

Ventilación mecánica

Mechanical Ventilation

Fernando Gutiérrez Muñoz¹

RESUMEN

La ventilación mecánica (VM) es un recurso terapéutico de soporte vital, que ha contribuido decisivamente en mejorar la sobrevida de los pacientes en estado crítico, sobre todo aquellos que sufren insuficiencia respiratoria aguda (IRA). La mejor comprensión de los procesos fisiopatológicos y los recientes avances informáticos que han mejorado los ventiladores mecánicos, facilitan el tratamiento de estos pacientes. Este artículo tiene como objetivo la descripción en forma práctica de la VM, involucrando una explicación del mismo ventilador, sus componentes, sus funciones, así como los efectos fisiológicos que se producen al someter a un paciente a la VM. También se reseñan las indicaciones, cómo y por qué programar los diferentes parámetros del soporte, incluyendo una explicación gráfica de los modos ventilatorios más frecuentemente usados y la monitorización multimodal que nos permite optimizar el manejo en forma individual para cada situación; además se detallan las complicaciones más frecuentes y en forma sucinta se describe el destete o discontinuación de la VM. Por último, se revisan los pormenores del transporte de los pacientes con soporte ventilatorio y se repasan los medicamentos más usados en la sedación y analgesia.

Palabras clave: Respiración artificial, ventilación con chorro de alta frecuencia, ventilación de alta frecuencia.

ABSTRACT

Mechanical ventilation (MV) is a therapeutic resource of life support, which has been instrumental in improving survival in critically ill patients, especially those suffering acute respiratory failure (ARF); A better understanding of the pathophysiology and recent advances in computer technology have improved mechanical ventilators facilitate the treatment of these patients. This article aims at a practical description of the MV, involving an explanation of the mechanical ventilator, their components, their functions and physiological effects produced by subjecting a patient to the MV; also outlines the indications, how and why program the different parameters of media, including a graphic explanation of the most frequently used ventilatory modes and multimodal monitoring allows us to optimize the management individually for each situation; also details the most common complications and succinctly describes the weaning or discontinuation of the MV, also reviewed the details of the transport of patients with ventilatory support and reviewed the most used drugs for sedation and analgesia.

Keywords: Respiration, artificial, high-frequency jet ventilation, high-frequency ventilation

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica (VM) es una alternativa terapéutica, que gracias a la comprensión de los mecanismos fisiopatológicos de la función respiratoria y a los avances tecnológicos nos brinda la oportunidad de suministrar un soporte avanzado de vida eficiente a los pacientes que se encuentran en estado crítico padeciendo de insuficiencia respiratoria (IR)^{1,2}. Siendo la función respiratoria básica el intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono, así como el perfecto equilibrio y control entre los diferentes componentes del sistema respiratorio, una falla severa en este proceso vital hará imprescindible una atención de personal de salud ya sea a nivel prehospitalario como hospitalario, por lo tanto debemos conocer cuándo está indicado este medio de soporte vital avanzado, los principios fisiológicos de la ventilación, los efectos favorables y desfavorables que obtenemos con su uso. Así mismo, aprender a programar los diferentes modos disponibles como también interpretar las diferentes estrategias de monitorización y en base a esta información efectuar en forma oportuna los cambios necesarios para optimizar la ayuda y minimizar las complicaciones que

pueden producirse por un uso inadecuado o ineficiente. Todo este conocimiento y un entrenamiento adecuado nos permitirán recuperar más pacientes con IR que atendemos en el ámbito prehospitalario, en la emergencia, en las unidades de cuidados intensivos y recuperación post operatoria, así como cuando tenemos que transportarlos dentro o fuera del área de atención asignada.

Los ventiladores mecánicos pueden ser a presión negativa (pulmón de acero) o a presión positiva, los que a su vez pueden ser invasivos (se coloca un dispositivo en la tráquea) o no invasivos (se utiliza una interface fuera de la vía aérea). En este artículo revisaremos básicamente la ventilación mecánica invasiva convencional.

El objetivo de la VM será dar soporte a la función respiratoria hasta la reversión total o parcial de la causa que originó la disfunción respiratoria¹, teniendo como pilares fundamentales: mejorar el intercambio gaseoso, evitar la injuria pulmonar y disminuir el trabajo respiratorio.

DEFINICIÓN

La ventilación mecánica es un tratamiento de soporte vital, en el que utilizando una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio, facilitamos el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria. El ventilador mecánico, mediante la generación de un gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea – alvéolo) produce un flujo por un determinado tiempo, lo que genera una presión que

¹ Médico Especialista en Medicina Intensiva. Médico Asistente de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins (ESSALUD). Miembro Titular de la Sociedad Peruana de Medicina Intensiva (SOPEMI). Director Nacional del Curso Fundamental Critical Care Support (FCCS) de la Society of Critical Care Medicine (SCCM). Instructor Acreditado de los Cursos BLS, ACLS, PHTLS, FDM, First Responder y ASHI Foundation (IAHF/FIC).

tiene que vencer las resistencias al flujo y las propiedades elásticas del sistema respiratorio^{1,3} obteniendo un volumen de gas que entra y luego sale del sistema^{1,3-6}.

VENTILADOR MECÁNICO

Las funciones principales de la VM serán proveer gas al paciente según determinadas condiciones de volumen, presión, flujo y tiempo^{1,4}.

Para administrar el soporte se requiere de una interface que actúa sobre la vía aérea superior del paciente por lo que se tiene que acondicionar el gas que se entrega, filtrándolo, modificando su temperatura y su humedad, en forma activa o pasiva^{6,7}. Esta interface puede ser externa (dispositivos para ventilación mecánica no invasiva); o interfaces invasivas, las que a su vez pueden ser supraglóticas (máscara laríngea, máscara faríngea, combitubos) o subglóticas (tubos endotraqueales, tubo de traqueotomía, combitubos)⁸. También podemos entregar medicación que se suministra por vía inhalatoria, ya sea con sistemas nebulizadores o por “inhaladores” o MDI (metered dosis inhalator) conectados al sistema.

EL VM debe tener la capacidad de monitorear la ventilación del paciente y su mecánica respiratoria, mediante unos indicadores que pueden ser digitales y/o gráficos⁴. Así mismo deben avisar al operador, a través de su sistema de alarmas audiovisuales, que se ha presentado alguna condición diferente de la esperada o deseada.

Para lo cual debe elaborar la información que maneja y mostrarla de manera adecuada al operador o enviarla a sistemas periféricos conectados al equipo. Cuando tengamos un paciente en VM es necesario proveer sistemas de seguridad para ventilar al paciente en caso de que se presenten situaciones anormales. Facilitar al personal tratante ciertas funciones auxiliares que lo ayuden en la realización de determinadas maniobras vinculadas con la ventilación del paciente, como aspiración de secreciones, nebulizaciones. Las características del ventilador mecánico ideal son descritas en la Tabla 1⁴.

Componentes de un ventilador mecánico

En los ventiladores distinguimos las siguientes partes (Figuras 1 y 2)^{1,4,7}:

Panel de programación: En él se establece el tratamiento de ventilación y oxigenación que se requiere y se definen las alarmas que informarán de los cambios que puedan ofrecer los parámetros establecidos. La programación (parámetros y alarmas) se realiza a través de un panel de órdenes y son guardadas por la memoria que utiliza el microprocesador. Los sensores del ventilador informan sobre los parámetros físicos más importantes: presión en la vía aérea, flujo, volumen inspirado. Esta información a la vez es procesada por el microprocesador y es transformada en alguna acción física que permite administrar los parámetros programados e informar si algún parámetro sale fuera de rango.

Tabla 1.
El ventilador mecánico ideal

El ventilador ideal
<ul style="list-style-type: none"> Alta capacidad (volúmenes, presiones, flujos). Versátil (modos, contexto clínico, demanda del paciente). Seguro Fácil de usar Aceptado por los pacientes Barato
El modo o método ideal de apoyo ventilatorio
<ul style="list-style-type: none"> Cumple con los objetivos del intercambio gaseoso Permite descanso de los músculos respiratorios No comprometer la función cardíaca Minimiza la exposición a altas tensiones de oxígeno inspirado No daña las vías respiratorias ni el parénquima pulmonar Es intuitivo y fácil de aplicar Es confortable para el paciente Facilita el destete Requiere un mínimo de pruebas de control y pocas de laboratorio No es excesivamente laborioso Es de bajo costo

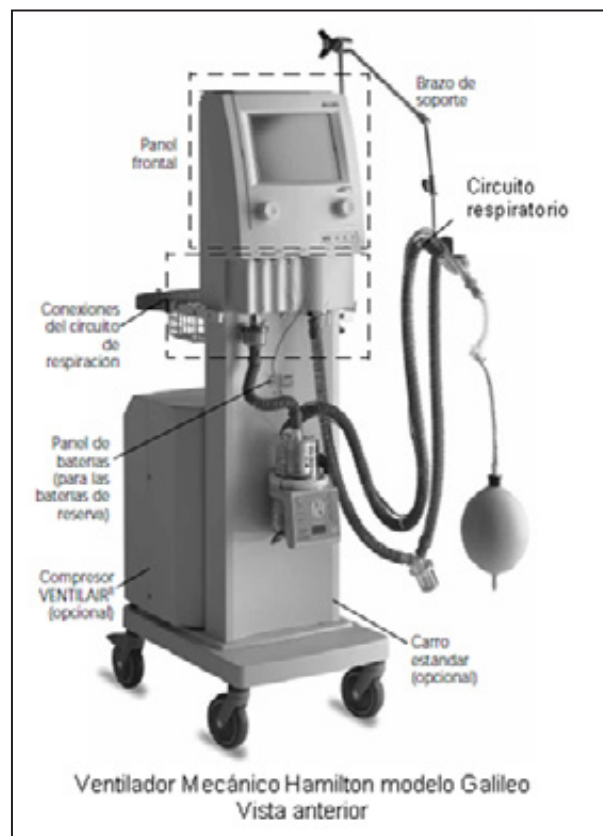


Figura 1

Tomado del Manual del usuario del ventilador Hamilton-Galileo®, con autorización del representante en el Perú.

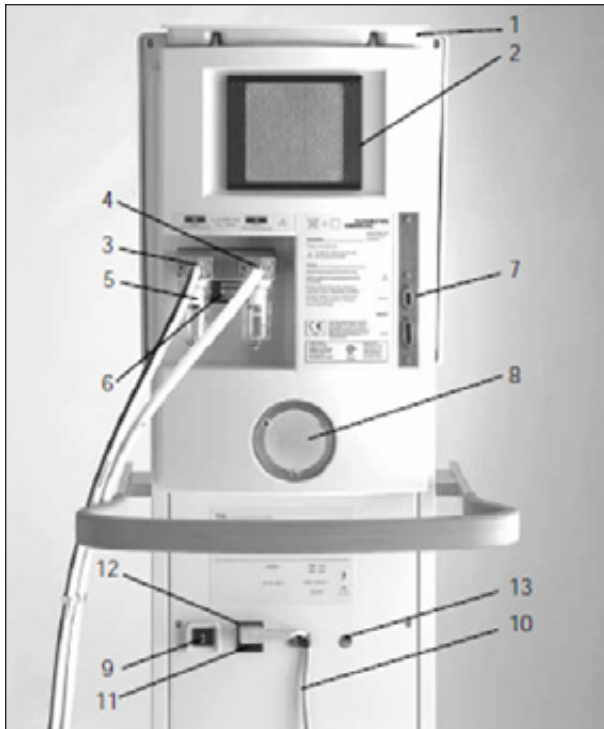


Figura 2

Descripción de la Vista posterior del VM Hamilton Galileo

- 1 Bandeja superior para la medicación
- 2 Filtro del ventilador
- 3 Conector de aire a alta presión
- 4 Conector de oxígeno a alta presión
- 5 Trampa de agua de gas a alta presión con filtro
- 6 Etiqueta del número de serie.
- 7 Conectores de la interfaz de comunicaciones
- 8 Salida de la válvula de seguridad del tanque
- 9 Interruptor de alimentación
- 10 Cable de alimentación con lengüeta de retención
- 11 Caja de fusibles.
- 12 Toma de alimentación
- 13 Toma de tierra

Tomado del Manual del usuario del ventilador Hamilton-Galileo®, con autorización del representante en el Perú.

Sistema electrónico: conjunto de procesadores electrónicos que permiten la memorización, conversión analógica/digital, vigilancia y control de todas las funciones disponibles.

Sistema neumático: conjunto de elementos que permiten la mezcla de aire y oxígeno, el control del flujo durante la inspiración y la espiración, administrar los volúmenes de aire y medir las presiones.

Sistema de suministro eléctrico: ya sea interno a una batería recargable y/o conexión a fuente externa, siempre se debe verificar la compatibilidad de voltaje (110 o 220 V, considerando también si es de corriente alterna o continua), de lo contrario conectar a un transformador adecuado. Ideal también el conectar a un estabilizador de voltaje para evitar sobrecargas.

Sistema de suministro de gases: aire, oxígeno y en algunos modelos actuales óxido nítrico y otros gases medicinales.

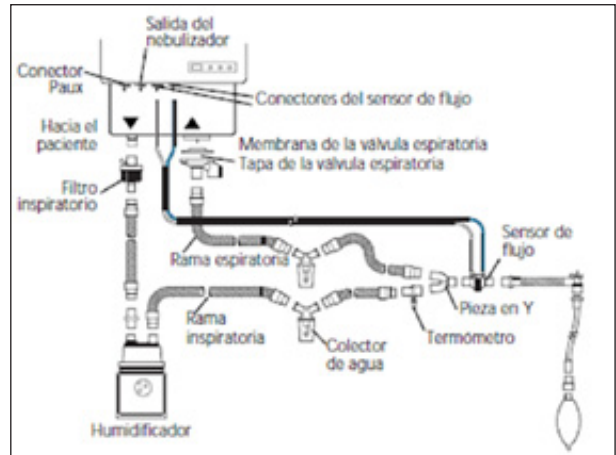


Figura 3

Circuito de respiración del paciente con humidificación activa sin cables calefactores

Tomado del Manual del usuario del ventilador Hamilton-Galileo®, con autorización del representante en el Perú.

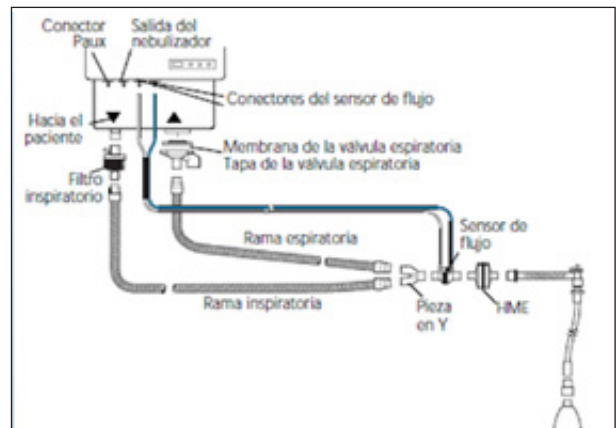


Figura 4

Circuito de respiración del paciente para uso con Humidificador Pasivo tipo HME (Intercambiador Calor-Humedad)

Tomado del Manual del usuario del ventilador Hamilton-Galileo®, con autorización del representante en el Perú.

Circuito del paciente: conecta al paciente con el equipo, todos los VM invasivos contarán con dos ramas unidas por una pieza en Y, una rama inspiratoria que sale del equipo y llega al paciente y una rama espiratoria que va del paciente hacia la válvula espiratoria. Estos circuitos deben cumplir las características definidas por cada fabricante, tales como longitud determinada, trampas o colectores del exceso de agua, sistemas de monitoreo como termómetro y sensor de flujo, sistemas de humidificación, filtros, conexión a un nebulizador (Figuras 3 y 4).

Funcionamiento Básico del Ventilador Mecánico

El aire y el oxígeno entran al respirador gracias a un sistema neumático externo, en este lugar se encuentra un regulador o manómetro de presión que permite disminuir la presión de estos y mantenerla constante. Conectado encontramos el microprocesador, que dará la orden de cómo debe ser este flujo, se abrirá un sistema llamado solenoide proporcional que infundirá el aire al paciente. Cuenta con una válvula de

seguridad, que permite disminuir la presión y en el caso de apagado del respirador asegura la entrada de aire ambiente. Una válvula unidireccional impedirá que el aire exhalado pase al mismo circuito inspiratorio. Cuando termina la inspiración se dice que el respirador “ha ciclado”, entonces se abre la válvula espiratoria, los gases pasan por un filtro, un sensor de flujo, el que mide el volumen de gas exhalado. A medida que el gas va saliendo, la presión disminuye. Si se ha programado PEEP, el ventilador cerrará la válvula exhalatoria cuando llegue al nivel definido. El regulador de PEEP toma gases de los reguladores de gases principales y ajusta el nivel de PEEP programado sobre el solenoide de espiración^{1, 4, 7}.

Sistemas de Alarmas

Estas proporcionan la capacidad de controlar al paciente, al circuito y al equipo (Tabla 2). Deben ser precisas, simples a la hora de programar e interpretar, idealmente audibles y visuales y deben informar cuando se rebasan los límites superior o inferior⁴. Pueden ser activas, si activan automáticamente mecanismos de seguridad, o pasivas, si solo avisan. Pueden ser programables o no⁸. Las no programables son: Suministro eléctrico, baja presión de aire/O₂, fallo en la válvula de exhalación, válvula de seguridad abierta, sistema de reserva activado, apnea. Las alarmas programables son: Alta y baja presión en la vía aérea, alta frecuencia, alto y bajo volumen minuto exhalado, alto y bajo volumen corriente exhalado. Es recomendable programarlas en un 10 o 20 % por encima y por debajo de los parámetros establecidos⁵. En algunos casos, son directamente ajustadas por el respirador. Existe un sistema de respaldo que controla el equipo durante el funcionamiento, proporciona ventilación de seguridad en caso de fallo del respirador o pérdida de energía, permite ventilar en apnea, abre la válvula de seguridad en casos de fallo y advierte de valores peligrosos.

Calibración

Cuando encendemos un ventilador mecánico para un nuevo paciente, es necesario comprobar que su funcionamiento es correcto, para ello se procede a su calibración. Como la mayoría de computadoras, el mismo aparato ajusta sus sistemas iniciales, en este caso calibrará los sensores de flujo, volumen, presión, concentración de oxígeno, fugas internas. En otros casos tendremos que seguir los pasos que están especificados en el manual de instrucciones. Sin embargo es nuestra responsabilidad el comprobar que este proceso se lleve a cabo siempre y en forma correcta.

Tabla N° 2
Alarmas del ventilador mecánico

No programables	Programables
<ul style="list-style-type: none"> • Suministro eléctrico • Baja presión de aire/O₂ • Fallo en la válvula de exhalación • Válvula de seguridad abierta • Sistema de reserva activado • Apnea 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta y baja presión en la vía aérea • Alta frecuencia • Alto y bajo volumen minuto exhalado • Alto y bajo volumen corriente exhalado

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Existen unos conceptos básicos sobre la VM que debemos tener en cuenta. Primero, los ventiladores mecánicos NO son ni deben ser llamados “respiradores”, constituyen sólo un soporte ventilatorio y no realizan intercambio de gases a diferencia de los oxigenadores utilizados en circulación extracorpórea o en la UCI utilizando oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Segundo, la VM no es curativa per se sino que, como ya se mencionó, es un soporte frente a un cuadro reversible o potencialmente reversible; si su indicación es perentoria, ésta no debe postergarse, pero tampoco debe prolongarse innecesariamente una vez que se haya solucionado la causa que llevó a someter al paciente a ventilación mecánica⁶.

Revisaremos los efectos fisiológicos más importantes a nivel pulmonar y cardíaco¹, sin embargo hay otros sistemas que también son o pueden verse afectados como renal, cerebro o lecho esplácnico y alteraciones metabólicas derivadas de estos compromisos.

A nivel pulmonar la VM tiende a aumentar la ventilación al espacio muerto e hipoventilar en las zonas con mayor perfusión sanguínea debido a las diferencias de distensibilidad de los alvéolos, llevando a alteraciones de ventilación/perfusión (V/Q), sobredistensión de alvéolos hiperventilados y atelectasias en las zonas hipoventiladas. Estas alteraciones son de poca trascendencia clínica en pacientes con pulmón sano y son corregidas, al menos parcialmente, con el uso de volúmenes corrientes grandes (8 a 12 ml/Kg) o la adición de PEEP. Sin embargo, en pacientes con patología pulmonar pueden ser de mayor importancia y requerir de monitoreo y tratamiento más agresivos. La ventilación espontánea es fisiológicamente más ventajosa al permitir una mayor ventilación en las zonas mejor perfundidas, no obstante esto no es válido para retardar la instalación de la VM cuando está indicada como veremos más adelante. Sin embargo, debe hacerse todos los esfuerzos posibles para mantener al paciente en un soporte ventilatorio parcial.

A nivel cardiovascular el efecto fisiológico más importante es la caída del gasto cardíaco. Esta es primariamente debida a la disminución del retorno venoso que se produce por la ventilación con presión positiva y es más importante en pacientes hipovolémicos, con distensibilidad pulmonar normal y con el uso de PEEP. Esta respuesta puede ser revertida en la mayoría de los pacientes, al menos parcialmente, con el apoyo de volumen (retos de fluidos) o drogas inotrópicas. Sin embargo, hay sujetos con reserva cardiovascular disminuida que toleran mal el uso de PEEP y el manejo se hace bastante más difícil, requiriendo monitoreo y cuidados de alta complejidad.

INDICACIONES DE VM

Clásicamente las indicaciones de VM inicialmente son las mismas que para la intubación endotraqueal⁷ (Tabla 3), las que básicamente son tres: 1) Corregir la obstrucción de la vía aérea superior, 2) Facilitar la higiene bronquial

Tabla 3.

Indicaciones para la intubación endotraqueal	
<ul style="list-style-type: none"> • Corregir la obstrucción de la vía aérea superior. • Facilitar la higiene bronquial. • Permitir la conexión a un ventilador mecánico 	
Indicaciones de la ventilación mecánica	
Mecánica respiratoria <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia respiratoria > 35 por minuto • Fuerza inspiratoria negativa < -25 cm H₂O • Capacidad vital < 10 ml/Kg. • Ventilación minuto < 3 lpm o > 20 lpm 	Indicaciones clínicas <ul style="list-style-type: none"> • Falla de la ventilación alveolar o IRA tipo II • Hipertensión endocraneana • Hipoxemia severa o IRA tipo I • Profilaxis frente a inestabilidad hemodinámica • Aumento del trabajo respiratorio • Tórax inestable • Permitir sedación y/o relajación muscular • FR > 30 a 35/minuto
Intercambio gaseoso <ul style="list-style-type: none"> • PaO₂ < 60 mm Hg con FiO₂ > 50% • PaCO₂ > 50 mm Hg (agudo) y pH < 7,25 	

y 3) Permitir la conexión a un ventilador mecánico; pero además realizamos una evaluación de algunos criterios puntuales para definir la necesidad de conectar al paciente en un ventilador mecánico, como es realizar una evaluación básica de la mecánica respiratoria⁵ evaluando frecuencia respiratoria, la medición de la capacidad vital, la determinación de la fuerza inspiratoria negativa, la medición de gases arteriales (AGA) donde principalmente nos enfocamos en la PaO₂ y PCO₂ y también la pulsioximetría.

Generalmente en la práctica diaria ya sea por la gravedad del paciente, o por la poca accesibilidad de todos los elementos de juicio antes mencionado; tomamos la decisión de someter a un paciente a ventilación mecánica teniendo en cuenta los objetivos que perseguimos y teniendo en mente la búsqueda de una función respiratoria óptima, obviamente tendremos que evaluar clínicamente al paciente y tomar como base la insuficiencia respiratoria ya sea ventilatoria u oxigenatoria.

Actualmente nuestra indicación tendrá que pasar por evaluar si le proporcionaremos ventilación mecánica invasiva o no invasiva, ambas presentan indicaciones similares y otras diferentes, sin embargo en esta revisión solo nos referiremos a la VM invasiva.

Cuando se toma la decisión de someter a un paciente a ventilación mecánica, debemos tener en mente con qué equipos contamos, en qué área lo vamos a manejar, también debemos tener en cuenta el adecuado suministro de gases medicinales, así como contar con el personal entrenado para garantizar un soporte sin causar daño al paciente⁷.

Se debe considerar también el estado basal del paciente así como su pronóstico de vida, ya que en muchas oportunidades nos enfrentamos a pacientes con enfermedades evolutivas o irreversibles, cuyo estadio final evoluciona a insuficiencia respiratoria, entonces en estos casos solo lograríamos prolongar el proceso de muerte, por lo que debemos conversar con el paciente y sus familiares sobre las implicancias que implica el soporte con ventilación mecánica.

A continuación revisaremos las indicaciones de ventilación mecánica más frecuentes.

Indicaciones Clínicas:

* **Insuficiencia respiratoria tipo I o hipoxemia severa:** se define por hipoxemia con PaCO₂ normal o bajo, gradiente alvéolo-arterial de O₂ incrementada (AaPO₂ > 20 mmHg). Entonces indicaremos VM cuando se verifica una PaO₂ por debajo de 50 mmHg con descenso de la saturación y contenido arterial de oxígeno, a pesar de administrar al paciente oxígeno suplementario a una concentración igual o mayor de 50%, ya sea por una máscara de venturi o una máscara con reservorio. Entonces deberemos buscar la causa de la IR en el parénquima pulmonar o en el lecho pulmonar. Constituye el tipo más habitual de IR.

* **Insuficiencia respiratoria II o hipercápnica:** producida por una falla de la ventilación alveolar que se caracteriza por hipoxemia con PaCO₂ elevado y gradiente alvéolo-arterial de O₂ normal (AaPO₂ < 20 mmHg). Teniendo en cuenta que esta elevación de la PaCO₂ se haya producido en forma aguda y tenga una disminución del nivel del pH por debajo de 7,25 y verifiquemos que está en riesgo la vida del paciente. En estos casos podemos decir que el pulmón está intrínsecamente sano, y que la causa de IR se localiza fuera del pulmón, por lo que tendremos que pensar en otras enfermedades. En estos casos debemos considerar la necesidad de ventilación asistida y no limitarnos tan sólo a la administración de oxígeno.

* **Compromiso neuromuscular de la respiración:** como en enfermedades desmielinizantes o post traumatismos de la médula espinal o del mismo sistema nervioso central.

* **Hipertensión endocraneana:** para manejo inicial con hiperventilación controlada, siempre en forma temporal mientras que se instalan otras formas de manejo para disminuir la presión intracraneana.

* **Profilaxis frente a inestabilidad hemodinámica:** situación en la cual hay una disminución de la entrega de oxígeno y disponibilidad de energía a los músculos respiratorios y un incremento en la extracción tisular de oxígeno con una marcada reducción del PvCO₂, por lo que

Tabla 4.

Objetivos de la ventilación mecánica

A.- Objetivos fisiológicos	B.- Objetivos clínicos
1. Para dar soporte o regular el intercambio gaseoso pulmonar <ol style="list-style-type: none"> Ventilación alveolar (PaCO₂ y pH). Oxigenación arterial (PaO₂, SaO₂, CaO₂). 	1. Revertir la hipoxemia.
2. Para aumentar el volumen pulmonar <ol style="list-style-type: none"> Suspiro o insuflación pulmonar al final de la inspiración. Capacidad residual funcional (CRF). 	2. Revertir la acidosis respiratoria aguda.
3. Para reducir o manipular el trabajo respiratorio <ol style="list-style-type: none"> Para poner en reposo los músculos respiratorios. 	3. Mejorar el distress respiratorio.
	4. Prevenir o revertir las atelectasias.
	5. Revertir fatiga muscular ventilatoria.
	6. Permitir la sedación y/o el bloqueo neuromuscular.
	7. Disminuir el consumo de oxígeno sistémico o miocárdico.
	8. Disminuir la presión intracraneana.
	9. Estabilizar la pared torácica.

es recomendable proporcionar un soporte ventilatorio y oxigenatorio de manera artificial.

* **Aumento del trabajo respiratorio:** generalmente como parte de la enfermedad del paciente que lo está llevando a la falla respiratoria y que puede conducir a la fatiga de los músculos respiratorios.

* **Tórax inestable:** como consecuencia de un trauma torácico, accidental o post quirúrgico, en el cual ya sea por dolor o por ausencia de arcos costales proporcionaremos un soporte que funcionará como férula neumática hasta que se normalice la situación.

* **Permitir sedación y/o relajación muscular:** necesarios para realizar una cirugía o un procedimiento prolongado.

* **Requerimientos extremos de volumen minuto:** como cuando genera el paciente volumen minuto menos de 3 litros o más de 20 litros, entonces requerirá de ventilación mecánica hasta que se controle el proceso que genera esta situación.

OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Los objetivos primordiales de la ventilación mecánica son tres: 1) Mejorar el intercambio gaseoso, 2) Evitar la lesión pulmonar y 3) Disminuir el trabajo respiratorio. Con fines prácticos a continuación los explicaremos en objetivos fisiológicos y objetivos clínicos^{1,5-8} (Tabla 4).

A) Objetivos fisiológicos

1. Para dar soporte o regular el intercambio gaseoso pulmonar

a) Ventilación alveolar (PaCO₂ y pH): En muchas indicaciones de la ventilación mecánica, el objetivo es normalizar la ventilación alveolar. Por ejemplo, en las enfermedades neuromusculares. De otro lado en ciertas circunstancias clínicas específicas, el objetivo puede ser obtener una ventilación alveolar mayor de lo normal, como en el caso de la hiperventilación moderada para producir vasoconstricción cerebral y así reducir la presión intracraneana; o menor de lo normal, como en el caso de la hipercapnia permisiva o en la descompensación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

b) Oxigenación arterial (PaO₂, SaO₂, CaO₂): Un objetivo crítico de la ventilación mecánica es lograr y mantener un nivel de oxigenación arterial aceptable, utilizando una FiO₂ que no sea perjudicial. En la mayoría de las aplicaciones del soporte ventilatorio, esto se logra al obtener una SaO₂>90%, lo que equivale a una PaO₂ >60 mm Hg; aunque en determinadas circunstancias se pueden utilizar otros puntos finales.

2. Para aumentar el volumen pulmonar

a) Suspiro o insuflación pulmonar al final de la inspiración: Método que permite lograr una expansión pulmonar suficiente. Se puede suministrar con cada respiración o en forma intermitente, el objetivo es prevenir o tratar atelectasias y sus efectos asociados sobre la oxigenación, compliance y mecanismos de defensa pulmonar.

b) Capacidad residual funcional (CRF): Métodos destinados a lograr o mantener un aumento en la CRF utilizando presión positiva al final de la espiración (PEEP) en casos en los cuales la reducción de la CRF puede ser desfavorable (disminución de la PaO₂, aumento de la lesión pulmonar), como en el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) y en el postoperatorio.

3. Para reducir o manipular el trabajo respiratorio

a) Para poner en reposo los músculos respiratorios: El objetivo es reducir el trabajo respiratorio del paciente cuando el mismo está aumentado, ya sea por una elevación de la resistencia en la vía aérea o por una reducción de la compliance (distensibilidad); y el esfuerzo espontáneo del paciente es inefectivo o incapaz de ser sostenido en el tiempo. En estas situaciones, el soporte ventilatorio debe ser utilizado hasta que otras terapéuticas específicas reviertan la condición que llevó al aumento del trabajo respiratorio.

B) Objetivos clínicos

La ventilación mecánica se utiliza para asegurar que el paciente reciba mediante la ventilación pulmonar, el volumen minuto apropiado requerido para satisfacer sus necesidades respiratorias, sin provocar daño a los pulmones, ni dificultar la función circulatoria, ni tampoco aumentar el disconfort del paciente, hasta que se produzca

la mejoría de su función, ya sea espontáneamente o como resultado de otras intervenciones. Entonces, un objetivo primario debe ser evitar la injuria pulmonar iatrogénica y otras complicaciones.

Los objetivos clínicos primarios de la ventilación mecánica incluyen:

Revertir la hipoxemia: Aumentando la presión arterial de O₂ (generalmente para lograr una saturación arterial de Oxígeno, SaO₂ > 90 mm Hg), ya sea aumentando la ventilación alveolar o el volumen pulmonar, disminuyendo el consumo de oxígeno, u otras medidas, a fin de evitar la hipoxia potencialmente grave.

Revertir la acidosis respiratoria aguda: corregir una acidemia que ponga en riesgo la vida, más que para lograr una PaCO₂ arterial normal.

Mejorar el distress respiratorio: aliviar el disconfort intolerable del paciente mientras el proceso primario revierte o mejora.

Prevenir o revertir las atelectasias: evitar o corregir los efectos clínicos adversos de la insuflación pulmonar incompleta, como por ejemplo, en el postoperatorio o en presencia de enfermedades neuromusculares.

Revertir la fatiga muscular ventilatoria: en muchos casos, esto se logra poniendo en reposo los músculos respiratorios.

Permitir la sedación y/o el bloqueo neuromuscular: en el caso de que el paciente sea incapaz de ventilar por sus propios medios, o a fin de realizar determinadas instrumentaciones que requieren dicha sedación o parálisis.

Disminuir el consumo de oxígeno sistémico o miocárdico: disminuir el consumo de oxígeno miocárdico o sistémico cuando el trabajo respiratorio u otra actividad muscular deterioran la disponibilidad de oxígeno o producen una sobrecarga al corazón comprometido. Ejemplos de esta situación son el shock cardiogénico asociado al infarto agudo de miocardio (IMA) y el SDRA severo.

Disminuir la presión intracraneala: en ocasiones (trauma cerrado de cráneo) se utiliza la asistencia ventilatoria para disminuir la PIC elevada a través de la hiperventilación controlada.

Estabilizar la pared torácica: en los casos en que un severo trauma torácico impida la función de la pared torácica, para proveer una adecuada ventilación y expansión pulmonar.

PROGRAMACIÓN DEL VENTILADOR

Una vez definido que el paciente requiere de ventilación mecánica debemos elegir con qué ventilador mecánico contamos, ya que en la actualidad existe una gran cantidad de marcas y equipos, todas con diferentes características que debemos conocer muy bien antes de iniciar su uso, por lo que es recomendable capacitar periódicamente al personal que está al cuidado de los pacientes en ventilación

mecánica. Luego procederemos a programar el ventilador teniendo en cuenta todos los parámetros minuciosamente⁵:

Preparar el ventilador: es imprescindible efectuar una preparación previa al uso del ventilador mecánico (Tabla 5); por lo que debemos realizar las siguientes comprobaciones:

Tabla 5.
Preparación previa del ventilador mecánico

- Fuente eléctrica: 220 V 60 Hz
- Cable de tierra
- Fuente de O₂: 50 Psi
- Fuente aire: 50 Psi
- Tubuladuras apropiadas
- Filtros
- Ensamblado según manual
- Funcionamiento previo: diez minutos
- Auto test eléctrico
 - Auto test rápido: 2-3 minutos: Comprueba fugas, mide compliance de los circuitos
 - Auto test global: Prueba integridad operativa del sistema electrónico y neumático

Fuente eléctrica: debemos verificar que contemos con una batería interna operativa y cargada, conociendo su tiempo de autonomía, además asegurar una conexión a una fuente eléctrica, para lo que requerimos verificar cuál es nuestro sistema de suministro, en el hemisferio sur tenemos 220 V y en el hemisferio norte 110 V, por lo que por precaución debemos conectar el equipo a un transformador adecuado y de ser posible a un supresor de picos de energía para evitar daños a nuestro ventilador mecánico.

Cable de tierra¹⁰, polo a tierra o conexión a tierra: se emplea en las instalaciones eléctricas para evitar el paso de corriente al usuario por un fallo del aislamiento de los conductores activos. Se conecta y distribuye por la instalación por medio de un cable aislante de color verde y amarillo, que debe acompañar en todas sus derivaciones a los cables de tensión eléctrica, y debe llegar a través de los enchufes a cualquier aparato que disponga de partes metálicas que no estén suficientemente separadas de los elementos conductores de su interior, por lo que debemos evitar anular la tercera conexión del tomacorriente que es el cable de tierra ya que de lo contrario corremos el riesgo de recibir una descarga eléctrica que produzca un daño directo al operador, al paciente o a los equipos que rodean el ventilador.

Fuente de oxígeno: asegurar un mínimo de 50 Psi de presión ya que éste es el nivel mínimo de seguridad de la mayoría de ventiladores mecánicos (Figura 5).

Fuente de aire comprimido: ya sea que el ventilador cuente con una compresora de aire, una turbina o necesite de una fuente externa de aire comprimido, la presión mínima necesaria de este gas es de 50 Psi para un normal funcionamiento (Figura 5).

Tubuladuras apropiadas: cada ventilador mecánico utiliza un tipo diferente de tubuladuras que se ajustan a los requerimientos del fabricante, los que pueden ser



Figura 5

Suministro de gases

Oxígeno (verde), aire comprimido (amarillo), succión (blanco), todos con su manómetro de control o dispensador de flujo con o sin humidificador.

descartables o reusables y deben estar esterilizados y armados según el manual. Figura 6.

Filtros: es imprescindible contar con filtros de aire, de bacterias, de polvo y de humedad para evitar que nuestros equipos se deterioren, se ajustará los tipos de filtros según las especificaciones técnicas de cada marca.

Ensamblado según manual: como todo equipo de tecnología avanzada y con mayor razón cuando se trata de un mecanismo que proporcionará soporte vital, debe estar ensamblado según el manual y debe evitarse a toda costa hacer modificaciones que pueden causar deterioro en el equipo o daño en los pacientes.

Funcionamiento previo: Con diez minutos de prueba es suficiente para comprobar un buen funcionamiento del ventilador, antes de conectarlo al paciente.

Auto test eléctrico: como todo equipo que tiene un software de computadora se realizan pruebas de comprobación, que según el modelo y marca pueden ser automáticos o requerir seguir unas indicaciones programadas en el sistema o guiarse por el manual del usuario. Así tendremos un Auto test rápido que en dos a tres minutos comprueba si hay fugas y mide la compliance de los circuitos, por lo que cada vez que realicemos un cambio en las tubuladuras lo debemos realizar, de lo contrario la información del monitoreo estará distorsionada y puede llevarnos a cometer errores. Además debemos hacer un autotest global que realizará una prueba de integridad operativa del sistema electrónico y neumático, el que se pasará al inicio y al finalizar el uso del equipo con cada paciente, lo que nos garantizará un mejor funcionamiento y durabilidad del ventilador.



Figura 6

Tubuladoras no apropiadas

Noten que tienen conectados tubuladuras de diferentes modelos (colores), además le han adicionado una conexión a un nebulizador de fuente externa, que generan en conjunto un espacio muerto adicional, el cual puede producir un problema en la ventilación minuto y en el monitoreo general por el flujo externo que genera una distorsión en el seguimiento de este caso.

PROGRAMACIÓN BÁSICA DEL VENTILADOR

En este acápite describiremos cómo debemos programar un ventilador mecánico al inicio del soporte ventilatorio^{1,4,5,6,8,10}. Tabla 6.

Modo ventilatorio: es el primer control que programaremos en el ventilador mecánico, generalmente se inicia en el modo controlado o asistido/controlado ya que así le proporcionaremos un soporte eficiente al paciente con indicación de ventilación mecánica. Convencionalmente iniciamos en el modo controlado por volumen ya que con este modo de entrega podemos evaluar la mecánica ventilatoria del paciente, dejando el controlado por presión cuando existan circunstancias que requieran un mayor control del soporte por compromiso de la compliance o de la resistencia. Los detalles de cada modo ventilatorio los describiremos en un acápite aparte.

FiO₂: En la mayoría de situaciones iniciaremos el soporte ventilatorio con una fracción inspiratoria de oxígeno de 1 (FiO₂:100%), para tratar de optimizar a la brevedad cualquier situación de hipoxemia. Acto seguido regularemos el nivel monitoreando la respuesta con pulsioximetría, idealmente procuraremos que el paciente llegue como mínimo a 92% de saturación, disminuirémos la FiO₂ con intervalos de 10 a 20 minutos, según respuesta siendo nuestra meta inicial llevarlo hasta menos de 50% de FiO₂ en el menor tiempo posible, para evitar los efectos indeseables como lesión de los neumocitos tipo 2 generadores de surfactante y del ingreso de radicales libres de oxígeno que lesionarán aun más el tejido pulmonar, entre otros. Corroboraremos los cambios efectuados con un análisis de gases arteriales.

Tabla 6.

Programación básica del ventilador mecánico
<ul style="list-style-type: none"> • Modo ventilatorio: A/C, SIMV, Espontánea. Volumen o presión • FIO₂ Graduar con pulsioximetría. Objetivo llevar a 92% o más Meta menos de 50% • Frecuencia respiratoria 12 a 16 rpm • Flujo pico, tiempo inspiratorio y relación I:E Controla cuán rápido el VT es entregado o cuánto tiempo la presión inspiratoria programada es aplicada. Normal: 30 – 50 lpm. • Patrón de Flujo: Cuadrada, desacelerada, sinusoidal.

Volumen Tidal (VT) o volumen de aire corriente: inicialmente se programará 6 a 8 cc de volumen por kilo de peso corporal ideal, ya que los extremos de peso (obesidad o delgadez) no determinan un cambio en el volumen pulmonar. Se puede calcular el peso ideal con la fórmula que encuentran en la Tabla 7. También tendremos en cuenta que con el volumen programado idealmente no se sobrepase los 35 cm de presión inspiratoria pico (PIP), nivel de seguridad para evitar posibles complicaciones como barotrauma o volutrauma. En caso de sobrepasar este nivel de presión por condiciones inherentes al paciente como baja compliance o alta resistencia, se disminuirá el volumen corriente programado hasta niveles tan bajos como 4cc por Kg de peso ideal, teniendo en consideración los niveles de PaCO₂ y de pH. Si esta estrategia no permite alejar la presión pico del nivel de seguridad, entonces se regulará la sedación, analgesia e incluso se administrará relajación. En estas circunstancias se puede proceder a cambiar a ventilación controlada por presión, iniciando la programación según el último nivel de PIP y observando el volumen corriente para que cumpla con la programación propuesta de 6 a 8cc/Kg de peso ideal, regulando finalmente la presión para acercarnos a este objetivo.

Frecuencia respiratoria (FR): inicialmente programaremos una FR de 12 a 16 respiraciones por minuto, acercándonos a parámetros normales fisiológicos. Para regular este parámetro tendremos en cuenta el cálculo del volumen minuto, ya que éste determina la PaCO₂ que a su vez está íntimamente relacionado al pH. Idealmente conectaremos un capnógrafo para vigilar el nivel de PaCO₂ para llevarlo a nivel adecuado y tomaremos entonces un análisis de gases arteriales (AGA) que nos permitirá evaluar si hemos programado adecuadamente el volumen minuto. Teniendo en cuenta que el volumen minuto (VM) está determinado por la relación VM=FR x VT y que el VM determina la PaCO₂, usaremos la fórmula derivada

de la ecuación de los gases arteriales¹¹ CO₂ encontrado: (HCO₃ x 1,5) + 8 para comprobar si el CO₂ está o no está compensando el PH.

Revisemos un ejemplo: Tenemos un paciente varón de 70 Kg de peso ideal, con criterios de ventilación mecánica, la cual es programada de la siguiente forma:

Modo: Asistido/Controlado (A/C)

FiO₂: 100%

VT: 6 – 8 cc /Kg. Sería entre 420 – 560 (500 cc), con lo que llega a una PIP de 30 cm de H₂O por lo que se mantiene.

FR: 12 – 16 rpm.¹⁴

PCO₂: 60 mmHg en el capnógrafo. Entonces para determinar si es adecuado o no este nivel de CO₂ le tomamos una AGA: PH: 7,1, PaO₂: 480, PCO₂: 60, HCO₃: 18, que nos revela un problema de acidosis mixta descompensada, entonces aplicando la siguiente fórmula¹¹ el PCO₂ deseado: (HCO₃ encontrado: 18 x 1,5) + 8 = 35 que sería nuestro valor deseado.

Para poder optimizar la programación del VM respectivo recordaremos que:

$$PCO_2 = VM$$

$$VM: FR (14) \times VT (500)$$

$$VM: 7\ 000$$

$$60 = 7\ 000$$

Realizando una regla de 3 simple directa entre lo encontrado y lo deseado podremos obtener el parámetro a cambiar, tendremos que:

$$PCO_2 (60) = VM (7000): FR (14) \times VT (500) \text{ (encontrado)}$$

$$PCO_2 \times VM (e) / PCO_2 \times VM \text{ (deseado)}$$

$$60 \times 7\ 000 / 35 \times VM$$

$$42\ 000 / 35 = VM: FR \times VT$$

12,000 = FR x VT, aquí podría cambiar cualquiera de los parámetros, pero en consideración que el VT estaba bien con respecto al peso ideal y la PIP, lo mantenemos, entonces:

$$12\ 000 = FR \times 500$$

$$12\ 000 / 500 = 24 \text{ rpm}$$

Finalmente concluimos en que modificaremos la programación del VM cambiando la FR de 14 a 24, con lo que conseguiremos llevar el PCO₂ de 60 a 35 mm de Hg en este caso.

Tabla N° 7.

Cálculo del peso ideal (PI)

Hombre: $50 + 0,91 [\text{Altura (cm)} - 152,4]$

Mujer: $45,5 + 0,91 [\text{Altura (cm)} - 152,4]$

Sensibilidad: es el control que programa la respuesta del ventilador con respecto al esfuerzo del paciente, lo que permite activar al ventilador mecánico y proporcionar el soporte inspiratorio, puede ser programado por presión o por flujo. Cuando se programa la sensibilidad por presión en cm de H₂O de presión negativa, un menor valor absoluto proporciona mayor sensibilidad, por lo tanto con menor esfuerzo el ventilador reconoce el esfuerzo inspiratorio del paciente y proporciona el soporte. Sin embargo hay que tener en cuenta que es una maniobra isométrica, por lo tanto no genera volumen hasta que el esfuerzo inspiratorio alcanza el nivel de presión programado. Si programamos un mayor valor absoluto el paciente requerirá mayor esfuerzo para alcanzar el nivel de sensibilidad y podría llegar al agotamiento. De otro lado, cuando programamos la sensibilidad por flujo en valores positivos de litros por minuto, se genera justamente un flujo en el sistema del ventilador el cual está disponible en todo momento para el paciente, quien solo tiene que hacer un mínimo esfuerzo para alcanzar el nivel de flujo, momento en que el ventilador reconoce este esfuerzo y le brinda el soporte ventilatorio programado.

La sensibilidad nos permite afinar la sincronía entre el esfuerzo del paciente y la respuesta del ventilador, pero también puede generar exactamente lo contrario, por lo que requiere una observación continua para programarlo adecuadamente; por esta razón es considerado como el control más difícil de regular. Actualmente podemos servirnos del monitoreo gráfico con las curvas de presión por tiempo, flujo por tiempo y volumen por tiempo para ser más precisos. En algunos casos incluso es necesario el monitoreo de presión esofágica mediante un catéter especialmente diseñado con este fin. Como ejemplo en la Figura 7A podemos apreciar en la curva de presión por tiempo al inicio el esfuerzo del paciente no genera ningún flujo en la curva de flujo por tiempo, entonces realizamos un ajuste de programación hasta conseguir que el flujo aparezca y sea más coordinado con el esfuerzo del paciente.

Flujo inspiratorio o Peak Flow: controla cuán rápido el volumen tidal (VT) es entregado, o cuánto tiempo la presión inspiratoria programada es aplicada, lo que contribuye a determinar el tiempo inspiratorio, ya que si entregamos con más velocidad de flujo, menor será el tiempo que requiere el ventilador para cumplir el volumen programado. En el caso del modo controlado por presión, se generará una pausa inspiratoria mayor o menor según la velocidad de flujo programada; lo contrario prolongará el tiempo inspiratorio y por lo tanto puede generar problemas de auto PEEP al disminuir el tiempo espiratorio.

Patrón de la onda de flujo: Determina la forma cómo el ventilador entrega el flujo inspiratorio, debe considerarse su uso según la situación de cada paciente, evaluando el tiempo inspiratorio, el volumen tidal y la relación inspiración / espiración; siendo tres las más frecuentemente encontradas en los diferentes modelos de ventilador (Figura 7B):

- a) **Flujo constante u onda cuadrada:** entrega el volumen en menor tiempo pero genera mayor presión en la vía aérea que las otras;
- b) **Flujo decreciente o en rampa descendente:** genera una mayor presión de la vía aérea al inicio y una presión alveolar casi iguales; distribuye mejor el volumen tidal, propicia también un mayor tiempo inspiratorio en desmedro del tiempo espiratorio.
- c) **Flujo sinodal o senoidal:** distribuye el flujo similar al anterior pero incrementa aun más el tiempo inspiratorio, algunos autores opinan que es lo más parecido a la fisiológica.

Tiempo Inspiratorio y Relación I: E: el tiempo inspiratorio se regula teniendo en cuenta cuánto tiempo requiere el paciente para entregar el volumen o la presión programada. Además se debe observar que no sea muy corto que genere discomfort en el paciente, ni muy largo que dificulte el tiempo para espirar y genere auto PEEP al no poder completar la salida del gas suministrado en la inspiración.

La relación entre la inspiración y la espiración o I:E, normalmente es 1:2, de tal forma que si por ejemplo programamos FR a 20 por minuto, tendremos que la inspiración será en 1 segundo y la espiración en 2 segundos, si hacemos cambios en esta relación I:E tendremos que cambiar también la velocidad de flujo, para que pueda cumplir el tiempo inspiratorio tal como se explicó previamente, sin que se presente problemas en la inspiración, en muchos ventiladores se cuenta con un programa incorporado que hace los cambios automáticamente.

MODOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

El desarrollo vertiginoso de los equipos de ventilación mecánica⁴ en base a la mejor comprensión de la fisiología respiratoria y al continuo mejoramiento de los equipos informáticos nos proporciona una gama de posibilidades para darle soporte a nuestros pacientes, entregando una mezcla de gases en diferentes modos de presión y flujo.

Para programar el modo respiratorio^{5, 9, 13} se deben tener en cuenta 3 aspectos comunes en la mayoría de los ventiladores mecánicos que son 1) Composición de entrega del gas, es decir la FIO₂ que le proporcionamos, 2) Sensibilidad con que contará la programación, de tal forma que el paciente tendrá o no opción de generar con su esfuerzo un ciclo respiratorio soportado por el ventilador que ya hemos explicado previamente y 3) Forma de entrega del gas que puede ser por volumen o por presión.

Forma de entrega del gas: básicamente hay dos formas:

- a. **Por volumen:** cada ciclo respiratorio es entregado con el mismo nivel de flujo y tiempo, lo que determina un volumen constante independiente del esfuerzo del paciente y de la presión que se genere. La onda de flujo generalmente será una onda cuadrada, ya que la entrega del flujo es constante, algunos equipos

permiten cambiarla a descendente o senoidal, con el fin de disminuir la presión inspiratoria. Pueden ser controlados total, parcialmente o ser espontáneos. Existen diferentes modos de volumen resumidos en la Tabla 8.

- b. Por presión:** cada ciclo respiratorio será entregado en la inspiración a un nivel de presión preseleccionado, por un determinado tiempo. El volumen y el flujo varían según la impedancia del sistema respiratorio y con la fuerza del impulso inspiratorio. La forma de entrega de flujo más frecuente será en rampa descendente. En esta modalidad los cambios en la distensibilidad de la pared torácica así como la resistencia del sistema, influirán en el volumen tidal correspondiente. Así, cuando exista mayor resistencia y menor distensibilidad bajará el volumen y aumentará si mejora la distensibilidad y la resistencia disminuye. Pueden ser controlados total, parcialmente o ser espontáneos. Los diferentes modos de presión están resumidos en la Tabla 8.

A continuación describiremos los modos ventilatorios^{5,6,7,8,13} más frecuentes:

Ventilación controlada por volumen (CMV): Todas las respiraciones son controladas por el respirador y ofrece volumen tidal (VT) y frecuencia respiratoria (FR) predeterminados. No acepta el estímulo inicial del paciente por lo que su uso se reserva a pacientes que no tienen esfuerzo inspiratorio espontáneo o están paralizados, por ejemplo en el post operatorio inmediato o en los pacientes con disfunción neuromuscular (Figura 7 C).

Ventajas de CMV: proporciona soporte ventilatorio total (volumen tidal y frecuencia respiratoria constantes), entonces controla el volumen minuto y determina la PaCO_2 y el patrón ventilatorio.

Desventajas de CMV: el soporte de la ventilación no cambia en respuesta a un aumento de las necesidades, puede generar discordancia (asincronía) con el ventilador, por lo que para una mejor coordinación puede requerir sedación y parálisis; como consecuencia puede aparecer una presión pico (PIP) variable y también tiene alto riesgo compromiso cardiovascular.

Ventilación asistida controlada (AC): Las respiraciones se entregan según lo programado tanto en volumen tidal, flujo pico y forma de la onda, así como la frecuencia respiratoria base. Las respiraciones iniciadas por la máquina o el paciente se entregan con estos parámetros, la sensibilidad se puede regular para que el paciente pueda generar mayor frecuencia respiratoria que la programada. Figura 7D.

Ventajas de AC: tendremos una Ventilación Minuto (VM) mínima asegurada, también el volumen estará garantizado con cada respiración. Se dará una mejor posibilidad de sincronización con la respiración del paciente el que entonces puede mandar su frecuencia.

Desventajas de AC: si la frecuencia espontánea es alta se puede producir alcalosis respiratoria, también puede generarse alta presión en las vías aéreas altas y

Tabla 8.

Modos de ventilación mecánica	
Volumen Constante	Presión Constante
• Controlada (CMV)	• Controlada por presión (PCV)
• Asistida /Controlada (A/C)	• PCSIMV
• SIMV	• Presión de soporte (PS)
• PRVC / Auto Flow	• Bipap/Bilevel
• VS	• APRV

tener complicaciones asociadas. Excesivo trabajo del paciente si el flujo o la sensibilidad no son programados correctamente. Puede haber pobre tolerancia en pacientes despiertos, o sin sedación. Puede causar o empeorar el auto PEEP. Posible atrofia muscular respiratoria si se prolonga por mucho tiempo esta forma de soporte.

Ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV): Combinación de respiración de la máquina y espontánea del paciente. La respiración mandatoria se entrega cuando se sensa el esfuerzo del paciente, es decir está sincronizada con el esfuerzo del paciente. El paciente determina el volumen tidal y la frecuencia de la respiración espontánea, con una frecuencia respiratoria base. Puede ser utilizada en modo CMV (Figura 7 E), así como en modo PCV (Figura 7 F).

Ventajas del SIMV: Nos permite proporcionar una cantidad variable de trabajo respiratorio del paciente, lo que permite ser usado para destete del ventilador. Sin embargo, puede reducir la alcalosis asociada con A/C, lo que ayuda a prevenir la atrofia muscular respiratoria. Adicionalmente produce menor presión en las vías aéreas.

Desventajas del SIMV: Excesivo trabajo respiratorio si el flujo y la sensibilidad no son programados correctamente. hipercapnia, fatiga y taquipnea si la frecuencia programada es muy baja. Incremento del trabajo respiratorio por las respiraciones espontáneas que no tienen soporte de presión.

Ventilación controlada por presión (PCV): Consiste en la aplicación de una presión inspiratoria, un tiempo inspiratorio, la relación I:E y la frecuencia respiratoria, todas programadas por el médico. El flujo entregado varía de acuerdo a la demanda del paciente. El volumen tidal varía con cambios en la compliance y la resistencia. El flujo entregado es desacelerante o en rampa descendente. Figura 8 A.

Usamos PCV para mejorar la sincronía paciente/ventilador, podemos utilizarla como una estrategia de protección pulmonar⁹ ya que limitamos la presión inspiratoria pico, llegamos a presiones inspiratorias bajas con flujo desacelerante, de esta forma también puede mejorar la relación ventilación/perfusión (V/Q). Ajustando el tiempo inspiratorio aumenta la presión media de las vías aéreas y puede mejorar la oxigenación. En las enfermedades alveolares se pueden reclutar alvéolos al aumentar el tiempo inspiratorio.

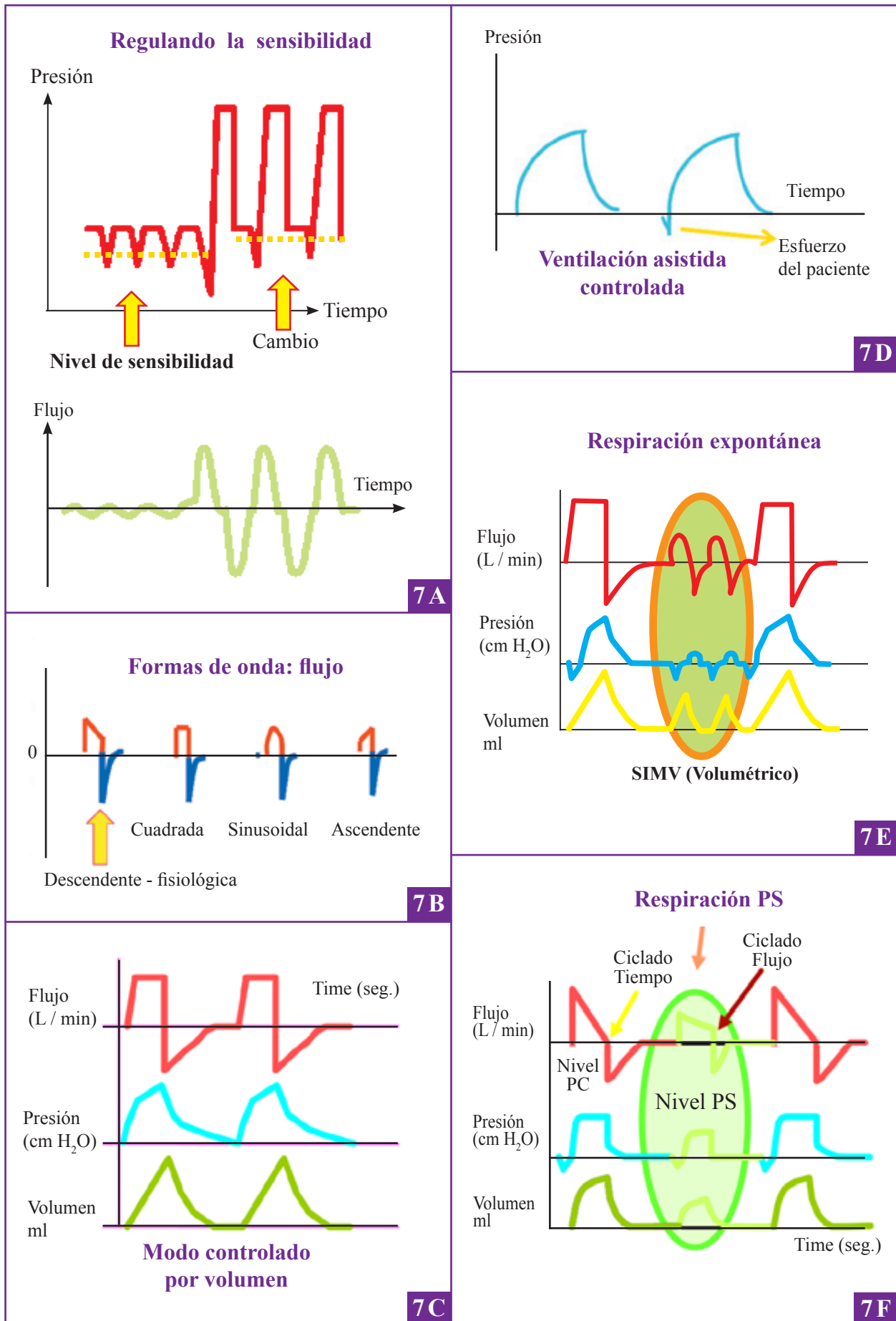


Figura 7. Modos de ventilación más frecuentes

Ventajas de la PCV: Limita el riesgo de barotrauma al limitar la presión pico. Puede reclutar alvéolos colapsados y congestivos. Mejora la distribución de gases en los alvéolos inclusive colapsados.

Desventajas de la PCV: La principal desventaja es que los volúmenes corrientes varían cuando cambia la compliance (Ej. SDRA, edema pulmonar). Otra desventaja ocurre cuando indicamos aumentos en el tiempo inspiratorio, ya que el paciente puede requerir sedación o parálisis.

Ventilación presión de soporte (PSV): Es la aplicación de una presión positiva programada a un esfuerzo inspiratorio espontáneo. El flujo entregado es desacelerante, lo cual es inherente a la ventilación por presión. Para aplicar PSV se requiere que el paciente tenga su estímulo respiratorio intacto, entonces producido el esfuerzo inspiratorio espontáneo este es asistido a un nivel de presión programado, lo que genera un volumen variable. En este modo el paciente determina la frecuencia respiratoria, el tiempo inspiratorio, flujo pico y volumen tidal. Las metas a conseguir con la PSV son superar el trabajo de respirar al mover el flujo inspiratorio a través de una vía aérea artificial y el circuito respiratorio; así como mejorar la sincronía paciente / ventilador y aumentar el volumen tidal espontáneo. Inicialmente se programa una PSV de 5 a 10 cc de presión, se regula según el volumen tidal (VT) resultante. La desventaja es que podría no ser un soporte ventilatorio suficiente si cambian las condiciones del paciente lo que generaría fatiga y es que el nivel de soporte permanece constante sin importar el esfuerzo del paciente, por lo que debe ser minuciosamente vigilado. Se puede usar como complemento con otros modos como SIMV, así como modo de destete del VM.

Presión positiva continua en las vías aéreas (CPAP): Es la aplicación de una presión positiva constante en las vías aéreas durante en un ciclo respiratorio espontáneo. Este modo no proporciona asistencia inspiratoria, por lo que necesita que el paciente tenga un estímulo respiratorio espontáneo activo. Tiene los mismos efectos fisiológicos que la PEEP.

Puede disminuir el trabajo respiratorio, aquí el volumen tidal y la frecuencia son determinados por el paciente. Con frecuencia lo utilizamos como modo final de ventilación antes de extubación (Figura 8 B).

La principal ventaja es que reduce las atelectasias; además mantiene y promueve el funcionamiento de los músculos respiratorios y puede usarse en destete.

Como desventaja debemos recordar que la aplicación de presión positiva puede causar disminución del gasto cardíaco, incrementar la presión intracraneal y barotrauma pulmonar.

MONITOREO DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Es imprescindible realizar un seguimiento de lo que sucede entre el paciente y el ventilador utilizando métodos básicos y avanzados de monitoreo¹⁴, es decir una monitorización multimodal (Figura 8 C) en la que tengamos en cuenta desde las funciones vitales, así como el seguimiento de los efectos positivos y desfavorables en los diferentes órganos y sistemas. También podemos utilizar los diferentes métodos diagnóstico y seguimiento por imágenes, siendo la más utilizada los rayos X portátil de tórax, que nos brinda información básica desde la posición del tubo endotraqueal, la patología que aqueja al paciente y las posibles complicaciones que puedan presentarse. La tomografía axial computarizada (TAC) de tórax nos proporciona mayor información y permite evidenciar patologías como el SDRA, bulas, neumotórax, etc. que con los rayos X no eran visibles, el problema está en el transporte a la salas de TAC para lo que se requiere de un ventilador de transporte lo que tiene riesgo de complicaciones. Un método eficaz y cada vez más difundido es el uso de la ecografía pulmonar con múltiples usos a la cabecera del paciente que se puede repetir sin riesgo para el paciente.

Los avances tecnológicos también nos permiten perfeccionar el seguimiento de la interacción del paciente y el ventilador mecánico¹⁴ lo que nos facilitará optimizar el soporte ventilatorio que brindamos a nuestros pacientes, que enunciamos en la Tabla 9.

Tabla 9.

Metas primarias de la monitorización
<ul style="list-style-type: none"> Identificación con anticipación de procesos en fisiopatología respiratoria y los cambios en la condición del paciente Mejorar el funcionamiento del ventilador y permitir el ajuste fino de las configuraciones del ventilador Determinar la eficacia del soporte ventilatorio Detectar tempranamente algún efecto desfavorable de la ventilación mecánica Reducción del riesgo de complicaciones inducidas por el ventilador o que el ventilador no esté funcionando correctamente

Tabla 10.

Parámetros y valores mínimos para destete	
Frecuencia respiratoria (FR):	12 – 30 por minuto
Volumen corriente (VT)	4 ml/kg o mayor
Volumen minuto (V')	5 – 10 litros
Capacidad vital (CV)	10 – 15 ml/kg mínimo
Presión negativa inspiratoria (PNI) mínimo:	- 20 cm H ₂ O
Distensibilidad dinámica mínima:	25 ml/cm H ₂ O
Cociente FR/VT	Menor de 100 resp/min/litro
Resistencia del sistema	< 5 cms H ₂ O/lt/seg

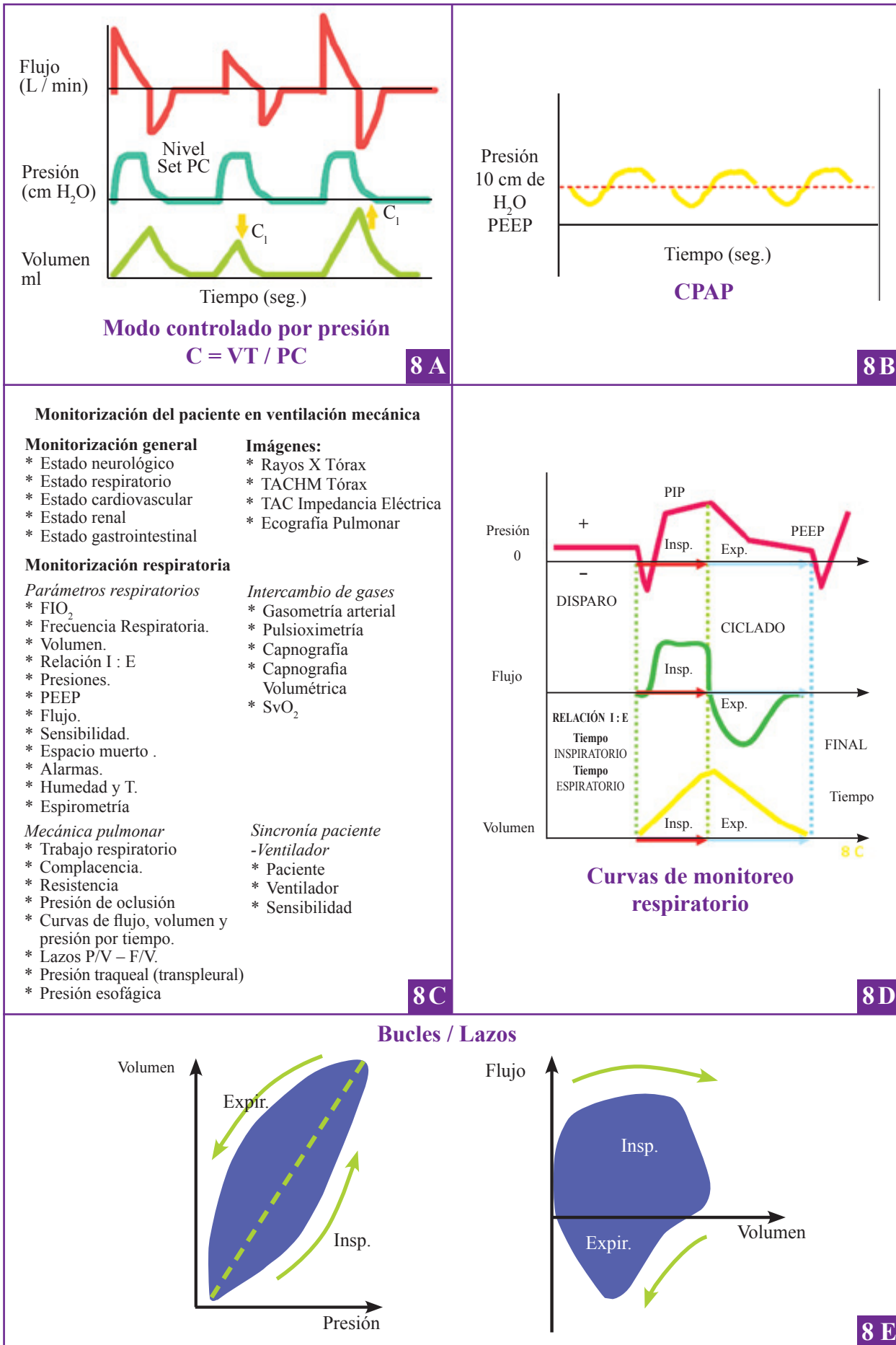


Figura 8. Aspectos de importancia en la ventilación

Entonces ahora podemos hacer seguimiento de los parámetros respiratorios que hemos programado y su interacción con el paciente, reconociendo la situación fisiológica del enfermo y cómo evoluciona con el soporte de la ventilación mecánica, teniendo especial énfasis en los niveles seguros de todas las presiones, la relación inspiración-espирación, el flujo pico, la PEEP, la sensibilidad, el espacio muerto, la humedad, temperatura y la espirometría.

Otra línea de monitorización es intercambio de gases¹² tanto invasivo como no invasivo, como los análisis de gases arteriales (AGA) que nos brinda información del estado oxigenatorio, ventilatorio y el pH del paciente; el seguimiento con pulsioximetría, capnografía y ahora con capnografía volumétrica y saturación venosa de oxígeno continua.

La mecánica pulmonar¹⁴ también la podemos monitorizar haciendo cálculos en base a fórmulas básicas así como por medio de los dispositivos de seguimiento en los ventiladores computarizados modernos que calculan automáticamente todos los parámetros y también como monitoreo gráfico que muestran curvas de Flujo-Presión-volumen / tiempo (Figura 8 D) o Lazos de Presión/volumen o flujo/volumen (Figura 8 E) que nos brindan gran cantidad de información en tiempo real y con la que podemos realizar cambios y verificar los resultados en forma continua¹⁵.

Por último, un rubro importante de seguimiento es la sincronía paciente-ventilador ya que al optimizar la interacción paciente ventilador disminuiríamos el requerimiento de sedación o analgesia, disminuyendo la atrofia muscular, entre otras muchas ventajas.

El monitoreo multimodal de la ventilación mecánica es tan importante que nos motiva a realizar una revisión más extensa en una siguiente publicación.

COMPLICACIONES DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Toda situación anormal durante la ventilación mecánica es potencialmente una complicación grave, porque al comprometer la ventilación pueden llevar a la muerte del paciente. Podemos considerar 4 formas de complicaciones asociadas a la ventilación mecánica:

Asociadas a los sistemas mecánicos: Cuando se presentan problemas con válvulas, mangueras, fuente de gases, conexiones, etc., probablemente es la primera causa de complicaciones evitables, ya que con un adecuado sistema de seguimiento y alarmas programadas adecuadamente, se pueden prevenir y corregir rápidamente en manos de personal entrenado.

Asociadas a la vía aérea artificial: No es infrecuente encontrar estas complicaciones, las que se pueden producir en tres momentos: a) durante la intubación: trauma, aspiración de contenido gástrico, arritmias, etc., b) durante la ventilación mecánica: malposición u obstrucción del tubo, extubación accidental, etc., o c) posterior a la

extubación: principalmente compromiso de los reflejos de la vía aérea y secuelas laringotraqueales. Recordemos que la presión de la mucosa traqueal es de 25 a 35 mmHg por lo que el cuff del tubo endotraqueal se debe mantener entre 20 y 25 mmHg para reducir el riesgo de lesiones traqueales.

Infección pulmonar (neumonía asociada al ventilador NAV): Al colocar un tubo endotraqueal debemos reemplazar las funciones de la vía aérea superior (calentar, humidificar y filtrar el aire), así como realizar un adecuado manejo de las secreciones bronquiales, de lo contrario favoreceremos la aparición de infecciones respiratorias que pueden acarrear comorbilidades, prolongar el soporte ventilatorio e inclusive poner en riesgo la vida del paciente¹⁵. La neumonía asociada al ventilador (NAV) podemos definirla como aquella infección pulmonar que ocurre después de 48 horas de la intubación o el inicio de la ventilación mecánica¹⁶. El diagnóstico es complejo y se basa en tres aspectos clínicos: signos de sepsis (taquicardia, fiebre, leucocitosis), secreciones purulentas y rayos X de tórax con una imagen pulmonar compatible y persistente en el tiempo. El aislamiento por cultivos de un germen patógeno es difícil de distinguir si es el causante de la infección o sólo está colonizando la vía aérea. Se ha demostrado que más del 70% de los pacientes hospitalizados en las unidades de cuidado intensivo tiene su faringe y vía aérea superior colonizada por gérmenes Gram negativos, Gram positivos y hongos, siendo los principales patógenos en la neumonía nosocomial^{16,17}.

Lesiones inducidas por la ventilación mecánica: barotrauma: es una complicación grave, cuya mortalidad alcanza un 10 a 35% y aumenta cuando se atrasa el diagnóstico. El barotrauma engloba una serie de patologías (enfisema intersticial alveolar, enfisema subcutáneo, pneumomediastino, pneumoperitoneo y neumotórax) que tienen en común la presencia de aire fuera de las vías aéreas. Si bien se ha asociado a un aumento en las presiones de vía aérea, uso de PEEP y disminución con ciertos modos de VM, no hay nivel de presión o modo de VM que nos asegure que no vaya a ocurrir, por lo que es una complicación que debe ser tenida en cuenta siempre frente a cualquier desadaptación del paciente, aumento en las presiones de vía aérea o hipoxemia sin origen claro.

Volutrauma: injuria pulmonar inducida por ventilación mecánica, sobre todo por distensión local, antes que por la presión per sé. La distensión alveolar comprime los vasos alveolares aumentando la resistencia vascular pulmonar, lo que produce una sobrecarga del ventrículo derecho, con el consecuente desplazamiento del septum interventricular y disminución del retorno venoso. **Atelectasias:** complicación causada frecuentemente por una programación con bajo volumen tidal o por una obstrucción de la vía aérea, lo podemos prevenir usando PEEP, evitando niveles de oxígeno muy elevados, previniendo tapones mucosos con fisioterapia respiratoria. Muchas veces es necesario eliminarlos con broncofibroscopia. **Atelectrauma:** ocasionado por la apertura y cierre extremo de los alvéolos y es un mecanismo frecuente de injuria pulmonar.

Tabla 11.

Clasificación del destete según el proceso

- **Destete simple:** Destete y extubación exitosa en el primer intento sin dificultad.
- **Destete difícil:** Falla en el primer intento y que requiere hasta 3 intentos separados o 7 días para el proceso.
- **Destete prolongado:** Por lo menos tres intentos de destete o requiere más de 7 días para el proceso.

Tabla 12.

Características básicas de un ventilador de transporte:

- Tamaño y peso adecuados (idealmente entre 2 y 3 kg.).
- Sólidos
- Que tengan dispositivos de fijación
- Controles y mandos en el mismo plano, para facilitar su uso.
- Modos: CVM, PCV, SIMV, CPAP
- Controles independientes de frecuencia respiratoria, volumen tidal, PEEP.
- Fracción Inspiratoria de Oxígeno (FIO₂) regulable mínimo al 100% y 50%.
- Sistema de alarmas de baja presión o desconexión y de alta presión o insuflación excesiva, batería baja, presión de oxígeno.
- Las fuentes de energía pueden ser neumáticas o electrónicas.
- Es preferible utilizar una fuente de oxígeno. Lo ideal es el contar con una fuente de oxígeno capaz de suministrar al menos durante dos horas una FIO₂ del 100% a un caudal de 15 litros minuto.
- Alimentación: batería con autonomía mínima de 2 horas, posibilidad de conexión a la red eléctrica local.

DESTETE DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

El *weaning*, también llamado destete, es la desconexión del paciente sometido a ventilación mecánica. Es un proceso que se lleva a cabo sin mayores dificultades en la gran mayoría de los pacientes, cumpliendo ciertos requisitos, como los expuestos en la Tabla 10. Sin embargo, existe un pequeño grupo de pacientes (10 a 20%), que ya sea por haber estado en VM prolongada o tener un compromiso de la reserva pulmonar, requiere de un tratamiento más gradual, con ejercicios ventilatorios progresivos y apoyo de broncodilatadores. Para iniciar el destete se requiere regresión parcial o total del cuadro que llevó a instaurar la ventilación mecánica, estabilidad hemodinámica y una FiO₂ menor a 0,5 con PEEP menor a 5 cm de H₂O en sus parámetros de apoyo ventilatorio. Los pacientes pueden ser fácilmente clasificados en tres grupos basados en la dificultad y la duración del proceso de destete¹⁸. Tabla 11. Existen diversos métodos de destete siendo los más frecuentes el retiro gradual del soporte, programando el soporte en un modo determinado según el equipo con que contemos, hasta lograr una ventilación minuto espontánea que asegure una buena ventilación y la otra forma es el destete alterno con tubo en T en la que

retiramos al paciente del ventilador por un tiempo que se incrementa progresivamente, alternándolo con reconexión al ventilador hasta conseguir autonomía ventilatoria del paciente.

SEDACIÓN Y RELAJACIÓN EN VENTILACIÓN MECÁNICA

Para facilitar la ventilación mecánica y hacer más confortable este soporte, muchas veces es necesario hacer uso de medicamentos sedantes en bolos IV o infusión continua, en combinación con analgésicos, ambos preferentemente de acción corta para poder regular su efecto con respecto a niveles estandarizados y preferentemente por corto tiempo para evitar los efectos secundarios, como el síndrome de debilidad del paciente crítico.

Los fármacos sedantes más usados son:

Midazolam: es una benzodiazepina de acción rápida, su inicio de acción es de 2-3 minutos, y la duración de su efecto de 0,5-2 horas. Dosis de carga: 0,1 mg/kg IV, repetir hasta conseguir nivel de sedación adecuado. Después seguir en infusión IV continua a la dosis de 0,1 mg/kg/hora.

Propofol: es un anestésico intravenoso, su inicio de acción es de 15 a 45 segundos y la duración de su efecto de 55 minutos. Dosis de carga 1 mg/Kg IV y luego infusión IV continua a 1 mg/Kg /hora.

Dexametomidina: es un potente y altamente selectivo agonista de los adrenorreceptores alfa2 que brinda sedación y analgesia. La dosis de carga es de 1 mcg/kg administrado durante 10 minutos, seguida de infusión IV de mantenimiento a la dosis de 0,2 a 0,7 mcg/kg/hora. Se debe tener precaución con la aparición de bradicardia e hipotensión, sobre todo si se administra rápido.

Etomidate: es un agente no narcótico, no barbitúrico, es un inductor no benzodiazepínico con una rápida acción en 15 a 45 segundos y duración de 3 a 13 minutos con una dosis inicial de 0,3 mg/Kg.

Fentanilo: es un narcótico con efecto analgésico y sedante. El efecto inicial se desarrolla en 60 a 90 segundos y tiene una duración de 45 a 60 minutos luego de un bolo inicial de 5-10 microgramo/Kg.

Succinilcolina: es un relajante muscular despolarizante, la dosis de 1-2 mg/Kg se inicia en 1 a 1,5 minutos y su efecto paralizante dura de 25 a 40 minutos. Tiene como efectos secundarios la hiperkalemia, bradicardia y aumento de la presión intracraneal.

Bromuro de vecuronio: agente bloqueador neuromuscular no despolarizante. La dosis en adultos y niños mayores de 9 años es 80 a 100 µg/kg (bolo inicial) y de 10 a 15 µg/kg (dosis de mantenimiento iniciada 25 a 40 minutos después de la dosis inicial).

Cisatracurium: agente bloqueante neuromuscular no despolarizante con metabolismo independiente hepático y renal, la dosis inicial es de 0,1 a 0,2 mg/Kg, la dosis

de mantenimiento es de 0,05 a 0,07 mg/Kg, su efecto se inicia en 5 a 7 minutos y la duración es variable de 25 a 40 minutos.

TRANSPORTE DE PACIENTES CON VENTILACIÓN MECÁNICA

Trasladar a un paciente conectado a un ventilador mecánico es un proceso habitual que está indicado en diferentes situaciones (Figura 10) en la atención de un paciente en estado crítico, ya sea para trasladarlo del lugar del suceso al hospital, dentro del mismo hospital para realizar pruebas diagnósticas (tomografías, radiología intervencionista), para transportarlo a otros servicios como sala de operaciones o de regreso⁷. Sin embargo, este procedimiento puede resultar muy complejo y con alto riesgo de complicaciones.

El traslado de un paciente crítico con ventilación mecánica conlleva a que se le brinde la misma atención y cuidados que tiene en la UCI, por ello debe estar perfectamente organizada la monitorización de las constantes fisiológicas cardiorrespiratorias, permitiéndonos comprobar la estabilidad del paciente antes, durante y al final del traslado, hasta su recepción por la Unidad Clínica respectiva⁸.

Las características básicas de un ventilador de transporte las podemos resumir en que tenga operatividad, manejabilidad, resistencia y se enumeran en la Tabla 12¹.

Es importante asimismo tener definidas las distintas fases de realización del transporte intrahospitalario¹⁹ para tomar las previsiones correspondientes y garantizar el éxito sin complicaciones del traslado. Así, podemos dividir a éste proceso en tres fases:

Fase de preparación: Una vez conocidos el lugar, la distancia y el tiempo de traslado se determinará las necesidades de material y de personal, así como valorar las posibles complicaciones que puedan aparecer. Se preparará el material a utilizar, revisando su correcto funcionamiento, estado de las baterías, comprobación de balones de oxígeno, respirador de transporte y equipo auxiliar (laringoscopio, tubos endotraqueales, etc.).

Fase de transporte: Los objetivos de esta fase son el de mantener una vigilancia óptima del paciente, realizando una valoración seriada previamente establecida y un soporte adecuado de los sistemas orgánicos en función de las necesidades de cada paciente. Es necesario mantener una correcta coordinación durante el transporte para facilitar el acceso al lugar de destino, controlando los ascensores a utilizar, siendo más prácticos los que funcionan mediante llave, y estar en contacto con el lugar de destino para que estén preparados para la llegada del paciente, evitando esperas innecesarias que podrían causar complicaciones.

Fase de regreso: Una vez de vuelta el paciente a la UCI, se volverán a realizar controles de constantes vitales y

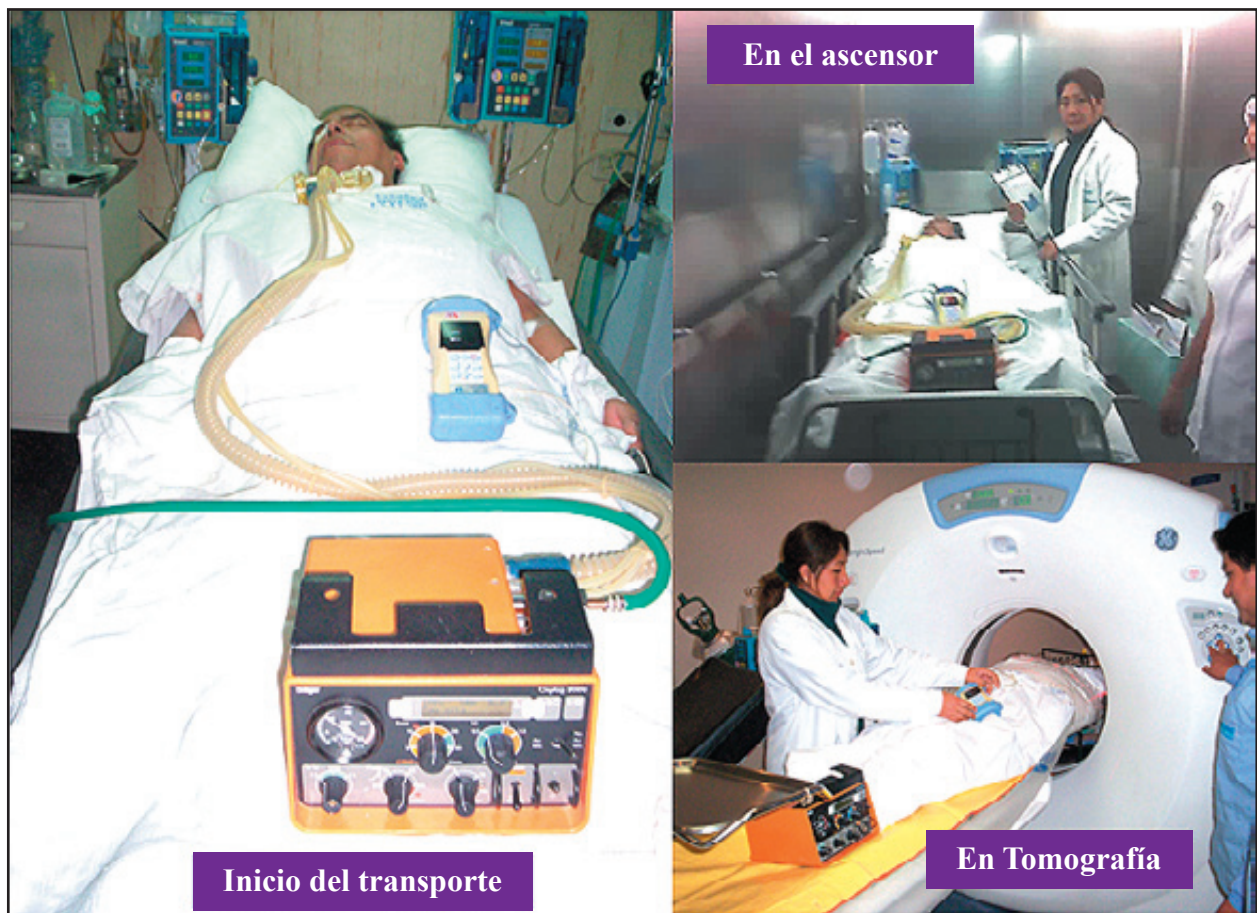


Figura 9
Traslado de pacientes con ventilación mecánica

si estuviese conectado a un respirador es conveniente monitorizar los parámetros de ventilación y realizar gasometría para valorar la situación actual del paciente. Se revisarán las vías, drenajes, sondas, tubo endotraqueal, bombas de infusión, conexión a monitor de pared, etc., dejando al paciente correctamente instalado en su box. Se terminarán de rellenar los datos de la gráfica de transporte, anotando las incidencias que hubiesen ocurrido durante el mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tobin, MJ Principles and Practice of Mechanical Ventilation. Baum's Textbook of Pulmonary Diseases 2nd edition. McGraw-Hill, Inc.; 2006. USA.
2. Gutiérrez, F. Diagnóstico, Monitoreo y Soporte Inicial del Paciente con Insuficiencia Respiratoria Aguda; Simposio: "Atención Inicial Del Paciente Crítico Para No Especialistas" (Parte 1). Revista Acta Médica Peruana Número Especial. 2011.
3. West, J. Fisiología Respiratoria, 7a Edición. Editorial Panamericana, 2007. Buenos Aires, Argentina.
4. Grace K, The Ventilator: selection of mechanical ventilators. Critical Care Clinics, Volumen 14. Numero 4. Octubre 1988. W.B. Saunders Company. Ph. Pennsylvania. USA.
5. Slutsky A, et, al. Mechanical Ventilation. ACCP Consensus Conference. Chest 1993 104:1833-59.
6. Lovesio C. Capitulo Ventilación Mecánica. Medicina Intensiva, Enero 2006, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
7. Dueñas C, Ortiz G, González M. Ventilación Mecánica. Aplicación en el Paciente crítico, 2003. Editorial Distribuna, Bogotá, Colombia.
8. Gozalo ME. Ventilación Mecánica Básica, Procedimientos Respiratorios. Sección 5, Capitulo 82. Tratado de Enfermería de Cuidados Críticos y Neonatales, Julio 2007 <http://www.eccpn.aibarra.org/temario/seccion5/capitulo82/capitulo82>.
9. MacIntyre N. Mechanical Ventilation Strategies For Lung Protection. Duke University Medical Center Durham, NC 27710 Presentation at Conference May 1999 Wisconsin Society for Respiratory Care.USA.
10. Tomado de: es.wikipedia.org/wiki/Toma_de_tierra
11. Girard T, Bernard G. Review Mechanical Ventilation in ARDS: State of the Art. Chest 2007; 131; 921-929.
12. Shapiro B. Aplicaciones clínicas de los gases sanguíneos. Capítulo 6. Páginas 94-104, 5ta edición, 1997. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
13. Hernández A, Triolet A. Modos de ventilación mecánica. Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias 2002; 1:82-94.
14. Jubran A. Advanced in Respiratory monitoring in Mechanical Ventilation. Chest 1999; 116; 1416-1425.
15. Dhand R. Ventilator graphics and respiratory mechanics in the patient with obstructive lung disease. Respiratory Care 2005; 50(2):246-259.
16. Isakow W, Kollef M. Preventing Ventilator-Associated Pneumonia: An Evidence-Based Approach of Modifiable Risk Factors. Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine 2006; 27 (1): 5 – 17.
17. Mariya N, Sistla, et al. Ventilator-associated pneumonia: A review. European Journal of Internal Medicine 2010;21:360–368.
18. Boles JM, Bion A. Task Force: Weaning from mechanical ventilation. European Respiratory Journal 2007; 29: 1033–1056.
19. Cebrián J, Díaz-Alersi R, Coma MJ, et al. Transporte Intrahospitalario. Capítulo 12.1. Transporte de pacientes en estado crítico. Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados críticos; UNINET; <http://tratado.uninet.edu/c120102.html>

CORRESPONDENCIA

Fernando Gutiérrez Muñoz
gm3380@yahoo.es