

# VENTILACIÓN MECÁNICA

## Manual para Enfermería

[booksmedicos.org](http://booksmedicos.org)

Pedro Moya Marín

María Soledad Fernández De Diego





**Ventilación mecánica**

**Manual para Enfermería**

**Pedro Moya Marín**

**María Soledad Fernández de Diego**

© 2011 Bubok Publishing S.L.

2ª edición

ISBN: 978-84-9009-194-4 ISBN EBOOK: 978-84-9009-195-1

DL: M-37608-2011

Impreso en España / Printed in Spain

Impreso por Bubok

## *Dedicatoria*

Quisiera dedicar este trabajo a mi esposa, compañera en el hogar, en la profesión y coautora en la redacción del mismo.

Asimismo queremos dedicárselo a nuestros hijos, a la par que les agradecemos el tiempo que les secuestramos para dedicarlo al mismo.

Una mención muy especial a todo el personal médico y enfermeras con los que trabajamos en los distintos periodos en la UCI en los HH.UU. Virgen del Rocío en Sevilla, por soportar una y otra vez infinidad de preguntas sobre la ventilación mecánica.

A todos los que anteriormente dedicaron su tiempo a escribir sobre el tema, y en los que nos hemos apoyado y de los que hemos aprendido.

A todos los e-mails recibidos desde todos los países de habla hispana, agradeciéndonos lo que anteriormente fue una página web y hoy se ha convertido en este pequeño manual.



	<b>Índice</b>
<b><i>Introducción</i></b>	11
<b><i>Definición de ventilación Mecánica</i></b>	14
<b><i>Capítulo 1 .- Reseña histórica</i></b>	15
<b><i>Capítulo 2 .- Fisiología respiratoria</i></b>	19
• Presiones normales de oxígeno en el aire atmosférico	20
• Centros respiratorios	22
• Ventilación pulmonar	23
• Difusión alveolo-capilar	24
• Perfusión pulmonar	25
• Relación ventilación-perfusión	27
• Difusión pulmonar	28
<b><i>Capítulo 3 .- Generadores-Ventiladores</i></b>	32
• Ventiladores ciclados por presión	33
• Ventiladores ciclados por volumen	35
• Inicio de la insuflación	36
• Fracción inspirada de oxígeno	37
• Volúmenes	38
• Presiones	41
• Frecuencia respiratoria	42

• Mando de encendido	43
• Humectador	44
• Presión positiva espiratoria final (PEEP)	45
• Relación entre la PEEP y el trigger	47
<b>Capítulo 4 .- Modos ventilatorios</b>	50
• Ventilación mecánica controlada	51
• Ventilación mecánica asistida	52
• Ventilación mecánica asistida/controlada	53
• Ventilación mandatoria intermitente	57
• Ventilación mandatoria intermitente y sincronizada	59
• Ventilación mandatoria minuto	61
• Respiración espontánea asistida	61
• BIPAP	63
<b>Capítulo 5 .- Complicaciones y efectos secundarios relacionados con la ventilación mecánica</b>	65
• Complicaciones relacionadas con la vía aérea artificial	66
• Complicaciones durante la intubación	67
• Complicaciones en la extubación	71
• Complicaciones relacionadas con la ventilación mecánica	73
• Complicaciones técnicas	73



• Atelectasias	74
• Barotraumas	75
• Sobreinfecciones	75
• Toxicidad del oxígeno	76
<b>Capítulo 6 .- Cuidados de enfermería al paciente sometido a ventilación mecánica</b>	<b>77</b>
• Signos vitales	78
○ Frecuencia respiratoria	78
○ Frecuencia cardíaca	79
○ Temperatura	80
○ Presión arterial	80
○ Presión venosa central	81
• Necesidad de aspiración de secreciones	81
• Riesgos de la aspiración de secreciones	85
• Riesgo de infección en el personal de enfermería	87
• Ruidos respiratorios	88
• Fugas de gas	89
• Presión del neumotaponamiento	90
• Parámetros ventilatorios	91
• Estado nutricional	93

• Comodidad del paciente	95
• Nivel de conciencia	97
<b>Capítulo 7 .- La interrupción del soporte ventilatorio</b>	99
Destete y normas generales para la desconexión	99
Preparación psicológica del paciente	101
Restablecimiento del eje faringo-laríngeo-traqueal	102
Bibliografía	104

## Introducción

Hoy día es práctica común en nuestros hospitales el uso de la Ventilación mecánica en sustitución de la función respiratoria normal, sobre todo en Unidades de Cuidados Intensivos, e incluso en salas de urgencias y observación.

Siendo el colectivo de Enfermería, el encargado de los cuidados de este tipo de pacientes y el que más tiempo dedica a los mismos, no es difícil encontrar Unidades de Cuidados Intensivos con personal de nueva incorporación, que tienen que formarse solo y exclusivamente a partir de aquellos consejos y enseñanzas que le aporten los compañeros que poseen más experiencia.

Por ello la intención al realizar el presente trabajo ha sido el dotar a nuestros compañeros de una herramienta necesaria para que de una forma racional, administren los mejores cuidados a aquellos pacientes que así lo demanden.

UN NIÑO NO ES UN ADULTO EN MINIATURA, por lo es necesario señalar que si bien en términos generales los conocimientos que se presentan pueden servir de ayuda al personal que trabaje con pacientes bajo ventilación mecánica, todo el manual está orientado al trabajo con pacientes adultos, y

por lo tanto algunos conceptos no son válidos para pacientes pediátricos y neonatales.

Podemos realizar una división de este manual en cuatro partes claramente diferenciadas:

Primera parte, consiste en un repaso de la anatomía, fisiología y física que se relacionan directamente con el aparato cardiopulmonar.

Segunda parte nos procura instruir sobre todo aquello que necesitamos conocer con relación a los ventiladores mecánicos, dedicándole un pequeño capítulo a su corta pero a la par vertiginosa historia. Otro capítulo está dedicado al conocimiento de su mecánica y neumática (presiones, volúmenes, flujos, FIO2 trigger, PEEP, etc), y un tercer capítulo está dedicado al conocimiento de todos aquellos modos ventilatorios de uso más común hoy día.

Tercera parte nos documenta sobre las complicaciones que pueden surgir durante la ventilación mecánica, desde el mismo momento de la instauración de una vía aérea artificial, pasando por las complicaciones propias de la ventilación mecánica (atelectasias, barotraumas, sobreinfecciones, toxicidad del oxígeno, etc.) y terminando por las complicaciones durante y después de la extubación.

Cuarta parte, está dedicada a los cuidados que Enfermería ha de proporcionarle al paciente sometido a la ventilación mecánica. Estos cuidados son analizados y razonados uno por uno, abarcando desde el control de la de las constantes vitales, pasando por la necesidad de aspiración de secreciones, prevención de escaras, necesidad de comunicación, etc. para terminar por la necesidad de nutrición y comodidad del paciente. En un último capítulo se estudia la desconexión del paciente al ventilador y su posterior extubación, señalando sus riesgos y sus cuidados previos, durante y después de todo el proceso.



Gran cantidad de pacientes salvan la vida gracias a la ayuda de la ventilación mecánica. Sería imposible el mantenimiento de muchos pacientes graves sin contar con la ayuda de la VM (ventilación mecánica), tanto más cuanto que la patología aguda en sus casos extremos, se concreta en una disfunción de órganos vitales, por la cual entran en insuficiencia todos los órganos y sistemas, independientemente de aquel que se halle afecto en primer lugar. De esta manera aparte de la adopción de medidas terapéuticas farmacológicas e instrumentistas, se hace necesario la VM en sustitución de la respiración durante el tiempo suficiente para que el propio sistema respiratorio del paciente sea capaz de realizar su función normal.

Otras causas que llevan a un paciente a depender de la VM en una Unidad de Cuidados Intensivos son: La E.P.O.C. (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica) en su fase de reagudización; Neumonías; Traumatismo

torácico; Enfermedades del tallo cerebral (hemorragias traumatismos, etc.); Trastornos neuromusculares (Poliomielitis, Síndrome de Guillain\_Barré, Miastenia grave, etc.); Lesiones medulares; Enfermedades cardiovasculares y post\_operatorio inmediato en cirugía extracorpórea, torácica y otras que por su importancia y envergadura, no es recomendable la reversión de los efectos anestésicos y la extubación inmediatamente después de la cirugía, estos pacientes que suelen ser trasladados a Unidades de Cuidados Intensivos, continúan dependiendo de la VM hasta que en función de criterios gasométricos, del nivel de conciencia y mantenimiento de los reflejos, se decide la extubación.

**Podríamos denominar la VENTILACIÓN MECÁNICA como un procedimiento de sustitución temporal de la función ventilatoria normal, y se emplea en situaciones en que ésta, por diversos motivos, no cumple los objetivos fisiológicos que le son propios, y tal procedimiento es ejercido por medio de los Ventiladores Mecánicos.**

## Capítulo 1

### RESEÑA HISTÓRICA

Muy poco tiempo hace que se está utilizando la ventilación mecánica como sustitutiva de la ventilación fisiológica en el hombre. Un hecho que para muchos especialistas en intensivistas, urgencias y anestesiología es tan rutinario como intubar y conectar a un paciente a una máquina, han tenido que pasar siglos en la historia de la medicina, para poder conseguir la sustitución de la función respiratoria cuando esta fallaba.

El antecedente más remoto que se encuentra perfectamente documentado, es la experiencia de Andreas Vesalio, que publica en 1543, y puede considerarse como la primera aplicación experimental de la respiración artificial. En ella Vesalio conecta la traquea de un perro a un sistema de fuelles, por medio de los cuales presta apoyo a la función respiratoria del animal y logra mantenerlo con vida.

Esta experiencia de Vesalio no es aprovechada en su época, y no es hasta bien entrado el siglo XIX, en que nuevamente se despierta el interés de mantener artificialmente la función respiratoria mediante métodos de presión negativa que serán los precursores de los famosos pulmones de acero.

La primera descripción de un rudimentario pulmón de acero, se debe a Alfred F. Jones en 1864, postulando que su empleo curaba multitud de enfermedades incluso de etiología no respiratoria.

En 1876, Woillez (París) construye su "Spirophore", que estaba compuesto por un habitáculo donde se incluía el cuerpo del paciente, dejando en el exterior la cabeza del mismo y ajustándole a nivel del cuello un manguito de goma con el objeto de hacer que dicho habitáculo quede estanco, mediante un gran fuelle se proporcionaba una presión negativa en el interior del tanque donde se encontraba introducido el cuerpo del paciente.

En 1929 el ingeniero estadounidense Philip Dinker publica su invento del pulmón de acero para la respiración artificial de pacientes con la musculatura pulmonar lesionada <Respirador Dinker>. Este aparato está formado por una caja metálica que a intervalos regulares genera una sobrepresión y una depresión de forma alternativa. El cuerpo del paciente descansa en el interior del aparato, quedando la cabeza fuera de éste manteniéndose herméticamente sellado mediante un manguito ajustado alrededor del cuello, de esta forma al generarse una presión negativa, la pared torácica se expande de forma pasiva lo permite crear una presión negativa dentro del parénquima pulmonar y consecuentemente la entrada de aire desde el exterior hacia los pulmones.

Volviendo a la experiencia de Vesalio, con toda probabilidad no es aprovechada en su época ni en épocas posteriores por la dificultad que presentaba de acceso directo al eje faringo-laríngeo-traqueal. Este obstáculo se va a salvar con la optimización de las técnicas endoscópicas a finales del siglo XIX.

En 1895, Kirstein (Berlín) diseña el "Autoscope", que va a ser el primer laringoscópio de visión directa. Un año más tarde en París, los cirujanos Tuffier y Hallion, intubaban por palpación traqueal a un paciente al que conectaban una válvula de non-rebreathing y le practicaban una resección parcial del pulmón.

En 1898 Rudolph Matas, cirujano de Nueva Orleans, de origen catalán, comienza a utilizar métodos de ventilación a través de cánulas endotraqueales (aparato de Fell-O`Dwyer) para el mantenimiento ventilatorio durante la cirugía costal. En 1902 Matas describió la mejora del mencionado aparato, el cual sin embargo debía ser insertado por palpación traqueal. Este sistema fue posteriormente empleado, con éxito en muchas ocasiones.

En 1904, Sauerbruch presenta su cámara de presión negativa, con el propósito de evitar el colapso pulmonar al abrir el tórax. Esta curiosa cámara consistía en una habitación en la cual se creaba una presión negativa continua en la que se introducía al paciente y a todo el equipo quirúrgico, excepto la



cabeza del paciente que quedaba en el exterior de la cámara. La estanqueidad de la misma se aseguraba por medio de un collar colocado en el cuello del paciente, al tiempo que el abdomen y extremidades inferiores, se colocaba en un saco que a modo de manguito, se ponía en contacto con la presión atmosférica exterior a la cámara.

Más tarde se demostró que este engorroso sistema de presión diferencial no era capaz de proporcionar un adecuado intercambio gaseoso, cursando el paciente con cianosis, hipoventilación y la consiguiente retención de carbónico, por lo que se hacía necesario la adición de oxígeno.

Ya en 1938, las técnicas de IPPV (Ventilación con presión positiva intermitente), van reemplazando convincentemente al método de presión diferencial.

En lo referente a la anestesia, fueron otros aparatos en un principio la alternativa al método diferencial, como la cámara de cabeza de Bauer con la cual proporcionaba presión positiva continua, que años más tarde la va a adoptar Gregory en 1971 en su cámara para el tratamiento del Síndrome del Distrés Neonatal, por medio de respiración espontánea con presión positiva continua de la vía aérea (CPAP).

En 1952 se produce en Copenhague la epidemia de poliomielitis, lo cual lleva a un elevado número de pacientes a depender de la asistencia ventilatoria, ya sea mediante técnicas de presión negativa (pulmones de acero), ya sea mediante las técnicas de IPPV, y es en esta época a la vista de los resultados obtenidos, cuando la IPPV adquiere mayor preponderancia. Los resultados son altamente significativos: los primeros pacientes tratados con pulmón de acero, la mayoría sin traqueostomía, tuvieron una mortandad en la fase aguda, del 87% (A.Net Castel); los pacientes que fueron tratados mediante las técnicas de Ibsen y Lassen, con pacientes traqueostomizados y respiración controlada manual, registraron una mortalidad del 25% (A. Net Castel), y dicha mortalidad relacionada con complicaciones tardías.

Aparte del evidente descenso de mortalidad que se apreció con la implantación de la IPPV, es de destacar el impresionante despliegue de recursos humanos que fue necesario disponer para el mantenimiento manual de la función respiratoria de los pacientes, lo cual obligó al cierre de la Facultad de Medicina, para disponer del trabajo de los estudiantes durante la epidemia.

Pero no todos los especialistas se convencen de la gran ventaja que supone la IPPV en contraposición con la asistencia ventilatoria mediante métodos de presión negativa, así en los Estados Unidos de América, se mantuvo el tratamiento de la insuficiencia respiratoria de origen neuromuscular con los clásicos pulmones de acero hasta finales de los años sesenta, mientras que en Europa aparecen multitud de aparatos de IPPV a raíz de la epidemia de Copenhague.

La época de los 60 está marcada por el predominio de los ventiladores ciclados por presión, que si bien no eran muy adecuados para la ventilación artificial prolongada, cumplieron una importante misión en esta época. En la década siguiente comenzaron a ser sustituidos por los ventiladores ciclados a volumen y tiempo, y partir de entonces comienzan a aparecer multitud de aparatos que conforme avanza la tecnología, son sustituidos por otros más seguros y más sensibles a las demandas ventilatorias que surgen en las distintas patologías y en las distintas fases de las mismas.

## Capítulo 2

### FISIOLOGÍA RESPIRATORIA

Como todos conocemos, la función principal del Aparato Respiratorio es la de aportar al organismo el suficiente oxígeno necesario para el metabolismo celular, así como eliminar el dióxido de carbono producido como consecuencia de ese mismo metabolismo.

El Aparato Respiratorio pone a disposición de la circulación pulmonar el oxígeno procedente de la atmósfera, y es el Aparato Circulatorio el que se encarga de su transporte (la mayor parte unido a la hemoglobina y una pequeña parte disuelto en el plasma) a todos los tejidos donde lo cede, recogiendo el dióxido de carbono para transportarlo a los pulmones donde éstos se encargarán de su expulsión al exterior.

Para que se pueda llevar a cabo esta misión, se han de cumplir unos requisitos que se van a estudiar separadamente:

- ✓ Presiones normales de O<sub>2</sub> en el aire atmosférico
- ✓ Normal funcionamiento de los centros respiratorios, del S.N.C. y del S.N.P
- ✓ Normal ventilación pulmonar y distribución uniforme del aire dentro de los pulmones.
- ✓ Difusión alveolo-capilar normal.
- ✓ Perfusión pulmonar uniforme.
- ✓ Relación ventilación-perfusión normal.
- ✓ Difusión pulmonar normal.

## PRESIONES NORMALES DE OXIGENO EN EL AIRE ATMOSFÉRICO

La presión atmosférica, también denominada presión barométrica (PB), oscila alrededor de 760 mm Hg a nivel del mar. El aire atmosférico se compone de una mezcla de gases, los más importantes el Oxígeno y el Nitrógeno.

Si sumamos las presiones parciales de todos los gases que forman el aire, obtendríamos la presión barométrica, es decir:

$$PB = PO_2 + PN_2 + P \text{ otros gases}$$

Si conocemos la concentración de un gas en el aire atmosférico, podemos conocer fácilmente a la presión en que se encuentra dicho gas en el aire.

*Como ejemplo vamos a suponer que la concentración de Oxígeno es del 21%.*

$$\text{La Fracción de } O_2 \text{ (FO}_2\text{)} = 21\% = 21/100 = 0,21$$

(Por cada unidad de aire, 0,21 parte corresponde al O<sub>2</sub>)

*Por lo tanto*

$$PO_2 = PB \cdot FO_2$$

$$PO_2 = 760 \text{ mm Hg} \cdot 0,21 = 159,6 \text{ mm Hg}$$

*Si el resto del aire fuese Nitrógeno (N<sub>2</sub>), la fracción de este gas representaría el 79%.*

*Así tendríamos:*

$$PN_2 = PB \cdot FN_2$$

$$PN_2 = 760 \text{ mm Hg} \times 0,79 = 600,4 \text{ mm Hg}$$

Si tenemos en cuenta que el aire atmosférico está formado cuantitativamente por Oxígeno y Nitrógeno (el resto de los gases se encuentran en proporciones tan pequeñas, que al estudio que nos ocupa lo despreciamos)

$$PO_2 + PN_2 = PB$$

$$159,6 \text{ mm Hg} + 600,4 \text{ mm Hg} = 760 \text{ mm Hg}$$

Conforme nos elevamos del nivel del mar (por ejemplo la subida a una montaña), la presión barométrica va disminuyendo, y consecuentemente la presión de los diferentes gases que conforman el aire, entre ellos el O<sub>2</sub>.

Recordemos que el O<sub>2</sub> pasa de los alvéolos a los capilares pulmonares, y que el CO<sub>2</sub> se traslada en sentido opuesto simplemente mediante el fenómeno físico de la difusión. El gas se dirige desde la región donde se encuentra más concentrado a otra de concentración más baja. Cuando la presión del O<sub>2</sub> en los alvéolos desciende hasta cierto valor, la sangre no podrá enriquecerse lo bastante de O<sub>2</sub> como para satisfacer las necesidades del organismo, y con ello la demanda de O<sub>2</sub> por cerebro no estará suficientemente cubierta, con lo que aparece el llamado " Mal de montaña ", con estados nauseosos, cefalalgia e ideas delirantes.

A los 11.000 metros de altura la presión del aire es tan baja que aun si se respirase oxígeno puro, no se podría obtener la suficiente presión de oxígeno y por tanto disminuiría el aporte del mismo a los capilares de forma tal que sería insuficiente para las demandas del organismo.

Es por esta causa que los aviones que se elevan sobre los 11.000 metros, van provistos de dispositivos que impulsan el aire al interior de la

cabina de forma que se alcance una presión equivalente a la del nivel del mar, o sea 760 mm Hg, y es por esta misma causa que los enfermos respiratorios no deben vivir en lugares montañosos, donde está disminuida la presión atmosférica.

## **CENTROS RESPIRATORIOS**

Los Centros Respiratorios están situados en el Sistema Nervioso Central, a nivel del Bulbo y Protuberancia y son los que de forma cíclica ordenan y regulan la inspiración y la espiración, lo que se denomina ciclo respiratorio.

Para que la respiración sea la adecuada, no solo han de funcionar normalmente los Centros Respiratorios, se tiene que acompañar de una función normal a nivel del esqueleto costal y vertebral y de los músculos que intervienen en la respiración, los cuales son conveniente de recordar:

### **MUSCULOS INSPIRATORIOS MÁS IMPORTANTES**

- Diafragma
- Intercostales externos
- Esternocleidomastoidéo

### **MUSCULOS ESPIRATORIOS MÁS IMPORTANTES**

- Abdominales
- Intercostales internos

## VENTILACIÓN PULMONAR

Se denomina Ventilación pulmonar a la cantidad de aire que entra o sale del pulmón cada minuto. Si conocemos la cantidad de aire que entra en el pulmón en cada respiración (a esto se le denomina Volumen Corriente) y lo multiplicamos por la frecuencia respiratoria, tendremos el volumen/minuto.

$$\text{Volumen minuto} = \text{Volumen corriente} \cdot \text{Frecuencia respiratoria}$$

El aire entra en el pulmón durante la inspiración, y esto es posible porque se crea dentro de los alvéolos una presión inferior a la presión barométrica, y el aire como gas que es, se desplaza de las zonas de mayor presión hacia las zonas de menor presión. Durante la espiración, el aire sale del pulmón porque se crea en este caso una presión superior a la atmosférica gracias a la elasticidad pulmonar.

De todo el aire que entra en los pulmones en cada respiración, solo una parte llega a los alvéolos. Si consideramos un Volumen Corriente (Vc) de 500 cc. en una persona sana, aproximadamente 350 ml. llegarán a los alvéolos y 150 ml. se quedarán ocupando las vías aéreas. Al aire que llega a los alvéolos se le denomina VENTILACION ALVEOLAR, y es el que realmente toma parte en el intercambio gaseoso entre los capilares y los alvéolos. Al aire que se queda en las vías aéreas, se le denomina VENTILACION DEL ESPACIO MUERTO, nombre que le viene al no tomar parte en el intercambio gaseoso. A la ventilación alveolar también se denomina ventilación eficaz.

Una vez que hemos recordado los conceptos de presión, vamos a ver como la presión de oxígeno va descendiendo desde la atmósfera hasta que llega a los alvéolos.

Aplicando la formula que ya conocemos, con una PB = 760 mm Hg, y una FO<sub>2</sub> (Fracción de oxígeno) del 20,9 %, tenemos una PO<sub>2</sub> atmosférica de 152 mm Hg. Sin embargo cuando el aire penetra en las vías aéreas, se satura de vapor de agua que se desprende constantemente de las mucosas de las

vías aéreas. A una temperatura corporal de 37°C, este vapor de agua es un nuevo gas que tiene una presión constante de 47 mm Hg. Como la presión dentro de las vías aéreas una vez que cesa el momento inspiratorio es igual a la presión barométrica, la adición de este nuevo gas hace descender proporcionalmente las presiones parciales de los otros gases (oxígeno y nitrógeno). La fórmula para hallar la presión del oxígeno en las vías aéreas será la siguiente:

$$PIO_2 = (PB - P \text{ vapor de agua}) \cdot FIO_2$$

$$PIO_2 = (760 \text{ mm Hg} - 47 \text{ mm Hg}) \cdot 0,209$$

$$PIO_2 = 149 \text{ mm Hg}$$

*PIO<sub>2</sub> = Presión inspirada de O<sub>2</sub>*

*FIO<sub>2</sub> = Fracción inspirada de O<sub>2</sub>*

## **DIFUSIÓN ALVEOLO-CAPILAR**

En los alvéolos nos vamos a encontrar con un nuevo gas que constantemente va pasando desde los capilares al interior de los alvéolos. Este gas es el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). Este CO<sub>2</sub> en condiciones normales se encuentra dentro de los alvéolos a una presión de 40 mm Hg, o lo que es igual, se encuentra en los alvéolos en una proporción del 5,6 % (de cada 100 ml. de aire alveolar, 5,6 ml. es CO<sub>2</sub>). Como del total de O<sub>2</sub> que llega a los alvéolos (20,9% del aire atmosférico), el 5,6% pasa directamente a los capilares, es decir prácticamente la misma cantidad que de CO<sub>2</sub> pasa de los capilares hacia los alvéolos, lo que se produce es un intercambio gaseoso entre el oxígeno y el dióxido de carbono, por consiguiente la presión alveolar de O<sub>2</sub> será igual a la presión que tenía el O<sub>2</sub> en vías aéreas menos la presión alveolar del CO<sub>2</sub>.



$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 = 149 \text{ mm Hg} - 40 \text{ mm Hg} = 109 \text{ mm Hg}$$

En resumen, la presión total de los gases dentro de los alvéolos al final de la inspiración continúa siendo igual a la presión atmosférica, es decir :

$$P_{\text{Alveolar}} = P_{\text{Atmosférica}} = PO_2 + P_{\text{Vapor de H}_2\text{O}} + PCO_2 + PN_2$$

$$P_{\text{Alveolar}} = 760 \text{ mm Hg} = 109 \text{ mmHg} + 47 \text{ mmHg} + 40 \text{ mmHg} + 564 \text{ mmHg}$$

## **PERFUSIÓN PULMONAR**

Se denomina así al riego sanguíneo pulmonar. La circulación pulmonar se inicia en el VENTRÍCULO DERECHO, donde nace la Arteria Pulmonar. Esta arteria se divide en dos ramas pulmonares, cada una de ellas se dirige hacia un pulmón. Estas ramas pulmonares se van dividiendo a su vez en ramas más pequeñas para formar finalmente el lecho capilar que rodea a los alvéolos, siendo éste en su comienzo arterial y luego venoso. Del lecho venoso parte la circulación venosa que termina en las cuatro venas pulmonares, las cuales desembocan en la Aurícula Izquierda.

A continuación veremos la presión en que se encuentran el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> en la sangre en los distintos compartimentos:

## **Sistema venoso**

Las presiones de los gases en el sistema venoso son:

*PO<sub>2</sub> 40 mm Hg*

*PCO<sub>2</sub> 45 mm Hg*

Cuando esta sangre se pone en contacto con el alvéolo, como en éste las presiones de oxígeno son más elevadas - PAO<sub>2</sub> =109 mmHg- el O<sub>2</sub> pasa desde el espacio alveolar al capilar intentando igualar las presiones. Simultáneamente ocurre lo contrario con el CO<sub>2</sub>, siendo la presión mayor en la sangre venosa, tiende a pasar al alveolo para compensar las presiones. Por lo tanto las presiones de la sangre que ya ha pasado por el territorio capilar pulmonar es la siguiente:

## **Capilar venoso alveolar**

Como quiera que el Aparato Respiratorio no es totalmente "perfecto", existe territorios en él en que determinado número de capilares no se pone en contacto con los alvéolos, y esto hace que la sangre pase directamente con las mismas presiones con las que llegó al pulmón hasta el ventrículo izquierdo, y aquí se mezclará toda la sangre, aquella que ha podido ser bien oxigenada y aquella otra que por múltiples razones no se ha enriquecido adecuadamente de O<sub>2</sub>. Entonces, en la gasometría que realizamos a cualquier arteria sistémica, la PO<sub>2</sub> es inferior a la considerada a la salida de la sangre del territorio capilar pulmonar, por ser la media de las presiones de todos los capilares pulmonares, lo que conforma las presiones arteriales sistémicas. Por tanto podemos considerar una gasometría arterial normal a la que cumpla con las siguientes presiones y pH:

*PH* ..... entre ..... 7,35 y 7,45

*PO2* ..... entre ..... 85 y 100 mm Hg

*PCO2* ..... entre ..... 35 y 45 mm Hg

## **RELACIÓN VENTILACIÓN-PERFUSIÓN NORMAL**

Ya hemos visto la forma en que llega el aire a los pulmones con el fin de que los alvéolos estén bien ventilados pero no basta con esto, es necesario que el parénquima pulmonar disfrute de una buena perfusión para lograr una buena oxigenación de los tejidos.

Así pues es necesario que los alvéolos bien ventilados dispongan de una buena perfusión, y los alvéolos bien perfundidos dispongan de una buena ventilación. A esto se le denomina relación ventilación-perfusión normal.

Un ejemplo bastante gráfico que nos puede aclarar este concepto: Supongamos, que en un paciente toda la ventilación se dirige hacia el pulmón derecho, mientras que la sangre solo pasa por el pulmón izquierdo. Aunque la ventilación y la perfusión fuesen normales, el intercambio gaseoso sería imposible. Este puede ser un ejemplo exagerado, pero en menor grado se da en algunos cuadros pulmonares como pueden ser atelectasias, retención de secreciones, neumonías, etc. (donde existe una mala ventilación) y embolias pulmonares ( mala perfusión ), etc.

Otro ejemplo más común en nuestro medio sería el siguiente: Tenemos un paciente con un problema tal que la ventilación del hemitorax izquierdo está comprometida (importante zona atelectásica, un tumor, etc. ), cuando le damos un cambio postural y le colocamos en decúbito lateral izquierdo detectamos que el paciente se desadapta al ventilador, que disminuye la saturación de oxígeno, etc. ¿ Qué ha pasado?. Un paciente en decúbito lateral, la sangre venosa que se dirige a los pulmones a través de la arteria pulmonar no se distribuye uniformemente, por el contrario el pulmón

que se encuentra por debajo de la silueta cardíaca va a recibir más volumen de sangre que el pulmón que se encuentra por encima del corazón (esto se lo debemos simplemente a la gravedad), así pues el pulmón izquierdo del paciente en el ejemplo, va a recibir mayor volumen sanguíneo que el pulmón derecho, por el contrario el pulmón derecho (que se encontrará mejor ventilado), va a recibir menor aporte sanguíneo, por lo tanto este paciente no gozará de una buena relación ventilación/perfusión.

Los trastornos en la relación ventilación-perfusión son la causa más frecuente de las hipoxemias (disminución de la PO<sub>2</sub> en la sangre arterial).

## **DIFUSION PULMONAR**

Se denomina de tal forma al paso de gases a través de la membrana alveolo-capilar desde las zonas de mayor concentración de gases a la de menor. En condiciones normales, esta membrana es tan delgada que no es obstáculo para el intercambio, los glóbulos rojos a su paso por la zona del capilar en contacto con el alvéolo, lo hacen de uno en uno debido a la extrema delgadez del capilar, y antes que haya sobrepasado el primer tercio de este territorio, ya se ha realizado perfectamente el intercambio gaseoso, pero en algunas enfermedades pulmonares como el SDRA, EAP, etc. esta membrana se altera y dificulta el paso de gases, por tanto los trastornos de la difusión son otra causa de hipoxemias.

También sería interesante repasar algunos conceptos como:

- EL TRANSPORTE DEL O<sub>2</sub>
- CIANOSIS CENTRAL y CIANOSIS PERIFÉRICA
- HIPERVENTILACIÓN / HIPOVENTILACIÓN

## Transporte de oxígeno

Hasta ahora hemos recordado los caminos que recorre el O<sub>2</sub> para llegar desde el aire atmosférico hasta los capilares pulmonares. Pues bien ya en la sangre, el oxígeno en su mayor parte va unido a la Hemoglobina y una parte mínima va disuelto en el plasma sanguíneo. Por esta razón la cantidad de hemoglobina es un factor muy importante a tener en cuenta para saber si el enfermo está recibiendo una cantidad de oxígeno suficiente para su metabolismo tisular.

Por este motivo, un paciente puede tener una gasometría normal, pero si presenta una anemia importante (disminuye el número de transportadores del O<sub>2</sub>), la cantidad de O<sub>2</sub> que reciben sus tejidos no es suficiente. Otro factor a tener en cuenta es la función cardiaca. Si existe una insuficiencia cardiaca, la corriente sanguínea se va a tornar lenta, se formarán zonas edematosas y con ello el oxígeno que llegará a los tejidos será posiblemente insuficiente para el adecuado metabolismo tisular.

En resumen, para que el oxígeno llegue en cantidad suficiente a los tejidos, se tienen que dar tres condiciones indispensables:

- a) Normal funcionamiento pulmonar
- b) Cantidad normal de hemoglobina en la sangre
- c) Normal funcionamiento del corazón y circulación vascular

Cualquier alteración en una de estas condiciones, va a poner en marcha un intento de compensación por parte de las demás, así una disminución de la hemoglobina se intentará compensar con un aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, etc.

Existen otras muchas causas que dificultan un transporte adecuado de oxígeno, pero las citadas anteriormente son las más importantes.

## **Cianosis central y periférica**

Es importante, diferenciar claramente los conceptos de cianosis central y cianosis periférica, porque diferentes son también las importantes decisiones terapéuticas, especialmente en los enfermos bajo V.M.

Cianosis (del griego Kyanos = Azul) es la coloración azul de la mucosa y la piel, como consecuencia de un aumento de la hemoglobina reducida (no se encuentra combinada con el O<sub>2</sub>) por encima del valor absoluto de 5 gr. por 100 ml, o lo que es lo mismo, cuando la cantidad de hemoglobina que transporta oxígeno ha disminuido considerablemente.

En el caso de la llamada CIANOSIS CENTRAL, la disminución del oxígeno que transporta la hemoglobina, se debe a enfermedad pulmonar o anomalías congénitas cardíacas (shunt anatómico,etc.).

En el caso de CIANOSIS PERIFÉRICA, la hemoglobina se satura normalmente en el pulmón, pero la corriente circulatoria en la periferia es muy lenta o escasa, y suele ser secundaria a fenómenos locales como vasoconstricción por frío, oclusión arterial o venosa, disminución del gasto cardíaco, shock,etc.

En la CIANOSIS CENTRAL, las extremidades suelen estar calientes y tienen buen pulso. Tanto una como otra se observa mejor en las zonas distales del cuerpo (pies, manos, labios, pabellones auriculares, etc.), su significado es totalmente distinto y su confusión un grave error.

En la CIANOSIS PERIFÉRICA, las extremidades suelen estar frías y el pulso imperceptible o filiforme.

## **Hipoventilación e hiperventilación**

Estos son conceptos que deben quedar claros. Son conceptos gasométricos y no clínicos.

La hipoventilación equivale a una ventilación pulmonar pobre, de forma tal que no se puede eliminar el suficiente CO<sub>2</sub>, lo cual conlleva a una acumulación del mismo y se traduce en una gasometría arterial donde la PCO<sub>2</sub> está por encima de 45 mmHg.

Hablamos de hiperventilación cuando la ventilación pulmonar es excesiva, de manera que se eliminan enormes cantidades de CO<sub>2</sub>, traducido gasométricamente en una disminución de la PCO<sub>2</sub> arterial por debajo de 35 mmHg.

Por lo tanto solo hablaremos de hiperventilación ó hipoventilación cuando obtengamos los resultados de la PCO<sub>2</sub> mediante una gasometría arterial, o la PET CO<sub>2</sub> (Presión Espiratoria Total del CO<sub>2</sub>), que mediante el capnógrafo, podemos obtener de forma incruenta en pacientes sometidos a la VM.L

La taquipnea y la bradipnea son síntomas clínicos que con frecuencia se asocian a la hipoventilación e hiperventilación, pero no siempre es así.

## Capítulo 3

### **GENERADORES, VENTILADORES, RESPIRADORES**



Bajo el calificativo de GENERADORES, también denominados VENTILADORES o RESPIRADORES, vamos a agrupar a todos aquellos sistemas capaces de crear una presión sobre un gas de forma que pueda aparecer un gradiente de presión entre el propio generador y las vías aéreas del paciente, permitiendo la ventilación.

Realmente en el sentido estricto no son generadores, ya que no transforman otro tipo de energía en presión (eléctrica, térmica, etc.), sino que limitan la energía previamente almacenada en forma de alta presión en balas o tomas centralizadas de oxígeno.



## **VENTILADORES CICLADOS POR PRESION**

Este tipo de ventilador aseguraba la ventilación a una determinada presión, cesando la inspiración cuando se alcanza la presión previamente determinada en las vías aéreas.

Hoy en día forman parte de la nueva generación de ventiladores como un modo de ventilación.

El conocimiento de forma de trabajo de estos ventiladores, nos van a poner en condiciones de comprender mejor la mecánica y neumática de los respiradores más modernos de uso hoy en día.

Los sistemas de generar presión pueden ser muy simples, pudiendo asimilarse al efecto que produciría una determinada fuerza que actuase sobre un reservorio elástico, de esta forma la presión del gas dentro del reservorio sería siempre constante.

Al conectar este sistema a un paciente, debido al gradiente de presión, se generaría un flujo de gas en dirección a las vías aéreas del paciente, que cesará en el momento de igualarse las presiones entre el paciente y el generador.

En los primeros momentos la velocidad del flujo es alta, para ir descendiendo a medida que desciende el gradiente de presión como consecuencia del aumento de presión en las vías aéreas del paciente.

La curva de flujo es la representación gráfica de la velocidad del flujo en la unidad de tiempo. En los modernos ventiladores, esta curva es susceptible de ser modificada para adaptarla mejor a las necesidades ventilatorias del paciente, condicionadas en muchas ocasiones a la capacidad elástica del pulmón, lo que en la clínica se denomina complianza pulmonar.

Analizaremos a continuación qué ocurre durante la insuflación:

En primer lugar la presión del generador (PG) se transmite rápidamente y casi en su totalidad a las vías aéreas superiores del paciente

(tráquea, bronquios principales, segmentarios, etc.) donde aumenta su presión, en este momento se genera una diferencia de presión entre las vías aéreas superiores y los alvéolos, lo que va a desencadenar un flujo de gas en dirección al alveolo, la presión alveolar (PA) aumenta discretamente, consecuentemente disminuye el gradiente de presión y el flujo de gas hasta que llegado un momento se igualan las diferentes presiones ( $P_G = P_{aw} = P_A$ ), cesa la inspiración.

En este caso, no podemos predeterminedar que volumen de gas le vamos a suministrar al paciente, este volumen estará en función de las diferentes presiones que se originen tanto en las vías aéreas del paciente como a nivel alveolar.

Veamos pues qué pasaría si el paciente experimenta cambios en su mecánica pulmonar como podría ocurrir en el Síndrome de Distrés Respiratorio del Adulto; en este caso no se alteraría el gradiente de presión en el momento inicial de la inspiración, por lo que el flujo inicial será el mismo, no obstante cuando empieza a penetrar el gas en el alveolo, debido a la dificultad de distensión de éste, aumentará la PA rápidamente, con lo que se amortiguará el gradiente  $P_{aw}/P_A$ , y secundariamente el gradiente  $P_{aw}/P_G$ , esto traerá consigo una disminución del flujo de gas aportado y por lo tanto una disminución del volumen corriente entregado.

También podría ocurrir que aumentase la resistencia al flujo, por ejemplo en un broncoespasmo, donde disminuye la luz bronquial (disminuye la sección por donde pasa el flujo), en este caso no variará el gradiente de presión entre el alvéolo y el generador, pero al aumentar la resistencia al flujo en vías aéreas, aumentará la presión y disminuirá el flujo y consecuentemente el volumen de gas entregado será menor, el cual estará en función del tiempo inspiratorio, de la presión de trabajo del generador y del valor del flujo.

Por ello aparecen en el mercado los modernos generadores ciclados por volumen, de uso común hoy día y susceptibles de ser ciclados por presión en el caso de que el clínico lo considere oportuno en función de las necesidades ventilatorias del paciente.

## **VENTILADORES CICLADOS POR VOLUMEN**

Con ellos se asegura ventilar a un determinado volumen, cesando la inspiración cuando termina el tiempo inspiratorio momento en el que ya se ha introducido en las vías aéreas el volumen preestablecido.

Son estos ventiladores volumétricos los usados hoy día, los cuales poseen gran cantidad de aplicaciones en cuanto a la forma de suministrar el volumen de gas al paciente. En estos equipos el factor determinante es volumen prefijado por el operador. Este volumen inspiratorio a su vez está relacionado con el regulador del flujo inspiratorio, con la frecuencia respiratoria y el tiempo dedicado a la inspiración.

Debido al peligro de generar grandes presiones inspiratorias, se añaden elementos para limitar esta presión. En algunos generadores al alcanzar esta presión, cesa el flujo de gas y se inicia la espiración, comportándose como un ventilador ciclado por presión, donde no se alcanzaría el volumen prefijado. En otros ventiladores, automáticamente se adecuará el flujo de forma tal que se eviten en lo posible presiones picos por encima de las prefijadas en las alarmas de presión.

Todos los generadores poseen una VÁLVULA INSPIRATORIA, la cual es unidireccional, permaneciendo abierta durante la fase inspiratoria para permitir el flujo de gas en dirección al paciente, y cerrándose en la fase espiratoria.

La VÁLVULA ESPIRATORIA, también es unidireccional, permitiendo la salida de gas hacia el exterior, pudiendo contribuir a oponer un cierto grado de resistencia espiratoria a la salida de los gases en función de su propia estructura. Esta resistencia a la salida de los gases también aumentará conforme aumente la longitud de las tabuladuras (tubos que conducen el gas desde el ventilador a la cánula traqueal o tubo endotraqueal del paciente).



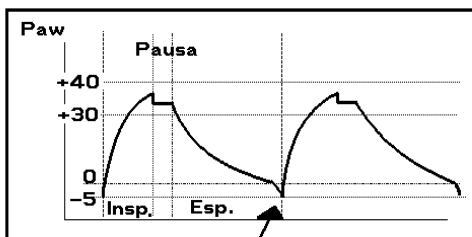
## INICIO DE LA INSUFLACIÓN

El ventilador puede iniciar la insuflación de dos formas diferentes:

Puede permitir el ciclado tras un esfuerzo inspiratorio iniciado por el paciente, que siendo detectado por la máquina en relación a un nivel de sensibilidad programado, originará el inicio de la insuflación. Este mecanismo

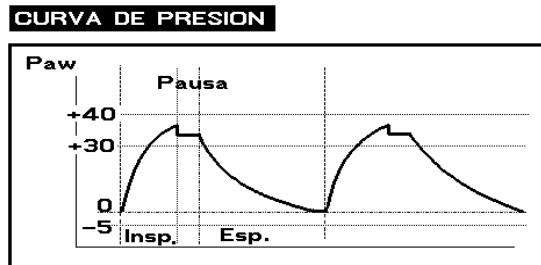
se denomina "Disparo" o "Trigger", y podemos regular su sensibilidad en distintos grados de esfuerzo inspiratorio. Esto se consigue mediante unos sensores generalmente de

### CURVA DE PRESIÓN



Esfuerzo  
inspiratorio del  
paciente

presión (en algunos ventiladores de última generación estos sensores se fundamentan en diferencias de flujo), los cuales van a captar una presión negativa provocada por el movimiento inspiratorio del paciente y cuando esta presión sea igual a la previamente ajustada (entre -0,5 y -10 cm H<sub>2</sub>O, siendo lo más prudente ajustarla a las presiones negativas más bajas) se abrirá la válvula inspiratoria y comenzará la insuflación.



Pero también pueden ser ciclados únicamente en razón a la frecuencia respiratoria regulada y los tiempos inspiratorios y espiratorios programados. En este caso la máquina independientemente del esfuerzo inspiratorio que pudiese iniciar el paciente, le suministrará el aporte de volumen de forma cíclica coincidiendo con los tiempos inspiratorios.

Antes de conectar a un paciente a un ventilador, y dependiendo del modo ventilatorio de elección, se tendrán que ajustar una serie de parámetros susceptibles de ser modificados, y que detallamos a continuación:

## **FRACCIÓN INSPIRADO DE OXÍGENO (FIO<sub>2</sub>)**

La Fracción inspirada de oxígeno, es la proporción en que se encuentra el oxígeno que suministramos dentro del volumen inspiratorio. Como vimos en el tema de fisiología respiratoria, la FO<sub>2</sub> a nivel del mar es del 20,95%, pues bien en los ventiladores disponemos de una toma de oxígeno a presión y de una toma de aire, ambos componentes son mezclados a la

entrada del respirador por el MEZCLADOR DE GASES, el cual es el encargado de proporcionar al ventilador la FIO<sub>2</sub> que previamente ajustemos. El mando regulador puede encontrarse en el mismo mezclador como ocurre con los ventiladores de la serie Servo 900 de Siemens, o encontrarse en el panel de mandos del ventilador.

La FIO<sub>2</sub> podemos ajustarla desde una proporción del 20% al 100%. Bien entendido que el oxígeno como gas que es, en altas concentraciones puede ser tóxico, por lo que un paciente al que le proporcionemos una FIO<sub>2</sub> elevada ha de estar bien controlado desde el punto de vista clínico y analítico, para que en cuanto sea posible se disminuya la concentración del mismo. Los ventiladores poseen un sistema de alarma que nos indicarán cualquier alteración en la mezcla de gases que nos impida proporcionar la FIO<sub>2</sub> preajustada. Estas alarmas suelen ser de tipo acústico y visual.

## **VOLUMEN**

La misión del ventilador, es la de insuflar un determinado volumen al paciente. Este volumen lo podemos ajustar en un mando disponible a tal efecto, y dependiendo del ventilador, podremos ajustar el VOLUMEN CORRIENTE (V<sub>c</sub>), que es aquel volumen que suministramos en cada insuflación. En otros ventiladores usaremos el VOLUMEN MINUTO (V<sub>m</sub>) que es el volumen que queremos insuflar en la unidad de tiempo, que será igual al volumen corriente multiplicado por la frecuencia respiratoria.

Para la ventilación mecánica el volumen suele estar determinado por el peso del paciente. Así podremos usar como regla nemotécnica:

$$V_c = \text{Kg de peso del paciente} \cdot 10 \text{ ml}$$

$$V_m = \text{Kg de peso del paciente} \cdot 10 \text{ ml} \cdot \text{FR}$$

Así pues a un paciente al que conectamos a un ventilador en la modalidad de CMV (Ventilación mecánica controlada), que pesa 80 Kg, y le hemos marcado una frecuencia respiratoria de 12 respiraciones/minuto le programaremos el siguiente volumen/minuto:

$$Vm = 80 \text{ Kg} \cdot 10 \text{ ml/Kg} \cdot 12 \text{ respiraciones/minuto} = 9.600 \text{ ml/m}$$

De esta forma le asignaremos un Vm de 9,6 L/m

Bien entendido que estos parámetros son solo a título orientativo y van a estar siempre supeditados a la patología y necesidades que presente el paciente en cada momento.

También tenemos a nuestra disposición un sistema de alarma que nos avisarán cuando el volumen sobrepase el preajustado o por contra no se llegue a lograr el mismo. Así pues el ventilador está dotado de algún tipo de espirómetro que medirá constantemente el volumen espirado y se activará cuando por defecto o por exceso peligre de algún modo la ventilación del paciente. Por tanto tendremos que ajustar los límites de esta alarma, que estarán enmarcados uno o dos puntos por encima y por debajo de los litros preajustados como volumen/minuto.

Suele ocurrir una caída del volumen/minuto cuando por accidente nos encontramos alguna fuga de gas a nivel de alguna conexión de los diferentes tubos del ventilador; cuando existe una fuga a nivel del neumotaponamiento en el tubo orotraqueal o en el traqueostomo, ello motivado asimismo por varias causas, entre ellas : Inadecuado llenado del neumotaponamiento del tubo endotraqueal o del traqueostomo , o rotura del mismo, fístula traqueal que impide el perfecto sellado del tubo (generalmente estas fístulas están motivadas por el excesivo llenado del globo sin control de presiones; salida del tubo orotraqueal fuera de la traquea,etc.

También nos podemos encontrar con una disminución del volumen prefijado, cuando por razones de elevación de la presión en vías aéreas, el ventilador deja de suministrar volumen. En este caso deberíamos preocuparnos del porqué se han elevado las presiones.

No debemos olvidar en todo caso que estamos trabajando con máquinas, y que se puede producir un fallo mecánico de cualquier tipo que haga caer el volumen corriente. En última instancia en que no logremos restaurar en forma rápida el volumen necesario, deberemos ventilar al paciente mediante un resucitador tipo AMBU conectado a un flujo de oxígeno, que siempre debemos disponer al lado de cualquier paciente en tratamiento con ventilación mecánica y una vez subsanado el problema volveremos a conectar al paciente a la máquina.

La alarma de volumen también puede activarse cuando se le suministra al paciente un volumen minuto superior al preajustado. En este caso puede deberse a que el paciente posiblemente desadaptado a la máquina, inicia movimientos inspiratorios que producen una presión negativa capaz de ser captada por el trigger y consecuentemente producir el aporte de gas preajustado. Cuando estos movimientos se repiten rápidamente, se produce un aumento del volumen minuto como consecuencia del aumento de la frecuencia respiratoria del paciente. La misión del clínico será la de adaptar al paciente. Esta adaptación se logrará por medio de varios procedimientos, utilizándose en cada momento el que se considere más oportuno después de valorar al paciente. Entre los medios para la adaptación del paciente a la máquina tenemos: PROCEDIMIENTOS PSICOLÓGICOS, el paciente necesita saber el porqué de muchas cosas, como el porqué no puede hablar, porqué tiene un tubo en la boca que le dificulta su respiración, etc. ; PROCEDIMIENTOS MECÁNICOS, donde puede ser posible la adaptación del paciente cambiando el régimen del ventilador, (es posible que el paciente demande mayor volumen del que tiene programado, o quizás demande mayor flujo que el que le está proporcionando la máquina, o tal vez, el paciente ya no necesite el apoyo de la ventilación mecánica, etc.); PROCEDIMIENTOS QUÍMICOS, donde se empleará, las medidas químicas



necesarias para que el paciente no realice movimientos inspiratorios. En la clínica diaria podemos escuchar exclamaciones como "el paciente lucha con la máquina", "el paciente compite con la máquina" en estos casos estamos ante un paciente desadaptado a la ventilación mecánica al cual tendremos que adaptar adoptando algún procedimiento de los enumerados.

## **PRESIONES**

En los ventiladores de uso actual –volumétricos-, no disponemos de un mando especial para el ajuste de la presión. No obstante algunos respiradores -Serie SERVO 900 de Siemens- poseen una válvula por la cual regula la PRESION DE TRABAJO DEL VENTILADOR. Esta válvula que generalmente se encuentra regulada a 60 cm de H<sub>2</sub>O, no debe ser variada salvo por expresa orden del clínico en aquellos casos que así lo requieran. Esta válvula impedirá que se alcancen presiones por encima de 60 cm H<sub>2</sub>O en el árbol respiratorio, siendo ésta una válvula de seguridad.

La monitorización de las presiones que se alcanzan en las vías aéreas es indispensable para el cuidado del paciente bajo la VM, cualquier modelo de ventilador va a disponer de manómetro encargado de medir estas presiones, y un lugar en el cuadro de mandos donde se nos indicará en todo momento la presión que se está ejerciendo en las vías aéreas del paciente. Junto a esta monitorización disponemos de una ALARMA DE PRESIÓN MÁXIMA (visual y acústica), previamente a la conexión del paciente al ventilador, tendremos que ajustar el límite de presión que le vamos permitir alcanzar, y se activará esta alarma cuando se superen las presiones indicadas dentro de las vías aéreas.

Hoy día se dispone de ventiladores que son capaces de modular el flujo de gas durante el momento inspiratorio de forma que no se alcancen las presiones ajustadas en la alarma, salvando así el obstáculo que podría suponer un parénquima pulmonar con poca capacidad elástica.

## RECUENCIA RESPIRATORIA

También disponemos de mandos para ajustar la frecuencia respiratoria que queremos que el ventilador le proporcione al paciente. Así disponemos de un mando para graduar la frecuencia respiratoria, dependiendo del modelo de respirador podremos ajustar desde dos hasta sesenta respiraciones por minuto.

En algunos ventiladores esta frecuencia se ajustará en mandos independientes (como ocurre en el ventilador EVITA, de Dräger) en función del modo ventilatorio que deseemos usar, así podemos encontrarnos con un mando para ajustar la frecuencia respiratoria en el modo "controlado" (f IPPV), y otro mando para el ajuste de la frecuencia en modo "ventilación mandatoria intermitente" (f IMV).

En otros ventiladores (Serie SERVO VENTILATOR 900B de Siemens) nos podemos encontrar un mando que nos sirve para la conexión al modo mandatorio intermitente, y a su vez mediante una escala de fracciones, podremos optar por el tipo de IMV que deseemos, o lo que es igual, nos asegurará la frecuencia respiratoria fija que el ventilador proporcionará al paciente (f IMV), estas posiciones son  $f/2$ , donde el respirador suministrará la mitad de las respiraciones programadas en el mando de "resp/min", ósea las que suministraría en caso de ventilación controlada; en caso de ajustar la IMV en  $f/5$ , la frecuencia respiratoria que el ventilador suministrará de forma mandatoria intermitente será la establecida en resp/min, dividida por cinco, y de igual forma operaríamos en la IMV en  $f/10$ .

Otra posición de la IMV en este tipo de ventilador es la "0", en este caso el ventilador no suministra ningún volumen controlado, no ofrece ninguna insuflación intermitente, toda la respiración es ESPONTANEA. Empleando esta posición podremos ver directamente si el paciente puede obtener una ventilación adecuada mediante la ventilación espontánea, lo cual se debe traducir en una vigilancia extrema.

Una vez programada la frecuencia respiratoria, tendremos que ajustar el tiempo que dedicaremos a la inspiración, a la pausa inspiratoria y a

la espiración. En algunos ventiladores (SERVO VENTILATOR de la serie 900) dispondremos independientemente de un mando para ajustar la proporción del tiempo inspiratorio, y otro mando para ajustar la proporción del tiempo que dedicaremos a la pausa inspiratoria. La suma de ambos nos dará el tiempo inspiratorio real, y la diferencia hasta el 100 %, será el tiempo durante el cual el ventilador le permite la espiración al paciente.

Generalmente, el tiempo inspiratorio se ajusta al 28%, y el tiempo de pausa al 5%, quedándonos un tiempo de espiración del 62%. En este caso se dice que la relación Inspiración/espiración, es de 1:2, donde una parte del tiempo que se dedica a un ciclo respiratorio pertenece a la inspiración (tiempo de inspiración + tiempo de pausa), y dos partes se dedican a la espiración. Dependiendo de los distintos ajustes, nos vamos a encontrar relaciones de 1:3, 1:1 , 2:5 , 2:1 , etc. En estos aparatos, la pausa podemos alargarla hasta un tiempo límite, o anularla completamente.

En otros ventiladores, no podemos ajustar el tiempo que dedicaremos a la inspiración y la pausa, por el contrario podemos ajustar la relación entre el tiempo inspiratorio y el espiratorio.

## **MANDO DE ENCENDIDO**

En la mayoría de los ventiladores, el mando del encendido se encuentra en la parte posterior del mismo, de fácil acceso para la conexión, pero con algún tipo de dificultad para la desconexión, de forma tal que no se pueda desconectar de forma involuntaria, así como la conexión del fluido eléctrico al ventilador está provista de sujeción de seguridad.

También en esta parte trasera se encuentran los conectores para los diferentes periféricos que se le puedan acoplar, como pueden ser monitores, analizadores de CO<sub>2</sub>, etc.

## HUMECTADOR

Como su propio nombre indica, es el encargado de mantener el gas que se introduce en las vías aéreas del paciente cargado con cierto grado de humedad y temperatura, supliendo en parte la función que realizan la mucosa de las fosas nasales. Se trata de un recipiente estanco donde se deposita agua estéril, este agua es atravesada por el volumen de gas que posteriormente se dirige hacia las vías aéreas del paciente. Este recipiente es transparente, con el fin de visualizar el contenido del líquido, y dispone de dos líneas señalizadoras del volumen máximo y mínimo en que se debe encontrar el agua depositada en el mismo. Asimismo dispone de un calentador y un termostato que va a ser que se mantenga la temperatura dentro del límite que marcaremos en el propio humectador.

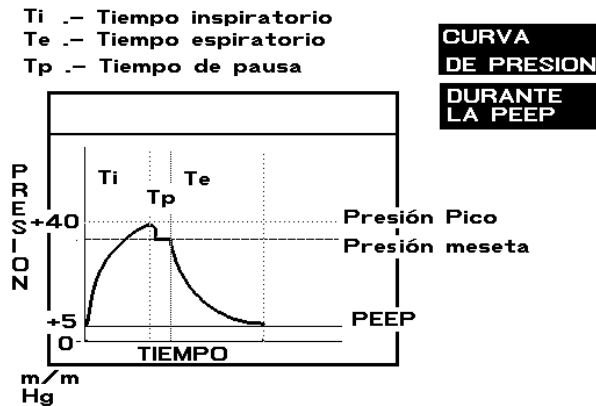
Estos humectadores, son denominados de varias formas en función del fabricante y en función de la idiosincrasia del equipo que los usa, así tenemos denominaciones como aquapar, cascada, etc.

También disponemos en el otro tipo de humectador, que no es más que una conexión provista de un filtro que acapara el vapor de agua procedente del propio sistema bronquial del paciente, y es este mismo vapor de agua el encargado de humidificar y calentar el nuevo gas que durante la inspiración pasará a ocupar las vías aéreas del paciente.

En el caso de usar el humectador tipo cascada, se hace necesario incorporar a los tubos que conectan el respirador con el paciente unos departamentos donde se deposite el agua condensada procedente del propio vapor de agua, los cuales se deberán vigilar y drenar antes que queden cubiertos totalmente por el agua. Estos depósitos denominados "trampas de agua" deberán acoplarse tanto en el tubo que dirige el flujo hacia el paciente, como en el tubo de la espiración, y ambos deberán estar colocados en el lugar más bajo de todo el sistema tubular, con el fin de facilitar dicho drenaje.

## PRESIÓN POSITIVA ESPIRATORIA FINAL ( PEEP )

La presión positiva espiratoria final ( PEEP ) consiste en el mantenimiento de una presión positiva al final de la espiración.



Como vimos en el capítulo de fisiología respiratoria, en condiciones normales, se interrumpe la espiración en el momento en que se igualan las presiones del árbol respiratorio con las presiones atmosférica (lo que se denomina presión cero), por encima de esta presión cero, tendremos una presión positiva y por debajo obtendremos una presión negativa o subatmosférica.

En el año 1938 BARACH aplica por primera vez la PEEP como tratamiento del Edema Agudo de Pulmón. Previamente BUNNELL en 1912 utilizó una técnica de presurización de las vías aéreas al final de la espiración mediante una mascarilla facial en las toracotomías. En 1957 FRUNIN documentó que una PEEP de +5 cm H<sub>2</sub>O mejoraba la saturación del O<sub>2</sub> arterial en humanos mecánicamente ventilados y paralizados. En 1971 GREGORY comunicó una supervivencia del 70 al 80% en el S.D.R.I., en el que la mortalidad en esta época estaba en el 70%. GREGORY utilizó el término CPAP (Continuous Positive Airway Pressure), refiriéndose al tratamiento administrado a niños con respiración espontánea con aparatos que creaban una presión

positiva a través de todo el ciclo respiratorio. La PEEP se ha utilizado desde entonces tanto en pacientes con intubación orotraqueal como en pacientes con mascarilla facial ajustada. Cuando se utiliza conjuntamente con la ventilación mecánica controlada, se le denomina "PEEP". Cuando el paciente se encuentra con respiración espontánea, conectado o no a un ventilador, se le denomina CPAP.

## **DISPOSITIVOS FÍSICOS QUE PRODUCEN LA PEEP**

Existen varios dispositivos capaces de proporcionar una PEEP, y básicamente todos trabajan proporcionando un cierto grado de resistencia al flujo espiratorio. Estas resistencias son constantes y con "umbral". Ello quiere decir que ejerce una fuerza cuantificable y constante a la salida del tubo espiratorio, de forma tal que cuando la presión que ejerce el aire al salir de las vías aéreas del paciente, es incapaz de salvar esta resistencia, cesará la espiración, quedando el paciente con una presión en vías aéreas que previamente hemos ajustado en el mando adecuado dependiendo del modelo de ventilador.

Los dispositivos empleados para conseguir una resistencia son muy variados. De manera didáctica podríamos conseguir una resistencia al flujo espiratorio introduciendo el tubo espiratorio en una columna de agua, en cuyo caso la presión que tendría que superar el paciente durante la espiración sería mayor que la presión que ejerce la columna de agua y cuando la presión espiratoria fuese igual a la presión de la columna de agua, cesaría la espiración y quedaría una presión conocida dentro de las vías aéreas del paciente. En este caso la resistencia sería constante y conocida. Un dispositivo empleado puede ser un balón que empujado por el flujo espiratorio, tiende a ocluir en parte la salida del gas al exterior. Otros modelos utilizan el modelo Venturi que dirige un chorro de gas sobre la membrana espiratoria oponiéndose de esta forma a la salida del flujo espiratorio.

Dependiendo de los diferentes modelos de ventiladores mecánicos, nos vamos a encontrar con diferentes mandos para incorporar una PEEP a la forma de ventilación del paciente. Si tomamos el modelo Servo 900 D de la casa Siemens, nos vamos a encontrar un mando a tal fin con una escala de valores que va desde -10 hasta +50 cm de H<sub>2</sub>O, y donde a nivel de +20 cm H<sub>2</sub>O, nos encontramos con un freno el cual nos impide que de forma accidental podamos aumentar la PEEP por encima de 20 cm H<sub>2</sub>O, siendo los valores a partir de aquí en extremo peligrosos, y su uso condicionado siempre como último recurso.

En el Ventilador Evita –Dräger-, el valor que podemos dar a la Peep oscila entre 0 y 35 mbar -recordemos que 1 mbar = 1 cm H<sub>2</sub>O-. En este modelo de ventilador disponemos de un mando donde podremos ajustar una Peep intermitente, denominada también “suspiro” de forma tal que una vez ajustada se activará cada tres minutos y para dos fases ventilatorias, y solo será efectiva cuando se ajuste por encima de lo que se haya ajustado la Peep.

Quede claro que hoy en el mercado existen una gran variedad de ventiladores, los cuales poseen un manual de instrucciones al cual debemos acudir siempre que necesitemos trabajar con cualquiera de ellos, y no es misión de esta guía realizar una recopilación de los distintos manuales, si bien y como dato orientativo se citan a veces unos ventiladores con los que el autor está más familiarizado.

## **RELACION ENTRE LA PEEP Y EL TRIGER**

Ya vimos como el trigger o disparo consiste en la posibilidad de obedecer un impulso inspiratorio por parte del paciente, proporcionándole un volumen predeterminado. Y como este impulso crea en todo el sistema tubular una presión subatmosférica que es captada por un sensor, el cual transmite la orden de apertura de la válvula que dejará escapar el volumen prefijado. En algunos ventiladores como el SERVO 900D, este sensor solo va a permitir la apertura de la válvula inspiratoria cuando se supere la presión

negativa previamente ajustada. Pero ¿qué ocurriría si a este paciente le tenemos asimismo pautada una PEEP?. Sencillamente que en este caso el paciente no parte de 0 para llegar a la presión negativa preajustada en el trigger, sino que parte de una presión positiva (PEEP), y por consiguiente el esfuerzo inspiratorio tendrá que ser tal que supere la presión positiva más la presión negativa ajustada en el trigger. Esto condicionaría cuando menos la incapacidad del paciente para lograr el disparo y posiblemente una cierta desadaptación al ventilador. Para superar esto y lograr que el esfuerzo inspiratorio que produzca la apertura de la válvula inspiratoria sea el adecuado, estos ventiladores poseen un mando denominado "Presión sobre PEEP", el cual tendremos que graduar restándole a la Peep el valor de la presión negativa que queremos que el paciente supere para hacer disparar el trigger.

Veamos un ejemplo de como ajustar el trigger en un paciente dependiente de la ventilación mecánica en este modelo de ventilador:

Supongamos que queremos ajustar un trigger de -2 cm H<sub>2</sub>O; en condiciones normales, solo tendremos que ajustar el mando del trigger a este nivel. Pero motivado por la aparición de problemas que dificultan la difusión de los gases (por ejemplo en un E.A.P.), se hace necesario la instauración de una presión positiva al final de la espiración de +5 cm H<sub>2</sub>O. En este caso, en el mando citado anteriormente de Presión sobre PEEP, ajustaremos la diferencia entre los valores absolutos de la PEEP que vamos a instaurar y el trigger ajustado anteriormente, o lo que es lo mismo la suma polinómica de ambos valores.

$$\textit{Presión sobre PEEP} = (\textit{Valor de PEEP}) + (\textit{Valor del TRIGGER})$$

$$\textit{Presión sobre PEEP} = (+5 \textit{ cm H}_2\textit{O}) + (-2 \textit{ cm H}_2\textit{O}) = + 3 \textit{ cm H}_2\textit{O}$$



De esta forma el paciente , para llegar al valor de +3 cm H<sub>2</sub>O, tendrá que realizar un esfuerzo inspiratorio equivalente a una presión de -2 cm H<sub>2</sub>O.

Mientras usemos la PEEP junto con el mando de Presión sobre PEEP, tendremos que ajustar el mando del trigger a 0.

Hoy se dispone en el mercado de ventiladores que son capaces que graduar automáticamente el trigger en función de la PEEP programada y solo nos tenemos que preocupar de ajustar los respectivos mandos con los parámetros con los que queremos trabajar.

## Capítulo 4

### **MODOS VENTILATORIOS**

Llamaremos modos ventilatorios a las diferentes formas que tiene un generador de sustituir, total o parcialmente, la función respiratoria de un paciente.

Si bien hoy día dicha sustitución ventilatoria se canaliza a través de la creación de un gradiente de presión transtorácico, son los diferentes matices en cuanto a la forma de ciclado y las posibilidades de participación activa del paciente en su propia ventilación, lo que va a diferenciar los diferentes modos ventilatorios, acercándose con ello a una ventilación lo más fisiológica posible en cuanto la capacidad de respuesta del paciente lo permitan.

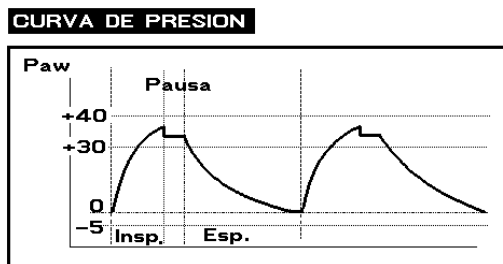
Hoy se utilizan numerosos términos para definir las distintas modalidades de la ventilación mecánica, llegándose a veces a situaciones complejas que intentan diferenciar técnicas similares, o que utilizan siglas distintas para una misma técnica.

No es pretensión de esta guía el estudio pormenorizado de todos los modos ventilatorios, ni el realizar un análisis crítico de los mismos, así pues nos remitiremos a informar de los modos más utilizados, de la forma más racional y estructurada posible.

## CMV - IPPV

La ventilación mecánica controlada (CMV), también denominada ventilación con presión positiva intermitente (IPPV), consiste en aquel modo en que el ventilador, dependiendo de los parámetros programados, va a liberar una serie de ventilaciones mecánicas a presión positiva, en unos intervalos de tiempos también programados e insuflando un volumen de aire predeterminado.

En el siguiente gráfico podemos ver la curva representativa del modo CONTROLADO. El ciclo se repite de forma constante según la pauta previamente ajustada.

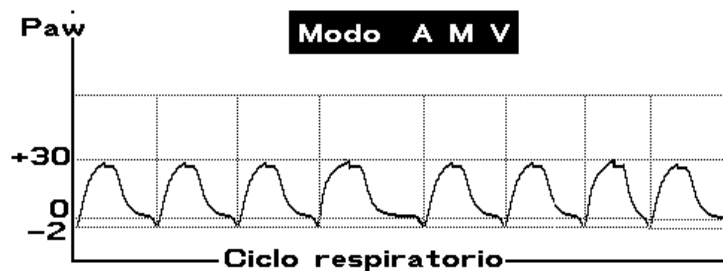


En el modo controlado, todo el patrón ventilatorio es determinado por el clínico, siendo el ventilador totalmente insensible a los intentos inspiratorios del paciente, es por ello que suele ser mal tolerada, y seguramente se precisarán métodos para "adaptar" al paciente al régimen ventilatorio del respirador.

Este modo suele estar indicado en aquellas situaciones en que no sea conveniente o posible la actividad respiratoria del paciente, como puede ocurrir en el Volet torácico, en la insuficiencia respiratoria neuromuscular, en situaciones de gran trabajo respiratorio, Status asmático y otros.

## AMV

La ventilación asistida (AMV), es aquella en la que el paciente es el encargado de iniciar la inspiración, y por ello la frecuencia respiratoria queda establecida por el propio paciente de forma tal que al realizar éste un esfuerzo inspiratorio, el ventilador captará la caída de presión en el circuito que este esfuerzo origina, y en el momento en que supera el nivel trigger previamente ajustado, se inicia la insuflación inspiratoria, con un volumen de gas previamente determinado, ya sea mediante el mando del volumen/minuto ( $V_m$ ) ya sea mediante el mando del volumen corriente ( $V_c$ ).

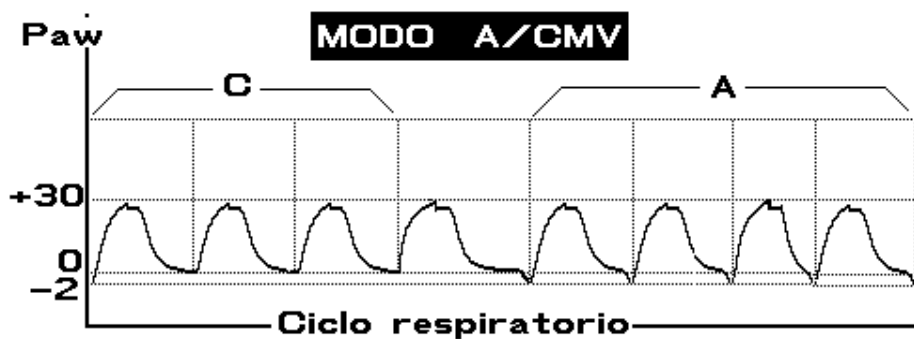


En el modo AMV, el ciclo respiratorio lo marca el paciente, siendo el ventilador el encargado de suministrar el volumen programado.

En caso extremo, en este modo ventilatorio, el respirador cesará de suministrar aire al paciente si no detecta previamente el esfuerzo inspiratorio que origine el disparo del trigger, o lo que es lo mismo, cuando el paciente no es capaz de superar el nivel de sensibilidad que hemos marcado. Para superar este problema se creó el modo ASISTIDO/CONTROLADO -A/CMV-

## ASISTIDO/CONTROLADO ( A/CMV )

En esta modalidad se combina el modelo asistido y el modelo controlado, donde podemos programarle al ventilador una frecuencia respiratoria controlada y fija, que se pondrá en funcionamiento cuando el paciente deje de realizar esfuerzos inspiratorios capaces de superar la sensibilidad pautada para que se produzca el disparo de la embolada inspiratoria. Así pues mientras que el paciente por su propio impulso sea capaz de realizar un número de respiraciones igual o superior a la frecuencia respiratoria pautada, el ventilador no le proporcionará ninguna respiración mecánica controlada, pero en el momento en que descienda por debajo de dicha frecuencia el número de respiraciones/minuto que el paciente sea capaz de lograr, automáticamente se pondrá en marcha el modo controlado.



C: El ventilador al no detectar ningún esfuerzo inspiratorio del paciente, cicla en modo CONTROLADO.

A: El ventilador al detectar un esfuerzo inspiratorio del paciente, cicla en modo ASISTIDO.

La frecuencia controlada de este modo ventilatorio, se denomina Backup de frecuencia o frecuencia de reserva. El volumen corriente está predeterminado al igual que en el modo controlado y en el modo asistido en el ventilador, y el volumen minuto estará determinado por el volumen corriente y la frecuencia respiratoria del paciente o en su defecto por el Backup.

Este modelo A/CMV uno de los mas empleado en las Unidades de Cuidados Intensivos, ya que permite al paciente aumentar su volumen minuto según sus requerimientos simplemente aumentando su frecuencia respiratoria y con un mínimo coste metabólico, ya que una vez superado el trigger, el ventilador se encargará de proporcionar el volumen preajustado. El objetivo del modo Asistido/Controlado, es el de disminuir el trabajo respiratorio del paciente. Esto supone que para un mismo volumen corriente, el gradiente de presión transpulmonar que ha de proporcionar el paciente sea menor, y esto va a depender de tres aspectos fundamentales:

- Flujos inspiratorios
- Nivel trigger
- Tiempo de respuesta del ventilador

### **Flujo inspiratorio**

En los ventiladores, generalmente el flujo inspiratorio está en función del tiempo de inspiración y el volumen corriente programado. En aquellas situaciones en que el paciente al realizar su esfuerzo inspiratorio demande un flujo mayor que el que la va a proporcionar el ventilador, aumentará el trabajo respiratorio del paciente y seguramente logrará la desadaptación del mismo a la máquina. En este caso podremos lograr aumentar el flujo inspiratorio, aumentando el volumen corriente, o disminuyendo el tiempo de inspiración a expensas de modificar la relación I:E (Inspiración:Espiración) a valores inferiores a los habitualmente empleados ( 1:3 , 1:4). Este concepto del flujo inspiratorio adecuado a los requerimientos del paciente son a veces olvidados, lo cual puede hacer fracasar esta modalidad y tener que recurrir al empleo de la sedación y relajación en un intento de adaptar al paciente a la máquina.

Un ejemplo que nos podría ilustrar sobre la demanda de flujo podría ser el siguiente: En condiciones normales usted realiza sus respiraciones con un esfuerzo inspiratorio tan adecuado que ni si quiera lo detecta. Bien pues vamos a ponernos en una situación en que el flujo que usted recibe sea menor al que demanda, y para ello va a respirar a través de la boca en la cual

previamente se ha colocado un tubo de unos 20 cm. de largo y un diámetro inferior a 1 cm. Al pasar el aire a través de este tubo, se ofrece una resistencia al flujo, el flujo es menor y para lograr el requerido, tenemos que realizar mayor esfuerzo inspiratorio, que puede acabar por agotarnos.

La selección de los valores del volumen corriente, los tiempos inspiratorios y por consiguiente el flujo inspiratorio debe ser muy cuidada, pues con una frecuencia respiratoria elevada (> 20 resp./min.) y unos flujos elevados podemos condicionar la imposibilidad de vaciado pulmonar en el tiempo espiratorio (al aumentar la FR, también disminuye el tiempo dedicado a la espiración) y con ello generar lo que se denomina "Auto-PEEP", donde siempre quedará una presión positiva al final de la espiración, esto conllevará un mayor gradiente de presión para desencadenar la puesta en marcha del respirador, lo cual también condiciona un mayor esfuerzo inspiratorio (ver relación PEEP/trigger).

### **Trigger**

La sensibilidad del trigger en el modo A/CMV debe ser la mínima, pues no tiene sentido aumentar la dificultad de puesta en marcha del respirador en este modo ventilatorio.

### **Tiempo de respuesta del ventilador**

Se denomina tiempo de respuesta al tiempo que transcurre desde el inicio del esfuerzo inspiratorio del paciente y el inicio de la ventilación por parte del ventilador. Los tiempos que se describen son numéricamente bajos (< 0,2 seg.) , dependen del nivel de sensibilidad que se emplee y del tipo de respirador. Hay que hacer notar que si bien son numéricamente bajos, funcionalmente pueden ser elevados.

Como vimos en el capítulo dedicado a los generadores, cuando el

paciente inicia el esfuerzo inspiratorio la válvula inspiratoria está cerrada, y no se abrirá hasta que el paciente logre una presión negativa que supere a la sensibilidad programada (Válvula de demanda), pues bien el trabajo inspiratorio del paciente es directamente proporcional al tiempo de respuesta del ventilador.

Volviendo al ejemplo que poníamos en el apartado anterior, tome de nuevo el tubo y colóquelo en la boca, pero esta vez ocluya el extremo distal del mismo con un dedo y no lo retire hasta un momento después de notar una presión negativa en la yema del dedo, comprobará que aumentando el tiempo que tarde en retirar el dedo, se agotará más que cuando retira el dedo inmediatamente.



## **VENTILACIÓN MANDATORIA INTERMITENTE (IMV/ SIMV)**

Las primeras aplicaciones de este modo aparecieron recién iniciada la década de los setenta en niños con Síndrome de Distrés Respiratorio. Poco tiempo después Downs lo aplica en los adultos pero orientado como técnica de desconexión del paciente al respirador y a partir de entonces esta técnica de ventilación mecánica se generaliza. A partir de 1975 ya aparecen publicaciones donde el modo IMV, no solo se utiliza como técnica de desconexión, comenzándose a utilizar como alternativa a la ventilación asistida.

El objetivo de la Ventilación Mandatoria Intermitente es facilitar el destete del paciente, y para ello le va a permitir realizar respiraciones espontáneas intercaladas entre las respiraciones mandadas por el respirador.

En el respirador se ajustarán un determinado número de respiraciones mandatorias (mandadas por el respirador con independencia de la voluntad del paciente), las cuales aplicarán un determinado volumen corriente previamente ajustado, pero con independencia de ello y durante el periodo de tiempo entre las ventilaciones mandatorias, el paciente tendrá la posibilidad de realizar respiraciones voluntarias, las cuales van a proporcionar un volumen de aire que estará en función del gradiente de presión que éste sea capaz de lograr mediante su esfuerzo inspiratorio.

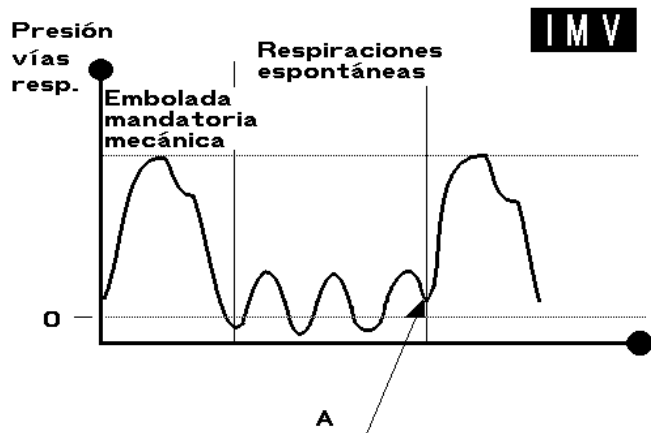
En este modo ventilatorio, el volumen minuto va a estar determinado por la frecuencia respiratoria mandatoria (fIMV) multiplicada por el volumen corriente preajustado mas la suma de todos aquellos volúmenes que el paciente pueda inspirar en sus respiraciones espontáneas.

No debemos de olvidar que si bien el paciente puede realizar respiraciones espontáneas, no es menos cierto que aun no estando en las mejores condiciones físicas tiene que salvar dos importantes dificultades antes de notar el aporte de aire que demanda con su esfuerzo inspiratorio. La primera dificultad que va a encontrar es el Trigger, el cual tiene que salvar antes de que el ventilador le permita inspirar un volumen de aire, por lo tanto en esta modalidad el trigger deberá permanecer en el menor grado de

dificultad posible sin llegar al autociclado del ventilador. La segunda dificultad la presenta la resistencia al paso del flujo que presenta la tubuladuras del respirador, así como la cascada, filtros de humidificadores y el propio tubo endotraqueal, por ello en los modernos ventiladores disponemos de un mando donde podemos aplicar una fuerza conocida sobre el reservorio, para que en el momento de la respiración espontánea se produzca una determinada presión positiva que ayudará a salvar este obstáculo aumentando el gradiente de presión entre el reservorio y el paciente. A este modo se le denomina IMV con Respiración Espontánea Asistida, generalmente en los ventiladores nos encontraremos un mando que nos indica con sus siglas en inglés "ASB" (Assisted Spontaneous Breathing), este mando lo podemos graduar en una escala que va desde 0 hasta 80 milibares, siendo lo más usual ajustarlo entre 10 y 20 mbar.

En definitiva, el aparato se hace cargo parcialmente del trabajo inspiratorio, conservando no obstante el paciente el control sobre la respiración espontánea, no existiendo ninguna limitación de volumen o tiempo.

La IMV presentó problemas de incoordinación entre el momento en que se iniciaba la respiración mandatoria y las respiraciones espontáneas, de forma tal que si el paciente realizaba una respiración espontánea, y antes de acabar su tiempo espiratorio se iniciaba una respiración mandatoria, provocaba un aumento considerable de volumen corriente y consecuentemente un aumento peligroso de presiones en vías aéreas, todo lo cual provocaba la desadaptación del paciente a este modo.

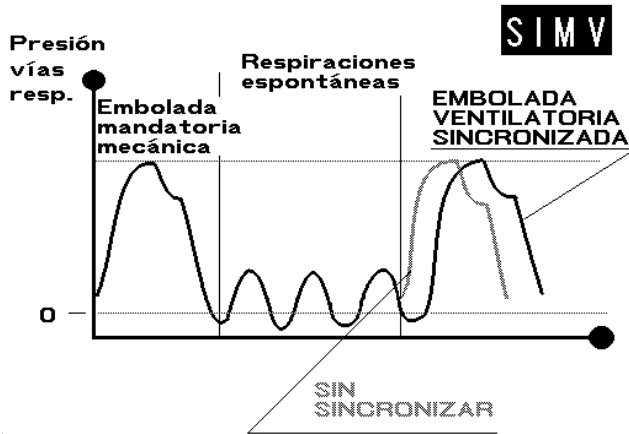


Se observa la asincronía entre las resp. espontáneas y la embolada mandatoria. Puede ocurrir que sin dar tiempo a terminar la fase espiratoria espontánea, se inicie una nueva fase mandatoria

Por ello nace la SIMV - VENTILACIÓN MANDATORIA INTERMITENTE SINCRONIZADA, cuya característica consiste en que la máquina se acopla al paciente de forma tal que no inicia la siguiente ventilación mandatoria hasta que el paciente no termina su ciclo respiratorio espontáneo.

Hoy aún nos podemos encontrar ventiladores más antiguos que solo nos ofrecen una IMV, y otros que nos proporcionen una SIMV, con o sin ASB. La elección del tipo de respirador estará a cargo del clínico, valorando la necesidad del paciente: no será igual un paciente postoperatorio al que le extubaremos en un tiempo máximo de tres o cuatro horas, que un paciente con un cuadro tal que tendremos que mantener con VM durante varios días y

posiblemente alternar los diferentes modos ventilatorios en función de las necesidades del momento.



## **VENTILACIÓN MANDATORIA MINUTO - M M V**

Es un sistema de ventilación mandatoria, que al igual que sucede en la SIMV, el paciente puede realizar respiraciones de forma espontánea, tomando el volumen de gas que sea capaz mediante su esfuerzo inspiratorio, y periódicamente de forma mandatoria, el ventilador le va a proporcionar una serie de respiraciones/minuto con un volumen corriente preajustado.

Las emboladas mandatorias, al contrario que la SIMV, no se aplican con regularidad, sino únicamente cuando existe la amenaza de una ventilación insuficiente. Cuando falta por completo la respiración espontánea, las emboladas mandatorias son aplicadas con una frecuencia IMV preajustada.

Los modernos ventiladores, realizan continuamente un balance entre la respiración espontánea y la ventilación mínima ajustada, y tan pronto como el balance es negativo, se aplica una embolada ventilatoria mandatoria con el volumen corriente preajustado.

## **RESPIRACIÓN ESPONTÁNEA ASISTIDA - A S B -**

Como su propio nombre indica, este modo ventilatorio concede al paciente la facultad de realizar su función ventilatoria de la forma más fisiológica posible, en este caso el ventilador no interviene para nada, salvo la asistencia a la misma mediante una presión positiva de soporte en el caso que así lo programemos. El aparato se hace cargo parcialmente del trabajo inspiratorio, conservando no obstante el paciente el control sobre la respiración espontánea y no existiendo ninguna limitación de volumen o de tiempo. Por supuesto el ventilador nos avisará mediante la alarma de volumen cuando exista una caída del mismo como consecuencia de una apnea o bradipnea importante que pueda presentar el paciente, en este caso tendremos que cambiar a otro modo ventilatorio más acorde con el estado

actual del paciente. En los ventiladores de última generación, cuando se detecta una apnea del paciente, el ventilador ciclará automáticamente en modo controlado con unos parámetros ajustados previamente, así en el modelo EVITA 2 DURA (Dräger) tendremos que ajustar la ventilación en apnea con una frecuencia respiratoria en apnea y un volumen corriente en apnea, y en cualquier caso este modelo le permitirá al paciente respirar espontáneamente durante la ventilación en apnea.

La ASB se dispara mediante un esfuerzo inspiratorio del paciente que hace saltar el trigger. Para que el paciente realice el número de respiraciones y se tome los tiempos inspiratorios que necesite en cada momento, la ASB al igual que se dispara cuando detecta el esfuerzo inspiratorio del paciente, cesará cuando el paciente espira activamente, o lo que es igual, cuando se produce un flujo espiratorio en dirección al respirador.

## **BIPAP - Biphasic Positive Airway Pressure -**

La BIPAP es un tipo de ventilación a presión positiva controlada que se combina con una ventilación espontánea del paciente. Este modo ventilatorio nace con la idea de proporcionar un tipo de ventilación no invasiva mediante mascarilla ajustada, aunque también puede ser utilizada en pacientes que se encuentran bajo ventilación mecánica mediante intubación orotraqueal, siendo esta última forma de uso condicionada a determinados tipos de pacientes. Al igual que ocurre con el modo SIMV, este tipo de ventilación nos va a asegurar una serie de ventilaciones controladas, pero en este caso en lugar de insuflar un volumen corriente determinado, nos asegurará una presión determinada en cada ciclo inspiratorio mandatorio.

Previamente a la conexión del paciente a la máquina, se ha de programar una serie de parámetros que son comunes a otros modos de ventilación, pero en este caso también tendremos que programar una presión inspiratoria ( P<sub>insp</sub>), un tiempo inspiratorio y una frecuencia mandatoria, de forma tal que entre las fases mandatorias el paciente podrá realizar respiraciones espontáneas, pudiendo éstas estar asistidas o no con un soporte de presión. Tanto en la fase mandatoria como en las respiraciones espontáneas también le podremos programar una PEEP si las condiciones del paciente lo requiere.

Los ventiladores de última generación que presentan este modo ventilatorio suelen estar provistos de un tipo de Ventilación en apnea que se pondría en marcha en el momento que el paciente presente una situación de apnea.

Este modo ventilatorio, cuando se utiliza en su forma no invasiva mediante mascarilla facial ajustada, ofrece una serie de beneficios que van a superar en gran medida a las molestias ocasionadas por su uso. Entre los beneficios más importantes tenemos el evitar los riesgos y las complicaciones que supone la ventilación mecánica mediante tubo orotraqueal. El paciente no va a necesitar sedación alguna, y en cualquier caso esta será mínima. Se mantiene intacto los mecanismos de defensa de

la mucosa orotraqueal y el paciente puede deglutir. En el paciente con apnea del sueño podemos utilizar una mascarilla nasal, con lo que el paciente podrá hablar.

Por otra parte la presión positiva mandatoria le va a producir al paciente cierto desasosiego y ansiedad (aquí enfermería puede realizar un buen trabajo). La incomodidad del ajuste de la mascarilla es muy alta en los primeros momentos, para ir el paciente acomodándose a la misma conforme pasa el tiempo. Tanto las correas de ajuste como la propia mascarilla puede producir decúbitos. Por otra parte no tendremos un acceso directo a las vías respiratorias para la aspiración de secreciones como ocurre en la intubación orotraqueal. En cualquier caso lo primero que vamos a necesitar para poder aplicar este tipo de ventilación no invasiva va a ser la colaboración previa del paciente.

Esta forma ventilatoria no invasiva que se ha venido utilizando tradicionalmente como tratamiento empírico en pacientes con apnea del sueño, se comienza a utilizar en otros tipos de insuficiencia respiratoria aguda de etiología muy variada como pueda ser la insuficiencia cardíaca congestiva, el paciente EPOC en fase aguda, la neumonía, el estatus asmático y otros, realizándose estudios clínicos realmente exitosos.



## Capítulo 5

### **COMPLICACIONES Y EFECTOS SECUNDARIOS RELACIONADOS CON LA VENTILACION MECÁNICA**

El conocimiento de los efectos secundarios y complicaciones de la ventilación mecánica, es lo que va a determinar de forma racional aquellos cuidados que la Enfermería le va a procurar al paciente dependiente de la misma.

Desde un punto de vista puramente físico, la VM invierte la normal fisiología de la ventilación, al instaurar una presión positiva en la fase inspiratoria. De esta inversión de presiones, se derivan una serie de afectaciones en distintos órganos y sistemas, sobre todo a nivel hemodinámico, hecho que se agrava al instaurar una PEEP. Estas repercusiones no suelen ser consideradas como complicaciones, pues en la mayoría de los casos son inevitables.

Además de estas repercusiones, existen una serie de complicaciones que pueden incidir directamente sobre la supervivencia del paciente, o bien prolongar la duración de la VM, pudiendo ensombrecer el pronóstico.

Vamos a estudiar por separado las complicaciones relacionadas con:

### LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL

- ☒ Complicaciones en el momento de la intubación
- ☒ Complicaciones durante la ventilación mecánica
- ☒ Complicaciones en la extubación

### COMPLICACIONES LIGADAS A LA VENTILACIÓN MECÁNICA

- ☒ Complicaciones técnicas
- ☒ Atelectasias
- ☒ Barotraumas
- ☒ Sobreinfecciones
- ☒ Toxicidad del oxígeno

### COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL

Uno de cada cinco pacientes conectado a la VM, presenta algún tipo de complicación relacionada con el uso de una vía aérea artificial. Para una mejor comprensión, se ha dividido dichas complicaciones en relación con el momento de aparición:

### Complicaciones en la intubación:

Las complicaciones al instaurar una vía aérea artificial pueden ser básicamente: Traumáticas, reflejas o por mala práctica.



Las lesiones traumáticas de la cavidad orofaríngea o las sufridas a nivel de la columna cervical, dependen en la mayoría de los casos tanto de la habilidad del que realice la técnica como de las características anatómicas del paciente.

Las causas reflejas vienen dada por la estimulación del vago, el sistema simpático y los nervios espinales que inervan la tráquea. Estos reflejos, siempre peligrosos, pueden producirse si no existe un correcto bloqueo de las fibras citadas.

La estimulación del vago puede condicionar: espasmo de glotis, broncoespasmo, apnea, bradicardia, arritmias cardiacas e hipotensión arterial. En pacientes con hiperreactividad bronquial, la presencia del tubo en la tráquea puede condicionar un broncoespasmo severo.

La estimulación del Sistema Simpático, puede condicionar una taquicardia, taquiarritmias e hipertensión arterial. Su incidencia parece ser menor que los reflejos vagales.

La tos y el vómito son las consecuencias más importantes de los reflejos espinales. La tos puede provocar un barotrauma como consecuencia del aumento de las presiones intratorácicas. El vómito, si

previamente no se ha procedido a la colocación de una S.N.G. y al vaciado gástrico, puede provocar una broncoaspiración.

Durante la intubación también pueden surgir problemas técnicos como son la propia imposibilidad de intubación y la intubación esofágica, siendo estos los problemas principales, los cuales pueden depender de multitud de factores anatómicos como puedan ser la longitud del cuello, macroglosia, procesos neoformativos, traumatismos, etc. , por supuesto que también va a depender de la cualificación de la persona que realiza la intubación.



Por todo ello debe considerarse la necesidad de disponer en todo momento de un balón resucitador tipo AMBU conectado a un flujo de oxígeno y dispuesto con una mascarilla, de forma que podamos ventilar mediante la hiperextensión del cuello sin necesidad del tubo orotraqueal para evitar la anoxia prolongada durante una maniobra de intubación

difícil. Asimismo debemos procurar siempre de un sistema de aspiración que en cualquier momento podamos usar para retirar mucosidad o contenido gástrico que dificulte la intubación.

### **Complicaciones durante la ventilación mecánica**

Durante la VM, las complicaciones relacionadas con la vía aérea artificial representan un 45% ( Klambury Pujol y De La Torre ) del total de las complicaciones, siendo las dos más frecuentes, la obstrucción del tubo endotraqueal y la autoextubación.

La obstrucción del tubo endotraqueal puede ser secundaria a acodamientos, herniación del neumotaponamiento, y sobre todo por tapones mucosos que en la mayoría de los casos están provocados por una inadecuada humidificación del aire. Asimismo se observa una mayor frecuencia de taponamiento en aquellos pacientes que presentan secreciones hemáticas.

La correcta humidificación es el mecanismo profiláctico más adecuado, siendo la solución última el cambio del tubo endotraqueal, lo cual presentará el grave inconveniente de una nueva relajación, sedación y todas aquellas complicaciones que se pueden presentar y que detallamos en el apartado anterior.

La autoextubación, es la complicación que le sigue en frecuencia. La tendencia es la de dejar al paciente conectado a un ventilador, adaptado a su nueva situación empleando la mínima sedación, con el fin de intentar la desconexión precoz, asimismo se tiende a evitar la relajación muscular para prevenir atrofiaciones musculares, ya que estas atrofiaciones van a dificultar posteriormente el destete del paciente al ventilador. Todo ello unido un paciente, salvo en casos extremos nunca debe estar sujeto de forma mecánica a la cama (en primer lugar porque atenta contra su libertad, y en segundo lugar porque ello le produce una angustia y una ansiedad que lo

desadaptaría al ventilador) , es posiblemente lo que explica esta alta incidencia.

Por otra parte tenemos la extubación accidental y la intubación selectiva de un bronquio, que se puede producir tanto en maniobras de higiene bucal como en movimientos de la cabeza del paciente. Se ha demostrado que las variaciones de hiperflexión o hiperextensión del cuello, muy comunes durante el aseo del paciente, sobre todo en pacientes bajo efectos de sedantes, pueden provocar un desplazamiento del tubo dentro de la traquea de hasta 4 cm.

Durante la VM se pueden producir lesiones traumáticas e incluso necróticas que pueden estar relacionadas con la sujeción del tubo endotraqueal. Estas lesiones pueden presentarse dependiendo del tipo de sujeción, a nivel de la comisura de los labios, e incluso pueden aparecer este tipo de lesiones a nivel de los pabellones auriculares, no siendo más que lesiones por decúbitos que pueden evitarse con sucesivos cambios en la localización del tubo a nivel de la boca y de la cinta que lo sujeta.

Nos podemos encontrar con intubaciones prolongadas que propiciarán a nivel traqueal ciertas dilataciones que harán necesario la sobreinsuflación del neumotaponamiento para poder mantener una situación de sellado que impida la fuga de aire. Ello a su vez nos coloca en riesgo de isquemia en la zona de presión del neumotaponamiento.

## **Complicaciones en la extubación**

Los primeros momentos después de la extubación, requieren una estrecha vigilancia del paciente, ya que las complicaciones que pueden surgir en esta situación, pueden comprometer su función ventilatoria , ya de por sí justa. Entre las complicaciones que pueden surgir en los momentos posteriores a la extubación del paciente tenemos:

- Hipoventilación
- Broncoplegía
- Broncoespasmo
- Broncoaspiración

### *HIPOVENTILACIÓN*

La hipoventilación es un de los fenómenos que se observan con mayor frecuencia. Este hecho puede explicarse bien por no valorar correctamente la capacidad de ventilación espontánea que presenta el paciente antes de la extubación, bien por presentar cualquier proceso añadido que determina una agravación del problema respiratorio.

### *BRONCOPLEGÍA*

La broncoplejía (dificultad para eliminar las secreciones bronquiales) puede ser un factor que intervenga en la capacidad ventilatoria posterior a la extubación y que puede obligar a la reintubación del paciente, tanto más cuanto que es difícil valorar este aspecto en el paciente intubado. Los criterios mecánicos y gasométricos son fácilmente definibles, en cambio la valoración de un paciente con tubo endotraqueal para expulsar las secreciones bronquiales es más dificultoso, si bien podemos comprobar la fuerza muscular de un paciente intubado midiendo su presión inspiratoria máxima, no sabemos como responderá en el momento de expulsar las secreciones.

En la mayoría de los casos, existe en las primeras horas después de la extubación, una dificultad de cierre de las cuerdas vocales, que limitan la eficacia de la tos. Si a esto le asociamos que el paciente presente broncorrea importante, será necesario colocar de nuevo una vía aérea artificial para asegurar la correcta aspiración de las secreciones.

### *BRONCOESPASMO*

Otra situación peligrosa a considerar tras la extubación, es la obstrucción de las vías aéreas superiores por un broncoespasmo o por un edema de glotis. Esta circunstancia, si bien poco frecuente, puede comportar la necesidad de una reintubación inmediata.

### *BRONCOASPIRACIÓN*

Por el mismo fenómeno de parálisis de las cuerdas vocales, durante las primeras horas posteriores a la extubación, se puede producir una broncoaspiración. Por ello se hace necesario la aspiración del contenido gástrico previo a la extubación, para comenzar la tolerancia a líquidos transcurrido al menos seis horas de la misma y con una vigilancia estrecha del personal de enfermería.



## **COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LA VENTILACIÓN MECÁNICA**

Existen múltiples factores que pueden influir en las complicaciones relacionadas con la VM. Este apartado reviste especial importancia, tanto más cuanto que en diversos estudios se demuestra que uno de cada tres enfermos conectado a la VM cursa con algún tipo de complicación, estimándose en un 2% la mortalidad secundaria a una complicación (Klambury Pujol y De La Torre ). Por separado vamos a estudiar:

- ✓ Complicaciones técnicas
- ✓ Atelectasias
- ✓ Barotraumas
- ✓ Sobreinfecciones
- ✓ Toxicidad del oxígeno

### **Complicaciones técnicas**

Nunca debe conectarse un paciente a un ventilador sin efectuar previamente un chequeo de la máquina y de sus sistemas de alarma.

También es muy importante destacar que nunca se debe corregir una avería con el paciente conectado a la máquina, siendo lo prudente el conseguir una ventilación adecuada de forma manual, mientras se intenta corregir el problema en el aparato o se cambia por otro que esté en perfectas condiciones.

Nos podemos encontrar con complicaciones en la ventilación pese tener establecidos los más óptimos parámetros y pese a encontrarnos delante de un ventilador en perfectas condiciones. Ello ocurre cuando se manipula incorrectamente algún mando del ventilador, con lo que

podemos dar lugar a un empeoramiento del cuadro respiratorio del paciente, incluso llegar a situaciones de extrema gravedad. Por todo ello y para evitar estos accidentes, el manejo de los respiradores debe estar siempre en manos de personal altamente cualificado.

## **Atelectasias**

El paciente sometido a la VM presenta una serie de factores que favorecen la aparición de atelectasias. Cuando la distribución del aire insuflado no es uniforme, nos vamos a encontrar con zonas de menor complianza que reciben menos volumen de aire, y consecuentemente pueden aparecer zonas de atelectasia.

Cuando por cualquier motivo se acumulan secreciones, éstas taponan los bronquiolos y pueden surgir atelectasias. Asimismo también pueden surgir zonas atelectásicas cuando por motivo de una humidificación insuficiente, se forman tapones de moco que obstruyen la luz bronquial. También el broncoespasmo podría tener un papel importante en la formación de zonas atelectásicas.

La profilaxis de esta complicación debe realizarse a varios niveles: La humidificación debe ser adecuada y la aspiración de secreciones siempre que sea necesario, procurando no traumatizar las mucosas, pues ya hemos señalado que las secreciones hemáticas favorecen la formación de tapones. También son importantes los cambios posturales y las medidas de fisioterapia respiratoria. Incluso la aplicación de una PEEP profiláctica pueden ser recursos adecuados.

## **Barotraumas**

Una de las más graves complicaciones y que se acompañan de una mayor mortalidad, son las producidas por sobrepresión, su importancia radica en el hecho de que su aparición comporta severos trastornos gasométricos y hemodinámicos. El diagnóstico ha de ser siempre precoz y el tratamiento inmediato en la mayoría de los casos.

La patología de base también puede comportarse como un factor favorecedor de la aparición del barotrauma, como en los casos de neumonía necrotizante, bronconeumopatía crónica agudizada, asma bronquial, enfisema pulmonar, etc.

Otra causa podría ser la intubación accidental del bronquio derecho unido a un mal control de los límites de presión en el ventilador.

Las diferentes formas de aparición de barotraumas incluyen : Neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo y neumoperitonéo, los cuales pueden darse de forma individualizada o conjuntamente.

## **Sobreinfecciones**

Además de todas las causas ya conocidas favorecedoras de infección intrahospitalaria, la necesidad de una vía aérea artificial, la manipulación por el personal que atiende al paciente y la contaminación del respirador, aumentan la vulnerabilidad de las barreras fisiológicas a la infección.

La intubación endotraqueal suprime todos los mecanismos de defensa propios de la mucosa nasal y faríngea, e inhibe el reflejo de la tos favoreciendo la acumulación de secreciones traqueobronquiales con la consiguiente posibilidad de contaminación y posterior sobreinfección. En el caso de la traqueostomía, la infección del estoma es muy frecuente, y a partir de aquí la contaminación resulta fácil.

Todos los autores coinciden en que el riesgo de sobreinfección está en relación directa con el tiempo de VM, y los gérmenes responsables por orden de frecuencia son: Pseudomonas , Klebsiella, Proteus, Serratia y Staphilococcus.

### **Toxicidad del oxígeno**

El oxígeno administrado con fines de tratamiento es un fármaco, y como tal puede causar efectos adversos graves.

La fisiopatología de esta toxicidad aun no se conoce a plenitud, pero se relaciona con la degradación y disminución de la sustancia tensoactiva y con la aparición del Edema Pulmonar no cardiogénico. Otros signos y síntomas que nos pueden hacer pensar en una intoxicación por oxígeno son: molestia subesternal, parestesias en extremidades, disnea, anorexia, aleteo nasal, inquietud, fatiga, malestar general y dificultad respiratoria progresiva.

La prevención de la intoxicación por oxígeno consiste en controlar su administración conforme a lo prescrito por el clínico. Si se precisan altas concentraciones de oxígeno, se debe administrar durante el menor tiempo posible y reducirla a la brevedad.

En cualquier caso el oxígeno se deberá administrar, en la concentración necesaria para proporcionar saturaciones de oxígeno en sangre arterial por encima del 92%.

Estudios clínicos experimentales han demostrado que no existe evidencia de que se desarrolle dicha toxicidad cuando su concentración en el aire inspirado es inferior al 50%, ni cuando se respira oxígeno puro por un tiempo inferior a 12 horas.

## Capítulo 6

### CUIDADOS DE ENFERMERÍA AL PACIENTE SOMETIDO A

#### VENTILACIÓN MECÁNICA

Los capítulos precedentes, están dedicados al estudio de las distintas técnicas y áreas del conocimiento que de forma muy directa se relacionan con la ventilación mecánica, ocupándonos de la anatomía, fisiología, física, generadores de presión y complicaciones de la ventilación mecánica, todo lo cual es necesario para poder proporcionar al individuo unos cuidados de enfermería de forma integral, entendiendo al ser humano como un todo biopsicosocial y por tanto actuando sobre el paciente y su medio ambiente de una forma racional y científica.

Todos los cuidados que Enfermería proporciona al individuo, han de seguir una sistemática de trabajo establecida (protocolos de cuidados).

La estructura de los cuidados de enfermería se basan en una valoración previa y constante del paciente sometido a ventilación mecánica, y dentro de esta valoración deberemos prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- ✓ Signos vitales
- ✓ Aspiración de secreciones
- ✓ Ruidos respiratorios
- ✓ Parámetros ventilatorios
- ✓ Estado nutricional
- ✓ Comodidad del paciente
- ✓ Nivel de conciencia

## **Signos vitales**

Los signos vitales del paciente sometido a VM, nos van a proporcionar importantes claves en relación con su estado. Dentro de los signos vitales, vamos a realizar una valoración de:

- ✓ **FRECUENCIA RESPIRATORIA**
- ✓ **FRECUENCIA CARDÍACA**
- ✓ **TEMPERATURA**
- ✓ **TENSIÓN ARTERIAL**
- ✓ **PRESIÓN VENOSA CENTRAL**

### ***FRECUENCIA RESPIRATORIA***

Para realizar una buena valoración de la frecuencia respiratoria, deberá controlarla cada 1 ó 2 horas dependiendo del estado del paciente, y distinguiendo entre las respiraciones espontáneas y las mandadas por el ventilador. Nunca deberá dar como correcta la frecuencia respiratoria pautada en el ventilador sin antes comprobarlo personalmente.

Mientras controlamos la FR, podemos observar algunos hallazgos importantes como pueda ser el uso de la musculatura accesoria de la respiración, retracciones torácicas y movimientos asimétricos. Toda esta información junto con valores analíticos, gasométricos, la monitorización de la saturación de O<sub>2</sub> y las presiones parciales del CO<sub>2</sub> detectadas de forma

incruenta mediante el capnógrafo y el pulsioxímetro, reportará unos datos de indudable valor en cuanto a la función respiratoria del paciente.

Hoy día se ha reducido el uso de la gasometría arterial (GSA) gracias a los métodos incruentos de medición de la Saturación de oxígeno y de las presiones parciales del dióxido de carbono. Sin embargo la GSA sigue siendo el control por excelencia del paciente respiratorio, y por lo tanto de aquel que está conectado a la VM.

No vamos a indicar aquí como se realiza la extracción de una GSA, pero sí es necesario resaltar que se ha de esperar al menos 15 ó 20 minutos después de modificar los parámetros del ventilador, o de realizar una aspiración de secreciones al paciente, para que se produzca un equilibrio y el resultado de la misma sea fiel reflejo de la nueva situación del paciente. También sería necesario resaltar que una vez extraída la sangre, ha de ser enviada inmediatamente al laboratorio, pues de otra forma se alterarán notablemente los valores de la misma.

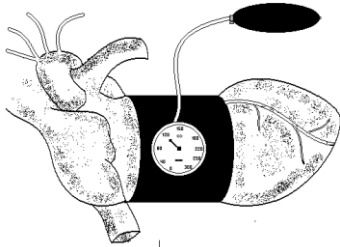
### *FRECUENCIA CARDÍACA*

Es imprescindible el control y la valoración de la frecuencia cardíaca del paciente conectado a VM, esta valoración y control ha de ser continuado, ya que se pueden producir trastornos del ritmo cardíaco debido a hipoxemia y acidosis, así como después de una intubación tras la estimulación del vago, nos podemos encontrar con bradicardias que hacen necesaria una actuación de urgencia. Todo ello unido a la patología de base que presente, es lo que hace que este tipo de paciente deba estar sometido a una monitorización cardíaca continuada, siempre con las alarmas conectadas y cuya comprobación deberá realizarse de forma sistemática.

## *TEMPERATURA*

El aumento de la temperatura condiciona una mayor demanda de  $O_2$ , lo que se puede traducir en un aumento de la demanda ventilatoria del paciente, lo cual será importante a la hora del ajuste de los parámetros ventilatorios en el respirador.

Si nos encontramos con una FR aumentada, sin que se acompañe de un aumento de temperatura, nos puede estar indicando algún problema como pueda ser un descenso de la  $PCO_2$ , un neumotórax, shock ó acidosis.



## *TENSION ARTERIAL*

La T.A. la podemos encontrar alterada por múltiples factores, entre ellos como vimos en el capítulo de las complicaciones relacionadas con la VM, nos podemos encontrar con una caída de la T.A. motivada por el aumento de presión transtorácica durante la VM, tanto más cuanto que dicha ventilación necesite el apoyo de una PEEP.

Sin olvidar el estado general del paciente y su patología de base, una de las causas más frecuente de la caída de tensión arterial relacionada con la VM, es la hiperventilación inicial, sobre todo en un paciente con una E.P.O.C.

Por todo ello el control de la T.A. se deberá efectuar al menos cada dos horas, siendo a veces necesario su control cada hora e incluso en



algunos casos deberá estar monitorizada constantemente a través de una cánula endoarterial.

### *PRESIÓN VENOSA CENTRAL*

Debemos controlarla cada 2 ó 4 horas, pues es una medida importante a tener en cuenta para conocer el estado hídrico del paciente, así como su estado hemodinámico.

### **NECESIDAD DE ASPIRACIÓN DE SECRECIONES**

Un paciente sometido a VM, ya sea mediante tubo endotraqueal o traqueostomía, ha perdido una función vital de la vía aérea superior como es la humidificación y calentamiento del aire que respiramos.



Por lo tanto el personal encargado de los cuidados de estos pacientes será el responsable de reemplazar esta humedad, ya sea mediante los humidificadores (nariz artificial, cascada, etc.) en el caso de depender de la VM, ya sea mediante aerosolterapia en el caso de encontrarse en fase de destete (fase de desconexión del ventilador), e incluso podrá ser necesario en caso de secreciones muy espesas, la instilación de suero fisiológico previo a la aspiración de las mismas.

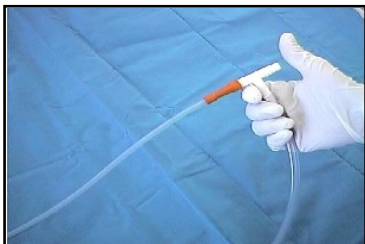
Generalmente los cilios del árbol traqueobronquial actúan como un tapiz rodante, desplazando hacia arriba la humedad de las células calciformes y de las glándulas mucosas,(normalmente entre 250 a 500 ml/día) arrastrando con ello las materias extrañas, bacterias,etc. Debido a la acción del tubo o del traqueostomo, esta acción ciliar también se encuentra deprimida.

Ya hemos visto las complicaciones que se pueden desarrollar relacionadas con la presencia de secreciones en el árbol bronquial. De entre ellas se hace necesario recordar: obstrucción del tubo endotraqueal, de la cánula de traqueotomía e incluso del traqueostomo, atelectasias, hipoventilación e infecciones graves. Todo lo cual puede llegar a poner en peligro la vida del paciente, siendo por tanto necesario la aspiración de las secreciones mediante una técnica siempre estéril, y la misma debe estar protocolizada en aquellas unidades que presten cuidados a este tipo de paciente.

En cualquier caso, debemos de disponer de todo el material preciso antes de comenzar la maniobra de la aspiración, a saber:

- ✎ Aspirador con capacidad para alcanzar niveles de aspiración entre 80 y 120 mmHg.
- ✎ Sondas de aspiración de varios calibres. Usar de número no superior al doble del número del tubo endotraqueal.
- ✎ Guantes estériles desechables.

Dependiendo de las características de las secreciones y del protocolo establecido en su unidad, puede ser necesario la instilación de suero fisiológico previamente a la aspiración, en tal caso es indudable que previamente deberá tenerlo dispuesto, así como un AMBU conectado a un flujo de oxígeno para realizar al menos cinco ventilaciones después de la instilación y previo a la aspiración de las secreciones.



Cuando introduzca la sonda en la tráquea, deberá hacerlo suavemente, sin aspirar, y parar cuando note resistencia, lo cual suele indicar que la punta de la sonda ha llegado a la bifurcación traqueal, lo que se denomina la Carina. Para evitar lesiones en la mucosa de la misma, antes de comenzar a aspirar deberá extraer la sonda 1 o 2 cm. Durante la aspiración la sonda se debe extraer con un movimiento suave, continuo y giratorio y aplicando la aspiración de forma intermitente, pues la aspiración continua mientras que se extrae la sonda, puede lesionar la mucosa traqueal. En todo caso, si el paciente presenta secreciones muy abundantes, puede estar indicado la aspiración continua. Desde su inserción hasta su retirada, no deberá permanecer en la tráquea más de 10 a 12 segundos.



El modo y la frecuencia de las aspiraciones, estarán en función de la patología que presente el paciente, así no obtendrá el mismo tratamiento el paciente con neumonía, que aquel que presente un Edema Agudo de Pulmón, o aquel otro que presente un status asmático, de esta forma, los cuidados en relación a la aspiración de secreciones, vendrán definidas por el tipo de paciente, los protocolos existentes en su unidad y el consenso a que llegue con el clínico responsable del tratamiento médico.



Si aspiramos con frecuencia a un paciente que presente secreciones espesas, sin que previamente lavemos la vía aérea, puede desarrollar una traqueítis. Un signo de esta es la tos áspera y seca que aparece siempre que se estimula la tráquea, la instilación de 1 ml de lidocaina al 1% cada 2 o 4 horas después de aspirarle, y siempre bajo prescripción médica, o siguiendo el protocolo de su unidad, puede ayudar a controlar la tos. La excesiva irritación de la mucosa traqueal puede causar

finalmente hemorragia, en tal caso nos encontraremos secreciones hemáticas y mayor riesgo de formación de un tapón mucoso.

En caso que el paciente presente traqueitis, será conveniente no aspirar más allá del tubo traqueal, a menos que sea absolutamente necesario, pues en tal caso irritaremos aun más la mucosa traqueal.

La hidratación del paciente es una medida profiláctica para prevenir la acumulación de secreciones persistentes y espesas. La mayoría de los pacientes deberán tomar de 2 a 3 litros de líquidos diarios, ya sea, por S.N.G. o por vía endovenosa. En todo caso el aporte de líquidos es una decisión que habrá que consensuar con el médico, ya que en algunos pacientes puede estar contraindicado, como puede ser en la insuficiencia cardíaca, el Edema de Pulmón, insuficiencia renal, o en pacientes con ictus o traumatismo craneal en cuyo caso pueden presentar un aumento de presión intracraneal.

## **SIGNOS QUE NOS INDICARAN LA PRESENCIA DE SECRECIONES**

La aspiración de secreciones no está exentas de ciertos riesgos, es por ello que no debe aspirarse al paciente cuando esto sea innecesario, por ello previamente tendremos que hacer una valoración buscando los siguientes signos:

- ✓ *Secreciones visibles en el tubo orotraqueal.*
- ✓ *Sonidos respiratorios tubulares, gorgoteantes o ásperos.*
- ✓ *Disnea súbita.*
- ✓ *Crepitantes en la auscultación.*
- ✓ *Aumento de las presiones transtorácicas y caída del Volumen minuto.*
- ✓ *Caída de la saturación de oxígeno y aumento de las presiones de gas carbónico.*

En el caso de que existiese cualquiera de estos signos, la aspiración de secreciones está plenamente justificada.

## **RIESGOS DE LA ASPIRACIÓN DE SECRECIONES**

La aspiración es importante durante los cuidados traqueales, pero no está exenta de ciertos riesgos, que difícilmente podrían considerarse de poca importancia. Entre estos riesgos vamos a analizar:

- ✓ *HIPOXIA*
- ✓ *ARRITMIAS*
- ✓ *HIPOTENSIÓN ARTERIAL*
- ✓ *ATELECTASIAS*
- ✓ *PARO CARDÍACO*
- ✓ *RIESGO DE INFECCIÓN EN ENFERMERÍA*

:

### **Hipoxia**

Cuando aspiramos a un paciente, además de secreciones, también le aspiramos oxígeno, es por ello que se hace necesario hiperinsuflar al paciente antes y después de la aspiración, administrando al menos cinco insuflaciones con ambu conectado a un flujo de oxígeno al 100%. En el caso de estar conectado a un ventilador, podemos cambiar la FIO<sub>2</sub> al 100%, esto ya lo realizan previamente los ventiladores más modernos mediante un mando adecuado para ello y por un tiempo que suele ser de un minuto, aunque esto va a variar en función del modelo de ventilador que se use.

## **Arritmias**

La arritmias pueden estar provocadas por la hipoxia miocárdica y por la estimulación del vago, como ya vimos en las complicaciones de la intubación la estimulación del vago puede provocar una bradicardia. Como quiera que los pacientes conectados a VM deben estar constantemente monitorizados, deberemos controlar la frecuencia y ritmo cardiaco en todo momento mientras realizamos la aspiración de secreciones y detectar cambios significativos.

## **Hipotensión**

Esta complicación puede aparecer como resultado de la hipoxia, bradicardia y estimulación del vago. La aspiración produce una maniobra semejante a la tos que puede favorecer la hipotensión, por tanto asegúrese de controlar los signos vitales después de una aspiración, especialmente la tensión arterial. En el caso de que ésta sea controlada de forma cíclica y anotada en gráfica, anote también la coincidencia con la maniobra de aspiración en el caso que se encuentre por debajo de lo acostumbrado, en caso contrario podría suponer la implantación de medidas terapéuticas: aporte de líquidos, aminas, etc. sin que exista realmente necesidad de ello controle nuevamente la T.A. transcurrido 10 minutos de la toma anterior.

## **Atelectasias**

La alta presión negativa durante la aspiración, puede causar colapso alveolar e incluso pulmonar. Con el fin de prevenir esta complicación, asegúrese de que la sonda de aspiración es del tamaño adecuado. Una regla de oro a seguir: la sonda de aspiración no ha de ser más de un número mayor que el doble del tamaño del tubo endotraqueal. Por ejemplo si un paciente lleva un tubo endotraqueal del nº 5, lo apropiado será una sonda de aspiración del nº 10 (como máximo del nº 12), una sonda del nº 14

aumentaría el riesgo de colapso alveolar. Con un tubo endotraqueal del nº9 podremos usar una sonda de aspiración del nº18. Asimismo el nivel seguro para la aspiración estará comprendido entre 80 y 120 mmHg.

### **Paro cardíaco**

Es la complicación más grave de todas las que nos puedan aparecer como consecuencia de la aspiración de secreciones. Por ello busque los signos clásicos de paro inminente. Observe el monitor cardiaco en busca de arritmias durante y después de la aspiración. En caso que aparezcan, deje de aspirar y adminístrele el oxígeno al 100% hasta que el ritmo cardiaco vuelva a la normalidad, en caso contrario de orden para que le acerquen el carro de parada, avisen al médico y dispóngase para realizar en caso necesario una RCP.

### **Riesgo de infección en el personal de enfermería**

Si bien los riesgos de contagio durante la maniobra de aspiración de secreciones es algo que ya ha estado definido en innumerables citas bibliográficas, es recientemente y debido a la aparición del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), cuando se toma más conciencia del riesgo real que supone la citada maniobra. Con respecto al SIDA, son muchas las autoridades en el tema que consideran la sangre, secreciones y líquidos corporales de todos los pacientes como elementos altamente contaminantes.

Los Centers for Disease Control (CDC), recomiendan que se tomen precauciones universales siempre que se aspire a un paciente. De esta forma además del uso de guantes, deberá llevar siempre gafas protectoras y mascarilla durante la aspiración. Si presenta cortes o abrasiones en las manos, o presenta las mismas agrietadas, los CDC aconsejan que no realice la técnica de aspiración. En el caso de no existir nadie más que pueda

realizar la aspiración, se deberá colocar dos pares de guantes para una mayor protección. En el caso de presentar lesiones que no cubren los guantes, deberá colocarse una bata.

En mi experiencia personal en Unidades de Cuidados Intensivos, he observado que son pocos los profesionales de enfermería que hacen uso de mascarilla cuando realizan una aspiración de secreciones, quedando éstas relegadas en la mayoría de los casos para cuando nos encontramos con un paciente ya diagnosticado de SIDA, TBC y Hepatitis, y en algunas ocasiones condicionamos su utilización dependiendo que presenten las secreciones olor fétido y aspecto desagradable. En todo caso en ninguna ocasión he presenciado el uso de gafas protectoras.

Espero que estas notas sirvan para que en el futuro al realizar una aspiración de secreciones, aplique no solo las medidas de barrera hacia el paciente, sino que cuide también su propia protección.

## **RUIDOS RESPIRATORIOS**

Se deberían auscultar los sonidos respiratorios de un paciente conectado a VM cada 2 horas, y si es posible coincidiendo con la toma de las constantes vitales, con el fin de verificar si la ventilación es eficaz en ambos campos pulmonares, o si existen zonas mal ventiladas, con secreciones o atelectásicas.

Normalmente los ruidos respiratorios del paciente conectado a VM se escuchan con facilidad. Registre la disminución de los ruidos respiratorios e informe de ello inmediatamente. La disminución de los ruidos respiratorios nos puede estar indicando que existe una ventilación inadecuada, posiblemente debido a una acumulación de secreciones y atelectasia. En todo caso la ausencia de los ruidos respiratorios es un signo grave cuyo tratamiento es urgente, relacionándose normalmente con la



aparición de un neumotórax, de una intubación selectiva por error, o puede deberse a la movilización involuntaria del tubo endotraqueal.

Es importante por lo tanto auscultar los ruidos respiratorios después de colocar al paciente en la posición adecuada (después del aseo, cambios posturales, etc.) y después de manipular el tubo endotraqueal (cambios de sujeción, aseo de la boca , etc.).



Con respecto al tubo endotraqueal, observará que se encuentra numerado. Una vez que se intuba al paciente y se realiza el control de la ventilación de ambos campos pulmonares y el control radiográfico, si el tubo está correctamente situado, señalaremos el número que se encuentra situado más cerca de la boca del paciente, lo anotaremos en la gráfica de control y en la hoja de enfermería, y también sería oportuno señalarlo con un rotulador de tinta indeleble.

## **FUGA DE GAS**

Si al auscultar al paciente escucha unos ruidos respiratorios disminuidos por igual en ambos campos pulmonares junto a unos sonidos respiratorios ásperos y ruidosos procedentes de la boca del paciente, quizás se haya salido el tubo, o el neumotaponamiento (conocido coloquialmente por el " globo ") se ha deshinchado o roto. Esto es lo que se denomina " fuga " a nivel del tubo. Ante la existencia de una fuga podrá observar una caída del volumen minuto en el ventilador, que se solucionará cuando solucionemos la fuga. El globo o neumotaponamiento debe tener una presión tal que impida la fuga de aire durante la VM, pero que no sea

excesiva con el fin de no colapsar los capilares sanguíneos que nutren la tráquea. De esta forma su presión deberá estar alrededor de los 25 cm H<sub>2</sub>O.

La presión se medirá con un manómetro, pero en caso de no disponer del mismo, podremos usar la columna de mercurio del manómetro salvando las equivalencias en lo que se refiere al cm de H<sub>2</sub>O y el mm Hg.

## **PRESIÓN DEL NEUMOTAPONAMIENTO**

Los pasos para inflar el manguito y medir la presión del mismo, serán los siguientes:

1. Desinflar el globo por completo ( previamente aspirar secreciones de la boca)
2. Conectar el manómetro y una jeringa a una válvula tridireccional (llave de tres pasos). El otro extremo de la llave se colocará en el manguito del neumotaponamiento.
3. Inyectar 1 ml. de aire en el manguito durante la inspiración.
4. Escuchar la salida de aire (fuga) con el estetoscopio en un lateral del cuello, si se escucha fuga se inyecta más aire en el manguito hasta que se deje de escucharse, controlando siempre la cantidad de aire que se introduce.
5. Una vez que se ha logrado evitar la fuga, comprobar la presión que ha sido necesaria a tal fin y anotar junto con la cantidad de aire necesario
6. Por último desconectar el manómetro y la jeringa, dejando la llave tridireccional cerrada , o si se quiere retirándola también.

En el caso que precisemos más de 25 cm H<sub>2</sub>O para prevenir una fuga de aire, será necesario notificar, quizás el paciente necesite un balón más grande.

Si no se precisa una oclusión traqueal total, podemos utilizar la llamada técnica de fuga mínima cada 8 horas con el objeto de controlar la presión del balón. Para realizar dicha técnica primero aspire el tubo traqueal y la boca del paciente con el fin de prevenir una broncoaspiración, use una jeringuilla de 10 cm y coloque el estetoscopio sobre el cuello del paciente, mientras insufla poco a poco el manguito, escuche los sonidos de la fuga que se producen durante la inspiración, y cuando deje de escuchar la fuga, deje de inflar el balón. Luego aspire un poco de aire (aproximadamente 0,1 ml) hasta que pueda oír solo una pequeñísima fuga.

Sobre la práctica de desinflar el balón durante unos cinco minutos para prevenir las lesiones de la mucosa traqueal, se ha demostrado que es ineficaz, amén de la poca tolerancia de los pacientes, sobre todo de aquellos que tienen instauradas una PEEP.

Hoy existen en el mercados tubos endotraqueales que no requieren mediciones de la presión del balón, por ejemplo el Shirley VAP (siglas que significa válvula para aliviar la presión). Este tubo tiene una válvula que expulsa automáticamente cualquier volumen de aire que pudiera elevar la presión por encima de los 25 mm Hg.

## **PARÁMETROS VENTILATORIOS**

Es conveniente realizar como mínimo cada 6 u 8 horas una valoración del equipo para cerciorarse de su normal funcionamiento y anotar los ajustes de los mismos.

Todos estos ajustes deberán quedar reflejados generalmente en la propia gráfica del paciente, y en caso de que no se disponga, deberá existir una hoja impresa a tal fin, donde podamos señalar:

- ✓ MODELO DE VENTILADOR
- ✓ PEEP
- ✓ MODO VENTILATORIO
- ✓ TRIGGER
- ✓ FRECUENCIA RESPIRATORIA PREAJUSTADA
- ✓ SUSPIRO
- ✓ FRECUENCIA RESPIRATORIA ESPONTÁNEA
- ✓ ASB
- ✓ RELACIÓN INSPIRACIÓN:ESPIRACIÓN
- ✓ FIO2
- ✓ PRESIÓN INSPIRATORIA MÁXIMA
- ✓ PRESIÓN INSPIRATORIA MESETA
- ✓ VOLUMEN ESPIRATORIO

Asimismo se deberán comprobar:

- ✓ Los límites de las alarmas de volumen y presión, comprobando asimismo que funcionen.

- ✓ Estado de las tubuladuras y la existencia de agua en las mismas si se dispone de un humidificador tipo cascada, y en caso positivo efectuar su drenaje.
- ✓ Comprobar el nivel de agua del humidificador y su temperatura.
- ✓ Comprobar la PEEP pautada y la que realmente está haciendo el paciente.

## **ESTADO NUTRICIONAL**

En 1858 escribió Florence Nightingale que el objetivo de la Enfermería era "poner al paciente en el mejor estado para que la Naturaleza actúe sobre él ". Pues bien el estado de nutrición de cualquier paciente es condición indispensable para lograr el restablecimiento del mismo.

La nutrición adecuada es indispensable para el funcionamiento del sistema inmunitario. La disminución de las reservas proteínicas da por resultado la atrofia de los tejidos linfoides, depresión de la respuesta de anticuerpos, reducción del número de células T circulantes y limitación de la función fagocitaria. Como resultado la susceptibilidad a las infecciones aumentan en forma considerable. Cuando se padecen enfermedades graves, aumentan las necesidades nutricionales y esto puede contribuir a la depleción de proteínas y un mayor riesgo de limitación a la respuesta inmunitaria y aparición de sepsis.

Cuando realizamos este tipo de consideraciones podría entenderse que nos estamos saliendo del espíritu de esta guía, pero nada más lejos de la verdad. Como vimos en la introducción de la misma, un paciente puede pasar a depender de un ventilador por múltiples razones, estando relacionado en la mayoría de los casos con enfermedades extremadamente graves que hace necesario unos cuidados intensivos que interesan a todos

los órganos. Asimismo también es decisivo un equilibrado aporte nutricional para la buena conservación de la función pulmonar.

Normalmente vamos a distinguir dos tipos de nutrición que suelen ser adecuadas en estos pacientes: La N.P. (nutrición parenteral) , cuyos cuidados han de estar establecidos en forma de protocolo en cada unidad hospitalaria, y la N.E. (nutrición enteral) a través de sonda nasogástrica.

No es misión de este manual detallar los cuidados que requieren los pacientes que se nutren a través de la S.N.G., pero es de destacar el uso siempre que sea posible de una sonda de silicona o poliuretano, incluso podríamos usar las sondas yeyunales, las cuales son más flexibles y poseen un diámetro inferior. Se han realizado estudios que relacionan la fístula traqueoesofágica con la intubación endotraqueal y la sonda nasogástrica rígida. El tubo endotraqueal con el neumotaponamiento comprime la pared de la tráquea, ésta a su vez comprime la pared del esófago contra la S.N.G. y ello puede provocar mediante un decúbito la nefasta fístula.

No siempre será fácil de determinar que el paciente presenta esta complicación, los signos pueden ser inespecíficos o leves. La fuga de aire alrededor del neumotaponamiento, combinada con la distensión abdominal, nos deberá poner en estado de alerta. Otro signo clave será la necesidad de mayor cantidad de aire a la hora de realizar el sellado traqueal con el balón. Si al realizar una aspiración de secreciones nos encontramos con sustancia alimenticia también podrá ser señal de la existencia de una fístula.

También será importante señalar que en pacientes intubados o que presenten traqueostomías, los episodios de tos compulsiva pueden hacer que la S.N.G. pase de su localización en el estómago a la boca del paciente con lo cual el contenido alimenticio comenzará a pasar a la tráquea, quedando retenido a nivel del neumotaponamiento, y pasando a través del mismo, en cantidades variables dependiendo del sellado de éste a la tráquea, provocando necesariamente la infección de las vías respiratorias.

## COMODIDAD DEL PACIENTE CONECTADO A VENTILACIÓN MECÁNICA

Es una de las principales obligaciones del personal de enfermería, el prestar los cuidados necesarios para que el paciente conectado a VM se encuentre tan cómodo como sea posible.

El tubo endotraqueal, que deberá permanecer fijado para evitar los desplazamientos indeseados del mismo, deberá ser cambiado al otro lado de la boca de forma cíclica, con el fin de evitar ulceraciones en la comisura de los labios. Asimismo la cinta adhesiva que sujeta el tubo deberá ser cambiada periódicamente y limpiada la zona, se volverá a colocar en otra zona distinta a la anterior. En el caso de usar otros dispositivos, nos aseguraremos tanto de la fiabilidad del mismo así como nos cuidaremos que su empleo no produzca daño alguno sobre la piel del paciente.

Si no prestamos los cuidados necesarios, esta forma de sujetar el TOT, provocará lesiones necróticas.



El aseo del paciente conectado a VM, se realizará igual que el de cualquier paciente encamado, pero teniendo presente algunos cuidados específicos:

El aseo total del paciente deberá ser realizado por la enfermera encargada de su cuidado y un auxiliar de enfermería, y durante el mismo deberá controlar todos aquellos cambios que se puedan producir tanto en

las constantes vitales del paciente como en la sincronía del paciente con el ventilador, sobre todo en los decúbitos laterales. Asimismo deberá cuidar durante la manipulación del paciente que el tubo endotraqueal no se desplace de su localización.

Previo al aseo general, será conveniente retirar la perfusión de alimentos a través de la S.N.G. al menos una hora antes de iniciar el mismo, con el objeto de impedir el reflujo gástrico que podría surgir como consecuencia de los distintos decúbitos.

El aseo de la boca deberá de realizarse periódicamente, siendo aconsejable hacerlo al menos cada doce horas: por la mañana, previamente al comienzo de la nutrición enteral por S.N.G. y antes del control radiográfico a que estos pacientes suelen estar sometidos diariamente, con el objetivo de visualizar la localización del tubo una vez concluidos los cuidados de la boca. Y por la noche coincidiendo con el aseo total.

Las zonas más accesibles deberán ser limpiadas mediante una torunda empapada en un antiséptico, el resto deberá limpiarse instilando con una jeringuilla el antiséptico a la vez que lo retiramos mediante una aspiración suave con una sonda de pequeño calibre y de forma intermitente, con el fin de no dañar la mucosa oral. Esta maniobra deberá ser realizada con suma delicadeza, pues el paciente puede presentar un reflejo nauseoso que puede desencadenar un vómito. Previo a esta maniobra, deberemos comprobar la perfecta estanqueidad que debe presentar el neumotaponamiento.

Para prevenir úlceras por decúbito y asegurar una óptima ventilación, hágale cambios posturales al menos cada dos horas. Hemos de tener presente que la dependencia de la ventilación mecánica, no debe ser obstáculo para que podamos sentar al paciente, y si no existe ningún inconveniente, sería aconsejable sentarlo en una silla por un breve espacio de tiempo. En relación con los cambios posturales, es conveniente recordar que un paciente en los decúbitos laterales, puede sufrir



alteraciones en la relación ventilación/perfusión que agraven una hipoxemia preexistente.

## **NIVEL DE CONCIENCIA**

El primer signo que advierte de una oxigenación inadecuada en un paciente dependiente de la VM, normalmente es la modificación de su nivel de conciencia. El examen del nivel de conciencia puede resultar dificultoso cuando nos enfrentamos a un paciente intubado o al que se le ha practicado una traqueotomía. Por ello en primer lugar hay que tener en cuenta si el paciente está recibiendo algún tipo de sedación, relajantes musculares o hipnóticos que impidan la comunicación o que afecten a su estado neurológico, con lo cual no podremos valorar correctamente esta situación.

En el caso que el paciente esté totalmente despierto y no se le esté suministrando ninguna medicación que altere su nivel de conciencia o su capacidad para el movimiento y la comunicación, tendremos que valorar si presenta algún tipo de ANSIEDAD, y en caso que la presente, hemos de intentar reconocer las causas que la provocan. Esta ansiedad puede deberse a muchos factores, como puede ser una necesidad de información, una dificultad para expresar sus sentimientos, miedo hacia el medio ambiente en que se encuentra, falta de contacto familiar (sobre todo en niños) con lo que se altera la necesidad de seguridad, etc. También la ansiedad puede estar provocada por una hipoventilación, o una mala sincronía con el ventilador, etc.

Por todo ello se hace necesario para realizar esta valoración, establecer con el paciente la máxima comunicación posible: presentarse y explicarle de una forma sencilla todo lo que le rodea; el porqué no puede hablar ni respirar cuando quiere; el porqué del tubo; comunicarle donde se encuentra su familia y los horarios de visita; procurarle medios de comunicación (alfabeto, cartas de colores, imágenes, etc.), procurarle una

postura cómoda y en definitiva, todo lo que usted mismo se preguntaría de encontrarse en esa situación. Y sobre todo no deje que el paciente le proyecte su ansiedad, porque ello bloqueará totalmente cualquier intento de comunicación.

También es importante conocer que el estado de ansiedad del paciente puede ser la causa de una desadaptación al ventilador, y que no siempre es el uso de sedantes y relajantes la mejor forma de conseguir su adaptación.

## Capítulo 7

# LA INTERRUPCIÓN DEL SOPORTE VENTILATORIO

## DESTETE

La terminación de la dependencia de la VM tiene lugar en varias etapas, dependiendo generalmente del tiempo que ha estado sometido a la misma, así como de las características propias del paciente. La desconexión de la ventilación mecánica debe realizarse en la mayor brevedad posible, cuando comienza la recuperación de la etapa aguda de los problemas médico-quirúrgicos o cuando se ha invertido en grado suficiente la causa de la insuficiencia respiratoria.

La desconexión supone la interrupción de la VM, conservando la vía aérea artificial.

La extubación supone la normalización del eje faringo-laringotraqueal por la retirada del tubo endotraqueal. En caso de existir una traqueostomía, el cierre del estoma.

### **NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACION DE LA DESCONEXIÓN**

El inicio de la desconexión deberá coincidir con unos valores mínimos, que van a sufrir amplias diferencias en función de que el pulmón sea previamente sano, o bien sea un pulmón alterado. En el caso del EPOC, las citadas cifras constituyen los límites inferiores en que es posible iniciar la técnica de desconexión o rehabilitación respiratoria, si bien la mayoría requieren valores ligeramente superiores a los indicados.

PARÁMETRO	PULMÓN SANO	E.P.O.C.
-----------	-------------	----------

Capacidad vital	10/15 ml/Kg	6/10 ml/Kg
Volumen corriente	5 ml/Kg	4 ml/Kg
Relación FIO <sub>2</sub> /PAO <sub>2</sub>	0,4/60	0,4/45
Presión inspiratoria	- 20 cm H <sub>2</sub> O	-10 cm H <sub>2</sub> O
Vent. voluntaria máxima	12 l/ min.	6 l/min.
Frec. resp. espontánea	30 resp/min	35 resp/min

Junto a estas mediciones objetivas de la capacidad ventilatoria del paciente, existen ciertos detalles clínico que no aconsejan iniciar desconexión o destete:

- ✓ Situación hemodinámica inestable.
- ✓ A los pacientes privados del sueño, no es aconsejable iniciar la desconexión.
- ✓ La presencia de hipertermia (temperaturas superiores a los 38°C), la hemoglobina inferior a 11 g/l y una frecuencia cardiaca superior a los 110 latidos/minuto, permiten prever un fracaso en la desconexión.
- ✓ El delirio y la sedación profunda también excluyen el inicio de la desconexión.

## PREPARACIÓN PSICOLÓGICA DEL PACIENTE

Antes de iniciar el destete es necesario la preparación psicológica del paciente, el cual necesita saber cómo es el procedimiento y que es lo que se espera de él. Tendremos que advertirle que existe la posibilidad de tener que reemprender varias veces la etapa de desconexión. Posiblemente se encuentre atemorizado ante la posibilidad de tener que reanudar las respiraciones por cuenta propia, y necesita que se le tranquilice con comentarios en el sentido de que está mejorando su estado, y que en todo momento estará alguien cerca de él con el fin de responder a sus requerimientos y vigilar su función respiratoria. Así el tiempo que requiere la interrupción de la VM, se reduce cuando el enfermo se encuentra preparado.

Durante la fase de desconexión es recomendable que el paciente esté incorporado, suspendiéndole la dieta, especialmente en las horas previas y posteriores a la extubación.

Previo a la desconexión habremos de tomar las mediciones que se refieren en la tabla de valores citada anteriormente. Estos mismos valores los tendremos que volver a analizar pasado 20 - 30 minutos después que se inicia la respiración espontánea con tubo en T. Durante el tiempo de desconexión vigilarémos la aparición de todos aquellos signos que se relacionan con hipoxemia o aumento de fatiga, y que se manifiestan en forma de bradicardia, contracciones ventriculares prematuras, aumento de la FC, inquietud, aumento de la FR por encima de 35 resp/min, respiración dificultosa, etc. La aparición de estos signos correlacionada con el deterioro de las mediciones citadas, hacen necesario que se aplique nuevamente la VM.

En términos generales, es factible la extubación de los pacientes sometidos a la VM en un periodo de dos a tres horas después de la interrupción de la misma. En pacientes que han recibido VM prolongada, la interrupción de la misma se desarrollará de forma más gradual, alternando tiempos de desconexión con tiempos de conexión a la VM. En este tipo de desconexión gradual y prolongada, es recomendable que se reanude la VM

durante la noche, para ofrecer la posibilidad del descanso nocturno y comenzar el destete nuevamente durante la mañana.

## **INTERRUPCIÓN DEL MANGUITO**

Una vez que el paciente se desconecta del ventilador, el manguito (globo o neumotaponamiento) se desinfla con el fin de permitir que el aire proveniente de las vías aéreas superiores fluya. Sin embargo el manguito deberá permanecer inflado cuando exista riesgo de aspiración. Esta técnica del desinflado del manguito es más usada en el paciente traqueostomizado, no usándose habitualmente en aquellos pacientes con intubación orotraqueal por las complicaciones que ello puede suponer como son la extracción involuntaria del tubo, riesgo de aspiración, movimientos del tubo que estimulan la tráquea y puedan producir procesos de tos y reflejo nauseoso, etc.

## **RESTABLECIMIENTO DEL EJE FARINGO-LARINGO-TRAQUEAL**

Antes de extraer la cánula de traqueostomía se ha de probar la respiración por boca y nariz. Esto se logrará mediante el cambio de una cánula de calibre más pequeño (con el manguito desinflado) con lo cual disminuimos la resistencia al flujo que proviene de las vías aéreas superiores, el segundo paso será la colocación de una cánula sin manguito, y un tercer paso será la colocación de una cánula fenestrada (que tiene un orificio o ventana en su doblez), que permite el paso del aire alrededor y a través de la misma cánula hacia las vías aéreas superiores con lo que posibilitará al paciente el habla. El próximo paso será el cambio a un botón de traqueostomía, y por último la extracción de la cánula de traqueostomía.

Previo al desinflado del globo tanto de la cánula de traqueostomía o del tubo endotraqueal, se hace necesario la aspiración de secreciones a través de la boca del paciente, con el objetivo de evitar que éstas, que se

han ido depositando por encima del neumotaponamiento pasen a la tráquea y condicione nuevamente una infección. Asimismo en el momento de la extracción del tubo endotraqueal o de la cánula de traqueostomía, realizaremos un aspirado bronquial retirando la sonda de aspiración a la vez que retiramos el tubo o la cánula, con lo cual queda restablecido el eje faringo-laríngeo-traqueal.

Una vez extraído el tubo endotraqueal, se le suministrará el oxígeno mediante mascarilla o gafas nasales según el protocolo establecido, o del criterio médico el cual estará basado en función de las presiones de oxígeno arterial, y en su defecto de las saturaciones de oxígeno.

## BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA

- DICCIONARIO DE MEDICINA. Editorial Marín S.A. Edición III – 1987.
- VENTILACIÓN MECÁNICA. Ediciones DOYMA. Introducción a la física de la ventilación mecánica. L. Blanch Torra y R. Fernández Fernández.
- VENTILACIÓN MECÁNICA. Ediciones DOYMA. Estado actual de la ventilación mecánica. A. Net Castel
- VENTILACIÓN MECÁNICA. Ediciones DOYMA
- Introducción a la física de la ventilación mecánica. L. Blanch Torra y R. Fernández Fernández
- Mandos comunes de los ventiladores. J.V. España Pino, S. Benito Vales y A. Net Castel
- Presión positiva espiratoria final. J. Ibañez Juvé
- Respiración espontánea con presión positiva continua en vías aéreas. J. Mancebo Cortés.
- Manual de uso del SERVIO VENTILATOR de la Serie 900 "Siemens"
- Manual de uso del ventilador EVITA " Dräger "
- Manual de uso del ventilador EVITA 2 DURA " Dräger
- VENTILACIÓN MECÁNICA. Ediciones DOYMA
- Ventilación con presión positiva intermitente. S. Benito Vales
- Ventilación mandatoria. F.S. de Latorre Arteché
- VENTILACIÓN MECÁNICA. Ediciones DOYMA
- Complicaciones relacionadas con la ventilación mecánica. J. Klamburg Pujol y F.J. de Latorre Arteché



ENFERMERIA MEDICO QUIRURGICA

L.S. Brunner - D.S. Suddarth. Edición 6ª Vol. 1

NURSING Edición española

Cuidados del paciente con traqueostomía. Vol. 7 nº 3 Marzo 1989.

NURSING Edición española

Control sobre los pacientes sometidos a la ventilación mecánica para evitar complicaciones. Vol. 7 nº 2 Febrero 1989.

ENFERMERÍA MEDICO QUIRÚRGICA

L.S. Brunner - D.S. Suddarth. Edición 6ª Vol. 1

VENTILACIÓN MECÁNICA

Ediciones DOYMA. Teorías de la interrupción del apoyo ventilatorio. G. Vázquez Mata, R. Hinojosa García y H. Fornieles Pérez