



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
SECRETARÍA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA**

**VENTILACIÓN MECÁNICA CONVENCIONAL Y NUEVAS  
MODALIDADES DE VENTILACIÓN MECÁNICA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
QUE PRESENTA EL**

**DR. CONCEPCIÓN JERÓNIMO AGUILAR**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL ENFERMO PEDIÁTRICO  
EN ESTADO CRÍTICO**

**DRA. SANDRA LUZ LIZÁRRAGA LÓPEZ  
TUTOR**



**MÉXICO, D.F.**

**2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**VENTILACIÓN MECANICA CONVENCIONAL Y NUEVAS  
MODALIDADES DE VENTILACIÓN MECÁNICA**

**DRA. ROSAURA ROSAS VARGAS  
DIRECTORA DE ENSEÑANZA**

**DR. MARTIN GARRIDO GARCÍA  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO**

**DRA. MARTHA PATRICIA MÁRQUEZ AGUIRRE  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA DEL  
ENFERMO PEDIATRICO EN ESTADO CRÍTICO**

**DRA. SANDRA LUZ LIZARRAGA LOPEZ  
TUTOR DE TESIS**

## INDICE

Contenido	Pagina
<b>Capítulo 1</b>	
Introducción	
Objetivos fisiológicos	1
Objetivos clínicos	1
Generalidades de la ventilación mecánica	3
Parámetros a programar en un ventilador	4
Clasificación de las modas de ventilación	8
Ventilación mecánica controlada	9
Asisto/control (A/C)	10
Ventilación mandatoria intermitente	12
Ventilación con presión de soporte	13
Vigilancia básica del paciente que inicia con ventilación mecánica	14
Bibliografía	15
<b>Capítulo 2</b>	
Nuevas modalidades de ventilación mecánica	17
Modalidades de control dual	21
Sincronía paciente- ventilador	23
Patrón espontáneo amplificado	24
Ventilación asistida proporcional	25
Ventilación líquida	25
Bibliografía	35

## **VENTILACIÓN MECÁNICA CONVENCIONAL.**

*Dra. Sandra Luz Lizárraga-López,  
Dra. Patricia Zárate Castañón,  
Dra. Martha Patricia Márquez Aguirre,  
Dr. Concepción Jerónimo Aguilar,*

La ventilación asistida se define como el movimiento de gases hacia adentro y afuera del pulmón por una fuente externa conectada directamente al paciente a través de diversos dispositivos como: puntas nasales, mascarilla facial, tubo endotraqueal, traqueotomía, los cuales pueden conectarse a un ventilador mecánico.

Es considerada un procedimiento de sustitución temporal de la función respiratoria en aquellas situaciones en las que no es posible realizar el intercambio gaseoso. Esta sustitución se recomienda hasta que el paciente realice de manera espontánea y segura una correcta oxigenación de los tejidos y evite la retención de bióxido de carbono, es decir realice un intercambio gaseoso adecuado.

Los objetivos de la ventilación mecánica dividen en objetivos fisiológicos y clínicos.

### **Objetivos Fisiológicos:**

- Mantener, normalizar o manipular el intercambio de gases.
  - Conservando la ventilación y oxigenación alveolar.
- Mantener el volumen pulmonar.
  - Aumentar la Capacidad Funcional Residual (CFR), evitando el colapso alveolar y cierre de la vía aérea al final de la espiración.
- Reducir el trabajo respiratorio.
- Disminuir el consumo de oxígeno sistémico y/o miocárdico.

### **Objetivos clínicos:**

- Revertir la hipoxemia.
- Corregir la acidosis respiratoria.
- Aliviar la disnea y el sufrimiento respiratorio.
- Prevenir y resolver atelectasias.
- Prevenir la fatiga de los músculos respiratorios.
- Permitir la sedación y el bloqueo neuromuscular.
- Disminuir el consumo de O<sub>2</sub> sistémico o miocárdico.
- Reducir la presión intracraneal.
- Estabilizar la pared torácica.<sup>1</sup>

Estos criterios son indicativos para iniciar la ventilación mecánica, pero lo más importante es el conocimiento del paciente por el médico, su observación continua y la tendencia evolutiva es esencial para decidir intubar e iniciar la ventilación mecánica (VM) en el niño.

Se hace referencia al tipo de pacientes pediátricos susceptibles de ser sometidos a VM<sup>2</sup>:

- Hipoxémicos: por la desigualdades en la relación ventilación perfusión (V/Q) o aumento en los cortos circuitos intrapulmonares (Qs/Qt).
- Hipercapnia por hipoventilación alveolar.
- Pacientes incapaces de proteger y mantener libre la vía aérea, ya sea por alteración en el estado de conciencia, acúmulos de secreciones y/o alteraciones en mecánica de la deglución.
- Pacientes con síndromes médicos o quirúrgicos, donde la VM disminuye el trabajo respiratorio, sobre todo en pacientes con afectación neuromuscular.
- Pacientes que ameritan ventilación mecánica después de una intervención quirúrgica; por ejemplo: procedimientos neuroquirúrgicos, cardiovasculares y de vías respiratorias.

La decisión de intubar y ventilar a un niño por lo general es una indicación clínica, basada más en los signos de dificultad respiratoria que en los parámetros objetivos de intercambio gaseoso y mecánica pulmonar.

Se valoran principalmente los siguientes datos clínicos en la exploración física del paciente pediátrico candidato para iniciar la ventilación mecánica:

a) El estado mental, si tiene agitación, confusión o inquietud y variación entre cada uno de ellos.

b) Signos de trabajo respiratorio, como son:

- Frecuencia respiratoria (frecuencia respiratoria por minuto y profundidad de la respiración).
- Aleteo nasal.
- Uso de músculos respiratorios accesorios.
- Retracción inspiratoria

c) Insuficiencia respiratoria, estado clínico que ya requiere intervención y se identifica por:

- Incremento de los signos de trabajo respiratorio.
- Oxigenación insuficiente (PaO<sub>2</sub> baja) y
- Ventilación deficientes (PaCO<sub>2</sub> alta)
- Fuerza inspiratoria disminuida (< - 25 cm H<sub>2</sub>O)

**Se consideran criterios “clásicos” para realizar intubación endotraqueal y ventilación mecánica, los siguientes:**

### **Intercambio de gases:**

- PaO<sub>2</sub>: < 60 mmHg con FiO<sub>2</sub> ≥ 0.6.
- PaCO<sub>2</sub>: > 50 mmHg.
- pH: < 7.30.

### **Criterios fisiológicos:**

- Capacidad vital: < 12 a 15 ml/Kg.
- Fuerza inspiratoria: < - 20 cm H<sub>2</sub>O
- PaCO<sub>2</sub> > 40 mmHg.
- PaO<sub>2</sub> < 70 mmHg.
- SaO<sub>2</sub> < 97%

En los últimos 30 años, se han desarrollado nuevas técnicas ventilatorias alternativas para el tratamiento de las diferentes enfermedades que ocasionan insuficiencia respiratoria. Además los recientes avances en la tecnología de los microprocesadores en los ventiladores mecánicos permiten una extensa capacidad de monitorización del paciente, además de reconocer la interacción ventilador – paciente, con el menor impacto sobre el parénquima pulmonar y sistema cardiovascular.

Para que la estrategia de ventilación mecánica sea exitosa debe considerarse el tiempo que se requerirá en virtud de la enfermedad de base y la indicación de la misma, la edad del paciente todo lo cual influye para la elección del ventilador y de la moda ventilatoria a utilizar; por lo cual se realizan las siguientes consideraciones:

- El objetivo de la ventilación mecánica.
- La causa que ocasionó el fracaso respiratorio, si fue de carácter agudo o crónico.
- El tipo de patología pulmonar que presenta si es de tipo obstructivo o restrictivo.
- El estado hemodinámico del paciente.
- La necesidad de suplir total o parcialmente la función ventilatoria.

### **GENERALIDADES DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA.**

Existen dos tipos de VM, la de presión negativa y la de presión positiva.

La ventilación de presión negativa se caracteriza por crear una presión subatmosférica intratorácica que hace entrar el aire al pulmón, actualmente ha sido reemplazada por la ventilación de presión positiva.

La ventilación de presión positiva que se caracteriza por crear una presión externa que hace entrar el aire al pulmón y puede ser invasiva, a través de un tubo endotraqueal o traqueostomía y no invasiva que se realiza por medio de mascarilla, puntas nasales o tubo faríngeo.

En el ciclo de la VM existen tres fases:

**1. Insuflación:** El ventilador genera una presión sobre un volumen de gas y tras la apertura de la válvula inspiratoria lo moviliza insuflándolo en el pulmón (volumen corriente) a expensas de un gradiente de presión entre los alvéolos y el flujo inspiratorio.

**2. Meseta:** El gas introducido en el pulmón durante la insuflación se mantiene durante un tiempo para que se distribuya por los alvéolos (pausa inspiratoria). En esta pausa el sistema paciente-ventilador queda cerrado y en condiciones estáticas. La presión media en la vía aérea o presión meseta corresponde a la presión alveolar y va a depender de la distensibilidad pulmonar.

**3. Deflación:** Se inicia con la apertura de la válvula de exhalación y ocurre de forma pasiva dependiendo sólo de la retracción elástica del pulmón insuflado.

Los ventiladores tienen un dispositivo que puede mantener una presión positiva al final de la espiración (PEEP), para evitar el colapso alveolar.

Después de esta consideración, se elige el tipo de ventilador y la moda con la cual se iniciará la ventilación mecánica.

### **Clasificación de los ventiladores:**

En función del mecanismo de ciclado, variable por el que cesa la inspiración e inicia la fase espiratoria, puede ser: presión, volumen, tiempo y flujo.

**Ciclados por presión:** Cuando se alcanza una presión prefijada en las vías aéreas se abre la válvula espiratoria y cesa el flujo inspiratorio. Generan baja presión y pequeña resistencia interna.

**Ciclados por volumen:** Cuando finaliza la insuflación cuando se ha entregado el volumen programado. Genera alta presión y elevada resistencia interna para proteger al pulmón.

**Ciclados por tiempo:** Se mantiene constante el tiempo inspiratorio, variando tanto el volumen que se entrega y la presión que se genera.

**Ciclados por flujo:** El paso a la fase espiratoria ocurre cuando el flujo cae por debajo de un valor determinado.

### **PARÁMETROS A PROGRAMAR EN UN VENTILADOR:**

**1. Moda de ventilación:** Se refiere a la interacción que va existir entre el paciente y el ventilador. Su elección va a depender de la causa que provocó el inicio de la ventilación mecánica y el objetivo de la misma: controlada, asisto/controlada, mandatoria, de soporte y espontánea.

**2. Volumen: (en ventiladores controlados por volumen),** se programa un volumen determinado (corriente o tidal) para obtener un intercambio gaseoso

adecuado. El volumen corriente dependerá de la distensibilidad y la resistencia de la vía respiratoria del paciente. Habitualmente se selecciona de acuerdo a la edad:

- Recién nacido de 4 - 6 ml/Kg.
- Niños mayores de 10 Kg.: 6 – 10 ml/Kg.

**3. Presión inspiratoria pico (PIP): en ventiladores controlados por presión,** es la máxima presión que se alcanza durante la entrada de gas en las vías aéreas.

- Prematuros, iniciar de 10 a 12 cmH<sub>2</sub>O;
- Lactantes, iniciar con 15 cm H<sub>2</sub>O, se puede incrementar hasta 20 - 25 cm H<sub>2</sub>O,
- Niños, entre 25 - 30 cm H<sub>2</sub>O.

Evalúe movimiento de amplexión y amplexación de caja torácica para ajustar la presión en cm H<sub>2</sub>O.

**4. Frecuencia respiratoria (FR):** Se programa en función de la moda de ventilación, volumen corriente, espacio muerto fisiológico, necesidades metabólicas, nivel de PaCO<sub>2</sub> que deba tener el paciente y el grado de respiración espontánea. De acuerdo a la edad se puede iniciar con:

- 0 a 6 meses: 30 - 40 resp./min.
- 6 a 24 meses: 25 - 30 resp./min.
- Preescolar: 20 - 25 resp./min.
- Escolar: 15 - 20 resp./min.

Se recomienda iniciar con la FR que tenía el paciente antes de la intubación en los casos de patología pulmonar para posteriormente ajustar de acuerdo a la evolución clínica y gasométrica.

**5. Tiempo inspiratorio (TI).** Es el período que tiene el ventilador para aportar al enfermo el volumen corriente o la presión inspiratoria pico que hemos seleccionado. Se ajusta según la edad y la frecuencia respiratoria, para conseguir una relación I:E de 1:2

- Lactante: 0,5-0,8 segundos;
- Preescolar, 0,8 - 1 segundos,
- Escolar, 1 - 1,5 segundos.

Tiempo Total = Tiempo inspiratorio (25% del ciclo) + tiempo de pausa (10% del ciclo), 25-35% del ciclo.

*Tiempo inspiratorio largo*, permite introducir el volumen programado con menor presión y mejora la redistribución de aire, aumenta la presión media de la vía aérea (PMVA), puede reducir el retorno venoso y con ello el gasto cardíaco.

*Tiempo inspiratorio corto*, aumenta el pico de presión en modalidad de volumen y puede disminuir el volumen corriente administrado en la modalidad de presión.

**6. Relación inspiración-espирación (I:E):** Es la fracción de tiempo que se dedica a la inspiración y espiración en cada ciclo respiratorio. En condiciones normales la inspiración es un tercio del ciclo respiratorio, mientras que los dos tercios restantes son para la espiración. Por lo tanto la relación I:E será 1:2 , considerando tiempo inspiratorio (TI) total: 35% y tiempo espiratorio (TE) de 65%

- *Relación I:E corta (< 1:2):* Favorece la espiración pero dificulta la inspiración, cuando se ventila por volumen aumenta la presión pico y en la modalidad de presión disminuye el volumen corriente, debido a la disminución del porcentaje del tiempo inspiratorio

- *Relación I:E larga (> 1: 2):* Al aumentar el porcentaje de tiempo inspiratorio, se favorece la entrada y distribución de aire, pero puede impedir la exhalación adecuada y provocar atrapamiento aéreo.

**7. Pausa inspiratoria:** Técnica que consiste en mantener la válvula espiratoria cerrada durante un tiempo determinado; durante esta pausa el flujo inspiratorio es nulo, lo que permite una distribución más homogénea. Esta maniobra puede mejorar las condiciones de oxigenación y ventilación del enfermo, pero puede producir aumento de la presión intratorácica. Puede ser considerada por ejemplo en pacientes con traqueoendobronquitis con presencia de atelectasias cambiantes, siempre y cuando no exista sobredistensión pulmonar.

0,1-0,3 segundos, o 10 % del ciclo.

**7. Flujo:** (volumen controlado × 60 segundos)/Ti – pausa. Se refiere a la velocidad con que el gas entra en la vía aérea. Los ventiladores nos ofrecen la posibilidad de elegir entre cuatro tipos diferentes de onda: acelerado, desacelerado, cuadrado y sinusoidal. Está determinado por la tasa de flujo, que es el volumen de gas que el ventilador es capaz de aportar al enfermo en la unidad de tiempo. Se sitúa entre 40-100 l/min, aunque el ideal es el que cubre la demanda del paciente.

En algunos respiradores es posible programar la velocidad de flujo o pendiente de rampa y en otros el aparato lo calcula de forma automática según la FR y la relación I/E programadas.

En las modalidades de presión, al aumentar el flujo inspiratorio se alcanzará antes y aumentará el volumen corriente administrado.

En la modalidad de volumen, si se aumenta el flujo aumentará la presión pico y la duración del tiempo o de la pausa inspiratoria.

*Tiempo de rampa:* es el tiempo que tarda en alcanzar la presión máxima programada desde el comienzo de la inspiración, es similar a la velocidad de flujo, mayormente utilizada en las modalidades de soporte; su programación es en segundos 0.02 a 0.4 segundos.

*Retardo inspiratorio* (similar a tiempo de rampa), es el porcentaje del tiempo respiratorio que se tarda en conseguir el flujo máximo de la inspiración o la presión máxima (volumen o presión, respectivamente) entre el 5 – 10%

**8. PEEP (Presión positiva al final de la espiración) o CPAP (Presión continua en la vía aérea):** Se utiliza para reclutar o abrir alvéolos, para acrecentar la presión media en las vías aéreas y con ello mejorar la oxigenación. Su efecto más beneficioso es el aumento de presión parcial de O<sub>2</sub> en sangre arterial en pacientes con daño pulmonar agudo e hipoxemia grave, además, disminuye el trabajo inspiratorio. Como efectos nocivos hay que destacar el riesgo de provocar un barotrauma y la disminución del retorno venoso.

Se inicia con 3 – 5 cm H<sub>2</sub>O si existe hipoxemia o mayor según la enfermedad del paciente; los incrementos se pueden ir realizando de 2 cm H<sub>2</sub>O hasta conseguir una mejor oxigenación sin producir repercusión hemodinámica (PEEP óptimo)

**CPAP**, se utiliza en la modalidad espontánea de la ventilación.

**9. Fracción inspiratoria de oxígeno (FiO<sub>2</sub>):** El aporte va entre el 0.21 y 1. Se inicia con un 10-20% por encima de la administrada cuando el paciente respiraba de forma espontánea. Puede ser preferible comenzar con FiO<sub>2</sub> inicial de 1 y disminuirla según la saturación de oxígeno y/o la gasometría. Se seleccionará el menor FiO<sub>2</sub> posible para conseguir una saturación arterial de O<sub>2</sub> mayor del 90%.

**10. Sensibilidad inspiratoria o Trigger:** Mecanismos con el que el ventilador es capaz de detectar el esfuerzo respiratorio del paciente, puede ser por presión o por flujo o volumen. Se programa en las modalidades asistidas, de soporte o espontáneas.

Normalmente se coloca la presión entre - 0.5 a -2 cm/H<sub>2</sub>O y en la ventilación por volumen se programa el flujo de 1 a 3 L/min.

Es importante iniciar con el nivel de sensibilidad al mínimo para que con menos esfuerzo el niño consiga abrir la válvula y se sincronice con el ventilador.

- Presión soporte: es la presión con la que se soporta las respiraciones espontáneas del paciente.

**11. Suspiro:** Es una respiración con un incremento premeditado de volumen corriente al programado en una o más respiraciones en intervalos regulares, con el fin de abrir algunos alvéolos y zonas pulmonares. Solo lo tienen algunos ventiladores, usado en la modalidad de ventilación mandataria intermitente Pueden ser peligrosos por el incremento de presión alveolar que se produce. Se programa el volumen corriente durante el suspiro y el número de suspiros en una hora.

**12. Alarmas:** Se programan con el fin de evitar hipo o hiperventilación, detectan en forma temprana fugas, desconexiones y/o obstrucciones del

circuito respiratorio. Deben de estar activadas en todas las modalidades de ventilación **y no hacer caso omiso de ellas**. Se pueden programar las siguientes alarmas en la mayoría de los ventiladores:

- **De presión:** de preferencia 35 - 40 cm H<sub>2</sub>O, o 10 puntos por encima de lo programado.
- **De FR:** 20% más de la FR considerada como normal para la edad del paciente o la programada según la patología.
- **De volumen (alto y bajo):** 20% por encima y por debajo del volumen prefijado, también se pueden fijar alarmas al volumen minuto espirado.
- **De apnea:** Se activa cuando el paciente y/o el ventilador no realizan ninguna respiración durante un tiempo establecido.
- **De FiO<sub>2</sub> (alta o baja):** se programa aproximadamente un 20% superior e inferior de lo programado a cada momento.
- **Otras alarmas:** que se encuentran en los ventiladores de nueva generación son de volumen atrapado o inconstante, de tiempo inspiratorio insuficiente.

La mayoría de los ventiladores tienen programaciones automáticas, como son desconexión de circuitos, presión de gases, apneas o problemas técnicos.

### ***Clasificación de las modas de ventilación.***

Se refiere a la interacción del paciente con el ventilador. Las más utilizadas son la controlada, asistido/control, ventilación mandataria intermitente y presión de soporte. Se recomienda utilizar las modalidades asistidas y de soporte para mantener la sincronía con el paciente, disminuyendo la necesidad de sedación, relajación y daños a nivel pulmonar; claro que siempre y cuando la patología de base y el objetivo por el cual se inicie la ventilación mecánica se cumpla.

#### **MODAS CONVENCIONALES:**

- Ventilación controlada (por volumen o por presión)
- Ventilación asisto/control (A/C)
- Ventilación mandataria intermitente sincrónica (SIMV)
- Ventilación mandataria intermitente (IMV)
- Ventilación con soporte de presión (PS)
- Ventilación mandataria intermitente sincrónica (SIMV)+ (PS)

#### **MODAS ALTERNATIVAS:**

- Ventilación controlada a presión (PCV)
- Ventilación con relación I:E invertida
- Hipercapnia permisiva
- Ventilación mandataria minuto (VMM)

- Ventilación con liberación de presión (APRV)
- Presión bifásica positiva en la vía aérea (BIPAP)
- Presión positiva continua en la vía aérea (CPAP)
- Ventilación de alta frecuencia (HFV)

### **NUEVAS MODALIDADES:**

#### **Modalidades de control dual:**

1. En el mismo ciclo: aumento de presión:
  - Presión de soporte con volumen asegurado (VAPS)
2. Ciclo a ciclo:
  - a) Limitadas a presión y cicladas a flujo
    - Volumen asistido (VA)
    - Presión de soporte variable (VPS)
  - b) Limitadas a presión y cicladas a tiempo
    - Ventilación controlada a volumen y regulada a presión (PRVC)
    - Ventilación con soporte adaptativo (APV)
    - Autoflow
    - Control de presión variable

#### **Sincronía paciente-ventilador:**

- Automode
- Compensación automática del tubo endotraqueal
- Flujo continuo
- Patrón espontáneo amplificado (PEA)
- Ventilación asistida proporcional (PAV)
- Ventilación líquida

*A continuación expondremos las que son utilizadas con más frecuencia:*

### **VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA:**

Es una moda de ventilación mecánica con presión positiva en la cual el ventilador entrega un flujo de gas programado a una frecuencia respiratoria establecida, ambos son independientes de los esfuerzos del paciente.

El ventilador realiza todo el ciclo ventilatorio, el paciente no interviene activamente en la respiración. Puede ser controlada por volumen, en pacientes mayores de 10 Kg. y por presión en recién nacidos y lactantes menores de 10 Kg.

Durante esta moda de ventilación no se programa sensibilidad.

Se incluyen los siguientes tipos:

- *Con volumen control:* el ventilador entrega un volumen de gas programado en cada respiración.

- *Con presión control:* se programa un nivel de presión constante en cada inspiración, lo cual se consigue con una onda desacelerante del flujo.
- *Con ciclado por presión:* se programa una cantidad de flujo inspiratorio y una presión máxima que cuando se alcanza hace ciclar al ventilador.

**Parámetros a programar de acuerdo a la edad y peso:** VC o PIP, FR, TI, Flujo, relación I:E, PEEP, FiO<sub>2</sub>

Los parámetros con los cuales se inicia podrán ser modificados una vez que se ha realizado una evaluación clínica, control gasométrico para cumplir con los objetivos generales por los cuales se inició la VM.

Está indicada en pacientes en los cuales se quiere disminuir el impulso respiratorio, y tiene que estar bajo sedación profunda y/o relajación y se requiere que el ventilador realice todo el trabajo ventilatorio:

- Pacientes en estado de coma, antecedentes de paro cardiorrespiratorio y edema cerebral secundario;
- Niños con insuficiencia respiratoria severa;
- Niños con inestabilidad hemodinámica, antecedente de paro cardiorespiratorio;
- Pacientes en los cuales se requiere disminuir el consumo de oxígeno y eliminar el gasto energético utilizado en la respiración;
- Procedimientos quirúrgicos que ameriten mantener al paciente con sedación profunda;
- Pacientes con intoxicación por drogas depresoras del sistema nervioso central (SNC)
- Pacientes con muerte cerebral;
- Pacientes bajo anestesia general;

### **DESVENTAJAS:**

1. Uso de sedación profunda y en ocasiones relajación para evitar la asincronía ventilatoria con el paciente, lo que conlleva a riesgo de atrofia muscular de los músculos respiratorios.
2. Riesgo de volutrauma o barotrauma sobre todo cuando el paciente inicia con respiraciones espontáneas;
3. Puede incrementar la presión intratorácica, disminuyendo el retorno venoso y gasto cardiaco sobre todo cuando se utilizan niveles elevados de PEEP.
4. Posible hiperventilación alveolar y alcalosis respiratoria.

### **ASISTO/CONTROL (A/C):**

Suele ser el tipo de ventilación inicial más frecuentemente utilizado. Es una moda en la cual el ventilador tiene una frecuencia respiratoria programada de base, así como una presión y un volumen corriente, pero así mismo permite al paciente realizar respiraciones que pueden ser o no ser asistidas por otra

respiración exactamente igual a la programada. El ventilador requiere el control de sensibilidad para que se pueda sincronizar con el paciente al realizar un esfuerzo respiratorio. Este mecanismo para iniciar el flujo de gas inspiratorio se denomina con la palabra inglesa *trigger* (mecanismo de disparo) y es necesario una cuidadosa programación para conseguir una buena adaptación entre el ventilador y el paciente. Cuando se indican frecuencias respiratorias mayores a las que realiza el paciente es comparable con la ventilación controlada.

Cuando se programan frecuencias respiratorias menor a las que realiza el paciente se puede considerar similar a las siguientes modas: Ventilación Mandatoria Intermittente Sincrónica (SIMV) por presión o por volumen y SIMV con presión de soporte (PS).

Los parámetros a programar son similares a la VMC: PIP o VC, FR, FiO<sub>2</sub>, Relación I:E y PEEP y sensibilidad que se activa cuando detectan un cambio de flujo en el circuito respiratorio y/o el impulso inspiratorio del paciente. Las variables que más afectan al trabajo respiratorio en esta moda son la sensibilidad del *trigger* y el pico de flujo inspiratorio, por lo cual su programación debe de ser muy cuidadosa.

Su indicación es para pacientes que tienen capacidad para iniciar algunas respiraciones, pero que aún no las puede mantener en forma espontánea y su esfuerzo respiratorio es débil.

Dentro de sus ventajas se encuentra el menor uso de sedación y relajación, evitando atrofia muscular, la sincronía con el paciente asegurando un soporte ventilatorio en cada respiración, y así, facilitando el destete ventilatorio.

No se presenta gran repercusión en el retorno venoso, y por lo tanto en el estado hemodinámico del paciente.

#### **DESVENTAJAS:**

- Cuando el paciente se encuentra taquipneico puede desarrollar alcalosis respiratoria.
- Si la sensibilidad es inadecuada se produce asincronía entre el ventilador y el paciente incrementa el trabajo respiratorio y en ocasiones produce ansiedad y disnea.
- Puede aumentar el atrapamiento aéreo y aumentar la PEEPi (Presión positiva al final de la espiración intrínseca), sobre todo en pacientes con obstrucción al flujo aéreo.

Cuando se presenta asincronía entre el niño y el ventilador se deben de considerar los factores que aumentan la insensibilidad al *trigger* como son: que el tubo endotraqueal sea de calibre adecuado, descartar obstrucción de la vía aérea, valorar si existe edema agudo pulmonar, evaluar la PEEP intrínseca. Además se debe de corregir otras medidas encaminadas a disminuir el impulso ventilatorio: anemia, hipovolemia, analgesia, disminuir la temperatura en caso

de hipertermia; si con estas correcciones no se consigue sincronizar al niño con el ventilador, lo mejor sería sedarlo y relajarlo y cambiar a VMC.<sup>3,4,5,6,7,8</sup>

### ***VENTILACION MANDATORIA INTEMITENTE.***

En la VMI se distinguen dos tipos, en función de la sincronización o no de las respiraciones programadas con los esfuerzos del paciente:

**1. VMI o IMV (Ventilación Mandatoria Intermitente):** Modalidad en la cual se programa una FR mínima (menor a la frecuencia respiratoria normal que corresponde a la edad del paciente), pueden ser controladas por presión o por volumen, y con flujo continuo. El paciente puede hacer respiraciones espontáneas en cualquier momento, las cuales no son consideradas por el ventilador y no son sincrónicas con el mismo, es decir que una respiración espontánea del paciente puede superponerse a una realizada por el ventilador. Esta moda de ventilación es utilizada en ventiladores de presión o de volumen que no tienen el comando de sensibilidad.

Con los avances tecnológicos aplicados en los nuevos ventiladores, esta modalidad ha quedado en desuso.

Las indicaciones de este tipo de moda de ventilación son la de destete de la ventilación mecánica y soporte ventilatorio parcial

Se programan: PIP o VC, FR, FiO<sub>2</sub>, TI, Relación I:E y PEEP

### **DESVENTAJA:**

Puede existir un desfase entre los esfuerzos respiratorios del paciente y el ventilador, provocando aumento de volumen y provocar barotrauma.

**2. VMIS O SIMV (Ventilación mandatoria intermitente sincrónica):** Moda en la cual se le programa una FR igual o menor a la que necesita el paciente, se fija una presión o volumen corriente, pero a diferencia de la anterior es que las respiraciones espontáneas realizadas por el paciente si son consideradas por el ventilador y reanudan el tiempo que debe transcurrir entre un ciclo respiratorio y otro. En el ventilador existe un sistema de sensibilidad o disparo por presión o por flujo, que al ser vencidas por el esfuerzo del paciente abren la válvula a demanda y permiten un ciclo respiratorio iniciado por el paciente, es decir que cuando el paciente está inspirando o espirando, el ventilador permite que se realice este ciclo y posteriormente realiza la respiración prefijada.

A la SIMV se le puede añadir, una presión de soporte, como ayuda inspiratoria a las respiraciones espontáneas, considerándose a esta moda como SIMV con presión soporte (SIMV con PS).

Su principal indicación es cuando se inicia retirada de la ventilación mecánica y el paciente tiene control sobre la FR y se encuentra con un esfuerzo respiratorio adecuado

Su ventaja es la de permitir realizar respiraciones espontáneas al paciente, evitando la atrofia muscular, facilitando el destete ventilatorio; disminuyendo el trabajo respiratorio espontáneo.

Evita presiones pico excesivamente altas, disminuyendo el riesgo de barotrauma. Tiene menor repercusión hemodinámica, y menor daño asociado a la ventilación. Es bien tolerada por lactantes, preescolares, escolares y adolescentes.

Los parámetros a programar: PIP o VC, frecuencia respiratoria total o menor para la que corresponde a la edad del paciente en la ventilación controlada, FiO<sub>2</sub>, TI, tiempo de pausa inspiratoria, tiempo de rampa, relación I:E, PEEP y sensibilidad.

#### **DESVENTAJA:-**

- Si la sensibilidad del ventilador no es la adecuada tiene el riesgo de fatiga muscular y provocar hipo o hiperventilación, produciendo acidosis respiratoria o alcalosis respiratoria respectivamente.
- También se debe de considerar la fatiga muscular, ya sea por la sensibilidad o trigger elevado o el niño aun se encuentre con efectos medicamentoso de sedantes y/o relajantes, o la falla nutricia es muy importante.<sup>9,10</sup>

**VENTILACION CON PRESION DE SOPORTE (PSV):** Es una modalidad asistida, limitada a presión y ciclada por flujo, cada ciclo respiratorio debe ser disparado por el niño, venciendo el trabajo respiratorio (resistencia generada por el tubo endotraqueal, circuito del ventilador) y el nivel establecido de sensibilidad o trigger la cual está ayudada por la presión positiva preseleccionada que se suma a la presión ejercida por el paciente. El tiempo inspiratorio y el volumen corriente dependerán del esfuerzo respiratorio del niño y del nivel de presión establecido.

La sensibilidad del ventilador puede ser prefijada por presión (abertura de la válvula determinada por la presión negativa generada por el paciente al iniciar el esfuerzo inspiratorio. Y programada por flujo, donde el ciclo respiratorio está establecido por los cambios de flujo en la vía aérea del paciente, generándose una onda de presión positiva sincronizada con el esfuerzo inspiratorio del niño.

Se usa como ayuda a la respiración espontánea, por lo tanto, el paciente debe conservar un adecuado impulso respiratorio.

Se puede utilizar un nivel bajo de presión soporte de 4 – 5 cm H<sub>2</sub>O, y un nivel alto hasta 14 cm H<sub>2</sub>O

En la presión de soporte, se establece la sensibilidad, la presión meseta, PEEP, tiempo de rampa, sensibilidad espiratoria (si lo tiene el ventilador), FiO<sub>2</sub>,

#### **DESVENTAJAS:**

La presencia de fugas de aire, ya sea por el uso de cánula endotraqueal más pequeña o sin globo, la ruptura del mismo; así también en aquellos pacientes que tienen fístulas broncopleurales, las cuales ocasionan pérdida de presión puede conducir a un autociclado para tratar de compensar esta pérdida.

*El paciente realiza todas las respiraciones de manera espontánea que son asistidas por presión inspiratoria o continua.*

## **VIGILANCIA BASICA DEL PACIENTE QUE INICIA CON VM:**

Se analizan tres parámetros:

### **Clínicos:**

Se observará la expansión de la caja torácica en cada inspiración y espiración, evitando la insuflación elevada o baja, además se vigilará si existen asimetrías en el tórax.

Si existen eventos de lucha del paciente con el ventilador.

Auscultación pulmonar valorando la entrada al gas en forma simétrica en ambos campos pulmonares y detectar datos patológicos.

Se vigilará la presión arterial sistémica, presión venosa central (PVC) y diuresis como datos hemodinámicos de bajo gasto cardiaco; por ejemplo:

Si se presenta hipotensión arterial después de la conexión a la VM, las causas mas frecuentes son caídas del gasto cardiaco por menor retorno venoso y disminución de la hiperactividad simpática. Se puede presentar también en el paciente con alcalosis respiratoria por hiperventilación o por auto-PEEP

Si la presión arterial se eleva, se debe de considerar hipoventilación o acidosis, dolor o ansiedad.

Explorar abdomen, buscando distensión gástrica; si está presente buscar fugas del tubo endotraqueal (cánula de menor calibre o ruptura del globo del tubo endotraqueal), se colocará sonda nasogástrica y si ya la tiene verificar su colocación y/o obstrucción.

### **Gasométrico:**

Una vez iniciada la VM, se debe de realizar una gasometría arterial para determinar pH, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub> y ver si se logra cumplir con los objetivos generales de la VM. Tras la comprobación inicial y después de cada cambio de parámetro en el ventilador se debe de realizar otro control gasométrico o vigilar cambios en el monitor, si contamos con sistemas no invasivos como son capnografía, registro continuo de las curvas de flujo, presión y volumen.

### **Mecánico:**

Se debe de vigilar el manómetro del ventilador observando los siguientes parámetros como son: PIP, presión meseta, PEEP, FiO<sub>2</sub>; cambios en estos parámetros sin haber realizado modificaciones en su programación nos orientan a contingencias con el paciente, con el ventilador o los circuitos del mismo. Por ejemplo:

- PIP alta y presión meseta normal: buscar obstrucción del tubo endotraqueal, broncoespasmo, retención de secreciones.
- PIP y presión meseta alta: neumotórax, edema agudo pulmonar, atelectasia, PEEP intrínseco
- PIP baja, lo primero que se debe de buscar es la desconexión del paciente del ventilador, fugas del circuito<sup>11, 12</sup>

---

<sup>1</sup> Slutsky AS. *Mechanical Ventilation. ACCP Consensus Conference. FCCP; Chest 1993; 104:1833-59*

<sup>2</sup> Santos JA y Net A. En: Net A Benito S. *Ventilación mecánica. 3ª. Ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998; 45- 47*

<sup>3</sup> Ferragut R *Ventilación mecánica controlada y asistida-controlada An Pediatr (Barc) 2003; 59(1):82-102*

<sup>4</sup> Velasco Jabalquinto M, Ulloa Santamaría E, López-Herce Cid J. *Ventilación Mecánica. En: López-Herce Cid J, Calvo Rey C, editores. Manual de cuidados intensivos pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 620-43.*

<sup>5</sup> Ruza F, González Garrido M. *Modalidades de ventilación artificial en el niño. En: Ruza F, editor. Tratado de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Norma, 1994; p. 381-99.*

<sup>6</sup> Chatburn RL. *Ventilación asistida. En: Blumer JL, editor. Guía Práctica de Cuidados Intensivos en Pediatría. Madrid Mosby, 1993; p. 943-55*

<sup>7</sup> Sasson CHS, Mahutte CK, Light RW. *Ventilator modes: old and new. Crit Care Clin 1990; 6:605-613*

<sup>8</sup> Rodríguez Carbajal M, *Ventilación mecánica asistida; en M. Herrera Carranza; Medicina Crítica Práctica : Iniciación a la Ventilación Mecánica Puntos Clave. Editoria Auroch, 2001, 47-51*  
ISBN: 968-7289-93-7

<sup>9</sup> M.E. Valerón Lemaur, J.M. López Álvarez, R. González Jorge y J.L. Manzano Alonso *Ventilación mandatoria intermitente An Pediatr (Barc) 2003;59(1):82-102*

<sup>10</sup> Velasco M, Ulloa E, López-Herce J. *Ventilación mecánica. En: López-Herce J, Calvo C, Lorente M, editores. Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; 620-43.*

---

<sup>11</sup> *Rodríguez-Carbajal M, Ventilación mecánica controlada; en M. Herrera Carranza; Medicina Crítica Práctica : Iniciación a la Ventilación Mecánica Puntos Clave. Editorial Auroch, 2001, 41-45  
ISBN: 968-7289-93-7*

<sup>12</sup> *Herrera Carranza M, Problemas clínicos comunes en ventilación mecánica; en M. Herrera Carranza; Medicina Crítica Práctica : Iniciación a la Ventilación Mecánica Puntos Clave. Editorial Auroch, 2001, 153-160  
ISBN: 968-7289-93-7*

---

## **NUEVAS MODALIDADES DE VENTILACIÓN MECÁNICA**

Las modalidades de ventilación mecánica “no convencional” no son tan nuevas. Cada una tiene un acrónimo, y es usual que el mismo sea desconocido para quienes no están familiarizados con el idioma de la ventilación mecánica. Cada diferente modalidad no es más que un intento de modificar la manera de entregar la Presión Positiva a la vía aérea, y la interrelación entre la asistencia mecánica y el paciente. Las metas son aumentar el reposo de los músculos respiratorios, prevenir el desacoplamiento, mejorar el intercambio de gases, prevenir el daño pulmonar, mejorar la coordinación entre el ventilador y el paciente y promover la curación de los pulmones. La prioridad de cada uno de estos objetivos es variable. Soporte Ventilatorio Total es el término que se utiliza cuando el ventilador realiza todo el trabajo respiratorio requerido; y Soporte Ventilatorio Parcial cuando el paciente puede proveer al menos una proporción de dicho trabajo (1,2).

### **Clasificación de las Modalidades Ventilatorias**

#### **Modalidades ventilatorias convencionales**

- Ventilación Asistida-Controlada. ACV.
- Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada. SIMV.
- Ventilación con Presión de Soporte. PSV.

#### **Modalidades ventilatorias alternativas**

- Ventilación Controlada por Presión. PCV.
- Ventilación con relación I:E inversa.
- Hipercapnia permisiva.
- Ventilación mandatoria minuto. VMM.
- Ventilación con liberación de presión. APRV.
- Presión bifásica positiva en la vía aérea. BIPAP.
- Presión positiva continua en la vía aérea. CPAP
- Ventilación de alta frecuencia. HFV.

### **Nuevas modalidades ventilatorias:**

#### **Modalidades de control dual**

1. En el mismo ciclo

- Aumento de presión

Presión de soporte con volumen asegurado. VAPS.

2. Ciclo a ciclo

---

a) Limitadas a presión y cicladas a flujo

- Volumen asistido. VA
- Presión de soporte variable. VPS

b) Limitadas a presión y cicladas a tiempo

- Ventilación controlada por volumen y regulada por presión. PRVC.
- Ventilación con soporte adaptativo. APV
- Autoflow
- Control de presión variable.

### **Sincronía paciente-ventilador**

- Automode.
- Compensación automática del tubo endotraqueal. ATC.
- Flow-by o flujo continuo.
- Patrón espontáneo amplificado. PEA.
- Ventilación asistida proporcional. PAV.
- Ventilación líquida.

## **MODALIDADES ALTERNATIVAS**

### **1. Ventilación controlada por presión (PCV)**

La ventilación controlada por presión se propone con la finalidad de limitar la presión alveolar. En esta modalidad se ajusta el nivel de presión inspiratoria que se desea utilizar, la frecuencia respiratoria y la duración de la inspiración, y son variables el volumen circulante y el flujo. La limitación más destacable es el riesgo de hipoventilación y los efectos que se pueden producir debido a las modificaciones en el volumen. Es frecuente asociar la utilización de la ventilación controlada a presión con la relación I:E invertida, ya que la prolongación del tiempo inspiratorio puede de alguna manera evitar la hipoventilación. (3)

### **2. Ventilación con relación I:E invertida (IRV)**

La relación I:E (inspiración: espiración) convencional es de 1:2 a 1:4. La ventilación con relación I:E invertida, es decir, con ratios superiores a 1:1, puede asociarse a ventilación controlada a volumen o controlada a presión. El hecho de que la inspiración sea más alargada evita, como se ha comentado, la hipoventilación en el caso de que se asocie a ventilación controlada por presión. El acortamiento del tiempo espiratorio impide el completo vaciado pulmonar, de forma que se produce atrapamiento pulmonar, con la consiguiente aparición de auto-PEEP. Este auto-PEEP se debe monitorizar

---

regularmente mediante una maniobra de pausa espiratoria, ya que en ventilación controlada a volumen genera un aumento de la presión de la vía aérea y en ventilación controlada a presión comporta una disminución del volumen circulante.<sup>11</sup> algunos estudios no demuestran ningún beneficio evidente del empleo de la ventilación con relación I:E invertida, y la ventilación controlada a presión en relación a la clásica controlada a volumen (4).

Cuando se emplea esta modalidad ventilatoria el paciente puede precisar dosis de sedación elevadas e incluso la administración de relajantes musculares.

### **3. Hipercapnia permisiva (PH)**

Para garantizar la normocapnia durante la VM, a veces deben emplearse volúmenes circulantes elevados, con el consiguiente aumento de la presión en la vía aérea, la aparición de alteraciones hemodinámicas y el riesgo de baro/volutrauma. La ventilación con hipercapnia permisiva tiene como finalidad el disminuir la incidencia de baro/volutrauma al ventilar al paciente con volúmenes circulantes alrededor de 5 ml/kg, sin que éstos generen presiones en la vía aérea superiores a 35 mmHg. Este tipo de ventilación produce una acidosis respiratoria por hipercapnia, hecho que incrementa el estímulo central y hace que los pacientes requieran dosis elevadas de sedación y a menudo relajación muscular. Su empleo está contraindicado en las situaciones de hipertensión endocraneal, patologías convulsionantes y en la insuficiencia cardiocirculatoria. Algunos estudios demuestran que la ventilación con hipercapnia permisiva reduce la incidencia de barotrauma y mejora la supervivencia en pacientes con lesión pulmonar aguda, junto con una reducción de la duración de la ventilación, de la estancia media en la UCI y de las infecciones pulmonares.<sup>(5)</sup> En dos estudios se comparò de forma prospectiva y randomizada los efectos de la ventilación con hipercapnia permisiva vs la ventilación convencional. En el estudio de Amato<sup>(6)</sup> la incidencia de barotrauma fue claramente diferente en los dos grupos, 42 % en el grupo control y 7 % en el grupo tratado con hipercapnia permisiva, pero no se observaron diferencias significativas entre las dos modalidades en la mortalidad al egreso.

### **4. Ventilación mandatoria minuto(MMV)**

En la década de los setenta Hewlett et al (7) propusieron la ventilación mandatoria minuto (VMM) como modalidad para desconectar a los pacientes de la VM. Esta modalidad garantiza un nivel mínimo de ventilación minuto para cubrir las demandas del paciente, el paciente decide la frecuencia respiratoria (b) y el ventilador ajusta los parámetros en función de su respuesta. El modo de funcionamiento varía de un ventilador a otro, se ajusta un volumen minuto mínimo y teniendo en cuenta el volumen minuto espontáneo del paciente, el

---

ventilador administra el volumen minuto restante modificando la  $f$  o el VT. En un estudio de Lemaire en el que se valoraban los efectos de la VMM en 10 pacientes afectos de IRA, se puso de manifiesto que la VMM proporcionaba una ventilación adecuada y segura si se ajustaba el apropiado soporte ventilatorio. A pesar de ser una modalidad ampliamente descrita en la literatura, su uso rutinario es poco frecuente. (8)

### **5. Ventilación con liberación de presión (APRV)**

La APRV combina los efectos positivos de la presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), con el incremento en la ventilación alveolar obtenido por el descenso transitorio de la presión en la vía aérea desde el nivel de CPAP a un nivel inferior. La ventilación con liberación de presión proporciona períodos largos de insuflación, intercalados con períodos breves de deflación pulmonar. Es una modalidad de soporte ventilatorio parcial ciclada por el ventilador o por el paciente y en la que durante el período de insuflación el paciente puede respirar espontáneamente. Su principal ventaja radica en el hecho de que la presión en la vía aérea se puede fijar en un nivel modesto, y además como la presión se mantiene durante un período más largo del ciclo respiratorio se produce un reclutamiento alveolar. En teoría, los breves períodos de deflación no permiten el colapso alveolar, pero sí es suficiente para que el intercambio de gases no se vea afectado por la salida de CO<sub>2</sub>. La experiencia clínica es limitada, pero los datos demuestran que se produce un correcto intercambio de gases y además se produce una coordinación con el paciente, a pesar de que sea un patrón respiratorio inusual. (9)

### **6. Presión bifásica positiva en la vía aérea (BIPAP) (Bilevel)**

La presión bifásica positiva en la vía aérea (BIPAP) es, al igual que la APRV, otra modalidad controlada por presión y ciclada por tiempo. La duración de cada fase con su nivel correspondiente de presión se puede ajustar de forma independiente. Permite al paciente inspirar de forma espontánea en cualquier momento del ciclo respiratorio. En caso de que el paciente no realice ningún esfuerzo inspiratorio, el comportamiento del respirador será el mismo que en ventilación controlada a presión. (9)

### **7. Presión positiva continua en la vía aérea. (CPAP)**

Es una modalidad de respiración espontánea con PEEP, en la cual se mantiene una presión supraatmosférica durante todo el ciclo ventilatorio. El

---

flujo debe ser alto para garantizar un aporte de gas elevado, superior a los requerimientos del paciente y las oscilaciones de presión pequeñas (< 5 cm. H<sub>2</sub>O) para no provocar trabajo respiratorio excesivo. Se puede aplicar con máscara facial como una modalidad de ventilación mecánica no invasiva.

## **8. Ventilación de alta frecuencia. (HFV)**

La ventilación de alta frecuencia se experimentó por primera vez en perros en 1967. De forma general se define como el soporte ventilatorio que utiliza frecuencias respiratorias superiores a las habituales, alrededor de 100 respiraciones por minuto en adultos y de 300 en pacientes pediátricos o neonatales. Para poder suministrar gas a estas frecuencias se deben emplear mecanismos específicos, que generalmente consisten en osciladores o “jets” de alta frecuencia, ya que los ventiladores convencionales no pueden trabajar a frecuencias tan elevadas. Diferentes estudios han demostrado un transporte razonable de gases, pero no se han demostrado diferencias en la supervivencia, días de estancia en la UCI, ni reducción en las complicaciones al compararla con la ventilación convencional. (10)

## **NUEVAS MODALIDADES VENTILATORIAS**

Las nuevas modalidades ventilatorias tienen la finalidad de responder de forma efectiva a los cambios que se producen en la demanda ventilatoria del paciente y para mejorar la interacción paciente-ventilador. Algunas de las nuevas modalidades ventilatorias permiten al ventilador controlar el volumen o la presión basándose en un mecanismo de feedback de volumen. Estas modalidades reciben el nombre de modalidades de control dual.

Existen dos tipos de control dual, el primero realiza modificaciones en los parámetros del ventilador dentro del mismo ciclo respiratorio y el segundo realiza las modificaciones pertinentes ciclo a ciclo, es decir, modifica el soporte en el ciclo siguiente, a partir de los datos recogidos en el ciclo anterior.<sup>20</sup>

Las nuevas modalidades que prestan especial atención a la sincronía entre el paciente y el ventilador son el automode, la compensación automática del tubo endotraqueal, el Flow-by, el patrón espontáneo amplificado y la ventilación Asistida Proporcional. Finalmente en este apartado también se incluye la ventilación líquida, ya que es una nueva modalidad ampliamente utilizada en estudios experimentales.

### **1. Modalidades de control dual**

#### **a) Control dual en el mismo ciclo**

En la modalidad de control dual en un ciclo, este control permite el paso de presión control a volumen control en medio del ciclo. i) Aumento de presión: La

---

ventilación comienza como controlada a presión, si el volumen no se ha entregado cuando el flujo decae, entonces la ventilación pasa a volumen control. Si la presión cae por debajo del valor ajustado entonces vuelve a control de presión.(12) ii) Soporte de presión con volumen asegurado (VAPS): El respirador asegura un volumen tidal predeterminado a una mínimo de presión, en modalidad de los ventiladores TBird y Bird 8400ST (Bird Corp., Palm Springs, CA). La descripción inicial de esta modalidad ventilatoria la realizó Amato, (13) en un estudio realizado en ocho pacientes con IRA, y observaron una reducción del 50% en el trabajo respiratorio, al comparar la VAPS con la ventilación controlada a volumen clásica.

## **b) Control dual ciclo a ciclo**

En las modalidades de control dual ciclo a ciclo, el límite de presión de cada ciclo aumenta o disminuye en función del volumen circulante del ciclo previo. Dependiendo de si es el flujo o el tiempo el responsable de finalizar la inspiración, la ventilación limitada a presión puede ser ciclada a flujo o ciclada a tiempo. (14)

### **• Limitadas por presión y cicladas por flujo**

Las nuevas modalidades de ventilación limitada a presión y ciclada a flujo son:

a) **Volumen soporte o volumen asistido (VA)** (Siemens 300; Siemens-Elcoma AB, Solna, Sweden).

b) **Presión de soporte variable (VPS)** (Venturi; Cardiopulmonary Corporation, New Haven, CT). En estas modalidades, se programa un VT y un volumen minuto deseados, así como una frecuencia de referencia, y el ventilador, de forma automática en cada ciclo, calcula y ajusta el nivel de presión de soporte necesario para conseguir el volumen prefijado en función de la mecánica pulmonar del paciente. Durante este tipo de ventilación se debe prestar atención a las alarmas de volumen espirado mínimo y máximo. Las alarmas que responden a un alto o bajo volumen espirado pueden indicar cambios en la constante de tiempo del sistema respiratorio, pérdidas alrededor del tubo endotraqueal o de los pulmones o desconexión del circuito del paciente. (15)

### **• Limitadas por presión y cicladas por tiempo**

En las nuevas modalidades de ventilación limitada a presión y ciclada a tiempo, se emplea el volumen como un control de retroalimentación para ajustar de forma continua el límite de presión. La supuesta ventaja de estas modalidades es el mantenimiento de un pico mínimo de presión que permite administrar un volumen predeterminado y la desconexión automática del paciente cuando éste mejora. Dentro de estas modalidades se incluye:

---

a) Ventilación controlada por volumen y regulada por presión. (PRVC): Se ajusta la presión a su menor nivel posible entregando el volumen prefijado. Esta moda se ha llamado ventilación de presión adaptativa, auto-flujo, volumen control plus, ventilación control de presión variable, este modo esta por debajo del control dual de presión y volumen, el médico predetermina un volumen tidal deseado y el ventilador una respiración limitada o controlada por presión hasta que el volumen tidal predeterminado es entregado al paciente. Disparo a disparo la presión inspiratoria es automáticamente ajustada de acuerdo a la complianza y/o resistencia para liberar el volumen tidal programado, el ventilador monitoriza cada respiración y compara el volumen tidal liberado con el volumen tidal programado. Si el volumen liberado es también bajo se incrementa la presión inspiratoria en la siguiente respiración. Si el volumen es alto se disminuye el PIP en la siguiente respiración. La ventaja de esta modalidad. Este ajuste da al paciente la menor PIP necesaria para entregar el volumen tidal programado. Nos da la oportunidad de liberar una ventilación minuto mínima con la menor presión pico de la vía aérea posible. (16)

b) Ventilación con soporte adaptativo. (ASV): El volumen minuto entregado se basa en el peso corporal ideal del paciente y el porcentaje del Volumen Minuto (VM) que debe aportarse. Durante cada inspiración el ventilador determina la mecánica pulmonar del paciente en cada respiración y a continuación ajusta la frecuencia, Volumen Tidal (VT) y la relación I:E para minimizar la presión y continuar manteniendo el volumen requerido. (Hamilton Galileo; Hamilton Medical, Reno, NV). (17)

c) **AutoFlow:** No es una modalidad real. Es un aditamento que regula el nivel de flujo inspiratorio para generar menor presión y lograr el volumen programado. (Evita 4; Drägerwerk AG, Lübeck, Alemania). (18)

d) **Control de Presión Variable:** El respirador censa el volumen tidal entre cada respiración, y en la siguiente respiración aumenta la presión de soporte hasta alcanzar paulatinamente el volumen tidal deseado. Estas modalidades tienen el mismo principio de funcionamiento, ya que incorporan las ventajas de la ventilación controlada a volumen, es decir, se asegura un VT determinado y las ventajas de la controlada a presión, ya que limitan la presión en el valor ajustado. A pesar de ser modalidades muy interesantes no se dispone todavía de estudios suficientes que demuestren su efectividad. (19).

## **Sincronía paciente-ventilador**

### **1. Automode**

El Automode es una modalidad disponible

---

en el Servo Siemens 300A (Siemens- Elema AB, Solna, Sweden), que combina soporte de volumen con control de volumen regulado a presión en una única modalidad, cambiando de una a otra en función de la actividad respiratoria del paciente.(9)

## **2. Compensación automática del tubo endotraqueal (ATC)**

La compensación automática del tubo endotraqueal, disponible en Puritan Bennet 840, compensa de forma automática la resistencia del tubo endotraqueal a través de un circuito cerrado de cálculo de la presión traqueal, ajustando la presión necesaria para garantizar el volumen tidal deseado.(3)

## **3. Flow-by o flujo continuo**

El flow-by o flujo continuo, disponible en el ventilador basado en microprocesador Serie 7200 (Nellcor Puritan Bennett Inc, Coral Springs, EE. UU.), mantiene una circulación constante de gas, que tiene como finalidad cubrir de forma inmediata el esfuerzo inspiratorio del paciente. El flujo continuo es activo en todas las respiraciones, ya sean mandatorias o espontáneas, sea cual sea la modalidad elegida como soporte ventilatorio. Para activarlo, se debe ajustar el flujo de base y la sensibilidad de flujo, necesario para que el ventilador reconozca la inspiración de paciente. Para no oponer resistencia a la salida del flujo del paciente, el flujo de base se reduce de forma automática durante la espiración. Sassoon demostró que cuando se empleaba el flujo continuo, la respuesta del ventilador al esfuerzo inspiratorio del paciente, era mucho más rápida (80 mseg) con una sensibilidad ajustada a tres litros/minuto, al compararse con un trigger de presión convencional ajustado a -1cm. H<sub>2</sub>O, en el que la respuesta del ventilador se producía a los 250 mseg del inicio del esfuerzo del paciente. (17)

## **3. Patrón espontáneo amplificado (PEA)**

La última modalidad comercializada que favorece la sincronía paciente-ventilador, es la ventilación vectorial incorporada en el respirador Vector \* XXI, diseñado y fabricado por Temel S.A. Este ventilador además de disponer de todas las técnicas actuales de ventilación, ofrece la posibilidad de ventilar con un patrón de flujo similar al del paciente. En la modalidad de espontánea ofrece la novedad de la técnica de patrón espontáneo amplificado (PEA), en la que a partir de generar una pendiente rápida de flujo, en función de la demanda del paciente amplifica su propio patrón con la finalidad de cubrir sus demandas ventilatorias. En un estudio realizado en la unidad, en el que se comparaban los efectos fisiológicos de la PEA y de la PSV sobre el trabajo y el patrón respiratorio en 11 pacientes durante la fase de retirada de la VM, se puso de manifiesto que los efectos agudos de ambos métodos ventilatorios eran

---

similares en términos de trabajo respiratorio, cuando el soporte proporcionado por el ventilador era equivalente. (20)

#### **4. Ventilación asistida proporcional (PAV)**

La ventilación proporcional asistida permite optimizar las interacciones paciente/ventilador, estableciéndose una relación más sincrónica y armoniosa. El mecanismo de control de la ventilación del propio paciente es preservado y mejorado, y se produce una menor presión en la vía aérea, así como una menor probabilidad de sobredistensión. Es un soporte ventilatorio interactivo que utiliza ganancias de flujo y de volumen para suministrar soporte ventilatorio a partir de las demandas del paciente. Cuanto mayor es el esfuerzo del paciente, mayor es el soporte que realiza el aparato. El objetivo es asegurar la sincronía entre el paciente y el ventilador durante niveles altos y moderados de soporte ventilatorio. Los datos clínicos demuestran que este tipo de ventilación facilita la sincronía entre el paciente y el ventilador, hecho que repercute en el confort del paciente.<sup>43</sup> Recientemente, en un estudio de Ranieri, la PAV se ha utilizado con éxito para disminuir el trabajo respiratorio durante el soporte ventilatorio parcial en los pacientes con EPOC.<sup>(21)</sup>

Esta modalidad no tiene todavía aplicación clínica pero parece ser que está en preparación en los ventiladores que se comercializarán en un futuro no muy lejano.

#### **5. Ventilación líquida (LV)**

La ventilación líquida utiliza un líquido gas soluble para reemplazar o aumentar la ventilación. La primera aplicación biomédica de la ventilación líquida fue en 1962, el líquido empleado es el perfluorocarbono, el cual se distribuye en el pulmón generando presiones de insuflación muy bajas, posee además una alta solubilidad para los gases respiratorios. Un volumen determinado de perfluorocarbono saturado con oxígeno contiene por lo menos tres veces más oxígeno que el mismo volumen en sangre o aire. Las primeras investigaciones se realizaron sumergiendo completamente al animal en el líquido y se observó que a pesar de mantener una oxigenación adecuada se producía retención de CO<sub>2</sub> y acidosis. Se han descrito dos técnicas, la ventilación líquida total y la ventilación líquida parcial. El fracaso de la ventilación líquida total motivó el desarrollo de la ventilación líquida parcial, en la que se combina la ventilación mecánica convencional con los principios de la ventilación líquida. El primer estudio en humanos se publicó en 1990, y puso de manifiesto que este tipo de ventilación aumentaba la complianza, facilitaba la expansión uniforme del pulmón y mejoraba la oxigenación sin producir compromiso hemodinámico. Actualmente no existen suficientes datos para asegurar si esta técnica es útil para prolongar los períodos o afecta a la supervivencia en animales o

---

humanos, pero están en marcha diferentes estudios multicéntricos para valorar la efectividad de la ventilación líquida en distintos grupos de pacientes. (21)

## **CONCLUSIONES**

En un estudio reciente de Esteban et al,<sup>32</sup> realizado en 412 UCI de siete países: España, Portugal, Estados Unidos, Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, con 4153 pacientes, el 39 % estaba en VM al ingreso en UCI, el 47 % en la modalidad asistida controlada, el 31 % en ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV) + presión de soporte (PS), el 15 % en PS y el 7 % restante en otras modalidades. De estos resultados se observa que el 93 % de los pacientes estaban ventilados con modalidades convencionales y que las modalidades alternativas y las nuevas modalidades están representadas por el 7% restante. Desde la última década se dispone de nuevas modalidades ventilatorias que facilitan el destete y reducen la necesidad de una acción directa por el médico. Los clínicos deben comprender estas nuevas técnicas de ventilación y apreciar los matices en los algoritmos ventilatorios. La decisión de aplicar una modalidad particular de ventilación, sin embargo, debe basarse en una comprensión de la fisiología subyacente. Solo porque una nueva modalidad haga lo que dice hacer, no quiere decir que sea más útil, que las modalidades ya existentes. Desafortunadamente no existen datos suficientes que apoyen la efectividad de cualquier modalidad ventilatoria de destete. Cuando el ventilador se usa para destetar, la elección de una modalidad de destete en particular se determina casi siempre por las experiencia del intensivista, preferencias institucionales y la disponibilidad de ventiladores o modalidades específicas. (22)

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leung, P.; Jubran, A.; Tobin, J. M. Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997; 155: 1940-8.
2. Chatburn RL.: A New System for Understanding Modes of Ventilation, RRT, FAARC. 2002
3. Marini JJ.: Pressure-controlled ventilation. En: Tobin MJ, ed. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation.* New York: McGraw-Hill; 1994. p. 305-17
4. Mancebo J, Vallverdú I, Bak E et al.: Volume-controlled ventilation and pressure-controlled inverse ratio ventilation: A comparison of their effects in ARDS patients. *Monaldi Arch Chest Dis* 1994;49:201-7
5. Hickling KG: Low-volume ventilation with permissive hypercapnia in the adult respiratory syndrome. *Clin Intensive Care* 1992;3:67-78
6. Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros D et al.: Beneficial effects of the «open lung approach» with low distending pressures in acute respiratory distress syndrome. A prospective randomized study on mechanical ventilation. *Am J Resp Crit Care Med* 1995;3:1835-46
7. Hewlett AM, Platt AS, Terry VG: Mandatory minute volume. *Anaesthesia* 1977;32:163-9
8. Quan SF: Mandatory minute ventilation. En: Tobin MJ, ed. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation.* New York: McGraw-Hill; 1994. p. 333-7
9. MacIntyne Neil R: New modes of mechanical ventilation. En: Nahum A, Marini JJ, eds. *Clinics in Chest Medicine. Recent advances in Mechanical Ventilation.* USA: WB Saunders Company; 1996. p. 411-22
10. Tintoré M: Evita 4. En: Net A, Benito S, eds. *Ventilación mecánica.* 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 485-99
11. MacIntyne Neil R: New modes of mechanical ventilation. En: Nahum A, Marini JJ, eds. *Clinics in Chest Medicine. Recent advances in Mechanical Ventilation.* USA: WB Saunders Company; 1996. p. 411-22
12. Branson RD: New modes of mechanical ventilation. *Current Opinion in Critical Care* 1999;5:33-42
13. Amato MBP, Valente CS, Bonassa J et al. : Volume-assured pressure support ventilation (VAPSV). A new approach for reducing muscle workload during acute respiratory failure. *Chest* 1992;102:1225-34
14. Rincón M.: Ventilador BEAR 1000. En: Net A, Benito S, eds. *Ventilación mecánica.* 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 413- 25
15. Esquinas JJ.: Sistema Servo 300. En: Net A, Benito S, eds. *Ventilación mecánica.* 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 500- 12
16. Campbell RS, Branson RD, Johannigman JA : Adaptative support ventilation. *Respir Care Clin N Am* 2001 Sep;7(3):425-40 25. Sanborn WG: Ventilador basado en microprocesador. Serie 7200. En: Net A, Benito S, eds.

---

Ventilación mecánica. 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 426-47

17. Palma O: Manual práctico de ventilación mecánica. 1 Ed. p 55. 200127. Sassoon CSH: Mechanical ventilation design and function: the trigger variable. Respir Care 1992;37:1036- 69

18. Notario S, Jordá R, Alapont V, Galván A: La ventilación vectorial. Respirador Vector \* XXI. En: Net A, Benito S, eds. Ventilación mecánica. 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 513-8

19. Santos JA, Romero E, Subirana M, Mancebo J: Efectos fisiológicos del patrón espontáneo amplificado y la presión de soporte sobre el trabajo y patrón respiratorios. Med Intensiva 1998;22:253

20. Ranieri VM, Grasso S, Mascia L et al. : Effects of proportional assist ventilation on inspiratory muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory failure. Anesthesiology 1997;86:79-91

21. Villar J: Respiración líquida: de hombres como peces. En: Net A, Benito S, eds. Ventilación mecánica. 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998. p. 148-60

22. Esteban A, Anzueto A, Alía I et al.: Clinical characteristics of patients receiving mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 1999;159:A47