

Distintas modalidades ventilatorias en la asistencia respiratoria neonatal

Lic. Josefina Veizaga^o

La introducción de los cuidados intensivos neonatales, y el avance de la tecnología y su aplicación generalizada se asociaron con mayor supervivencia de recién nacidos (RN), sobre todo de los menores de 1000 g.

La dificultad respiratoria sigue siendo la primera causa de internación en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal (UCIN). Muchos de los RN requerirán administración de oxígeno, en sus distintas modalidades.

La asistencia respiratoria mecánica (ARM) en RN es contemporánea a nuestra práctica profesional. Antes de la década del sesenta la tasa de mortalidad de recién nacidos con enfermedades pulmonares graves, generalmente debidas al síndrome de dificultad respiratoria (SDR), era muy elevada. El tratamiento estándar consistía en aplicar medidas de apoyo, incluidos oxígeno suplementario y corrección de la acidosis metabólica. La ARM se introdujo en la década del sesenta para corregir la hipoxemia y la acidosis respiratoria en los recién nacidos con riesgo de vida.

En 1971, Gregory y Phibbs presentaron el primer reporte de ensayos clínicos con presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) en neonatos. Posteriormente Bird, con la colaboración de Kirby, desarrolló el primer ventilador neonatal a presión positiva, el Baby Bird. El ventilador usaba flujo continuo de gas y un dispositivo temporizador para cerrar la válvula de exhalación.

A pesar de haber contribuido a un gran incremento en la supervivencia de los RN, aún persisten controversias sobre su uso y las distintas modalidades. Cada vez se conoce más sobre el daño ocasionado por la aplicación de esta terapéutica.

Los cuidados de enfermería seguros y oportunos tienen como objetivo garantizar la correcta oxigenación, minimizando las complicaciones.

Asistencia ventilatoria mecánica: principios fisiológicos

La ventilación es el mecanismo por el cual el oxígeno de la atmósfera llega al alvéolo pulmonar y se elimina el dióxido de carbono, mediante los mecanismos de inspiración y espiración.

Durante la ventilación, el volumen inspirado y espirado en cada respiración se denomina **volumen corriente**. En el recién nacido es de 4 a 6 ml/kg.

El gas pulmonar atraviesa dos compartimientos: el espacio muerto anatómico, que representa 2 ml/kg, en que no se produce intercambio gaseoso, y el espacio alveolar, que se

calcula en 4 ml/kg, en el que se realiza el intercambio gaseoso. De esta manera el volumen corriente está formado por el espacio muerto anatómico más el volumen alveolar.

El volumen total de gas inspirado y espirado durante un minuto se denomina **volumen minuto** y se calcula multiplicando el volumen corriente por la frecuencia respiratoria. El valor normal es de 200 a 300 ml.

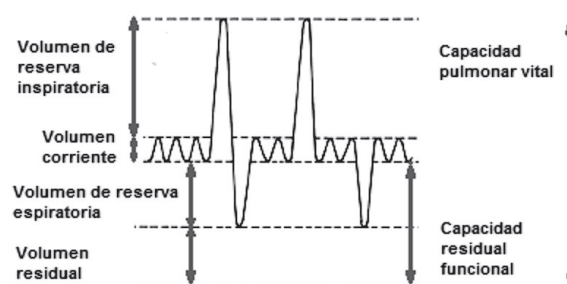


Figura 1. Volúmenes y capacidades pulmonares

Durante la inspiración se produce la expansión de la caja torácica disminuyendo la presión alveolar por debajo de la presión atmosférica. La diferencia de presión que se genera produce un flujo de aire al interior de los pulmones, hasta que las presiones se equilibran, con lo que finaliza la inspiración. En la espiración, la presión alveolar es superior a la atmosférica y el gas fluye al exterior por mecanismos pasivos.

La ventilación de los pulmones está determinada por el esfuerzo del sistema respiratorio, las propiedades elásticas y la resistencia del aparato respiratorio, las cuales componen las propiedades mecánicas.

La elasticidad pulmonar depende de tres factores: los componentes estructurales, la geometría especial de la unidad bronquioalveolar y las fuerzas de tensión superficial generadas por la interfase aire-líquido que tienden a reducir la superficie al mínimo (surfactante pulmonar).

La **distensibilidad o compliance pulmonar** (C) es la capacidad que tienen los pulmones y la caja torácica de distenderse por efecto de la presión positiva, y de volver a la posición de reposo de una expansión. Es la inversa de la elasticidad. Se define como el cambio de volumen producido por cambios de presión (cmH₂O).

^o Enfermera asistencial Servicio de Neonatología del Hospital Juan P. Garrahan. Correo electrónico: josefinaveizaga@hotmail.com

Cuanto mejor sea la *compliance* más volumen de gas entrará con igual cambio de presión. A menor *compliance*, se requerirá mayor presión para mantener el volumen corriente. Las patologías neonatales más comunes que disminuyen la *compliance* son la enfermedad de membrana hialina en la que hay déficit de surfactante, el edema pulmonar (sobrecarga de líquidos), las enfermedades que generan aumento del flujo sanguíneo pulmonar (ductus arterioso permeable), trastornos restrictivos (neumotórax, derrame pleural, distensión abdominal), entre otras.

En el recién nacido la C es 3 a 6 ml/cmH₂O.

$$\text{Compliance (C)} = \frac{\text{Volumen (ml)}}{\text{Presión (cmH}_2\text{O)}}$$

La **resistencia** es la capacidad de las vías aéreas y los pulmones de resistir el flujo de aire. La mayor parte del trabajo respiratorio del neonato se destina a superar la resistencia al flujo que, a diferencia del adulto, lo representan los bronquiolos y las vías aéreas pequeñas. El factor más importante al determinar la resistencia al flujo es el radio de las vías aéreas. Esto explica la mayor resistencia absoluta de la ventilación alveolar en los niños. Una mínima inflamación en las vías aéreas aumenta notablemente la resistencia y el trabajo respiratorio. La disminución por edema del diámetro de la tráquea en 1 mm, reduce la luz en un 70% en un neonato de 3000 g de peso. Existe una relación inversa entre la resistencia de la vía aérea y la capacidad residual funcional; a la inversa, cualquier causa de disminución del volumen pulmonar, aumentará la resistencia de la ventilación alveolar.

La resistencia en un recién nacido es de 30 cmH₂O/L/seg.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Cambio de presión (cmH}_2\text{O)}}{\text{Cambio de flujo (ml/seg)}}$$

En un RN con asistencia ventilatoria la resistencia aumenta considerablemente de acuerdo al diámetro interno del tubo endotraqueal (TET); cuanto más pequeño, mayor es la resistencia. Por lo tanto la presión de distensión pulmonar va disminuyendo a medida que recorre el circuito, los bronquios y los alvéolos, llegando al circuito pulmonar una presión menor a la programada.

La **constante de tiempo** es el tiempo necesario para que la presión alveolar se haya igualado con la presión de la vía aérea y al revés en la espiración.

$$\text{Constante de tiempo (seg) } K = C \times R$$

En un recién nacido normal la C es igual a 4 ml/cmH₂O y la R 30 cmH₂O/ml/seg, la constante tiempo (K) es 0,12 seg. Por lo que necesitamos un tiempo inspiratorio (TI) y un tiempo espiratorio (TE) de 3-5 K o sea de 0,4-0,6 seg.

Parámetros de la ventilación mecánica

Para cuidar al RN en ARM, es necesario que enfermería in-

corpore algunos conceptos referidos a los parámetros que utilizan los ventiladores.

La **presión inspiratoria máxima (PIM)** es la presión positiva que permite el ingreso de gas durante el ciclo inspiratorio.

La **presión espiratoria al final de la espiración (PEEP)** consiste en la aplicación de presión positiva al final de la espiración. La función principal de la PEEP es mantener el reclutamiento de las unidades alveolares colapsadas o llenas de fluido, produciendo un aumento de la capacidad residual funcional, un mejor equilibrio ventilación-perfusión, una disminución del cortocircuito intrapulmonar y una mejoría de la distensibilidad pulmonar. El resultado final es el incremento de la PaO₂ y la SaO₂.

La **presión media de la vía aérea (PMVA)** es la expresión del promedio de las presiones a que es sometido el pulmón en un ciclo respiratorio. No constituye un promedio matemático, sino que su valor corresponde al área por debajo de la curva respiratoria.

Una de las fórmulas que se puede usar para el cálculo de la presión media de la vía aérea es:

$$\text{PMVA} = \frac{(\text{PIM} \times \text{TI}) + (\text{PEEP} \times \text{TE})}{\text{TI} + \text{TE}}$$

La **fracción inspirada de oxígeno (FIO₂)** es la concentración de oxígeno en el flujo de gas que circula en la rama inspiratoria. Se administrará la menor concentración necesaria para mantener una PaO₂ óptima en el paciente. Se expresa en porcentaje.

El **ciclo respiratorio** es el período de tiempo desde el inicio de una respiración hasta el comienzo de la siguiente, y se mide en segundos.

La **frecuencia respiratoria (FR)** es la cantidad de ciclos respiratorios (inspiración/espiración) programados en un minuto.

El **tiempo inspiratorio (TI)** es el tiempo de entrada y distribución del aire en la vía aérea y los pulmones que dura la inspiración, y se expresa en segundos.

El **tiempo espiratorio (TE)** es la resultante del tiempo inspiratorio y de la frecuencia elegida en un lapso de 1 minuto o 60 segundos.

El **tiempo de ciclo total o ciclo respiratorio (TTOT)** es la suma del tiempo inspiratorio (TI) y el tiempo espiratorio (TE). La duración del ciclo respiratorio puede obtenerse dividiendo 60 segundos por la frecuencia respiratoria.

La **relación inspiración/espiración (I/E)** es la relación entre el tiempo inspiratorio y el tiempo espiratorio programado de un ciclo respiratorio.

El **trigger o sensibilidad** es la detección del esfuerzo inspiratorio para iniciar el disparo de la fase inspiratoria de la ventilación asistida. El paciente necesita generar una presión negativa para activar el disparo en relación a un nivel de sensibilidad programado previamente. Este regulador

permite la apertura de la válvula inspiratoria y la entrega del volumen circulante programado en respuesta al esfuerzo inspiratorio del paciente.

El **flujo** es la velocidad de administración de los gases administrados. Habitualmente se administra de 6 a 10 L/min según el peso del RN.

Las **alarmas** de la ARM pueden ser sonoras y lumínicas. Las alarmas que no se programan están relacionadas con la parte electromecánica del respirador; estas pueden ser: fallo de suministro eléctrico, baja presión de aire/O₂, fallo en la válvula de exhalación. Las alarmas programables son: alta y baja presión en la vía aérea, apnea, alto y bajo volumen minuto exhalado, alto y bajo volumen corriente exhalado, no se detecta respiración, entre otras. Es recomendable programar las alarmas en un 10 o 20% por encima y por debajo de los parámetros establecidos para el paciente.

Consideraciones previas a la ventilación

La terapia intensiva neonatal tiene que poseer la infraestructura edilicia y técnica, el recurso humano y el material necesario para mantener al paciente con asistencia ventilatoria mecánica.

Para ello cada unidad/paciente debe contar por lo menos con:

- 1 salida de oxígeno y 1 salida de aire comprimido central conectado a un mezclador o *blender* para la bolsa de reanimación.
- 1 salida de oxígeno y 1 salida de aire comprimido central para conectar el respirador.
- 2 salidas de aspiración central: una para la aspiración de la vía aérea del paciente y otra para aspiración de drenaje pleural, sonda Replogle u otro dispositivo.
- Enchufes para la conexión de servocunas o incubadoras, monitores multiparamétricos, bombas de infusión, y otros equipamientos (la recomendación internacional es de 20 tomas accesibles por unidad/paciente). El respirador y calentador del respirador deberán estar conectados a una fuente de energía eléctrica de emergencia para que no se afecte su funcionamiento ante un corte de energía eléctrica.



Figura 2. Unidad/ paciente para un recién nacido en asistencia respiratoria mecánica

Armado del respirador

El armado comienza desde la conexión de las fuentes de alimentación de oxígeno y aire comprimido, a través de los manómetros que regulan la presión de salida de los gases que van a ingresar al respirador.

Independientemente del respirador que se disponga, la mayoría de los equipos poseen circuitos corrugados y con el diámetro adecuado para neonatos.

Un flujo de gas sale del *blender* o mezclador de oxígeno y aire comprimido del respirador, con una determinada fracción de oxígeno (FiO₂), hacia la cámara de humidificación. La mezcla de gas es calentada y humidificada, continuando su recorrido por la rama inspiratoria, hacia la boquilla o conector del tubo endotraqueal del paciente.

El flujo de gas exhalado vuelve por la rama espiratoria que se conecta a la válvula espiratoria. Esta se cierra cuando comienza la inspiración hasta lograr la presión inspiratoria máxima (PIM) en el tiempo programado. La presión es monitoreada por el respirador a través de un sensor de presión (tubuladura delgada).

De acuerdo al equipo que dispone, se coloca el cable de control de temperatura y humidificación, así como el sensor de flujo.

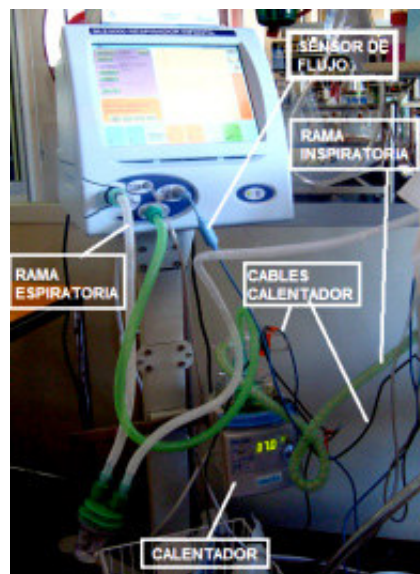


Figura 3. Armado de un respirador neonatal

La preparación del respirador se realiza previa a la intubación del paciente.

Para ello se debe:

- Chequear las conexiones de aire comprimido y oxígeno central con los respectivos manómetros abiertos.
- Verificar el armado de los circuitos del respirador (ramas inspiratorias y espiratorias, y conexiones de cables calefactores).

- Evaluar el funcionamiento del calentador. Los calentadores poseen dos cables que controlan la temperatura (37 °C) uno de ellos en la cámara de humidificación y el otro a través de la rama inspiratoria que llega al paciente. La cámara de humidificación o carcasa debe contar con válvula de seguridad para mantener el límite máximo de nivel de agua destilada a fin de evitar accidentes.

Preparación del paciente

Antes del procedimiento de la intubación es necesario que el paciente esté monitorizado en forma continua.

Son de vital importancia los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca, oximetría de pulso y tensión arterial.
- Temperatura axilar.

Es imprescindible tener un acceso venoso seguro, tanto para sedación como para una eventual reanimación en caso de emergencia, y disponer de un carro de emergencias completo con la medicación y material descartable necesario para la asistencia ante un paro cardiorrespiratorio.

Vías de intubación endotraqueal

La elección de la vía de intubación endotraqueal depende de la patología de base, del estado de las estructuras anatómicas de la vía aérea superior y de la situación de emergencia en la que se encuentre el paciente.

De acuerdo al acceso de la intubación traqueal se denomina de las siguientes maneras:

Orotraqueal: es la vía más frecuente de colocación del tubo endotraqueal a partir de la apertura de la boca.

Nasotraqueal: es un procedimiento poco frecuente en nuestro país, donde la introducción del TET se realiza a través de uno de los orificios de las fosas nasales. La selección del diámetro es limitado por la anatomía de las vías aéreas superiores.

Traqueostomía: se accede a esta vía a través de un procedimiento quirúrgico que aboca la tráquea al exterior. Se utiliza una cánula especial corta y está indicada, en la mayoría de los casos, cuando las vías aéreas superiores se encuentran obstruidas por malformaciones craneofaciales, tumores, traumatismos y en casos de RN que hayan tenido intubaciones prolongadas.

En el caso que se presente una emergencia y no se lograra la intubación orotraqueal, después de varios intentos fallidos, se podrá utilizar la máscara laríngea.

Descripción de la intubación orotraqueal

Para el procedimiento de la intubación se deben definir los roles de cada integrante del equipo: un operador médico que es la persona que intubará, un enfermero que se encargará de la aspiración de la boca y luego del TET, y otro operador que se encargará de visualizar la monitorización y los parámetros vitales del paciente durante el procedimiento.

Equipo de intubación orotraqueal

El calibre de los TET se selecciona de acuerdo al peso del

paciente. No se utiliza mandril para evitar la lesión de la tráquea.

- Guantes estériles para el operador.
- Bolsa de reanimación con manómetro para el control de la presión de la ventilación (PIM), válvula de PEEP con máscara facial conectada al mezclador de oxígeno y aire comprimido, calentado y humidificado.

Peso en (g)	Edad gestacional (semanas)	Tamaño del tubo endotraqueal (diámetro interno en mm)
<1000 g	<28	2,5
1000 - 2000 g	28-34	3
2000 - 3000 g	34-38	3,5
>3000 g	>38	3,5-4

Tabla 1. Tamaño del tubo endotraqueal de acuerdo a edad gestacional y peso



Figura 4. Partes de una bolsa de reanimación cardiopulmonar

- Fuente de aspiración con sondas de aspiración de diferentes calibres (para boca y tubo endotraqueal).
- Laringoscopio con sus tres ramas rectas y pilas de reemplazo.



Figura 6. Laringoscopio neonatal y sus ramas

- Adhesivo hipoalergénico para proteger la piel y tela adhesiva para fijar el TET.
- Estetoscopio para auscultar el tórax del paciente.
- Gasas para limpiar la piel del bebe.

Intubación orotraqueal

La intubación endotraqueal es un procedimiento invasivo que permite una ventilación efectiva. La persona que realiza este procedimiento debe ser experimentada para evitar intentos fallidos y complicaciones. Si el paciente presentara episodios de desaturación, cianosis o bradicardia se debe suspender la intubación y estabilizarlo con bolsa y máscara antes de repetir el procedimiento.

Las personas que intervendrán en este procedimiento realizarán los siguientes pasos:

- Se evaluará previamente el sistema de aspiración para la vía aérea, como así también la disposición de TET del calibre adecuado y uno de menor calibre y verificará el funcionamiento del laringoscopio antes de proceder.
- Lavado de manos antes de acceder al paciente.
- Se colocará guantes estériles.
- Se colocará la cabeza del paciente en posición de olfateo. Mientras se inicia la maniobra se monitorizará en forma continua la oximetría de pulso y la frecuencia cardiaca.
- Con el dedo índice de la mano derecha se abrirá la boca del paciente y se introducirá el laringoscopio con la mano izquierda, utilizando el pulgar, el 2°, 3° y 4° dedo. Mientras, con el 5° dedo se puede presionar suavemente sobre el cartílago cricoides hacia abajo.
- Se introduce el laringoscopio por el ángulo derecho de la boca y luego se desplaza hacia la línea media levantando la lengua.
- Traccionar la hoja del laringoscopio hacia arriba hasta llegar a la valécula. Deberá ver la epiglotis por arriba y la apertura de glotis hacia abajo. Allí se visualizarán las cuerdas vocales, en forma de V invertida.

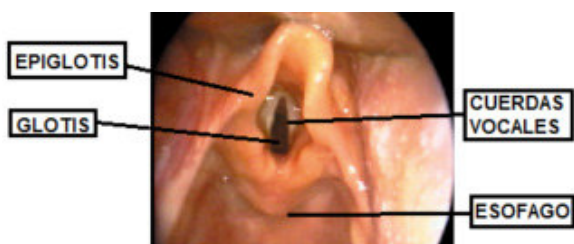


Figura 6. Reparos anatómicos para la intubación endotraqueal

- Sujetando el TET con la mano derecha, se introduce con la curvatura del mismo de izquierda a derecha para mejorar la visualización del extremo distal del tubo al ingreso entre las cuerdas vocales.
- Sujetar el TET con la mano derecha apoyando en el paladar del paciente. Proceder a retirar el laringoscopio sin dañar la mucosa o encía del paciente.
- Introducir el TET de acuerdo a los centímetros de profun-

dididad que corresponde por el peso del paciente y auscultar la entrada de aire en la línea axilar media mientras se continúa ventilando con presión positiva. La regla más utilizada para calcular la profundidad de inserción es: peso + 6.

Peso (kg)	Profundidad de inserción desde la comisura labial (cm)
1	7
2	8
3	9
4	10

Tabla 2. Profundidad de inserción del tubo endotraqueal de acuerdo al peso del recién nacido

- Realizar la colocación de hidrocoloide sobre el labio superior y luego la fijación del tubo endotraqueal con adhesivos hipoalergénicos para evitar complicaciones en la piel. Existen diferentes tipos de fijación, que cada servicio deberá consensuar para evitar el desplazamiento del mismo.

Fijación en el centro del labio superior



Fijación lateral



Figura 7. Distintas fijaciones del tubo endotraqueal

Indicación y objetivos de la ventilación mecánica

Los objetivos para iniciar la ventilación mecánica son lograr una oxigenación y ventilación adecuada con el menor daño pulmonar posible, sin repercusión hemodinámica, minimizando el trabajo respiratorio.

Si bien las indicaciones no son universales, los criterios son:

- Hipoxemia grave ($\text{PaO}_2 > 50-60$ mmHg con $\text{FiO}_2 > 0,6$; $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg con $\text{FiO}_2 > 0,4$ en prematuros de < 1250 g).
- Hipercapnia grave ($\text{PaCO}_2 > 65$ mmHg con $\text{pH} < 7,25$).
- Dificultad respiratoria que no responde a la ventilación no invasiva.
- Apneas.
- En el caso de pacientes crónicos considerar la hipercapnia permisiva: PaCO_2 hasta 65 mmHg con $\text{pH} 7,25$.

Para lograr este objetivo existen distintas modalidades ventilatorias, de acuerdo a las características del RN y a su patología.

Ventilación mandataria intermitente (VMI) (IMV, en inglés)

Es aquella ventilación en la que se determina la FR, PIM, PEEP y el flujo independientemente del trabajo respiratorio del paciente. Esta modalidad se está dejando de utilizar, para

pasar a los modos sincronizados donde se contempla la mecánica respiratoria del RN.

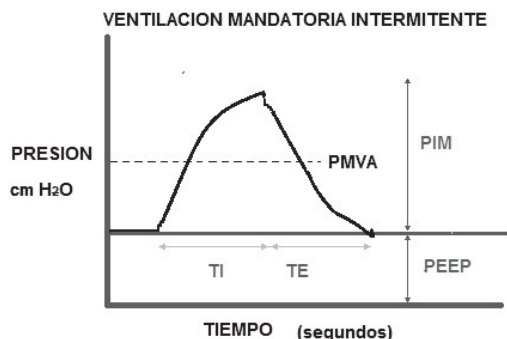


Figura 8. Curva respiratoria de la ventilación mandatoria intermitente (VMI)

Dentro de las ventajas de esta modalidad se encuentra que permite programar los parámetros por el operador.

Quizá la mayor desventaja es que la VMI no se adapta a los cambios de mecánica respiratoria ni al esfuerzo respiratorio del paciente; el RN tiene mayor riesgo de sobredistensión y neumotórax. Las ventilaciones mecánicas pueden o no coincidir con las fases de inspiración o espiración de las respiraciones del paciente y es necesaria a menudo la utilización de sedoanalgesia para lograr la adaptación del paciente al respirador.

Ventilación mandatoria intermitente sincronizada (VMIS) (SIMV, en inglés)

En esta modalidad las ventilaciones mecánicas están sincronizadas con el esfuerzo respiratorio del paciente. Las respiraciones son detectadas a través de cambios de flujo, cambios de presión, impedancia torácica o movimientos abdominales.

Ventilación sincronizada intermitente

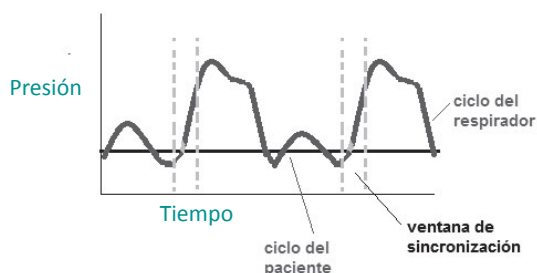


Figura 9. Curva respiratoria de la ventilación mandatoria intermitente sincronizada (VMIS)

Se inicia la ventilación cuando el respirador detecta el inicio de la inspiración, de acuerdo al *trigger* planificado. Si no se produce ninguna respiración espontánea durante esta ventana de sincronización, el respirador iniciará una ventilación mandatoria gatillada por tiempo.

Se programa FiO_2 , PIM, PEEP, frecuencia respiratoria y nivel de sensibilidad o *trigger*.

Esta modalidad tiene como ventajas que mejora la oxigenación y ventilación, disminuye la variabilidad del flujo cerebral y la tensión arterial y disminuye el trabajo respiratorio del RN.

La desventaja que presenta esta modalidad es que puede ocurrir la detección de un falso esfuerzo inspiratorio, debido a que detecta un cambio en el flujo, por la presencia de agua en los circuitos del respirador o en el sensor. También puede aumentar el trabajo respiratorio cuando se programan frecuencias respiratorias bajas.

Ventilación asistido-controlada (VAC)

En esta modalidad el respirador asiste todas las respiraciones del paciente que activa el mecanismo de disparo o *trigger*. Se determina también la frecuencia respiratoria que asegure la ventilación necesaria en caso de apnea.

Para ello debe detectar el esfuerzo respiratorio del paciente de acuerdo al nivel de sensibilidad.

Ventilación asistida controlada

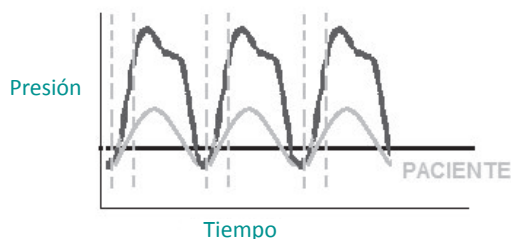


Figura 10. Curva respiratoria de la ventilación asistida controlada (VAC)

En esta modalidad el respirador asiste cada respiración del paciente, disminuye los requerimientos de sedación, previene la fatiga muscular y disminuye el tiempo de ventilación mecánica. Al igual que en la modalidad anterior, el posible ajuste inadecuado de la sensibilidad, puede perjudicar al RN.

Ventilación con presión de soporte (VPS)

Se trata de una ventilación ciclada por flujo y limitada por presión, en la que el inicio y la duración de la inspiración están controlados por el paciente.

Una vez que la inspiración se desencadena, se administra un flujo de gas en la vía aérea del paciente hasta la presión programada. Al finalizar la inspiración, también cesa la presión inspiratoria. De acuerdo al respirador se puede seleccionar el porcentaje de flujo al finalizar la inspiración de manera que disminuya el flujo entregado.

Esta modalidad favorece el destete de la ventilación asistida, reduce el trabajo respiratorio, disminuye el consumo de oxígeno y disminuye la necesidad de sedación. Si el nivel de soporte es constante, no se adapta a los cambios del estado del paciente.

Ventilación con volumen garantizado

Es una ventilación controlada por volumen, ciclada por tiempo y limitada por presión. Se selecciona un volumen corriente en función de la patología pulmonar y un límite máximo de PIM.

Puede emplearse en todos los modos sincronizados: asistida controlada, ventilación sincronizada y presión de soporte.

Se debe fijar el límite entre un 10 a 20% por encima de la PIM utilizada.

Esta modalidad tiene como ventajas que previene el barotrauma y volutrauma por cambios de resistencia y *compliance*, estabiliza el volumen corriente y el volumen minuto debido a los cambios respiratorios.

Ventilación de alta frecuencia (VAF)

La ventilación de alta frecuencia utiliza volúmenes corrientes pequeños menores al espacio muerto anatómico, combinados con frecuencias respiratorias elevadas.

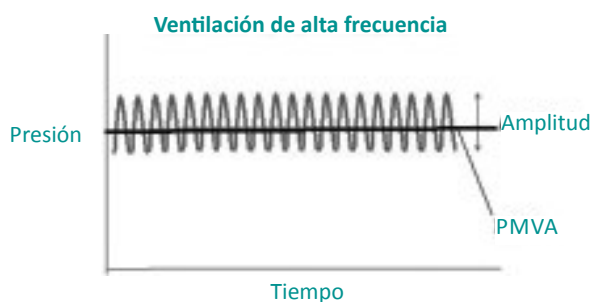


Figura 11. Curva respiratoria de la ventilación de alta frecuencia (VAF)

La vibración produce un intercambio de CO_2 y de O_2 con menores presiones pico a nivel alveolar, con mínimas variaciones en las presiones y volúmenes de ventilación manteniendo los pulmones con un volumen relativamente constante.



Figura 12. Diferencias en las presiones alveolares en la modalidad ventilación mandatoria intermitente y ventilación de alta frecuencia

Los mecanismos de transporte e intercambio gaseoso en la ventilación de alta frecuencia son muy claros. Se realiza una ventilación alveolar directa en las unidades alveolares situadas cerca de la vía aérea proximal, es decir, aquellas unidades con mínimo espacio muerto.

Por las diferencias de las constantes de tiempo que existen en las unidades alveolares, el llenado y el vaciado asincrónico permiten el paso de gas de las unidades lentas a las rápidas según el ciclo respiratorio (fenómeno de Pendelluf). La dispersión convectiva axial y la velocidad de los gases en las vías respiratorias son asimétricas acentuándose en las bifurcaciones bronquiales.

La difusión molecular en las vías aéreas pequeñas y alvéolos es otro mecanismo muy importante en el intercambio de O_2 y CO_2 cerca de la membrana alvéolo-capilar, donde la convección de la masa de gas no ocurre o es mínima.

La eficiencia en el intercambio gaseoso durante la VAF es, posiblemente, el resultado de la sumatoria de todas las formas de transporte de gas enumeradas anteriormente, aunque es probable que predomine alguna de ellas dentro de las diferentes zonas del pulmón.

En la VAF se utilizan parámetros diferentes que en la ventilación convencional.

La **amplitud** es el cambio de presión del respirador. La amplitud favorece la eliminación de la CO_2 .

La **frecuencia respiratoria** se miden en herz (**Hz**), 1 Hz equivale a 60 ciclos oscilatorios. En el neonato se utilizan de 10 a 15 Hz.

La frecuencia controla el tiempo de cada oscilación; a menor frecuencia mayor será el volumen y a mayor frecuencia menor será el volumen.

Presión media de la vía aérea (PMVA) o (MAP en inglés) La PMVA óptima es aquella necesaria para superar la presión de cierre alveolar y conseguir reclutar el mayor número posible de alvéolos aumentando la superficie pulmonar para realizar el intercambio gaseoso, sin incrementar la resistencia vascular pulmonar o disminuir el gasto cardiaco.

Tiempo inspiratorio (TI): este tiempo se fija en un 33%.

Las indicaciones de la VAF más frecuentes son ante el fracaso de la VMI, neonatos con escape de aire graves, RN con hipertensión pulmonar que no responde con ARM convencional y enfisema intersticial.

La VAF permite el reclutamiento alveolar uniforme, aumenta la capacidad residual funcional (CRF) adecuada, evita las fluctuaciones de volumen y sobre distensión, mejora el intercambio gaseoso por difusión molecular aumentada y permite utilizar PEEP elevados sin incrementar los valores de la PIM.

Las complicaciones que puede presentar un RN durante la ventilación con alta frecuencia son la traqueobronquitis necrotizante, la sobreexpansión pulmonar ocasionando esca-

pes de aire, el compromiso hemodinámico, la hemorragia intraventricular y la leucomalacia periventricular.

Complicaciones agudas del paciente en ARM

Ante el deterioro clínico del paciente en ARM, los enfermeros deberán asistir la ventilación en forma inmediata con la bolsa de reanimación (con manómetro y válvula de PEEP) y solicitar ayuda para buscar la causa de la descompensación. La monitorización de los signos vitales y el estado clínico indicará la evolución del paciente.

Las posibles causas de complicaciones agudas son:

- a) Falla del respirador: no cicla.
 - Desconexión del TET de la boquilla del circuito.
 - Desconexión o rotura de algunas de las ramas del circuito.
 - Carcasa o vaso del calentador flojo o roto.
 - Válvula de PEEP no ajustada o membrana rota.
 - Desperfecto mecánico o eléctrico del respirador.
- b) Extubación
 - Llanto audible o tos.
 - Falta de expansión torácica.
 - Aumento del esfuerzo respiratorio.
 - Disminución de la entrada de aire en la auscultación torácica.
 - Falta de condensación del TET en la exhalación.
- c) Desplazamiento del TET.
 - Distensión abdominal progresiva y proporcional al deterioro clínico del paciente.
 - En la aspiración del TET, la sonda supera la longitud del tubo.
 - Ausencia o desigualdad en la expansión torácica, probabilidad que el TET esté en bronquio derecho).
- d) Obstrucción del TET.
 - Aumento de requerimiento de la PIM y de la FiO_2 .
 - Aumento del esfuerzo respiratorio.
 - Ausencia de expansión torácica.
 - La sonda de aspiración no progresa a través del TET.
 - Antecedentes de secreciones espesas.
- e) Ruptura alveolar.
 - Caída brusca de saturación y bradicardia.
 - Desplazamiento del choque de punta.
 - Transiluminación anormal, coincide con aire libre en pleura.
 - Gran compromiso hemodinámico y disminución de entrada del aire por colapso pulmonar.
- f) Hemorragia intracraneana.
 - Deterioro del paciente (apnea, palidez, desaturación, bradicardia) sin mediar cambios en los parámetros del respirador.
 - Buena entrada de aire en la auscultación torácica.

Sedación en el paciente con asistencia respiratoria mecánica

La sedación y analgesia durante la ventilación mecánica se debe utilizar en forma individualizada en cada paciente y situación clínica. Dependerá de los signos de dolor o malestar

del paciente, de la patología de base, de los parámetros del respirador y de la modalidad ventilatoria, y del estado de gravedad del paciente.

La utilización de sedoanalgesia en el paciente ventilado tiene por objetivo:

- Evitar el dolor.
- Aumentar la tolerancia al tubo endotraqueal.
- Mejorar la distensibilidad torácica.
- Producir reposo muscular.
- Reducir el consumo de oxígeno.

Los pacientes con asistencia ventilatoria no siempre tienen indicación de sedoanalgesia, ya que la tendencia al uso de la ventilación sincronizada requiere del esfuerzo respiratorio del paciente.

Si los parámetros de la asistencia ventilatoria son relativamente altos y la desadaptación respiratoria del paciente interfiere en la oxigenación, se evaluará junto con el médico la necesidad de sedación para evitar los riesgos del barotrauma o extubación accidental.

En pacientes graves, como hipertensión pulmonar grave u otras patologías, en la que los parámetros del respirador son elevados por la inestabilidad respiratoria y hemodinámica, la sedación es importante. Las drogas que se pueden utilizar son sulfato de morfina, citrato de fentanilo y bromuro de vecuronio por vía endovenosa.

La morfina se utiliza en dosis únicas, de rescate o en infusión continua. El fentanilo se puede administrar en dosis únicas o en casos graves se indica goteo continuo endovenoso.

El bromuro de vecuronio es un bloqueante neuromuscular que inmoviliza pero no tiene efecto sedante, por lo que nunca debe ser administrado solo; debe aplicarse combinado con otra medicación analgésica. Como efecto colateral aumenta la secreción bronquial y de saliva por lo cual exige un cuidado estricto por parte de enfermería. Se aplica en dosis únicas y de rescate por vía endovenosa.

El hidrato de cloral es un sedante que se administra por vía oral que no deprime el centro respiratorio como los opiáceos.

Cuidados de enfermería en pacientes con asistencia respiratoria mecánica

Algunos de los cuidados primordiales de todo paciente que se encuentra con ARM son los relacionados con el tubo endotraqueal.

Respecto a la **fijación** existen diversas técnicas de fijación que difieren en la ubicación del TET (en los laterales de la comisura labial, o central); lo importante es que deben evitar el desplazamiento del mismo. Se cambia la fijación todas las veces que sean necesarias ante el peligro de su deslizamiento accidental. Tener en cuenta que para proteger la piel se pueden utilizar apósitos hidrocoloides y posteriormente tela adhesiva común o bien tela adhesiva hipoalérgica.

Para evaluar la **ubicación** del TET, se deben tener en cuenta los datos de la Figura 8 y la auscultación de ambos campos pulmonares. La entrada de aire simétrica y pareja se evaluará durante la fase inspiratoria de la ventilación manual. Al confirmar la ubicación adecuada se procede a la fijación. Finalmente la radiografía torácica hará visible la línea radiopaca del TET y determinará la ubicación definitiva, en la línea media clavicular o a la altura de la segunda vértebra dorsal (Figura 13). Una vez confirmada la correcta ubicación, confeccionar un rótulo con los datos del TET, calibre y distancia de la comisura, y colocar en un lugar de fácil visualización para tener los datos disponibles ante una eventual extubación accidental. Ante un cambio de fijación volver a valorar la ubicación de TET a través de la auscultación.



Figura 13. Ubicación correcta del tubo endotraqueal

La **permeabilidad** del TET se obtiene a través de la aspiración de secreciones. Las secreciones traqueobronquiales pueden auscultarse o pueden ser visibles. Deben aspirarse en forma inmediata con sondas de aspiración con válvulas de regulación o con circuito de aspiración cerrada. El calibre de las sondas debe ser evaluado para evitar accidentes como adherencia a las paredes del TET y no poder retirarla. Para mantener la permeabilidad del TET, se colocará un circuito de aspiración cerrada para evitar la pérdida de volumen pulmonar. Solo se instilará con solución fisiológica a 0,1 ml/kg si es necesario y se prepara en una jeringa de 1 ml.

La frecuencia de aspiración depende de la valoración de enfermería y no de un horario fijo. La presión negativa de aspiración debe ser de 60 a 80 mmHg y el tiempo total de no más de 5-8 segundos.

Registrar la frecuencia de la aspiración de las secreciones y la respuesta del paciente, las características de las secreciones en lo que se refiere a su consistencia, cantidad y coloración. (Ver Técnica completa en Revista de Enfermería Neonatal, Año II Número 006. Agosto 2009-FUNDASAMIN).

La primera medida para evitar el **riesgo de infección** asociado a ARM es el lavado de manos antes y después de atender a los pacientes o realizar procedimientos con elementos que estarán en contacto con el mismo, la utilización de técnicas estériles en la manipulación de tubuladuras de ARM y en la aspiración del TET.

Los pacientes en ARM requieren del control de signos vitales además de la monitorización de los mismos en forma constante. Con respecto a los electrodos, se deben ubicar en lugares donde no interfieran la visualización de los campos pulmonares en la radiografía torácica. Se deben programar las alarmas máximas y mínimas de todos los parámetros (frecuencia cardíaca, presión arterial invasiva o no invasiva, oximetría de pulso, frecuencia respiratoria, y transcutáneo de CO₂).

Por otra parte el sensor de oximetría de pulso se rotará frecuentemente para evitar la compresión excesiva sobre la piel del paciente. Recordar programar los límites de saturometría de acuerdo a la edad gestacional del paciente.

La calefacción de los gases inspirados es de vital importancia ya que influye en la temperatura corporal. La temperatura recomendada es de 36 a 37 °C y deben estar servocontrolados con el calentador del respirador.

En cuanto a la humidificación de los gases, se utiliza agua destilada que se debe mantener en el nivel adecuado en la carcasa o cámara de humidificación y de ser posible con válvula de seguridad.

La inadecuada humidificación contribuye al espesamiento de las secreciones, obstrucción de la vía aérea y necrosis de la mucosa de la vía aérea.

El control de la perfusión periférica se realiza a través del relleno capilar (no debe ser mayor a 3 segundos) y el color de la piel.

Realizar auscultación pulmonar para identificar, evaluar y registrar la entrada de aire durante la fase inspiratoria y espiratoria. Identificar los ruidos respiratorios patológicos:

1. Estertores: son sonidos suaves, tonos agudos en la inspiración. Se constatan cuando hay líquido en las vías respiratorias.
2. Sibilancias: se relacionan con el broncoespasmo; se trata de ruidos similares al silbido producido por la entrada o salida del aire por la disminución de la luz o del diámetro interno de las vías respiratorias.
3. Roncus: son sonidos graves que indican la presencia de secreciones adheridas a las paredes broncoalveolares.
4. Rales: son sonidos graves de tono fuerte que indican secreciones sueltas en el espacio broncoalveolar.

Valorar la mecánica respiratoria: simetría en la elevación del tórax durante la inspiración, retracción esternal, y utilización de músculos intercostales.

Controlar los parámetros del respirador, registrar los parámetros y las modificaciones de los mismos. Cuando el médico modifique el respirador debe informar a los enfermeros

responsables del paciente para estar atentos a cambios clínicos que puedan producirse.

Colocar la sonda orogástrica o nasogástrica al paciente inmediatamente después de la intubación para descomprimir el estómago. Posteriormente se dejará abierta o se alimentará a través de la misma.

Realizar balance horario estricto de ingresos: se controlan en forma horaria y se deben registrar todos los volúmenes de correcciones, transfusiones, medicación, soluciones lavadoras heparinizadas de catéteres y planes de hidratación o nutrición parenteral que recibe el paciente.

Balance horario estricto de egresos: también se registran en forma horaria diuresis, débitos o egresos de sondas orogástricas, extracciones sanguíneas, débitos de drenajes externos (heridas quirúrgicas, derivaciones ventriculares externas, y torácicos en caso de quilotórax).

Respecto al circuito, asegurar las ramas del respirador sujetándolas en la servocuna o incubadora para evitar que el peso de las mismas desplace el TET del paciente.

El cambio de las ramas del respirador se realizará de acuerdo a las recomendaciones del comité de control de infecciones de cada institución.

Extubación programada

El *weaning* o retiro del ventilador debe intentarse cuando las variables ventilatorias proporcionadas por el ventilador son relativamente bajas en comparación a la ventilación espontánea del neonato y este se encuentra clínicamente estable.

Criterios de extubación

Si bien son variables, los criterios de extubación dependen de cada paciente y su estado clínico. Debe mantener una buena oxigenación, estar despierto, hemodinámicamente compensado, a fin de garantizar el proceso.

Los parámetros de la ARM deben ser:

$FiO_2 < 0,35$

$PIM < 15 \text{ cmH}_2\text{O}$

$FR < 20 \text{ rpm}$

En el caso de ventilación de alta frecuencia los parámetros serán $MAP < 7$ con baja ΔP Y $FiO_2 < 0,3$.

La utilización de CPAP a través del tubo endotraqueal está desaconsejada, ya que aumenta la resistencia.

Para realizar la extubación se ventila en forma manual con la bolsa de reanimación y se retira el TET al final de la inspiración.

Se deben observar en forma minuciosa la mecánica y frecuencia respiratoria del paciente, frecuencia cardiaca, oximetría de pulso, presión arterial y coloración de piel.

La valoración se complementará con el estado ácido base y la radiografía de tórax postextubación.

Estrategias postextubación

Posicionar al paciente en decúbito ventral para mejorar la expansión pulmonar y favorecer el reclutamiento alveolar.

El empleo de CPAP nasal mejora el volumen pulmonar.

Las nebulizaciones con broncodilatadores o adrenalina en algunos casos mejoran la tolerancia a la extubación. La fisioterapia respiratoria y la aspiración de la vía aérea mejoran las condiciones respiratorias. La administración de dexametasona o hidrocortisona está indicada en el caso de edema de la vía aérea. La administración de cafeína previene la aparición de apneas, sobre todo en recién nacidos prematuros.

Causas de fracaso de la extubación

En algunos RN la obstrucción de la vía aérea alta producida por edema de glotis, estenosis subglótica, o granulomas glóticos puede ser una de las causas de fracaso de la extubación. También la obstrucción de la vía aérea baja, manifestándose como traqueobronquiomalacia y atelectasias.

Otro motivo de fracaso son las alteraciones neuromusculares, cuando el RN padece de atrofia muscular, parálisis frénica, presenta efecto residual de sedantes o depresión respiratoria por alcalosis metabólica.

Conclusión

Enfermería cumple un rol importante en el cuidado de los recién nacidos durante la asistencia ventilatoria mecánica. La implementación de un plan de cuidados debe estar orientada a mejorar la monitorización clínica del paciente y a disminuir las complicaciones relacionadas con barotrauma, volutrauma y el oxígeno entre otros. La capacitación permanente y el avance tecnológico tienden a optimizar la calidad de vida de los pacientes neonatales.

■ Bibliografía

- Chiappero G, Villarejo F. Ventilación mecánica. 1ª Edición. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2007. Págs.84-111.
- Donn S, Sinha S. Manual de asistencia respiratoria en Neonatología. 2ª ed. Buenos Aires: Journal; 2008. Págs.231-255.
- Dvorkin M, Cardinali D. Best & Taylor. Bases fisiológicas de la práctica médica. 13ª Edición. Buenos Aires, 2003. Págs. 113-135.
- Grupo Respiratorio y Surfactante de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones para asistencia respiratoria en el recién nacido. *An Pediatr (Barc)* 2012; 77:280. e1- e9. [Acceso 15 de abril de 2014].
- Goldsmith J, Karotkin E. Ventilación Asistida Neonatal. México: Ed Distribuna; 2005. Págs.220-270.
- Kattwinkel J. Textbook of neonatal resuscitation. 6° Edition. American Academy of Pediatrics; 2011. Págs.162-188.
- Sola A. Cuidados Neonatales: descubriendo al recién nacido enfermo. Tomo II. Ed. Edimed-Ediciones Médicas SRL; 2011. Págs.845-6.