

Ventiladores mecánicos

2. Volumétricos

Isabel Sánchez Zaplana*, Magda Zaragoza Arnau**

Resumen

El apoyo ventilatorio suele practicarse a aquellos pacientes cuya insuficiencia respiratoria tiene un carácter reversible y, por lo tanto, pueden retornar a una ventilación espontánea. Sin embargo, puesto que este tipo de apoyo puede durar incluso meses, es preciso que un equipo de profesionales se encargue de llevarlo a cabo. En esta segunda parte dedicada a los ventiladores mecánicos se va a analizar el respirador volumétrico. Sus indicaciones, características, funcionamiento, ventajas e inconvenientes de su utilización, etc., se reflejan con detalle en las siguientes páginas.

Como ya vimos en la anterior Ficha de Utillaje, dedicada a los respiradores de presión, la ventilación mecánica (VM) está indicada en numerosas ocasiones la característica común suele ser la necesidad de mantener la vida del paciente. Se utiliza el apoyo ventilatorio cuando la causa que produce el fallo tiene un componente reversible que permite el retorno a la ventilación espontánea. El periodo necesario de VM varía desde unos pocos días en casos de intoxicación medicamentosa, por ejemplo, a semanas o meses cuando la insuficiencia ventilatoria se produce en enfermedades neuro-musculares o pulmonares obstructivas crónicas. Mantener a un paciente con soporte ventilatorio durante un mes o más requiere un equipo profesional y técnico entrenado y eficaz para evitar la morbilidad y mortalidad asociadas con la VM.

Es obvio recordar que los pacientes sometidos a VM tienen un **elevado grado de dependencia**. Ello implica que el tipo de **cuidados integrales** (bio-psico-sociales) que éstos requieren sean complejos y difíciles, pero a la vez estimulantes para un buen profesional de enfermería.

¿Cuándo está indicado utilizar un respirador volumétrico?

1. Cuando se requiera ventilación mecánica prolongada.
2. En todos los procesos patológicos que cursen con:
 - aumento de las resistencias de las vías aéreas,
 - aumento de la resistencia de los tejidos,
 - disminución de la adaptabilidad pulmonar o COMPLIANCE.

¿Cuál es la característica principal de los respiradores volumétricos?

Se caracterizan por enviar al paciente un **volumen corriente fijo** en cada inspiración (flujo constante = litros de gas/introducido por minuto). El paciente recibirá un **volumen prefijado** en el respirador, de un modo **exacto y constante** ciclo tras ciclo.

* Enfermera. Profesora del Dpto. de Enfermería Médico-Quirúrgica de la E.U.E. de Barcelona.

** Enfermera asistencial del Área de Vigilancia Intensiva. Hospital Clínico y Provincial. Barcelona.

EL VOLUMEN CORRIENTE QUE PROPORCIONAN LOS VENTILADORES VOLUMÉTRICOS ES **INALTERABLE**, PESE A LOS CAMBIOS EN LA MECÁNICA PULMONAR

Existe actualmente en el mercado una amplia variedad de marcas y modelos de respiradores volumétricos. Los nuevos diseños están cada vez más perfeccionados y ofrecen mayor seguridad y mayor número de posibilidades en su aplicación. El funcionamiento de los mismos es eléctrico e incorporan como sistemas de control la electrónica o los microprocesadores.

Los respiradores volumétricos más utilizados son: Puritan-Bennett MA-1, MA-2 y Ventilador microprocesador 7.200; Engstrom 300, Siemens: Servo-Ventilador 900B y 900C, Ergotronic-3... Algunos de estos modelos pueden ser utilizados también en anestesia, como ocurre con el Engstrom 300 o el Ergotronic-3 comercializado por Themel, S.A., y que incorpora modernos criterios ergonómicos en su diseño.

¿Cómo es un respirador volumétrico?

(Véanse figs. 1 y 2).

¿Cómo podemos detectar los cambios en la mecánica pulmonar del paciente?

De un modo diferente según se trate de un respirador de presión o volumétrico:

- Respirador de presión: aparecerá un descenso en el volumen del gas introducido.
- Respiradores volumétricos: aparecerá un aumento de la presión en la vía

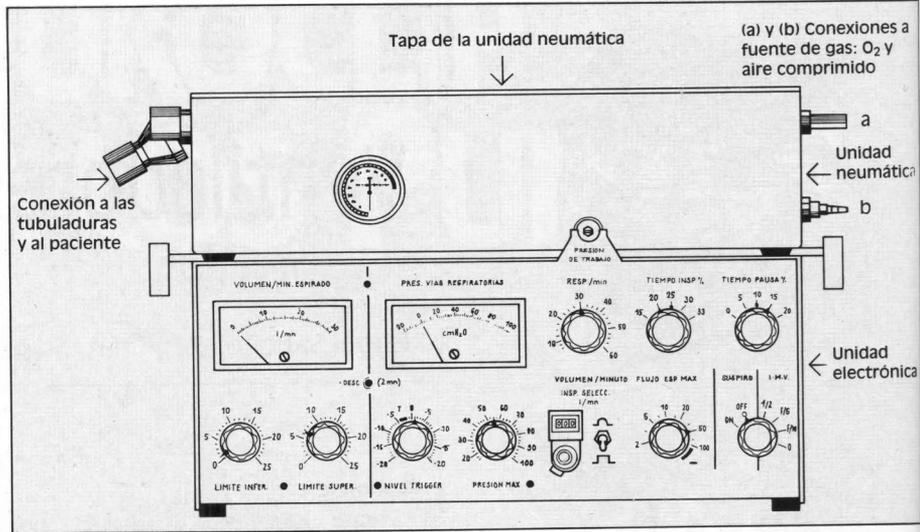


Figura 1

aérea. Por ejemplo, si el paciente aumenta las resistencias, el respirador aumentará la presión de insuflación para mantener el volumen.

PARA DETECTAR PRECOZMENTE LAS ANOMALÍAS, SE DEBEN OBSERVAR SIEMPRE Y FRECUENTEMENTE LOS MANÓMETROS DE PRESIÓN, ESTABLECIENDO LAS ALARMAS PRECISAS

¿Cómo evitar las elevaciones peligrosas de presión?

Estos respiradores van provistos de una válvula de seguridad, que se abre

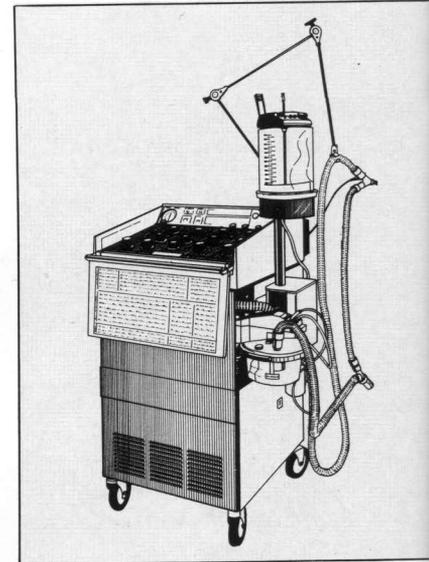


Figura 2

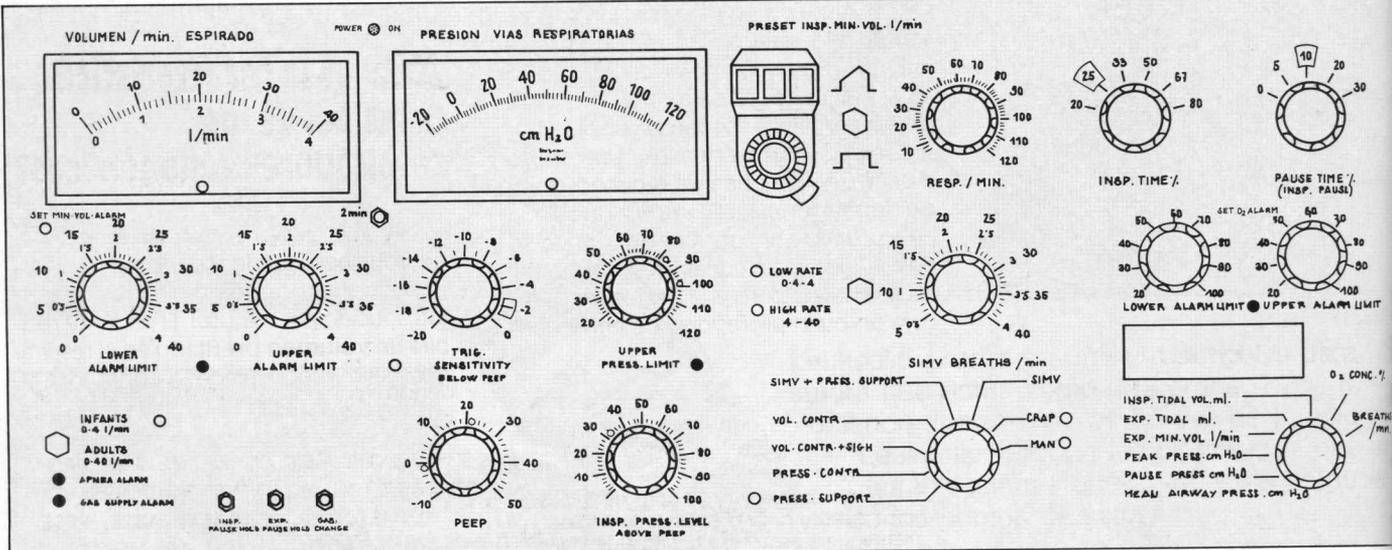


Figura 3

una vez alcanzado un determinado límite de presión. En este momento, pese a no haber entrado el volumen de gas establecido, se da por finalizada la inspiración y se inicia la espiración. Simultáneamente suena la alarma que nos avisa de esta anomalía.

¿Cuál es la causa más frecuente del aumento de presión?

Generalmente el aumento de secreciones. La aspiración de las mismas o la desobstrucción del tubo suele ser la solución eficaz.

¿Cuáles son las características de funcionamiento de los respiradores volumétricos?

1. Requieren una fuente de gas a alta presión (aire comprimido/oxígeno).
2. Disponen de un motor eléctrico que acciona una biela conectada a un pistón de cilindro. El pistón actúa como una gran jeringa que empuja el volumen de aire hasta una cámara hermética.
3. Los actuales modelos que incorporan como sistema de control los microprocesadores, disponen de un circuito neumático de avanzado diseño. Constan de «memoria», ya sea respecto a los «datos del paciente» o bien del «estado del ventilador», lo que reduce en gran manera los errores involuntarios o accidentales. Durante el funcionamiento del nuevo ventilador microprocesador 7.200, éste comprueba continuamente los componentes neumáticos y críticos y los transductores. Si descubre un fallo, se conecta a uno de los métodos de emergencia.

¿Cómo se inicia la respiración en un ventilador volumétrico?

- Por tiempo, iniciando la ventilación controlada.
- Cuando el paciente realiza una presión negativa en el interior del circuito (ventilación asistida).

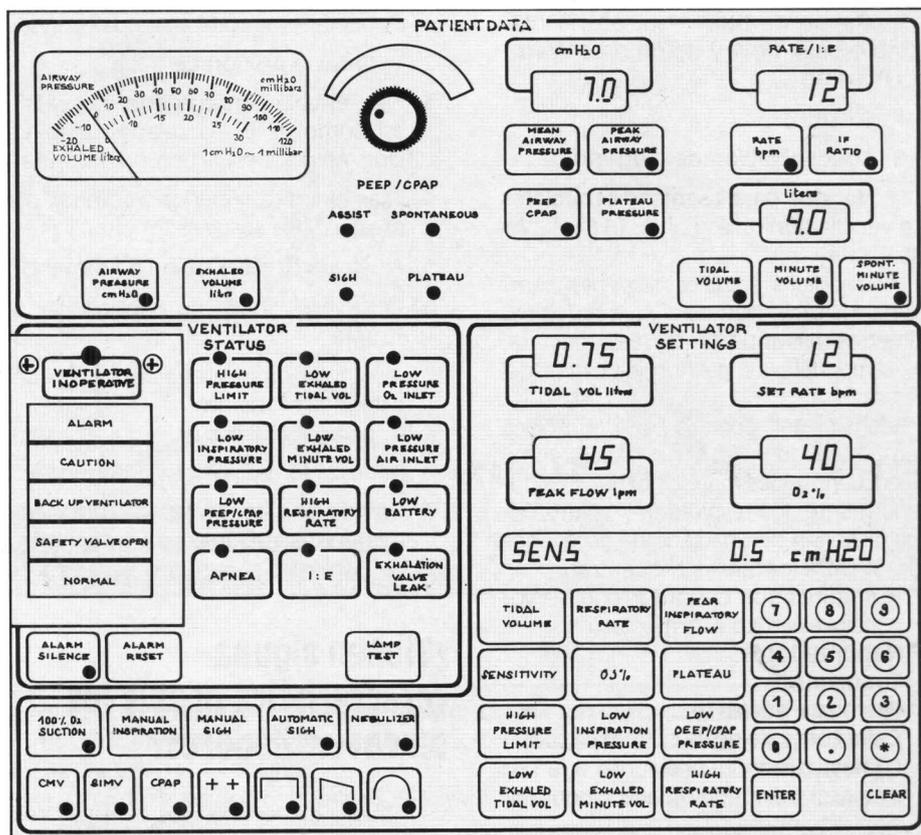


Figura 4

¿Por qué finaliza la inspiración?

- Por haber introducido el volumen corriente establecido.
- Por tiempo, siempre que éste haya sido limitado.
- Por límite de presión, si ésta ha sido establecida.
- Al haber alcanzado un flujo máximo programado.

¿De qué depende la espiración?

La duración de la espiración depende del tiempo establecido mediante la frecuencia respiratoria y la relación inspiración/espiración. Esta relación normalmente es de 1:2 y nunca inferior a 1:1.

EL AIRE INTRODUCIDO AL PACIENTE LO MEDIREMOS MEDIANTE UN ESPIRÓMETRO. ALGUNOS MODELOS COMPRUEBAN EL AIRE ESPIRADO POR MEDIO DE UN TRANSDUCTOR SITUADO EN LA RAMA ESPIRATORIA

Descripción de los mandos de un respirador volumétrico

(figs. 3 y 4).

1. **Alarmas:** suelen ser sonoras y visuales. Los respiradores volumétricos tienen múltiples alarmas que nos avisan de que «algo» está ocurriendo. Su ajuste debe ser individualizado a cada caso.

2. **Manómetros:** pueden ser de presión y volumen. Algunos modelos disponen también de un manómetro de presión de trabajo que nos sirve para comprobar la capacidad de generar presión por parte del aparato.

3. **Sensibilidad:** regula el esfuerzo que debe realizar el paciente para iniciar una inspiración. En algunos modelos se denomina **trigger** a un mando de características similares.

4. **Límites superior e inferior de volumen/min. y límites de alarmas.**

5. **Frecuencia respiratoria y ratio:** este último mando regula la relación inspiración/espiración.

6. Mando de flujo inspiratorio máximo o peak-flow y de flujo espiratorio máximo.

7. Suspiros.

8. Concentración de oxígeno.

9. Mandos para técnicas especiales de ventilación, tales como: PEEP, IMV y SIMV, CPAP...

Los modelos actuales disponen también de la exhibición de dígitos de los parámetros más importantes: FR, Conct. de O₂, temp. del agua del humidificador, del gas, etc.

Además del aparato que funciona como respirador, en cuyo panel central se encuentran los mandos expuestos anteriormente, los respiradores volumétricos disponen de una serie de accesorios (fig. 5) entre los que se encuentran:

- **Humidificador cascade:** con servo-control eléctrico y termostato.
- **Nebulizadores.**
- **Tubuladuras.**
- **Filtros de bacterias.**
- **Colectores de agua o atrapa aguas.**
- **Cables, tubos y conexiones a la red eléctrica, fuente de O₂, aire comprimido, óxido nítrico...**
- **Parte interna o neumática,** donde se mezclan los gases. Consta de algunas piezas desmontables y esterilizables.

¿Qué debemos hacer antes de conectar el respirador al paciente?

Aconsejamos seguir los pasos siguientes:

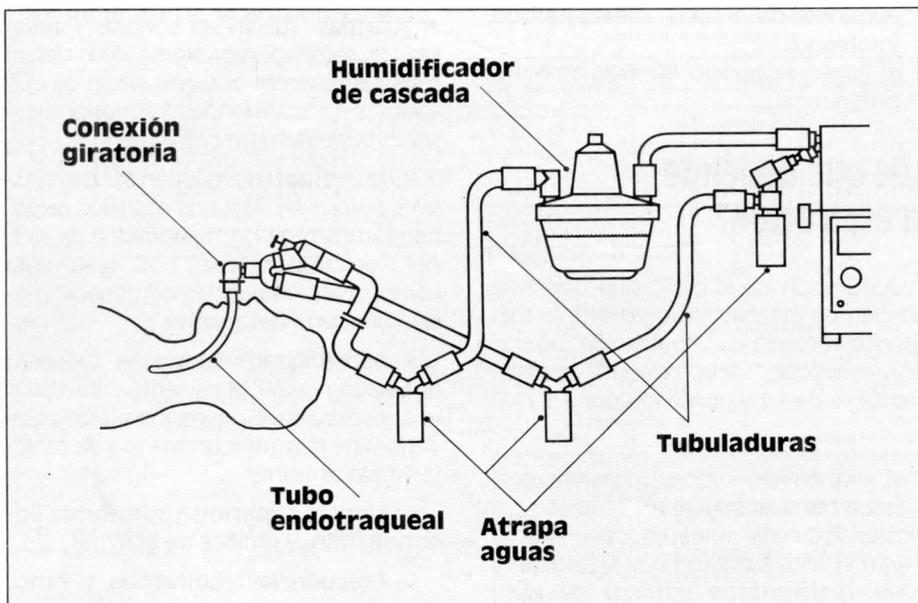


Figura 5

1. Conectar el aparato a la red eléctrica.
2. Verificar la presión de trabajo.
3. Fijar el volumen corriente deseado, así como la FR, la relación inspiración/espiración y el tiempo de pausa.
4. Fijar el límite superior e inferior de presión y los suspiros.
5. Ajustar la concentración de oxígeno.
6. Colocar el límite de sensibilidad o «trigger».
7. Ajustar las diferentes alarmas de que disponga el aparato.
8. Conectar y colocar el humidificador y nebulizador en posición ON.
9. Comprobar el correcto funcionamiento del aparato.
10. Conectar el respirador al paciente.

¿Tienen alguna característica propia los servoventiladores?

La nueva generación de respiradores «servoventiladores» puede encuadrarse en la definición de volumétricos en cuanto a la administración de volumen constante. Su característica principal es que realizan una medición continua del flujo, tanto en la rama inspiratoria como en la espiratoria, así como la presión en ambas zonas.

¿Cuál es el principio de funcionamiento de los servoventiladores?

Constan de dos partes: **unidad neumática** (parte superior) donde se mezclan los gases y **unidad electrónica** (parte inferior) por la que se controla la ventilación (véase figura 1).

El flujo, la presión y el ritmo de administración de los gases son regulados electrónicamente por **dos servo-válvulas**: válvula inspiratoria y válvula espiratoria. Éstas son ajustadas por motores auxiliares (servo-válvulas) y reciben información **500 veces por segundo** de los rotámetros y manómetros a través de la unidad electrónica. Son, pues, aparatos de gran precisión en el flujo suministrado.

EL PACIENTE SOMETIDO A VM DEBE ESTAR **SINCRONIZADO CON EL RESPIRADOR**. EN ALGUNAS SITUACIONES AQUÉL «LUCHA» CON LA MÁQUINA. CUANDO ELLO OCURRA **NO DEBE RELAJARSE RUTINARIAMENTE AL PACIENTE** COMO SOLUCIÓN DEL PROBLEMA, YA QUE SÓLO CONSEGUIREMOS ENMASCARAR LAS CAUSAS (SECRECIONES, BRONCOESPASMO, HIPOVENTILACIÓN, ETCÉTERA)

¿Cuáles son las causas más frecuentes que alteran el funcionamiento y hacen sonar la alarma?

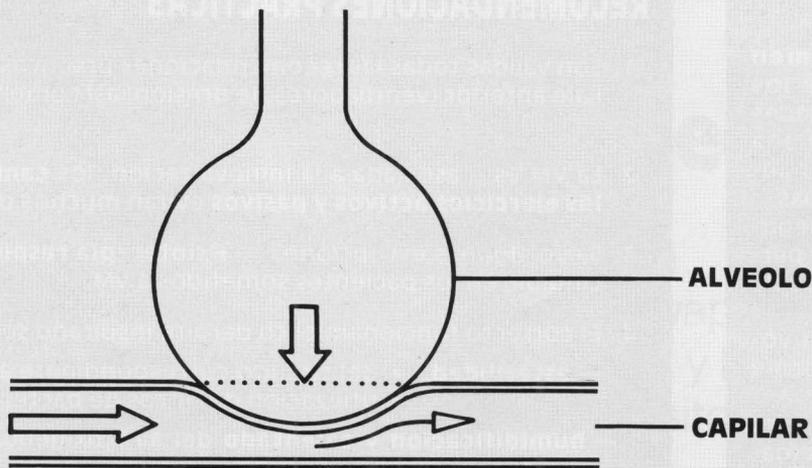
1. Caída del volumen minuto espirado. Revisaremos:

- El manómetro de presión de trabajo (si lo hubiera).
- Fugas en la rama inspiratoria y espiratoria y en las conexiones de los tubos, calentador de la cascada, tubo endotraqueal...
- Posibilidad de que el transductor se halla mojado o húmedo: desmontarlo y secarlo con un chorro de aire.

2. Disparo continuo de la alarma de espirómetro: revisaremos la correcta posición de sus elementos.

3. Aumento de la presión en las vías aéreas. Las causas más frecuentes suelen ser:

- aumento de secreciones,
- lucha del paciente con el respirador



La presión intraalveolar aumentada actúa comprimiendo el capilar y disminuyendo su luz.

Figura 6

inspira en la fase espiratoria, hace un esfuerzo inspiratorio exagerado o bien dispara el respirador a una frecuencia muy elevada,

- puede haber una avería debido a la fuga en la válvula de retención situada en la salida de la concertina del Servo.

Hemos dicho anteriormente que la ventilación mecánica no está exenta de complicaciones y que éstas suelen ser graves. El siguiente cuadro esquematiza las más comunes.

RECORDAR QUE LA INFECCIÓN PULMONAR ES UNA COMPLICACIÓN GRAVE Y MUY FRECUENTE, TENIENDO EN CUENTA LA SITUACIÓN EN QUE SE ENCUENTRA EL PACIENTE Y LOS SIGUIENTES FACTORES:

- pérdida de las defensas locales de la vía aérea superior secundaria a la intubación/traqueostomía,
- aspiración séptica de las secreciones,
- contaminación del respirador o de los equipos de ventiloterapia, nebulizadores, humidificadores, etc.
- humidificación inadecuada del aire inspirado, resecaando las secreciones y facilitando su retención y sobreinfección,
- presencia de atelectasias,
- inmunodeficiencia del enfermo crítico.

Complicaciones pulmonares

- Secundarias al establecimiento de una vía aérea artificial Barotrauma
- Atelectasia
- Infección pulmonar
- Toxicidad por O₂
- Discoordinación motora

Complicaciones cardiovasculares

- Un efecto inherente a la ventilación mecánica es la dificultad de retorno venoso que el organismo intenta compensar con una vasoconstricción periférica. Si este mecanismo se encuentra alterado (véase figura 6) observaremos:
 - aumento de la PVC,
 - disminución de la TA,
 - taquicardia.

Complicaciones gastrointestinales

- Distensión gástrica (íleo parlítico).
- Hemorragia digestiva alta.
- Estreñimiento.

Complicaciones metabólicas

- Retención de líquidos.

¿Cuáles son las técnicas especiales de ventilación más frecuentes?

PEEP: mediante la colocación de un dispositivo en la rama espiratoria de un respirador se consigue que: **al finalizar la espiración la presión en la vía aérea sea superior a la atmosférica** (la presión no sólo se eleva en la espiración sino en todo el ciclo).

CPAP: si esta presión positiva se consigue cuando el paciente respira espontáneamente, se denomina presión positiva continua en vías aéreas.

IMV (ventilación mandatori intermitente): se basa en **interponer** en la ventilación espontánea **un cierto número de insuflaciones** por parte del respirador a un volumen establecido y con un intervalo determinado. Puede ser:

VENTAJAS

- Suministran un **volumen constante** a pesar de los cambios en las propiedades elásticas del pulmón, de la pared torácica o de los aumentos de las resistencias.
- Son aparatos sólidos, seguros, de gran precisión y permiten la VM por períodos de tiempo prolongado.
- Tienen monitorizado el volumen corriente de forma constante.
- Pueden ser utilizados para administrar anestésicos (gases).
- Los nuevos modelos son silenciosos en su funcionamiento.
- Poseen espirómetro incorporado.

INCONVENIENTES

- Elevado costo.
- Complejidad de manejo.
- Precisan de conexión a la red eléctrica para su funcionamiento.
- Complicaciones inherentes a la VM.

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

1. Son válidas todas las recomendaciones prácticas de la Ficha de Utilaje anterior (ventiladores de presión) así como las de los números 90 y 101.
2. La VM está asociada a la inmovilización: los **cambios posturales y los ejercicios activos y pasivos** evitan muchos problemas.
3. Salvo algunas excepciones, la **fisioterapia respiratoria** es imprescindible en los pacientes sometidos a VM.
4. El correcto funcionamiento del aire inspirado se basa en:
 - **esterilidad:** • del circuito correspondiente al paciente
 - utilización de filtros de bacterias
 - **humidificación y calentado** del aire/oxígeno que recibe el paciente.
5. Mantener **libres las vías aéreas** mediante lavados con 1-2 cm de solución salina isotónica y aspirar seguidamente las secreciones.
6. Utilizar SIEMPRE las **máximas medidas de asepsia**, especialmente en la aspiración de secreciones, cambio de tubuladuras, etc.
7. Es importante la **monitorización y control hemodinámico** del paciente sometido a VM.
8. Comprobar el correcto hinchado del balón del tubo endotraqueal y realizar **movilizaciones periódicas del tubo endotraqueal** para evitar las úlceras por presión.
9. **Cambiar las tubuladuras** del paciente cada 48 horas.
10. **No rellenar nunca el agua de la cascada del humidificador.** Vaciarlo y llenarlo de nuevo con agua bidestilada estéril.
11. Comprobar frecuentemente el **correcto ajuste de las alarmas y los diversos parámetros.**

- IMV propiamente dicho, cuando la máquina envía una insuflación en cualquier momento del ciclo respiratorio espontáneo.
- SIMV: el respirador envía su volumen coincidiendo con el inicio de una inspiración espontánea.

Limpieza y esterilización

- Para limpiar el material utilizar detergentes compatibles con el material plástico.
- Separar y desarmar todos los componentes del circuito externo y lavarlos después de su utilización. Es preferible hacerlo con agua templada y aclarar abundantemente.
- Se deben esterilizar cuantas piezas sea posible. Según el material, ésta se realizará en autoclave o bien por óxido de etileno (tener en cuenta antes de su

utilización el tiempo de «aireación» que precisa este sistema).

- Los servoventiladores requieren la limpieza y esterilización de las tubuladuras y el circuito espiratorio interno (debajo de la tapa de la unidad neumática). El canal inspiratorio no es probable que se contamine. En la tapa del respirador constan las instrucciones para la limpieza de rutina.
- El transductor de flujo debe limpiarse con una solución de alcohol etílico al 70 % durante unas horas.

Conservación

- Los respiradores se deben guardar en lugares que no tengan humedad.
- Se deben revisar periódicamente (número de horas de funcionamiento). La mayoría de ventiladores volumétricos llevan incorporado un sistema de control de horas de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- BURRONS, B.; KRUDSON, R.J.; QUAN, S.F.; KETTEL, L.: **Enfermedades del aparato respiratorio**, 2. Doyma y Laboratorios Abelló, Barcelona, 1984.
- ESTEBAN DE LA TORRE: **Insuficiencia Respiratoria**, Ed. Científico Médica, Madrid, 1984.
- ZAGELBAUM, G.L.; PETER PARE, J.A.: **Cuidados Intensivos Respiratorios**, Salvat, Barcelona, 1985.