



Neonatología

DISPLASIA BRONCOPULMONAR *pág. 1*VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA *pág. 16*

Puntos clave

Los respiradores de flujo continuo ciclados por tiempo, limitados por presión, se están sustituyendo por respiradores más complejos, que pueden sincronizar al paciente y se pueden controlar mediante el volumen.

Los nuevos respiradores miden el volumen, la corriente, la presión, el flujo y presentan curvas en tiempo real con cálculos de mecánica pulmonar. Estos datos pueden ayudarnos a adecuar el soporte respiratorio a los cambios fisiopatológicos.

Evitar la intubación mediante presión de distensión continua nasal o ventilación nasal, establecer indicación y objetivos estrictos de ventilación mecánica y una extubación temprana, son estrategias sugeridas para acortar su duración.

Algunas de las ventajas de la ventilación sincronizada son un volumen corriente más uniforme, una oscilación menor de la presión arterial y un trabajo respiratorio menor.

No se conoce el volumen corriente óptimo, pero una ventilación en la que se "controle" el volumen administrado disminuye volúmenes corrientes excesivos y, con ello, el daño asociado al volutrauma.

El hecho de mantener un volumen pulmonar adecuado disminuye el daño por atelectrauma.

Ventilación mecánica neonatal

DOLORÉS ELORZA, ANA MARÍA SÁNCHEZ Y JESÚS PÉREZ

Servicio de Neonatología. Hospital Universitario La Paz. Madrid. España.

delorza.hulp@salud.madrid.org; amsanchez.hulp@salud.madrid.org; jperez.hulp@salud.madrid.org

El desarrollo tecnológico de los últimos años ha permitido un avance notable en el diagnóstico y el tratamiento del recién nacido (RN) que precisa soporte respiratorio¹, el cual es uno de los factores que ha contribuido al aumento de su supervivencia, sobre todo de los RN prematuros. En el momento actual, el tipo de soporte respiratorio es amplio², se está extendiendo el uso de la ventilación no invasiva³, la ventilación mecánica limitada por presión ciclada por tiempo se está sustituyendo por ventilación sincronizada con el paciente, y se estudian el lugar tanto de la ventilación de alta frecuencia (VAF)⁴, como de nuevas estrategias de ventilación^{5,6}. Se entiende por ventilación mecánica las técnicas que introducen de forma artificial, a través de un tubo en la traquea, un volumen de gas al pulmón, que será mayor del espacio muerto anatómico a una frecuencia menor de 150 cpm en los modos de ventilación mecánica convencional (VMC), o menor del espacio muerto anatómico a frecuencias elevadas en la VAF.

Peculiaridades del recién nacido

El RN tiene una vía aérea más corta, menos ramificada y más fácil de distender y colapsar, con una distensibilidad (CI) mayor de la pared torácica, pero con una distensibilidad pulmonar menor, por inmadurez del sistema surfactante pulmonar. La inmadurez de los sistemas enzimáticos antioxidantes, así como del equilibrio reparador/crecimiento, favorecen que la ventilación mecánica induzca daño pulmonar, con producción de inflamación y una reparación peor, los cuales son factores implicados en el desarrollo de la displasia bronco-

pulmonar (DBP)^{7,8}. Además, la hiperoxia o las oscilaciones bruscas de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) aumentan el riesgo de retinopatía del RN prematuro⁹, y la hiperventilación con hipocapnia produce disminución del flujo cerebral, factor implicado en la etiopatogenia de la leucomalacia periventricular (LPV)¹⁰. Estos hechos han dado lugar al desarrollo de conceptos y búsqueda de nuevas estrategias^{11,12} de tratamiento, como ventilación "suave" o mínimamente agresiva¹³ (para evitar el volutrauma/barotrauma), hipercapnia permisiva¹⁴, indicación estricta de ventilación mecánica y extubación temprana o el empleo de ventilación no invasiva o presión de distensión continua nasal⁵.

Ventilación mecánica convencional

Antes del desarrollo de los respiradores actuales con sensores y microchips, la VMC se realizaba con dispositivos de flujo continuo, ciclados por tiempo y limitados por presión⁵. Los nuevos modelos detectan el esfuerzo inspiratorio del paciente y lo sincronizan con el ciclo del respirador, miden flujos y volúmenes (volumen corriente [Vt], volumen minuto [Vm]) y calculan en tiempo real datos de mecánica respiratoria: CI y resistencia¹⁵. Estas mediciones facilitan el conocimiento de la fisiopatología del proceso respiratorio y desde un punto de vista teórico, nos permitirán adecuar el soporte respiratorio a las necesidades del paciente en cada momento¹⁶. Los nuevos respiradores han facilitado nuevas modalidades ventilatorias^{2,6}, pero todavía no conocemos cuál es la estrategia óptima para ventilar al RN,

sobre todo a los más pequeños e inmaduros, siendo preciso estudios que valoren no sólo la supervivencia sin DBP, sino también el impacto en el neurodesarrollo¹⁷ de las nuevas estrategias de soporte respiratorio.

Ventilación mecánica convencional no sincronizada

Ventilación mandatoria intermitente

Ha sido la forma habitual de ventilar al RN, con respiradores de flujo continuo, ciclados por tiempo y limitados por presión. Se fija una frecuencia de los ciclos del respirador con un tiempo inspiratorio (Ti), presión inspiratoria pico (PIP) y presión positiva al final de la espiración (PEEP)¹⁸. El aumento de frecuencia del respirador por encima de la del paciente o el uso de sedantes o relajantes, son las estrategias que se empleaban para evitar la asincronía. Hoy día, se está sustituyendo por modalidades con sincronización¹⁹.

Ventilación con presión positiva inspiratoria

Es similar a la ventilación mandatoria intermitente (IMV), pero se emplean frecuencias elevadas para impedir la respiración espontánea del paciente.

Ventilación mecánica sincronizada

Son modalidades de ventilación²⁰ en las que el ciclo del respirador empieza en respuesta al inicio de respiración espontánea del paciente, detectada por diferentes señales, según el modelo de respirador²¹: cambios de flujo o presión en la vía aérea proximal, impedancia torácica, movimientos abdominales. El éxito de la sincronización está en la sensibilidad y el tiempo de respuesta que transcurre desde que se alcanza el umbral de respuesta y el aumento medible de la presión en la vía aérea. Tiempos de respuesta largos pueden conducir a fallos de la sincronización, dado que el RN puede estar ya en plena inspiración, antes que el respirador aporte el soporte conveniente. Actualmente, también puede sincronizarse la espiración.

Ventilación asistida/controlada o de presión positiva intermitente sincronizada o iniciada por el paciente

En esta modalidad, todas las respiraciones del paciente que excedan el umbral de sensibilidad inician una respiración mecánica con parámetros prefijados (tabla 1). En el caso de apnea o insuficiente esfuerzo inspiratorio, se garantizan respiraciones mecánicas con una frecuencia preseleccionada²¹. Sus ventajas son que administra un Vt más homogéneo y que previene la fatiga⁶. Si la frecuencia es elevada, debe ajustarse el Ti a la frecuencia real del niño para evitar PEEP inadvertida, de modo que el tiempo espiratorio (Te) sea más largo que el Ti, con una relación Ti:Te > 1:1,3. La presencia de agua en el circuito, las fugas o los ajustes de sensibilidad muy elevadas pueden dar lugar a autociclado del respirador^{21,22}. Suele aplicarse en las fases iniciales de la VMC para acoplar al niño al respirador y ajustar la necesidad de su asistencia, si bien la mayoría de estudios analizan su empleo en la fase de mejoría de la enfermedad^{23,24}, en la que, en relación con el “destete” en la IMV sincronizada (SIMV), disminuye la duración de la ventilación mecánica y parece haber una tendencia a disminuir la tasa de DBP²⁵.

Ventilación mandatoria intermitente sincronizada

El respirador envía un número de ciclos fijados, de forma sincronizada, al inicio de un esfuerzo inspiratorio del RN (tabla 1). Si la frecuencia respiratoria espontánea es superior a la programada, se intercalarán respiraciones espontáneas y mecánicas. Si la frecuencia del paciente es menor, algunos ciclos del respirador estarán sincronizados y otros, no²¹. Puede haber asincronía espiratoria, sobre todo si el Ti del paciente es más corto que el programado y empieza a exhalar mientras todavía hay presión positiva enviada por el respirador. En la fase aguda, el empleo de SIMV o ventilación asistida/controlada (A/C) puede tener poca importancia, porque habitualmente se usan frecuencias elevadas del respirador, similares a las del paciente en A/C.

Lectura rápida



Introducción

Los nuevos avances tecnológicos han hecho posible el desarrollo de nuevos respiradores y nuevas estrategias respiratorias, que sin duda han influido en disminuir la mortalidad del recién nacido con insuficiencia respiratoria.

La información aportada en estos nuevos respiradores, sobre función y mecánica pulmonar, además de permitir conocer mejor aspectos de fisiopatología de los procesos respiratorios, puede utilizarse para realizar un ajuste adecuado del soporte respiratorio a las necesidades del paciente y a los cambios fisiopatológicos del proceso respiratorio.



Tabla 1. Control de los parámetros de ventilación mecánica, en función de la sincronización

	IMV	SIMV	A/C, SIPPV, PTV	PSV
Inicio de la inspiración	Respirador	Paciente	Paciente	Paciente
Frecuencia ventilatoria	Respirador	Respirador	Paciente	Paciente
Tiempo inspiratorio (inicio de la espiración)	Respirador	Respirador	Respirador	Paciente

A/C: asistida/controlada; IMV: ventilación mandatoria intermitente; PSV: presión de soporte; PTV: ventilación iniciada por el paciente; SIMV: IMV sincronizada; SIPPV: ventilación con presión positiva intermitente sincronizada.

Lectura rápida



Ventilación mecánica convencional

La posibilidad de sincronizar el esfuerzo respiratorio del paciente con el ciclo del respirador es una realidad, por lo que, en el momento actual, la ventilación sincronizada debe ser la estrategia a emplear en el recién nacido.

De las distintas modalidades de ventilación sincronizada, la ventilación asistida/controlada (A/C), que se haya en fase de mejoría, parece que acorta la duración de la ventilación mecánica.



Ventilación con presión de soporte

Es una forma de ayudar a la respiración espontánea, con una presión inspiratoria mecánica. La respiración espontánea que induce el inicio del ciclo da lugar a una respiración mecánica que está limitada por presión y ciclada por flujo, de modo que la inspiración termina cuando el flujo inspiratorio desciende a un porcentaje prefijado sobre el flujo inspiratorio máximo. De esta forma, el inicio, la duración y la frecuencia están controladas por el paciente (tabla 1)²⁶. El nivel de soporte, determinado por la PIP, es elegido por el neonatólogo. En algunos respiradores, el flujo de la ventilación con presión de soporte (PSV) es variable y proporcional al esfuerzo del RN y algún estudio ha demostrado una duración menor de la necesidad de oxígeno, realizando el destete con PSV + SIMV en relación con SIMV en pacientes entre 700 y 1.000 g²⁷.

Ventilación mecánica por volumen

En la ventilación ciclada por tiempo y limitada por presión, el Vt administrado depende de la CI pulmonar. Si ésta disminuye, el Vt va a ser menor a igual PIP. Además, cambios rápidos en CI, como sucede después de la aplicación de surfactante, pueden dar lugar a un aumento excesivo de Vt, si no se vigilan cuidadosamente estos cambios. Hay distintas formas de emplear la ventilación por volumen (limitada, controlada o con volumen garantizado)²⁸, dependiendo básicamente del tipo de respirador empleado²⁹,

que puede medir el volumen en el respirador o en el paciente, el Vt actual inspiratorio o espirado, y ajustarlo a lo programado en la misma respiración o en la siguiente (tabla 2). Estas modalidades de volumen pueden emplearse con A/C, SIMV o PSV³⁰. Si bien faltan datos sobre el volumen óptimo, los volúmenes pequeños (3 ml/kg) en fase aguda, aumentan los marcadores de inflamación pulmonar en relación a 5 ml/kg³¹. Además, en SIMV, los volúmenes de 6 ml/kg disminuyen los episodios de hipoxemia, comparados con 4,5 ml/kg³². Parece que volúmenes de 4,5-6 ml/kg pueden ser los más aconsejables. Entre las ventajas de la ventilación por volumen, están mantener un Vt constante, disminuir los episodios de hipoxemia y el riesgo de hipocapnia, así como la disminución automática del soporte al mejorar la CI (tabla 3)³⁰. Se ha comprobado que la ventilación mecánica por volumen, comparada con la ventilación limitada por presión, disminuye la duración de la ventilación, las tasas de neumotórax y hemorragia intraventricular grave, y tiende a disminuir la de DBP. Sin embargo, no hay datos de mejoría de la tasa combinada de DBP y/o muerte³³, ni del neurodesarrollo a los 2 años.

Ventilación con volumen garantizado³⁴

Los respiradores neonatales más difundidos en nuestro medio disponen de la posibilidad de ventilar con volumen garantizado (GV). Administran un volumen prefijado en cada ciclo, y generan un pico de presión que cambia según

Tabla 2. Características de algunas de las modalidades de ventilación por volumen

Tipo de volumen	Respirador	Características
Volumen garantizado	Babylog 8000 plus®	Sensor de flujo con anemómetro de hilo caliente Vt basado en la respiración previa, ajustado según la mecánica No se entrega > 130% del volumen fijado Límite de PIP Medición proximal al tubo intratraqueal "Destete" automático
Limitado por volumen	SLE 5000®	Mide el Vt inspiratorio y termina el ciclo cuando se alcanza el volumen
Controlado por volumen	VIP BIRD GOLD® Servo 300-i®	Se marca el Vt administrado PIP, flujo y Ti varía en cada respiración Onda de flujo cuadrada o decelerante Medida de Vt en respirador Sensor de flujo mediante orificio variable (VIP)
Presión regulada con volumen controlado	Maquet Servo300® Maquet Servo-i®	Modalidad híbrida Volumen controlado con límite alto PIP Ajusta el PIP para dar el Vt basado en la respiración previa Medición Vt en respirador
Presión de soporte con volumen asegurado	VIP BIRD Gold® AVENA	Modalidad híbrida El ciclo empieza limitado por PIP, pero si no se alcanza el volumen fijado, cambia el flujo hasta que se alcance el volumen (ciclado por flujo), prolongando el tiempo inspiratorio

PIP: presión inspiratoria pico; Te: tiempo espiratorio; Ti: tiempo inspiratorio; Vt: volumen corriente.

los cambios de la mecánica pulmonar. Se mide el volumen exhalado y se compara con el volumen ajustado, calculando la presión necesaria para que en la respiración siguiente se entregue ese volumen. Se establece un límite de presión de 4-5 cm de H₂O por encima de los valores iniciales al programar. Se permiten cambios máximos de 3 cm de H₂O en cada respiración, para evitar cambios bruscos que daría lugar a un Vt excesivo. Este hecho, junto con el que se emplee el Vt exhalado de la respiración previa, hace que, si hay cambios rápidos de la CI o del esfuerzo respiratorio del RN, se necesiten varios ciclos para conseguir el volumen ajustado. Para evitar la entrega de un volumen excesivo, la válvula espiratoria se abre para no administrar más gas, cuando se sobrepasa el 130% del volumen de la respiración previa. La autorregulación de la PIP convierte la ventilación por GV en una modalidad de "destete" automático del respirador. Esta modalidad no es útil cuando hay fugas espiratorias superiores al 40%, porque las mediciones del Vt infraestiman el volumen real. Puede aplicarse con cualquier modalidad sincronizada de VMC.

Ventilación controlada por volumen

Termina la ventilación cuando un volumen prefijado, medido en el respirador o a la entrada del paciente, ha sido entregado. Hay servocontrol de flujo, que se modifica para introducir el volumen en el tiempo establecido.

Limitada por volumen

Mide el Vt inspiratorio, y termina el ciclo cuando se alcanza ese volumen. No tiene ajuste automático de PIP y no compensa por volumen insuficiente.

Estrategias ventilatorias híbridas^{6,30}

Presión regulada con control de volumen

Es una modalidad ciclada por flujo, en la que la presión se ajusta según el volumen administrado. Se establece el Vt a administrar y un

valor máximo de PIP. La primera respiración se controla por volumen y permite calcular la PIP necesaria para entregar el volumen, según la CI. En la respiración siguiente, el flujo es variable. Esta modalidad presenta los mismos patrones de flujo y presión que modalidades limitadas por presión, pero controla el volumen en cada respiración y ajusta la PIP en la siguiente. Las mediciones del Vt se realizan en el respirador, por lo que debe compensarse el espacio muerto (tabla 2).

Volumen asegurado con control de presión

En cada respiración combina el control por presión y volumen. Cada respiración comienza como un ciclo de presión soporte con flujo variable. El respirador mide el volumen entregado cuando el flujo inspiratorio ha disminuido a un nivel prefijado, y se evalúa si ha entrado todo el volumen programado. Si es así, se continúa con el ciclo respiratorio, iniciando la espiración como un ciclo típico de presión soporte ciclado por flujo. Si no es así, se modifica el flujo para permitir la entrada de todo el volumen, con lo que se alarga el tiempo inspiratorio y se incrementa la PIP hasta que se entrega todo el flujo programado (tabla 2).

Otras estrategias respiratorias

Ventilación proporcional asistida

En esta modalidad, la presión aplicada se autocontrola para cada respiración espontánea. El paciente controla la frecuencia, el tiempo y la tasa de inflación del pulmón. La presión aplicada aumenta en proporción al Vt y el flujo inspiratorio generado por el paciente, que puede reforzarse para disminuir el trabajo respiratorio⁶.

Ventilación controlada por volumen minuto o mandataria minuto

En esta modalidad, se modifica la frecuencia respiratoria en relación con poco o excesivo esfuerzo respiratorio. Si el Vm cae por debajo

Lectura rápida



Por otro lado, el empleo de estrategias de ventilación con control de volumen parece que disminuye los episodios de hipoxemia y el riesgo de hipocapnia, y además permite una disminución automática del soporte respiratorio al mejorar la enfermedad. Se ha comprobado que la ventilación con control de volumen disminuye la duración de la ventilación, las tasas de neumotórax y la hemorragia intraventricular grave, y muestra una tendencia a disminuir las de displasia broncopulmonar (DBP). Sin embargo, no hay datos de que realmente mejore la tasa combinada de DBP y/o muerte, ni del neurodesarrollo a los 2 años de vida.



Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de la ventilación con volumen, en relación con la limitada por presión

	Limitada por presión	Volumen
Ventajas	Mejor distribución del gas al mantener PIP durante toda la inspiración Disminuye el trabajo respiratorio al dar flujo alto inicial Controla el PIP (↓ "riesgo" de barotrauma?)	"Destete" automático según mejora la distensibilidad pulmonar Mantiene Vt constante ↑ lineal del Vm al ↑ Vt ↓ episodios de hipoxemia ↓ riesgo de hipocapnia
Inconvenientes	Vt variable en relación con los cambios de CI Cambios inconsistente en Vt con cambios en PIP y PEEP	Asincronía relacionada con el flujo Presencia de fugas, altera la eficacia

CI: distensibilidad; PEEP: presión positiva al final de la espiración; PIP: presión inspiratoria pico; Vm: volumen minuto; Vt: volumen corriente.

Lectura rápida



Ventilación de alta frecuencia

De las modalidades de ventilación de alta frecuencia (VAF), la VAF oscilatoria (VAFO) es la modalidad empleada actualmente en el recién nacido, la cual es una estrategia ventilatoria empleada habitualmente de rescate cuando fracasa la ventilación mecánica convencional (VMC).

Los procesos respiratorios con afectación difusa, como bronconeumonía, enfermedad de membrana hialina, son los que responden mejor a la VAFO, en la que se emplea estrategia de reclutamiento alveolar (alto volumen).

La presencia de aire ectópico grave y hernia diafragmática congénita son otras de las indicaciones del tratamiento con VAFO, casos en los que se emplea la estrategia de menor volumen pulmonar, para evitar la sobredistensión pulmonar.

La respuesta al óxido nítrico inhalado en VAFO puede ser superior a su empleo en VMC, en recién nacidos con insuficiencia respiratoria hipoxémica, sobre todo en presencia de hipertensión pulmonar.



del nivel establecido, los ciclos controlados por volumen se administran a una frecuencia constante³⁵.

Técnica de insuflación traqueal continua

La inyección de un flujo de gas continuo en la parte distal del tubo endotraqueal disminuye el espacio muerto anatómico, facilita el lavado de dióxido de carbono (CO₂) y reduce las necesidades de presión y Vt⁶. Se administra a 0,5 ml/min, junto con otras formas de ventilación.

Ventilación de alta frecuencia

Es una modalidad ventilatoria que emplea Vt pequeños, inferiores o iguales al espacio muerto anatómico, a una frecuencia respiratoria suprafisiológica (> 180 cpm), manteniendo un volumen pulmonar constante por encima de la capacidad residual pulmonar³⁶. Se han implicado distintos mecanismos en el intercambio gaseoso³⁷, consiguiéndose con menores presiones pico y mínimas variaciones en las presiones y volúmenes en el ámbito alveolar, con la disminución de los efectos del volutrauma/barotrauma³⁸. La oxigenación depende de la fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) y de un buen reclutamiento alveolar. El lavado de CO₂ depende directamente del Vt y de la frecuencia, según la fórmula Vt².FR (frecuencia respiratoria). Este volumen se ajusta variando el desplazamiento del sistema generador de la alta frecuencia del oscilador (aumentando la amplitud o dP), que se adecuará a partir de la medición del Vt y/o a la movilidad torácica junto con el control de la presión parcial de CO₂ transcutánea (pCO₂ Tc) o arterial. Un tiempo inspiratorio inferior a un 40% del tiempo total garantiza una espiración adecuada. El aumento de frecuencia reduce el Vt, teniendo en cuenta que cada oscilador tiene unas frecuencias óptimas de funcionamiento.

Ventilación de alta frecuencia oscilatoria

De los 3 tipos de VAF que se desarrollaron inicialmente (tipo jet, interruptor de flujo y ventilación de alta frecuencia oscilatoria [VAFO]), esta última es la utilizada actualmente en la ventilación neonatal. La forma de generar alta frecuencia de cada respirador afecta a su eficacia. Los equipos más utilizados en España son el Draeger Babylog 8000®, que utiliza un oscilador de diafragma situado en el circuito espiratorio, realizando espiración activa mediante un jet Venturi e informa sobre el volumen movilizado durante los ciclos, pero debido a su limitada potencia se emplea prin-

cipalmente en < 2.000-2.500 g; y el Sensor Medics®, un oscilador puro con un potente diafragma situado en el asa inspiratoria, que no se ve limitado por el peso del paciente, pero que no aporta información sobre el volumen movilizado.

Indicación de la ventilación mecánica

Es difícil realizar unas indicaciones concretas del inicio de la VM, ya que factores como la administración de surfactante, el empleo de la ventilación mecánica no invasiva y la presión de distensión continua nasal (CPAPn), claramente modifican las indicaciones de la VMC². Se empleará en: hipoxemia y/o hipercapnia, que persistan tras oxigenoterapia, CPAPn; situaciones clínicas de origen pulmonar o extrapulmonar con trabajo respiratorio aumentado, así como en cuadros con alteración central del estímulo respiratorio o capacidad muscular disminuida que afecten al intercambio gaseoso.

Indicación de la ventilación de alta frecuencia

Si bien algunos estudios mostraban una incidencia menor de DBP al emplear VAF desde el inicio de la ventilación mecánica³⁹, la mayoría no muestran diferencias significativas, en algunos se observa un aumento del riesgo neurológico y además, los datos pueden estar influidos por las estrategias ventilatorias empleadas^{40,41}. En el momento actual, generalmente, se utiliza como rescate en enfermedades en las que ha fracasado la VMC (enfermedad de membrana hialina, aspiración de meconio, bronconeumonía, hipertensión pulmonar persistente neonatal)^{42,43}, o escape aéreo grave y hernia diafragmática, en la que se emplea estrategia de volumen pulmonar bajo. La respuesta al óxido nítrico inhalado en VAFO puede ser mejor que en VMC, en RN con insuficiencia respiratoria hipoxémica con hipertensión pulmonar⁴⁴.

Objetivos de la ventilación mecánica

Gasométricos

Hay controversia sobre los valores normales en el RN, pero parece que puede ser seguro mantener la oxigenación en unos rangos de PaO₂ de 50-60 mmHg o de pulsioximetría del 88-92% en RN pretérmino, y PaO₂ de 50-

70 mmHg o saturación de oxígeno de la hemoglobina del 90-95% en el RN a término⁴⁵. En cuanto al valor de la PaCO₂. Se pueden aceptar valores en torno a 45-55 mmHg, considerando la hipercapnia permisiva (PaCO₂ más elevada con pH > 7,25), principalmente en fase crónica de enfermedad¹⁴.

Clinicos

Mantener un buen reclutamiento pulmonar (8 espacios intercostales en la radiografía de tórax), con empleo de PEEP para evitar el atelectrauma o estrategia de alto volumen pulmonar en VAFO; evitar el volutrauma (Vt de 4-6 ml/kg) y disminuir el riesgo de lesión del pulmón. En VAF, conseguir la resolución del neumotórax y/o enfisema intersticial, o la mejora de este último.

Parámetros de ventilación mecánica

Ventilación mecánica convencional

Inicio

La fisiopatología del proceso respiratorio y la estrategia ventilatoria influyen en los ajustes iniciales de los parámetros del respirador. La movilidad torácica, la auscultación, los valores de oxigenación y la ventilación, así como los parámetros de función pulmonar (Vt, Vm, Cl)¹⁶, ayudarán al ajuste posterior (tabla 4).

Control de la oxigenación y la ventilación (tabla 5)

Las variaciones de la PaO₂ guardan relación directa con la presión media en la vía aérea (PMA). El aumento de la PIP y PEEP eleva la PaO₂, sin modificar la frecuencia, pero una PMA excesiva implica riesgo elevado de aire

ectópico, de sobredistensión, compresión de los capilares pulmonares e hipoxemia por cortocircuito derecha-izquierda intrapulmonar. Los cambios en la PaCO₂ dependen del Vm. El aumento de la PIP, el Vt y la frecuencia disminuyen la PaCO₂, al aumentar el Vm. Las frecuencias elevadas (> 80 cpm) pueden ser menos eficaces para disminuir la PaCO₂, al aumentar el espacio muerto y/o la aparición de PEEP inadvertida.

Disminución del soporte respiratorio

Al mejorar la situación del paciente, se va disminuyendo el soporte respiratorio, de acuerdo con la estrategia ventilatoria empleada. Disminuir progresivamente la PIP hasta 20 cm de H₂O (16 cm de H₂O en RN <1.000 g) o hasta un Vt de 4-5 ml/kg, manteniendo un buen reclutamiento pulmonar, e ir disminuyendo FiO₂ hasta 0,3-0,4. Hay controversia sobre cuál es la mejor estrategia para retirar la asistencia respiratoria, y hay algún dato que apoya que su duración es menor cuando se emplea A/C en lugar de SIMV²⁵. Si se emplea una estrategia con GV, el destete se realiza de forma automática.

Extubación

Intentar extubar lo antes posible si se mantienen los objetivos gasométricos con FiO₂ < 0,35, PIP ≤ 15 cm de H₂O y FR 20-30 cpm en SIMV. Debe valorarse el esfuerzo respiratorio, el Vt de las respiraciones espontáneas, la Cl y la resistencia de la vía aérea. En los RN de muy bajo peso o con enfermedad pulmonar residual, hay que utilizar soporte farmacológico con estimulantes del centro respiratorio (cafeína), CPAP-nasal o IMV-nasal⁴⁶. No se recomienda el empleo sistemático de corticosteroides previos a la extubación.

Lectura rápida



Cuidados del recién nacido con ventilación mecánica

El seguimiento de la oxigenación y la ventilación, sobre todo en VAF, nos permitirá adecuar el soporte respiratorio a las necesidades y a los objetivos gasométricos deseados, y así evitar hiperoxia/hipoxia e hipocapnia, factores que se han relacionado con morbilidad en el recién nacido, sobre todo en el recién nacido pretérmino.

Un calentamiento y una humidificación adecuados de los gases respiratorios son puntos clave en el tratamiento de la ventilación mecánica neonatal.

No se recomienda la sedación ni la relajación sistemática del recién nacido con ventilación mecánica.



Tabla 4. Parámetros iniciales de ventilación mecánica convencional según la enfermedad

Fisiopatología	Enfermedad con Cl disminuida	Enfermedad con resistencia aumentada	Pulmón normal
Modalidad	A/C o SIMV con/sin GV	SIMV o A/C con/sin GV	SIMV
PIP para Vt 4-6 ml/kg	15-20 cm de H ₂ O	18-20 cm de H ₂ O	12-15 cm de H ₂ O
Vt	4-6 ml/kg		
PEEP (cm de H ₂ O)	4-5	2-4	3-4
Frecuencia (cpm)	50-60	30-50	20-40
Ti (s)	≤ 0,35	0,40,5	0,30,4
Te (s)	> 1,3 veces al Ti (sobre frecuencia real en A/C)		
Flujo (lpm)	6 (< 1,5 kg); 8 (> 1,5 kg); 10 (necesidad de PIP muy alta)		
FiO ₂	Según valor previo y objetivo PaO ₂ /saturación O ₂		

A/C: asistida/controlada; Cl: distensibilidad; cpm: ciclos por minuto; lpm: litros por minuto; GV: volumen garantizado; PEEP: presión positiva al final de la espiración; PIP: presión inspiratoria pico; SIMV: ventilación mandatoria intermitente sincronizada; Te: tiempo espiratorio; Ti: tiempo inspiratorio; Vt: volumen corriente.

Bibliografía recomendada

Becker MA, Donn SM. Real Time Pulmonary Graphic Monitoring. Clin Perinatol. 2007;34:1-17.

Revisión de la información que obtenemos a la cabecera del paciente de los gráficos de seguimiento de función pulmonar (volumen, flujo y presión) y bucles. Nos ayuda a interpretarlos y cómo utilizarlos en nuestros pacientes, para realizar un ajuste fino del soporte respiratorio a las características fisiopatológicas de cada momento.

Greenough A, Donn SM. Matching ventilatory support strategies to respiratory pathophysiology. Clin Perinatol. 2007;34:35-53.

Hace hincapié en la importancia de conocer la fisiopatología de los procesos que causan insuficiencia respiratoria en el recién nacido, del gran avance en los últimos años en el conocimiento de esta fisiopatología y en la importancia de intentar adecuar la modalidad ventilatoria a las características de cada paciente.

Ventilación de alta frecuencia oscilatoria⁴²

Inicio

Empezar con una PMA de 1-2 cm de H₂O por encima de la previa en VMC o la misma, si hay aire ectópico y la FiO₂ utilizada en VMC. Ajustar la frecuencia según el respirador, y emplear en Babylog® la más próxima a 10 Hz que permita Vt de 1,5-2 ml/kg y en Sensor Medics®, 12-15 Hz, valorando la causa del fracaso de la VMC (hipoxemia o hipercapnia). Se ajustará la amplitud en Babylog® al 30-50% para un Vt adecuado y en Sensor Medics® 25-30 cm de H₂O de dP, en que se observe un correcto movimiento de la pared torácica. El Ti en Babylog® es automático, y se ajusta en el 33% en SensorMedics®.

Control de la oxigenación y la ventilación (tabla 5)

Para la oxigenación, aumentar la PMA hasta llegar a la PMA óptima de apertura, definida como la que permite vencer la presión de cierre alveolar, con lo que se consigue el reclutamiento alveolar máximo, y con ello disminuir la FiO₂ hasta 0,4, sin signos de afectación hemodinámica y con buen volumen pulmonar en el control radiológico. En esta estrategia de reclutamiento alveolar, la PMA no se disminuye hasta poder bajar FiO₂ a 0,4-0,5, salvo que haya datos indicativos de sobredistensión pulmonar. Para disminuir la PaCO₂, aumentar el Vt, con el aumento de la amplitud o dP o disminución de la frecuencia. La respuesta a los cambios puede ser lenta, por lo que, salvo en situación de inestabilidad grave, se debe dar tiempo para ver la tendencia y comprobar los efectos de los cambios realizados.

Retirada de ventilación de alta frecuencia oscilatoria

Se puede intentar retirar la VAFO cuando los objetivos gasométricos se mantengan con FiO₂ 0-3-0,4 y PMA < 8 cm de H₂O, o tras una mejoría del aire extraalveolar. Según la EG, el peso y la enfermedad residual, se puede pasar a CPAPn o a VMC sincronizada.

Cuidados de recién nacidos con ventilación mecánica

— Es importante realizar un seguimiento de la oxigenación y la ventilación, para evitar hipoxemia/hiperoxia o hipocapnia, sobre todo en VAFO. El seguimiento transcutáneo de PCO₂ y PO₂ facilita ver la respuesta a los cambios realizados y mejorar el reclutamiento alveolar.

— Realizar radiografía de tórax a las 2-4 h de iniciar la VAFO para comprobar el volumen pulmonar.

— No se recomiendan las aspiraciones traqueales sistemáticas, sino según la enfermedad, la auscultación pulmonar, los cambios del Vt o en los gases. En VAFO, disminuir las maniobras de desconexión y aspiración que facilitan el desreclutamiento alveolar. Se aconseja realizar la aspiración con sistemas cerrados. Si se produce empeoramiento gasométrico, incrementar de forma transitoria la PMA 1-2 cm de H₂O hasta recuperar la situación previa y volver a bajar.

— Los gases inspirados deben estar siempre bien humidificados y calientes⁴⁷.

— No hay evidencia de la necesidad de sedación/analgesia sistemática en RN ventilados⁴⁸. En algunos RN a término con hipertensión pulmonar, en los que la manipulación les deteriora, pueden ser precisa la sedación e incluso la relajación muscular⁴⁹.

Complicaciones de la ventilación mecánica

Puede producirse intubación selectiva del bronquio principal derecho, atelectasia, bronconeumonía, aire ectópico (neumotórax, enfisema intersticial o neumomediastino), repercusión hemodinámica, DBP, mal control de la oxigenación (riesgo de retinopatía

Tabla 5. Modificación de parámetros ventilatorios para mejorar la oxigenación o la ventilación

	VMC	VAFO
↑ oxigenación	↑ PMA (evitar sobredistensión) ↑ PEEP (seleccionar) ↑ PIP ↑ FiO ₂	↑ PMA (presión media óptima) ↑ FiO ₂ ↑ frecuencia (según respirador)
↑ eliminación de CO ₂	↑ volumen minuto: ↑ volumen corriente: ↑ PIP ↑ frecuencia	↑ volumen corriente: ↑ amplitud o dP ↓ frecuencia

PEEP: presión positiva al final de la inspiración; PIP: presión inspiratoria pico; PMA: presión media en la vía aérea; Ti: tiempo inspiratorio; VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria; VMC: ventilación mecánica convencional; Vt: volumen corriente.

de la prematuridad) y mal control de la ventilación (riesgo de hemorragia intraventricular y/o LPV).

Bibliografía



● Importante ●● Muy importante

■ Ensayo clínico controlado

■ Epidemiología

■ Metaanálisis

1. Donn SM, Sinha SK. Invasive and Noninvasive Neonatal Mechanical Ventilation. *Respir Care*. 2003;48:426-41.
2. ●● Greenough A, Premkumar M, Patel D. Ventilatory strategies for the extremely premature infant. *Pediatr Anesthesia*. 2008;18:371-7.
3. Donn SM, Shina SK, Courtney SE, Barrington KJ. Continuous Positive airway pressure and noninvasive ventilation. *Clin Perinatol*. 2007;34:73-92.
4. ●● Lampland AL, Mammel MC. The role of high frequency ventilation in neonates: Evidence-Based Recommendations. *Clin Perinatol*. 2007;34:129-44.
5. Carlo WA, Ambalavanan N. Conventional mechanical ventilation: traditional and new strategies. *NeoReviews*. 1999;20:e117-126.
6. Claude N, Bancalari E. New modes of mechanical ventilation in the preterm newborn: evidence of benefit. *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. 2007;92:F508-12.
7. Kinsella J, Greenough A, Abman SH. Bronchopulmonary dysplasia. *Lancet*. 2006;367:1421-31.
8. Chess PR, D'Angio CT, Pryhuber GS, Maniscalco GM. Pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia. *Semin Perinatol*. 2006;30:171-8.
9. Smith LE. Pathogenesis of retinopathy of prematurity. *Semin Neonatol*. 2003;8:469-73.
10. Murase M, Ishida A. Early hypocarbia of preterm infants: its relationship to periventricular leukomalacia and cerebral palsy, and its perinatal risk factors. *Acta Paediatr*. 2005;94:85-91.
11. ●● Ambalavanan N, Carlo WA. Ventilatory strategies in the prevention and management of bronchopulmonary dysplasia. *Semin Perinatol*. 2006;30:192-9.
12. Van Kaam AH, Rimensberger PC. Lung-protective ventilation strategies in neonatology: what do we know-what do we need to know? *Crit Care Med*. 2007;35:925-31.
13. ●● Donn SM, Sinha SK. Minimising ventilator induced lung injury in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonat Ed*. 2006;9:F226-30.
14. Davin Miller J, Carlo WA. Safety and effectiveness of permissive hypercapnia in the preterm infant. *Curr Opin Pediatr*. 2007;19:142-4.
15. Becker MA, Donn SM. Real Time Pulmonary Graphic Monitoring. *Clin Perinatol*. 2007;34:1-17.
16. ●● Greenough A, Donn SM. Matching ventilatory support strategies to respiratory pathophysiology. *Clin Perinatol*. 2007;34:35-53.
17. Aschner JL, Walsh MC. Long-term outcomes: what should the focus be? *Clin Perinatol*. 2007;34:205-17.
18. Grupo Respiratorio Neonatal de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones sobre ventiloterapia convencional neonatal. *An Esp Pediatr*. 2001;55:244-50.
19. Greenough A. Update of modalities of mechanical ventilators. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2002;87:F3-6.
20. Ramanathan R. Synchronized intermittent mandatory ventilation and pressure support: to sync or not to sync? Pressure Support or no pressure support? *J Perinatol*. 2005;25:S23-5.
21. Donn SM, Becker MA. Special ventilatory techniques and modalities. I. Patient-triggered ventilation. En: Goldsmith JP, Karotkin EH, editor. *Assisted ventilation of the neonate*. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 2003. p. 203-18.
22. Donn SM, Sinha SK. Assist/Control Ventilation. En: Donn SM, Sinha EK, editors. *Neonatal respiratory care*. 2ª ed. Philadelphia: Mosby Inc; 2006. p. 203-5.
23. Sharma A, Greenough A. Survey of neonatal respiratory support strategies. *Acta Paediatr*. 2007;96:1115-7.
24. Kassim Z, Greenough A. Patient-triggered ventilation. *Mi-nerva Pediatr*. 2006;58:327-32.
25. ●● Greenough A, Dimitriou G, Prendergast M, Milner AD. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. *Cochrane Database Sys Reviews*. 2008;1:CD10.100271456/51858.CD000456 pub3.
26. Sarkar S, Sonn SM. In support of pressure support. *Clin Perinatol*. 2007;34:117-28.
27. Reyes ZC, Claire N, Tauscher MK, D'Ugard C, Vanburskirk E, Bancalari S. Randomized, Controlled Trial Comparing Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation and Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation plus Pressure Support in preterm Infants. *Pediatrics*. 2006;118:1409-17.
28. Grover A, Filed D. Volume-targeted ventilation in the neonate: time to change? *Arch Dis Child Fetal Neonatal*. 2008;93:F7-9.
29. Sharma A, Milner AD, Greenough A. Performance of neonatal ventilators in volume targeted ventilation mode. *Acta Paediatr*. 2007;96:176-80.
30. ●● Singh J, Sinha SK, Donn SM. Volume-targeted ventilation of newborns. *Clin Perinatol*. 2007;34:93-105.
31. Lista G, Castoldi F, Fontana P, Reali R, Reggiani A, Bianchi S, et al. Lung inflammation in preterm infants with respiratory distress syndrome: effects of ventilation with different tidal volumes. *Pediatric Pulmonol*. 2006;41:357-63.
32. Polimeni V, Claire N, D'Ugard C, Bancalari E. Effect of volume targeted synchronized intermittent mandatory ventilation on spontaneous episodes of hypoxemia in preterm infants. *Biol Neonate*. 2006;89:50-5.
33. McCallion N, Davis PG, Morley CJ. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in the neonate. *Cochrane Database Sys Review*. 2005;3:CD003666. DOI:10.1002/14651858.
34. ●● Keszler M, Abubakar KM. Volume guarantee ventilation. *Clin Perinatol*. 2007;34:107-16.
35. Guthrie SO, Lynn C, Lafleur BJ, Donn SM, Walsh WF. A crossover analysis of mandatory minute ventilation compared to synchronized intermittent mandatory ventilation in neonates. *J Perinatol*. 2005;25:643-6.
36. Keszler M, Durand DJ. Neonatal High-Frequency Ventilation: Past, Present, and Future. *Clin Perinatol*. 2001;28:579-607.
37. Chang HK. Mechanisms of gas transport during ventilation with high frequency oscillation. *J Appl Physiol*. 1984;56:553-63.
38. Bunnell JB. High-frequency ventilation: general concepts. En: Donn SM, Sinha SK, editors. *Neonatal respiratory care*. 2nd ed. Philadelphia: Mosby, Inc; 2006. p. 222-30.
39. Henderson-Smart DJ, Cools F, Butha T, Offringa M. Elective high frequency ventilatory versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *Cochrane database Syst Reviews*. 2007;3:CD000104. DOI:10.1002/14651858. CD000104.pub2.
40. Thome UH, Carlo WA, Pohlandt F. Ventilation strategies and outcome in randomised trials of high frequency ventilation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2005;90:F466-F473.
41. ●● Soll RF. The clinical impact of high frequency ventilation: review of the cochrane meta-analyses. *J Perinatol*. 2006;26:S38-S42.
42. Grupo respiratorio neonatal de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones sobre ventilación de alta frecuencia en el recién nacido *An Esp Pediatr*. 2002;57:238-43.
43. Bhuta T, Clark RH, Henderson-Smart DJ. Rescue high frequency oscillatory ventilation vs conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near term. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2001;1:CD002974. DOI:10.1002/14651858.CD002974.
44. Kinsella JP, Truog WE, Walsh WF, Goldberg RN, Bancalari E, Mayock DE, et al. Randomized, multicenter trial of inhaled nitric oxide and high-frequency oscillatory ventilation in severe, persistent pulmonary hypertension of the newborn. *J Pediatr*. 1997;131:55-62.
45. Higgins RD, Bancalari E, Willinger M, Raju TNK. Executive summary of the workshops on oxygen in neonatal therapies: controversies and opportunities for research. *Pediatrics*. 2007;119:790-6.
46. ●● Halliday HL. What interventions facilitate weaning from the ventilator? A review of the evidence from systematic reviews. *Pediatr Resp Dis*. 2004;5:S347-52.
47. Schulze A. Respiratory gas conditioning and humidification. *Clin Perinatol*. 2007;3:19-33.
48. Bellu R, De Waal KA, Zanini R. Opioids for neonates receiving mechanical ventilation. *Cochrane Database Syst. Reviews*. 2008;1:CD004212. DOI:10.1002/14651858.
49. Offringa CF. Neuromuscular paralysis for newborn infants receiving mechanical ventilation. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2005;2:CD003773. DOI:10.1002/14651858.

Bibliografía recomendada

Greenough A, Premkumar M, Patel D. Ventilatory strategies for the extremely premature infant. *Pediatr Anesthesia*. 2008;18:371-7.

Revisión con bibliografía actualizada de la situación actual de las estrategias respiratorias empleadas en el recién nacido prematuro.

Keszler M, Abubakar KM. Volume guarantee ventilation. *Clin Perinatol*. 2007;34:107-16.

En este artículo, se explica de forma detallada los conocimientos existentes de esta estrategia ventilatoria, disponible en alguno de los respiradores neonatales más difundidos en nuestro medio.