

**Tema 6**  
**VENTILACIÓN MECÁNICA. FUNDAMENTO. TIPOS DE VENTILADORES.**  
**FASES DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA.**  
**CONCEPTO DE PEEP, CPAP, ASISTENCIA VENTILATORIA**

**1. INTRODUCCIÓN**

Los cuidados respiratorios incluyen:

- Oxigenoterapia
- Terapia con humidificación y aerosoles
- Tratamiento con ventilación mecánica

**2. OXIGENOTERAPIA**

Está indicada en hipoxemia hipóxica, pero en general se utiliza como tratamiento coadyuvante en cualquier circunstancia en la que pueda estar comprometido el transporte de oxígeno (DO<sub>2</sub>) como ocurre en durante el Síndrome de Bajo Gasto Cardíaco (SBG), Shock hemorrágico, etc. La administración de oxígeno se cuantifica mediante la fracción inspiratoria (FiO<sub>2</sub>).

- Dispositivos de oxigenoterapia :
  - Sondas nasales: producen una FiO<sub>2</sub> de 0,21 (21%) + 0,03 por cada litro (máximo 5 lpm)
  - Mascarilla de rendimiento fijo: FiO<sub>2</sub> desde 0,28 a 0,6 dependiendo del modelo seleccionado y del flujo de oxígeno aportado
  - Mascarilla de alta concentración (FiO<sub>2</sub> 0,9) sin reinhalación con válvula espiratoria
- Toxicidad por O<sub>2</sub>:
  - O<sub>2</sub> es reducido a metabolitos tóxicos intermedios (anión superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), peróxido de oxígeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y radical hidroxilo (OH) que son transformados en H<sub>2</sub>O.
  - La manifestación clínica de la toxicidad es una traqueobronquitis-alveolitis
  - Otras complicaciones de la oxigenoterapia son:
    - Atelectasia por reabsorción secundaria a desnitrogenación (FiO<sub>2</sub> 1)
    - Inflamabilidad
    - Hipoventilación en EPOC (Al mejorar la hipoxemia se deja de estimular al centro respiratorio y se produce hipoventilación con retención de CO<sub>2</sub> y acidosis respiratoria)
    - Disminución de la movilidad mucociliar (fiO<sub>2</sub> >0,5)
    - Displasia broncopulmonar y fibroplasia retrolental en neonatos
- Objetivo clínico:
  - Aumentar paO<sub>2</sub> > 60 mmHg (SaO<sub>2</sub> > 90%) y en caso de paciente muy grave > 80 mmHg (evitar superar FiO<sub>2</sub> > 0,6)

**3. TERAPIA CON HUMIDIFICACIÓN y AEROSOL**

La prevención de las complicaciones respiratorias postoperatorias exige, entre otras medidas, mantener un moco fluido que favorezca la expectoración por lo que es preciso evitar su desecación. Esto se consigue mediante una hidratación adecuada, medidas de fisioterapia respiratoria y la utilización de humidificadores y aerosolterapia.

Los humidificadores se pueden diferenciar en dos tipos:

- El primer tipo se acopla a la rama espiratoria del circuito y evita la pérdida de vapor por el aire espirado.
- El segundo tipo se utiliza en el paciente que ventila espontáneamente mediante una mascarilla. Este sistema consiste en un vaporizador de agua que la conduce hasta la mascarilla saturando de vapor de agua el aire inspirado.

Un aerosol es una suspensión de partículas líquidas o sólidas de un fármaco en un gas. Al dispositivo necesario para la producción de aerosoles se denomina Nebulizador. El aerosol puede ser aplicado directamente a los labios, a una Cámara de Nebulización o a la rama inspiratoria del circuito respiratorio. Existen básicamente dos sistemas de nebulizadores:

- De chorro (basados en el efecto Vernouilli). Un flujo de aire u oxígeno entra en contacto con el fármaco (líquido o sólido) arrastrándolo en el proceso hacia la vía aérea.

- De ultrasonidos. En este caso, una solución líquida del fármaco es vaporizada mediante ultrasonido en un gas portador (aire u oxígeno) hacia la vía aérea  
Los fármacos utilizados habitualmente por vía inhalatoria son:
- Mucolíticos-expectorantes: acetilcisteina (Fluimucil 10%®) 1 ampolla de 3 ml cada 8h (no en reactividad bronquial)
- Broncodilatadores:
  - Agonistas beta-2 adrenérgicos: fenoterol (Berotec®)
  - Agonistas beta-2 adrenérgicos + antimuscarínicos: fenoterol-ipratropio (Berodual®). Ambos contienen 5 mg de fenoterol por ml. Tomar 0,2 ml (o 4 gotas) y añadir a 5 ml de fisiológico
  - Corticoides: Budesonida (Pulmicort®) 200-400 µg/12 h

#### 4. VENTILACIÓN MECÁNICA

Un ventilador (o respirador) permite sustituir la función ventilatoria del paciente aportando de forma periódica un flujo prefijado de gas fresco de forma activa (fase inspiratoria) y permitiendo pasivamente la evacuación del gas espirado (fase espiratoria). La evolución tecnológica de los ventiladores se ha favorecido por el notable desarrollo de la informática médica que permite que los actuales ventiladores interaccionen con el paciente, analicen sus características y necesidades y adecuen el sistema ventilatorio a sus peculiaridades.

##### Fundamento

En su concepción mas sencilla el ventilador administra un volumen predeterminado ( $V_t$ ) con una frecuencia conocida (FR) a una  $FiO_2$  variable (desde 0,21 a 1). Este tipo de ventiladores se denominan Volumétricos porque siempre aseguran la entrega del  $V_t$  predeterminado aunque en pacientes con resistencia bronquial aumentada o disminución de la complianza alveolar esto implique alcanzar presiones elevadas en la vía aérea. Precisamente, para evitar la posibilidad de barotrauma, estos aparatos disponen de sensores de presión en la vía inspiratoria que interrumpen la fase inspiratoria cuando esta alcanza un nivel prefijado (presión inspiratoria máxima,  $P_{max}$ ) lo que evita daño pero conduce a hipoventilación. En un nivel mayor de progreso, los ventiladores modernos son capaces de modificar el flujo de entrada del gas durante la fase inspiratoria (aumentandolo o disminuyendolo) para evitar sobrepasar la  $P_{max}$  asegurando la entrega del  $V_t$  y evitando el barotrauma.

##### Tipos de Ventilación

Se observa, por tanto, que claramente se pueden diferenciar dos formas de ventilación:

- Ventilación Controlada por Volumen.
  - En este modo se debe seleccionar el valor de  $V_t$ , FR,  $FiO_2$  y  $P_{max}$  (habitualmente 700 ml, 10 rpm, 0,4, 25 cm H<sub>2</sub>O). Lo que quiere decir que el paciente recibirá 700 ml de la mezcla gaseosa de oxígeno al 40% diez veces por minuto y con un límite máximo de presión de 25 cm H<sub>2</sub>O).
  - Cada ciclo respiratorio (inspiración + espiración) dura 6 segundos y lo habitual es que la inspiración (I) consuma 2 segundos y la espiración (E) 4 segundos (relación I/E habitual 1:2).
  - En pacientes sin patología bronquial o parenquimatosa (baja resistencia y elevada complianza) normalmente no se alcanza la  $P_{max}$  (presión habitual 12-18 cm H<sub>2</sub>O) por lo que casi siempre se asegura el  $V_t$  prefijado.
  - Es el modo ventilatorio mas utilizado durante la aplicación de la anestesia general o traslado de enfermo crítico y requiere sedación y conexión del ventilador a un dispositivo de control de vía aérea (TE, MLA)
- Ventilación Controlada por Presión.
  - En este modo se selecciona el valor de FR,  $FiO_2$  y  $P_{max}$  (habitualmente 10 rpm, 0,4, 20 cm H<sub>2</sub>O). En este caso el  $V_t$  no se prefija ya que cada paciente tendrá su propio  $V_t$  dependiendo de la resistencia bronquial y complianza pulmonar. En este modo ventilatorio la presión inspiratoria sube desde el primer momento al valor prefijado (en este caso 20 cm H<sub>2</sub>O) estableciendose un flujo de gas desde el ventilador hasta el alveolo que es máximo al principio de la inspiración y va disminuyendo de forma progresiva hasta que se igualan las presiones ventilador-alveolo o concluye el tiempo inspiratorio.

- Al igual que en el caso anterior la relación I/E es 1:2
- En pacientes sin patología bronquial o parenquimatosa (baja resistencia y elevada complianza) se puede alcanzar un elevado Vt (superior a 1500 ml) por lo que la Pmax debe ser ajustada de forma individual para alcanzar el Vt deseado.
- Este modo ventilatorio se utiliza habitualmente en pacientes con patología bronquial o parenquimatosa para asegurar un mínimo Vt con la menor presión inspiratoria posible

### Concepto de Peep, CPAP y asistencia ventilatoria

Estos modos ventilatorios citados anteriormente admiten técnicas y dispositivos complementarios que permiten mejorar la ventilación, la hipoxemia, el grado de acoplamiento del paciente al ventilador o disminuir el trabajo respiratorio del paciente:

#### *Presión positiva al final de la espiración (Peep)*

En condiciones normales de ventilación mecánica, en cada ciclo respiratorio la presión en la vía aérea alcanza un valor cero al final de la espiración igualándose la presión alveolar con la presión atmosférica. Sin embargo, en determinadas circunstancias patológicas (edema alveolar cardiogénico o edema agudo de pulmón, edema alveolar no cardiogénico o SDRA) que cursan con disminución de la Capacidad Residual Funcional (CRF) conviene que la presión al final de la espiración se mantenga positiva lo que previene el colapso alveolar aumentando el número de alveolos que intervienen en el proceso de difusión gaseosa alveolo-capilar.

La Peep produce efectos beneficiosos y también perjudiciales:

- Beneficiosos:
  - Aumento de la Capacidad Residual Funcional (CRF)
    - La CRF consiste en el volumen de aire que permanece en el pulmón después de una espiración normal. Su valor disminuye en determinadas patologías hasta alcanzar un valor mínimo (denominado Volumen de Cierre) por debajo del cual se produce cierre precoz de la vía aérea y colapso alveolar, lo que produce hipoxemia.
    - La aplicación de PEEP, al aumentar el volumen pulmonar, permite situar la CRF > Volumen de Cierre, reclutando alveolos colapsados y mejorando la ventilación.
    - Esto produce mejoría de la complianza pulmonar y disminución del cortocircuito. Este efecto es mas manifiesto en pulmones con V/Q bajo (mal ventilados y bien perfundidos, que no responden a altas FiO2)
  - Redistribución del agua extravascular
    - Facilita el movimiento del H2O extravascular desde el espacio menos distensible (entre el endotelio y el alveolo) hasta el espacio mas distensible (espacio peribronquial y perihiliar) donde no interfiere con el proceso de difusión gaseosa.
- Inconvenientes:
  - Incremento de la presión intratorácica con disminución del retorno venoso (disminución de la precarga del ventrículo derecho) y aumento de la resistencia vascular pulmonar ( aumento de la postcarga del ventrículo derecho)
  - Estos efectos hemodinámicas puede conducir a una reducción del gasto cardiaco e hipotensión.

#### *Ventilación espontánea con presión positiva continua (CPAP)*

Es el efecto equivalente a la Peep en el paciente que está ventilando espontáneamente. Tiene sus mismos efectos beneficiosos y perjudiciales. El paciente respira mediante una mascarilla orofacial, conectada al ventilador mediante un circuito, que se ajusta completamente a la cara para evitar la pérdida de presión positiva en la vía aérea por lo que no siempre es bien tolerada.

#### *Asistencia ventilatoria*

En la mayoría de los casos, los pacientes anestesiados con anestesia general son desconectados de la ventilación mecánica al final de la intervención, una vez que ha desaparecido el efecto del fármaco hipnótico y del relajante muscular, lo que permite la extubación de forma rápida. Sin embargo, en pacientes que han estado conectados durante largo tiempo a ventilación mecánica (días o semanas) el proceso de

desconexión es lento y progresivo. Este hecho se produce por varias razones (acumulación de fármacos hipnóticos en compartimentos periféricos profundos del que se libera lentamente, atrofia de musculatura respiratoria, acumulación de secreciones en parénquima pulmonar, etc.). En estos casos el proceso requiere que el ventilador reconozca los esfuerzos inspiratorios del paciente para hacerlo coincidir con la fase inspiratoria del ciclo respiratorio. Esta sincronización se realiza porque el ventilador consta de un sensor de presión o de flujo que detecta un esfuerzo inspiratorio mínimo establecido (trigger) para evitar la interferencia de movimientos no respiratorios. Tras alcanzar el esfuerzo inspiratorio *trigger* el ventilador inicia un ciclo respiratorio

### Indicaciones

- Apnea
  - o Paciente anestesiado
  - o Paciente paralizado (farmacológico o neurológico)
- Insuficiencia ventilatoria establecida
  - o Hipoxemia ( $pO_2 < 50$  mm Hg) no corregible con  $FiO_2$  de 0,5
  - Valoración de la hipoxemia
    - Índice  $PaO_2/FiO_2$ :
      - Normal  $> 300$
      - Leve 225-200
      - Moderada 175-2225
      - Grave 100-175
      - Muy grave  $< 100$
  - o Hipercapnia ( $pCO_2 > 55$  mm Hg) aguda
  - o Acidosis respiratoria aguda ( $pH < 7,2$ )
  - o Frecuencia respiratoria  $> 35$  rpm
  - o Capacidad vital  $< 15$  ml/kg
- Fracaso ventilatorio inminente
  - o Fatiga respiratoria multifactorial:
    - Fracaso cardiaco
    - Fracaso respiratorio (atelectasia, neumonía, asma, inestabilidad pared torácica)
    - Agitación, falta de colaboración, necesidad de sedación, mal estado general
    - Fracaso o disfunción multiorgánica