, Deloya Tomas E, Soriano Orozco R, Sánchez Díaz JS, et al. PEEP: dos lados de la misma moneda. *Medicina Crítica*. 2021;35(1):34–46. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2021/ti211g.pdf>