Guillermo Agustín Zambosco

Manual Práctico de Ventilación Mecánica Neonatal

Fundación para el Desarrollo de la Salud
Materno Infantil
"Profesor Alberto Oscar Zambosco"

Manual Práctico de Ventilación Mecánica Neonatal

Guillermo Agustín Zambosco

Manual Práctico de Ventilación Mecánica Neonatal

Fundación para el Desarrollo de la Salud
Materno Infantil
"Profesor Alberto Oscar Zambosco"

Zambosco, Guillermo
Manual práctico de ventilación mecánica neonatal / Guillermo Zambosco. - 1a ed. - La Plata : Guillermo Zambosco, 2021.
148 p. ; 31 x 22 cm.

ISBN 978-987-88-0107-0

1. Neonatología. I. Título.
CDD 618.922004636

ISBN 978-987-88-0107-0

Guillermo Agustín Zambosco

Manual Práctico de Ventilación Mecánica Neonatal

Impreso en Pronto Gráfica

pronto gráfica | Ediciones

Calle 48 Nº 458 e/ 4 y diag. 80
(1900) La Plata - Bs. As. - Arg.
info@pronto-grafica.com
Tels. (0221) 424-9889 / 482-4057
(221) 463-1900

Primera edición

Libro de Edición Argentina

Impreso en Argentina

Tirada: 100 ejemplares

La propiedad intelectual de esta obra está registrada bajo el número de trámite RL-2021-35365839-APN-DNDA#MJ en la Dirección Nacional de Derechos de Autor del Ministerio de Justicia de la Nación Argentina.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando no sean alterados, se asigne la autoría correspondiente, sean utilizados con fines educativos y no con fines comerciales.

Guillermo A. Zambosco

- Médico Pediatra y Neonatólogo.
- Instructor de Residentes de Neonatología. Hospital "San Roque" de Gonnet, La Plata. Argentina.
- Jefe de Neonatología. Hospital Italiano de La Plata. Argentina.
- Presidente de la Fundación para el Desarrollo de la Salud Materno Infantil "Profesor Alberto O. Zambosco".

Índice

Prefacio 11
Agradecimientos 13
Listado de Abreviaturas 15
Capítulo 1: Fisiología respiratoria del recién nacido 17
Capítulo 2: Soporte ventilatorio no invasivo 27
Capítulo 3: Cuidados del recién nacido en ventilación mecánica 47
Capítulo 4: Ventilación mecánica convencional 57
Capítulo 5: Modalidades ventilatorias sincronizadas 69
Capítulo 6: Ventilación por objetivo de volumen 81
Capítulo 7: Ventilación de alta frecuencia 91
Capítulo 8: Ventilación mecánica en las principales patologías respiratorias del recién nacido 101
Capítulo 9: Aspectos prácticos para ventilar recién nacidos. Parte 1 115
Capítulo 10: Aspectos prácticos para ventilar recién nacidos. Parte 2 131

Prefacio

Este manual práctico sobre ventilación mecánica neonatal, fue pensado y diseñado con la "simple" intención de colaborar con la formación de médicos becarios, concurrentes, residentes y rotantes que "cuidan" todos los días a los "RN enfermos", y forman parte de los diferentes programas de formación neonatal.

El objetivo principal del mismo, es tratar de ayudar a comprender algunos conceptos prácticos sobre la ventilación mecánica neonatal, con el fin de poder mejorar los resultados, y así beneficiar a los recién nacidos.

La ventilación mecánica neonatal convencional ha salvado y seguirá salvando la vida de muchos recién nacidos enfermos. En los últimos años aparecieron nuevos respiradores con nuevas modalidades ventilatorias para tratar de mejorar los resultados. La introducción de estas nuevas tecnologías a llevado a mucha "confusión" en nuestras regiones para los clínicos, por diversos motivos o razones, como la falta de una capacitación adecuada, de una terminología común y simple por parte de los fabricantes (modalidades similares se denominan de diferente manera en los distintos ventiladores), y también a diferencias entre lo que se aprende, transmite, y llega a cada recién nacido enfermo.

Luego de estar más de 25 años enseñando y aprendiendo la mejor manera de educar (desde mi humilde parecer, se debe enseñar con conocimientos sólidos, con errores y aciertos, pero siempre con el "corazón"), tengo la firme convicción que enseñando a las nuevas generaciones se pueden conseguir grandes cambios y mejorar los resultados en los países de Latinoamérica, donde se observa la falta de una capacitación adecuada del personal que cuida los RN diariamente, además de la falta de recursos, o la utilización de recursos en forma inadecuada. Un problema importante de nuestras regiones, es la diversidad en la calidad de los cuidados neonatales, lo que se traduce en malos o pobres resultados.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres (Tere y Tito) por todo lo que me enseñaron y transmitieron en la vida, como el concepto de "familia", a ser una persona simple, la educación, el respeto por las personas, el altruismo, la decencia, la cultura del trabajo y del esfuerzo para conseguir resultados, el aprender a equivocarse y pedir perdón, el aprender a caerse en la vida y también a levantarse, la amistad sincera, entre muchas enseñanzas maravillosas.

A mi esposa Lili e hijos Sofía, Agustín y Pilar, que me sostienen día a día, me acompañan, me brindan contención, amor, afecto, y aceptan que yo les "quite" tiempo y lo dedique a la educación neonatal.

A mis hermanos (Alberto, Juani y Juan) y sus familias por todo el cariño y afecto que me dan todos los días.

A mis suegros (Paco y Pilar), que me enseñaron que con simpleza, honestidad y trabajo digno, se puede progresar, avanzar y brindar educación de calidad a los hijos.

A mis amigas y amigos, pocos en número, pero únicos para mí, por su integridad y compañía inigualables.

A mis maestros en la medicina, los profesores Heraldo Ángel Tavella, Guillermo Cocozzella, Francisco Spizzirri, Mario Renteria, Augusto Sola, Eduardo Bancalari, y Guy Moriette, que durante muchos años me ayudaron en el transitar de la medicina, la pediatría y neonatología, y me enseñaron a educar de manera simple y desinteresada.

A los concurrentes y residentes de pediatría y neonatología de los Hospitales "San Roque de Gonnet" e "Italiano de La Plata", que pasaron en estos más de 25 años, que me acompañaron, acompañan todos los días y me seguirán acompañando, ya que fueron y son un estímulo sin límites para avanzar en la enseñanza, sin ellos para mí, sería difícil la educación neonatal.

Además, tengo que agradecer especialmente a la residencia de neonatología del Hospital San Roque de Gonnet, a Eugenia, Franco, Matías, Miguel, Magui y Vanina, por la invalorable y desinteresada ayuda que me brindaron en el capítulo sobre soporte respiratorio no invasivo.

A Esteban, Gabriel, Marina, Maricel, y Matías, "amigos desde y con el corazón", que me dio la vida, todos ex concurrentes o ex residentes, que me permitieron acompañar su educación en la neonatología, y a través del tiempo me brindan su amistad sincera y verdadera.

A la Fundación "Profesor Alberto Oscar Zambosco" para el Desarrollo de la Salud Materno Infantil, por todos estos años de educación neonatal sin límites y condicionamientos, en distintas regiones de Argentina (Azul, Bolívar, Bragado, 9 de Julio, La Plata, Rosario, Tandil) y de Latinoamérica (Cuba, Ecuador, Perú, y Venezuela), gracias por la posibilidad de enseñar (con humildad y limitaciones) a "cuidar" recién nacidos.

Para finalizar, dejo para reflexionar un fragmento de un poema del gran poeta Uruguayo **Mario Benedetti…**

"Lento pero viene
el futuro real
el mismo que inventamos
nosotros y el azar
cada vez más de nosotros
y menos el azar"

GAZ.

Listado de Abreviaturas

Adenosin Trifosfato	ATP
Asistencia Respiratoria Mecánica	ARM
Bicarbonato	Bic
Cánulas de Alto Flujo	CAFO
Capacidad Residual Funcional	CRF
Centímetros	cm
Coeficiente de Difusión de CO_2	DCO_2
Compliance	CL
Constante de Tiempo	ctte de T
CPAP Bifásico o de Dos Niveles	BiPAP
Dióxido de Carbono	CO_2
Displasia Broncopulmonar	DBP
Fracción Inspirada de Oxigeno	FiO_2
Frecuencia Respiratoria	FR
Edad Gestacional	EG
Estado Ácido Base	EAB
Enfermedad de Membrana Hialina	EMH
Enfisema Pulmonar Intersticial	EPI
Espacio Muerto	Vd o EM
Exceso de Bases	EB
Gramos	gr
Hemorragia Intraventricular	HIV
Hernia Diafragmática Congénita	HDC
Hertz	Hz
Hipertensión Pulmonar Persistente del Recién Nacido	HPPRN
Hora	hs
Índice de Ventilación/Perfusión	V/Q
Kilogramos	Kg
Litro	L
Mililitro	ml
Milímetro	mm
Miliequivalentes	meq
Oxígeno	O_2
Óxido Nítrico Inhalado	ONi
Presión Positiva al Final de la Espiración	PEEP
Presión Positiva Continua en la Vía Aérea	CPAP
Presión Inspiratoria Máxima	PIM
Presión Alveolar Media	PAM o MAP
Presión Arterial de Oxigeno	PaO_2
Presión Arterial de Dióxido de Carbono	$PaCO_2$
Presión Alveolar de Oxígeno	PAO_2
Presión/Volumen	P/V
Resistencia	Raw

Recién Nacido	**RN**
Recién Nacidos de Extremado Bajo Peso al Nacer (< 1000 gr)	**RNEBPN**
Recién Nacido de Término	**RNT**
Saturación Arterial de Oxígeno	**SpO_2**
Segundos	**s**
Síndrome de Dificultad Respiratoria	**SDR**
Síndrome de Aspiración Meconial	**SALAM**
Temperatura	**T°**
Tiempo Espiratorio	**Te**
Tiempo Inspiratorio	**Ti**
Tubo Endotraqueal	**TET**
Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales	**UCIN**
Ventilación Ajustada Neuronalmente	**NAVA**
Ventilación de Alta Frecuencia	**VAF**
Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria	**VAFO**
Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria No Invasiva	**VAFO-NI**
Ventilación Nasal No Invasiva	**VNNI**
Ventilación Nasal No Invasiva No Sincronizada	**VNNI-NS**
Ventilación Nasal No Invasiva Sincronizada	**VNNI-S**
Ventilación Mecánica	**VM**
Ventilación Mecánica Convencional	**VMC**
Ventilación Mecánica Intermitente	**VMI**
Ventilación Asistida Controlada	**AC o SIPPV**
Ventilación Asistida Controlada con Volumen Garantizado	**AC (VG)**
Ventilación con Presión de Soporte	**PSV o CPAP/PS**
Ventilación con Presión de Soporte y Volumen Garantizado	**PSV (VG)**
Presión de Soporte	**PS**
Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada	**SIMV**
Ventilación Mecánica Intermitente Sincronizada + Presión de Soporte	**SIMV + PS**
Ventilación Mecánica Intermitente Sincronizada con Volumen Garantizado + Presión de Soporte	**SIMV (VG) + PS**
Ventilación con Volumen Garantizado o Volumen Garantizado	**VG**
Volumen Tidal	**Vt**
Volumen Corriente	**Vc**

Capítulo 1

Fisiología Respiratoria del Recién Nacido

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre Fisiología Respiratoria?

Para comenzar a introducirnos en la fisiología respiratoria del recién nacido, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. **¿Cuál es la frecuencia respiratoria normal de un RN en las primeras horas de vida?**
a. 10 a 20 respiraciones por minuto.
b. 20 a 30 respiraciones por minuto.
c. 30 a 50-60 respiraciones por minuto.
d. > 50-60 respiraciones por minuto.

2. **¿Cuál es el volumen corriente de un RN de término?**
a. 1 - 2 ml/kg.
b. 2 - 3 ml/kg.
c. 3 - 5 ml/kg.
d. 4 - 7 ml/kg.

3. **¿Cuál es el volumen corriente de un RN de prematuro?**
a. 1 - 2 ml/kg.
b. 2 - 3 ml/kg.
c. 3 - 5 ml/kg.
d. 4 - 6 ml/kg.

4. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la compliance o distensibilidad pulmonar?**
a. Es la capacidad de distensión del pulmón.
b. Los RN prematuros con déficit de surfactante tienen la distensibilidad aumentada.
c. La curva de presión/volumen representa la distensibilidad pulmonar.
d. Cuando la distensibilidad se encuentra disminuida se debe ejercer menor presión para ingresar un Vt determinado.
e. Opciones a y c correctas.
f. Opciones a y d correctas.

5. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la resistencia?**
a. Según la ley de Poiseuille es directamente proporcional a la longitud del conducto e inversamente proporcional al radio.
b. Según la ley de Poiseuille, es inversamente proporcional a la longitud del conducto y directamente proporcional al radio.
c. Es el gradiente de presión necesario para mover un gas a un flujo constante.
d. Cuanto más elevada, menos presión es necesario utilizar durante la ventilación mecánica.
e. Opciones a y c correctas.
f. Opciones a y d correctas.

6. **Señale la opción correcta en relación a la constante de tiempo.**
a. Es el tiempo en que el pulmón permite ingresar y dejar salir un volumen determinado de gas.
b. Depende de la distensibilidad y de la resistencia.
c. Con 2 constantes de tiempo se ingresa y egresa el 99% del Vc o Vt.
d. Opciones a y b son correctas.
e. Opciones a, b y c son correctas.

7. **¿Cómo se define al shunt intrapulmonar?**
a. Área ventilada y no perfundida que no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
b. Un área mal o poco ventilada y bien perfundida que casi no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
c. Un área no ventilada y no perfundida que no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
d. Un área bien ventilada y bien perfundida que interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.

8. **Señale la opción correcta con respecto al espacio muerto.**
a. Área mal ventilada y bien perfundida.
b. Área ventilada y no perfundida.
c. La mayoría de los respiradores modernos lo miden.
d. Opciones a y c son correctas.
e. Opciones b y c son correctas.

9. **Señale la opción correcta en relación a la ventilación minuto.**
a. Es el resultado de la FR x CRF.
b. Es el resultado de la FR x Vc.
c. Es el resultado del Vt x CRF.
d. Ninguna opción es correcta.

10. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la ventilación alveolar?**
a. Es el resultado de la ventilación minuto - espacio muerto.
b. Es el resultado de la FR x Vc.
c. Tiene una relación inversa con los niveles de $PaCO_2$.
d. Opciones a y c son correctas.

Introducción

A la hora de decidir aplicar en un RN alguna modalidad de **soporte ventilatorio (invasivo o no invasivo)**, porque luego de evaluarlo, considera que la situación clínica lo requiere, es fundamental conocer algunos conceptos de la fisiología pulmonar. Estos incluyen: al **Trabajo Respiratorio**, la **Distensibilidad o Compliance**, la **Resistencia,** el **Volumen Corriente** o **Volumen Tidal**, la **Constante de Tiempo**, la **Ventilación Minuto** y **Ventilación Alveolar**, el **Espacio Muerto**, el **Índice de Ventilación-Perfusión**, el **Shunt Intrapulmonar**, entre otros.

La producción de energía que requiere un RN para sus funciones metabólicas depende del oxígeno. Cuando se degradan los carbohidratos se consume O_2 y se produce agua y CO_2. La energía generada durante este proceso se almacena como ATP. Los sistemas enzimáticos de las mitocondrias combinan este proceso con la transferencia de electrones dando lugar a la fosforilación oxidativa (glucolisis aeróbica).

El aparato respiratorio del RN ingresa el O_2 a la sangre mediante un proceso de difusión a través de un gradiente de presión parcial de O_2 (la presión alveolar de O_2 es superior a la presión arterial de O_2). Además, para que el intercambio gaseoso sea el adecuado se requiere que los pulmones estén expandidos, bien ventilados y perfundidos. Las presiones parciales de O_2 son en el RN las siguientes (a nivel del mar):

Presión de O_2 del aire inspirado: 167 mm Hg
Presión de O_2 alveolar: 100 mm Hg
Presión de O_2 arterial: 60 mm Hg
Presión de O_2 capilar: 40 mm Hg

La energía necesaria para las funciones del RN se obtiene del ATP, a través de la fosforilación oxidativa, pero cuando las demandas de energía superan a las reservas de ATP (del metabolismo aeróbico), los tejidos utilizan la glucolisis anaeróbica para producir ATP, con la consiguiente liberación de ácido láctico que se acumula en la sangre, produciendo una disminución del PH (academia-acidosis). Por lo tanto, el ácido láctico es un marcador importante del inadecuado aporte de O_2 a los tejidos. El valor normal de lactato en sangre en el RN es 2-3 mmol/L.

Transporte de Gases

El transporte de gases se produce por el movimiento de los mismos a través de las vías aéreas por convección o flujo masivo, y posterior difusión hacia el interior de los alvéolos y capilares pulmonares. Esto hace posible el intercambio de gases, (captación de O_2 y eliminación de CO_2) para satisfacer las necesidades metabólicas del RN. La fuerza necesaria para la convección la dan las diferencias de presiones (entre la atmosférica y el alvéolo), y para la difusión, la diferencia entre las diferentes concentraciones de los gases en los espacios contiguos (alvéolo-sangre para el O_2 y sangre-alvéolo para el CO_2). Los gases ingresan a favor del gradiente de presión y difunden a favor del gradiente de concentración. La ventilación de los alveolos se produce solo durante la inspiración, mientras que el

intercambio gaseoso se produce tanto en inspiración como en espiración. Gran parte de los gases permanecen en el pulmón al final de la espiración (capacidad residual funcional).

Durante la respiración espontanea, la inspiración se logra gracias a la contracción principalmente del músculo diafragma, el cual crea presión negativa (vía espacio intrapleural - espacio intersticial - vías respiratorias y alvéolos) a nivel alveolar. La diferencia de presiones entre la atmosférica y la negativa de los alveolos hace ingresar el aire durante la inspiración. Cuando utilizamos ventilación con presión positiva, el RN se encuentra conectado al respirador el cual crea presión positiva (mayor a la presión atmosférica) durante la inspiración haciendo ingresar el flujo de los gases.

El espacio muerto anatómico es la cantidad de aire (Vt) que permanece en las vías respiratorias (de conducción) y que no llega a los alveolos. Otra parte del aire (Vt) llega a los alveolos no perfundidos o mal perfundidos, y esto se denomina como espacio muerto fisiológico. Ambos son zonas ventiladas y no perfundidas que no intervienen en la hematosis, o sea ventilación desperdiciada. La proporción entre el espacio muerto y el Vt (Vd/Vt), determinan la ventilación desperdiciada. Resumiendo, con el fin de aclarar conceptos existen dos tipos de espacio muerto, el anatómico y el fisiológico.

Trabajo Respiratorio

Para que los gases ingresen a los pulmones, se debe ejercer una fuerza (presión) que se encuentre por encima o supere las fuerzas elásticas y de resistencia del aparato respiratorio. que produce un cambio de volumen, esto se expresa como:

Trabajo Respiratorio: **Presión** (fuerza) x **Volumen** (desplazamiento)

El trabajo respiratorio depende de las propiedades elásticas de los pulmones y de la pared del tórax, de la resistencia, del Vc y de la FR. La inspiración es activa y la espiración pasiva. El diafragma es el principal responsable de generar el trabajo respiratorio. La FR normal durante los primeros momentos de la vida del RN es de 30 a 50-60 respiraciones por minuto.

Distensibilidad o Compliance

Se define como la capacidad de distenderse del pulmón, que es una medida del cambio de presión que resulta en un cambio de volumen. La ***distensibilidad pulmonar*** (o ***compliance***) está determinada por la relación entre la presión necesaria (cm H_2O) para mover una cantidad o volumen de gas (ml).

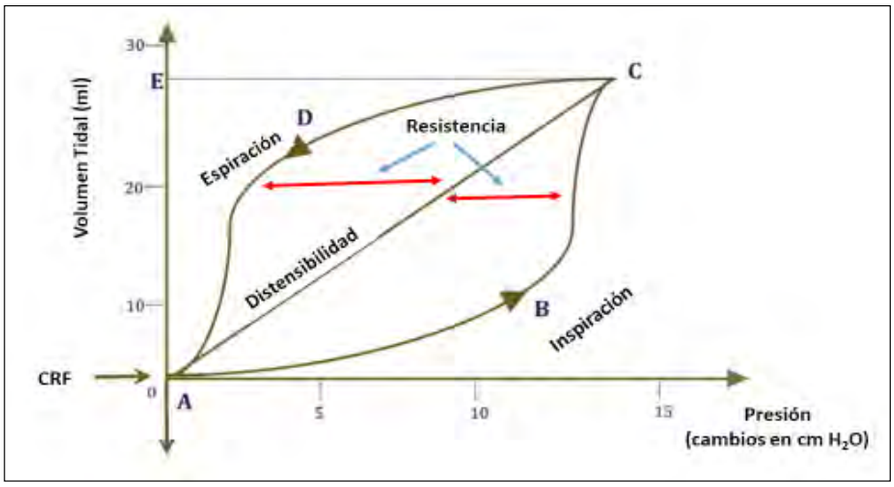
Compliance **= cambios de volumen / cambios de presión**

En condiciones estáticas la distensibilidad refleja las propiedades elásticas del pulmón, es decir la tendencia a retraerse a sus dimensiones originales al cesar o ceder la presión de distensión necesaria para estirar ese pulmón. La distensibilidad está reflejada en las curvas de presión/volumen. En los RN la pared torácica es muy distensible, lo que lleva a una tendencia al colapso del sistema pulmonar (mas en los RN prematuros).

La distensibilidad dinámica se mide durante la respiración espontanea, la cual mide el cambio de presión desde el final de la espiración hasta el final de la inspiración. Cuanto más empinada es la curva P/V mayor es la distensibilidad (se requiere menos presión para ingresar un volumen determinado o con igual presión se ingresa un mayor volumen), por el contrario, cuanto menos empinada o más achatada es la curva, menor es la distensibilidad (se requiere mayor presión para ingresar un volumen determinada o con igual presión se ingresa un menor volumen al pulmón). La distensibilidad dinámica es la que nos sirve como clínicos, pero habitualmente su interpretación puede resultar confusa.

La Figura 1 muestra una curva de distensibilidad pulmonar (bucle Presión/Volumen) la cual sirve para evaluar el trabajo necesario para vencer la resistencia de las vías aéreas y determinar la distensibilidad. En el extremo inferior de la curva (volumen pulmonar bajo) la distensibilidad es baja, con un gran cambio de presión se produce un leve cambio de volumen (esto también se observa en la Figura 2). Esto habla de insuflación deficiente o pobre.

Figura 1. Curva de presión/volumen. A: Comienzo de la inspiración. B: Inspiración. C: Fin de la inspiración. D: Espiración.

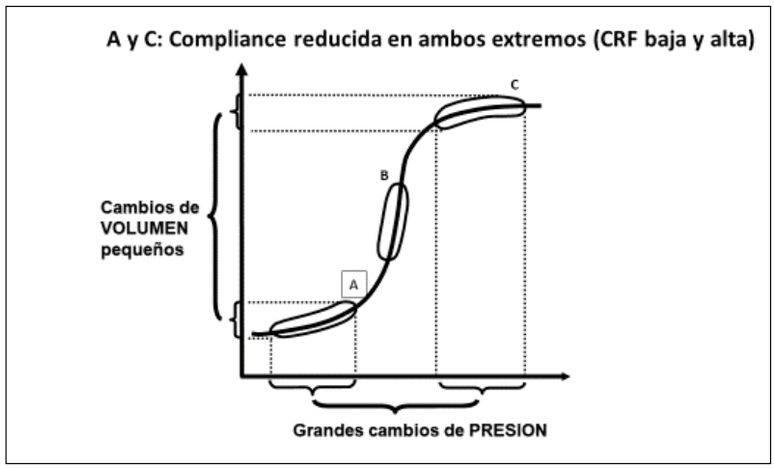


Fuente: Extraida y modificada de Chakkarapani et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" - Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine 2020; 7: 13-18.

En la mitad de la curva o bucle, la distensibilidad es adecuada, con un gran cambio de volumen con cambios menores de presión (esto también se observa en la Figura 3). Este es el punto de máxima eficiencia respiratoria con un Vt adecuado o normal. Es el punto de máxima eficacia con un mejor índice de ventilación/perfusión y menor resistencia vascular pulmonar. En el extremo superior (volumen pulmonar elevado) la distensibilidad es baja (pulmón hiperinsuflado), con un leve cambio de volumen con gran cambio de presión (también se observa en la Figura 2). Es de muy poca ayuda clínica, aplicar una mayor presión, porque se podría aumentar la presión transpulmonar, disminuir el retorno venoso, además de dañar las vías respiratorias. Es importante entender que la distensibilidad es baja o empeora tanto con volúmenes pulmonares bajos como elevados. Los volúmenes pulmonares bajos los encontramos en presencia de déficit de surfactante, en RN prematuros con SDR, y los elevados en enfermedades obstructivas como la DBP o SALAM. Como así también, cuando utilizamos mal la VM, con PIM y/o Vt bajos o excesivos.

En los RN prematuros con déficit de surfactante, la distensibilidad se encuentra disminuida, por lo tanto, a la hora de ventilar se deben utilizar presiones más elevadas. Es por ello que estos RN incrementan la frecuencia respiratoria con el fin de restaurar el volumen minuto respiratorio, además esto puede compensar en cierta forma la inestabilidad de la pared torácica al acortarse el tiempo espiratorio, produciendo cierto grado de atrapamiento de aire y así compensar la CRF baja que presentan estos bebes. Estos RN utilizan el quejido espiratorio, retardando el final de la espiración, con el fin de mantener la CRF.

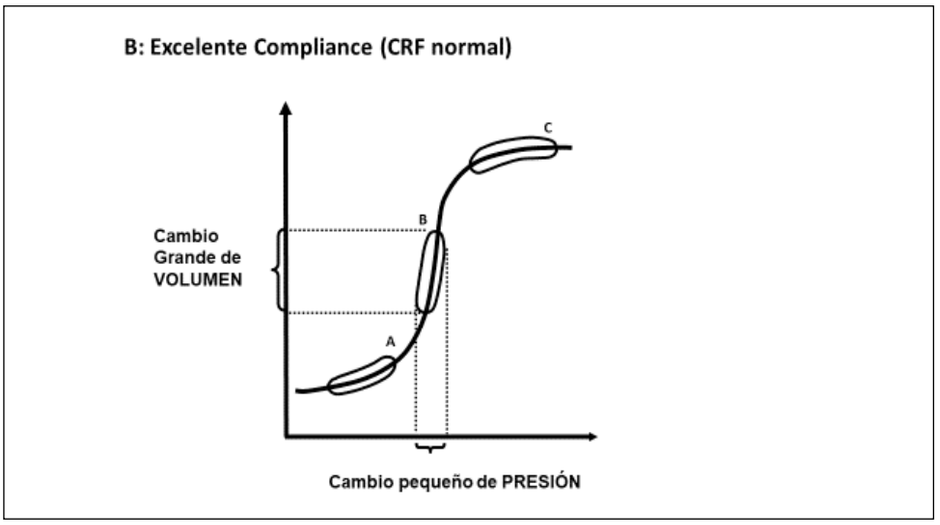
Figura 2. Observe en A y C con grandes con grandes cambios de presión se produce pequeños cambios de volumen.



Fuente: Extraida y adaptada de Chakkarapani et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" - Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine 2020; 7: 13-18.

La distensibilidad pulmonar empeora a medida que la evolución clínica es mala y mejora cuando mejora la evolución clínica durante la fase de recuperación. Cuando utilizamos ventilación mecánica debemos saber que los pulmones de estos RN son duros o no distensibles (difíciles de ventilar), por falta de surfactante, por eso es necesario aplicar presiones elevadas para mantener la CRF. Para entregar un Vc óptimo, en estos RN es necesario administrar una mayor presión si lo comparamos con un RN prematuro sin déficit de surfactante. Además, se debe aplicar una PEEP adecuada para proporcionar un adecuado reclutamiento pulmonar y así impedir el vaciado completo del pulmón (desreclutamineto). Además, la ventilación mecánica sin PEEP inactiva el surfactante, lo cual empeora la situación, y los ciclos repetidos de insuflación con presiones inferiores a la presión critica de apertura, generan daño celular e inflamación (atelectrauma). Esto se caracteriza por atelectasia, edema intersticial y liberación de mediadores de la inflamación. También puede derivar en un menor índice de ventilación/perfusión, con aumento del shunt o derivación intrapulmonar de derecha a izquierda, dando como resultado hipoxemia con mayores requerimientos de O_2. A la hora de ventilar y más aún RN prematuros, estos conceptos son fundamentales o primordiales y deben ser tenidos muy en cuenta. Además, hay que lograr una adecuada CRF desde el inicio, administrando surfactante, usando PEEP o CPAP adecuados (5-6 cm H_2O de inicio o más en algunas situaciones), para reclutar y evitar el colapso de las vías aéreas con el fin de evitar el atelectrauma.

Figura 3: Observe en B con pequeño cambio de presión se produce gran cambio de volumen.



Fuente: Extraida y adaptada de Chakkarapani et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" - Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine 2020; 7: 13-18.

Evitar siempre la hiperinsuflación por utilización de PIM (barotrauma) y/o Vt (volutrauma) excesivos y la utilización excesiva del O_2 (no administrar más de lo que realmente necesita ese RN en ese momento) de acuerdo a los rangos de saturación de oxígeno (evitar la lesión oxidativa).

El nivel de PEEP óptimo es el que logra una distensibilidad adecuada, con un adecuado transporte de O_2. Si administramos una PEEP excesiva, empeora la distensibilidad, aumenta la presión intratorácica, cae el retorno venoso, el gasto cardiaco, pudiendo aparecer caída de la presión arterial sistémica, disminución de la diuresis con inadecuado transporte de O_2 a los tejidos. Además, el aumento de la presión intratorácica, puede aumentar la resistencia vascular pulmonar con el consiguiente hipoflujo pulmonar e hipoxemia.

Resistencia

La resistencia es el resultado de la fricción del aire al ingresar y egresar el sistema respiratorio. La resistencia viscosa es la que resulta de la fricción por el desplazamiento de los tejidos. La resistencia de las vías respiratorias es la que se produce entre las moléculas del flujo de los gases y la pared del aparato respiratorio (tráquea, bronquios y bronquiolos). Además, existe la resistencia del flujo de aire que se genera al pasar por el circuito del respirador y por el TET. Es fundamental conocer los diferentes tipos de resistencia. La resistencia viscosa esta elevada en el RN por el aumento del líquido intersticial pulmonar luego del nacimiento y por una densidad tisular elevada (bajo volumen pulmonar en relación al peso corporal).

La resistencia de las vías respiratoria está determinada por la velocidad del flujo, la longitud de las vías respiratorias, la viscosidad y densidad de los gases, y el diámetro de las vías aéreas.

En términos absolutos, en el RN, la resistencia absoluta de las vías aéreas esta aumentada, pero cuando se corrige por el volumen pulmonar, la resistencia es menor que en el adulto. El diámetro pequeño de las vías aéreas del RN o inclusive la presencia de elementos que obstruyan las mismas (sangre, meconio, secreciones, agua) producirán un aumento marcado de la misma.

La resistencia al flujo también depende de las características del mismo, si es laminar o turbulento. Los flujos turbulentos producen un aumento de la resistencia. Cuando el flujo es laminar, la resistencia al mismo sigue la ley de Poiseuille, que describe que es inversamente proporcional al diámetro del mismo y directamente proporcional a la longitud del conducto.

Velocidad del Flujo: Los valores de resistencia normales en el RN son entre 20-30 cm H_2O/L/s. Ante la presencia de una enfermedad estos valores pueden aumentar. El rango de velocidad de flujo en el RN de término y prematuros, se encuentras entre 0.6 a 9.9 L/minuto. Los flujos turbulentos aparecen con valores superiores a los 3 L/minuto con TET de 2.5 mm y de 7.5 L/minuto con TET de 3 mm. Cuando se superan estos niveles se aumenta exponencialmente la resistencia.

Longitud de las vías aéreas o del TET: La resistencia es directamente proporcional a la longitud del TET. Cuando más corto es el TET, menor será la resistencia, por lo tanto, es una buena práctica clínica acortar el TET a la menor longitud posible, sobre todo cuando utilizamos TET pequeños (2.5 mm).

Diámetro de las vías aéreas o del TET: El diámetro del TET es el principal determinante de la resistencia, como describe la ley de Poiseuille, la resistencia es inversamente proporcional a la cuarta potencia del radio. Por lo tanto, una disminución del mismo aumenta la resistencia en forma muy importante. La resistencia durante la inspiración es menor que durante la espiración, debido a que las vías aéreas se dilatan durante la inspiración.

A pesar de que la ***reactividad bronquial*** es menor en el RN, cualquier proceso que produzca edema, mucosidad o secreciones de las vías aéreas puede determinar un aumento importante de la resistencia y resultar en insuficiencia respiratoria con $PaCO_2$ elevada . Durante los primeros meses de vida, el RN respira principalmente a través de la nariz, por lo tanto, la obstrucción nasal también puede causar insuficiencia respiratoria severa. La evidencia nos muestra que la administración de PEEP o CPAP disminuyen la resistencia.

Constante de Tiempo

La constante de tiempo del sistema respiratorio del RN mide el tiempo en que el pulmón se infla y desinfla, es decir cuánto tiempo tarda en equilibrarse la presión alveolar con la presión de las vías aéreas proximales (presión en la punta de la boca). La constante de tiempo se relaciona directamente o depende de la distensibilidad pulmonar y resistencia de las vías aéreas.

Ctte de Tiempo: Distensibilidad x Resistencia

Las constantes de tiempo del aparato respiratorio son similares a las de los circuitos eléctricos. Una constante de tiempo se define como el tiempo que tarda en ingresar o egresar el 63% del Vt. Con 3 constantes de tiempo se ingresa o egresa el 95% del Vt, y con 5 constantes de tiempo el 99% del Vt. En un RN normal con una distensibilidad de 0,005 L/cm H_2O y una resistencia de 30 cm H_2O/L/s, 1a constante de tiempo seria de 0.15 segundos y 3 constantes de tiempo de 0.45 segundos. Dicho de otra manera, el 95% del Vt debería ingresar o egresar en 0.45 segundos en un pulmón normal. Las constantes de tiempo inspiratoria son la mitad de la espiratoria por que la vía aérea se dilata en la inspiración lo que hace caer la resistencia. Por lo tanto, en el ejemplo anterior el aire ingresa en menor tiempo al de 0.45 segundos. Esta relación entre constantes de tiempo inspiratorias y espiratorias se da, en una proporción de 1:2 de inspiración/espiración en una respiración normal.

El concepto de constante de tiempo es fundamental a la hora de ventilar RN, y así poder comprender las interacciones entre las fuerzas elásticas y de resistencia y las propiedades mecánicas de cada pulmón, ya que trabajan en la determinación del Vt y en la distribución de la ventilación. Conociendo esto, estaremos capacitados para elegir los mejores parámetros ventilatorios de acuerdo a la patología que afecta al RN. Las propiedades, cambian

a través del tiempo, son dinámicas y deben ser evaluadas periódicamente, con el fin de elegir las configuraciones o parámetros ventilatorios más apropiados.

En aquellas patologías en que predomina la resistencia elevada, como en el SALAM o la DBP, estos RN tienen constantes de tiempo más alargadas, por lo tanto, a la hora de ventilar deberemos utilizar tiempos inspiratorios y espiratorios más prolongados con frecuencias respiratorias más bajas, con el fin de darle tiempo al aire o gases, para ingresar y egresar del sistema respiratorio, para no provocar atrapamiento de aire. A diferencia de patologías como el SDR del prematuro, donde prevalece la baja distensibilidad con resistencia al principio normal, en donde la constante de tiempo es más corta, por lo tanto, deberemos utilizar tiempos inspiratorios y espiratorios más cortos con frecuencias respiratorias más elevadas. Se calcula que la constante de tiempo para estos RN con SDR puede ser de 0.05 segundos, por lo tanto, con 0.15 segundos (3 constantes de tiempo) se puede ingresar y egresar el 95% del Vt, utilizando FR más rápidas.

El atrapamiento aéreo se acompaña de un aumento de Vt (Vt excesivo) y de una excesiva presión en las vías respiratorias y alvéolos, conociéndose esto como PEEP "inadvertido" o "auto" PEEP. A nivel de la radiología se encuentra la expansión pulmonar aumentada de ambos campos pulmonares, disminución de los movimientos del tórax durante la ventilación mecánica, hipercapnia, signos de deterioro cardiovascular (taquicardia, disminución de la presión arterial, relleno capilar enlentecido, caída en la diuresis, acidosis metabólica) e hipoxemia.

Los RN de termino con SALAM o DBP presentan mayor riesgo de PEEP inadvertida, sino se aplican estos conceptos de manera correcta. Recordemos que estos RN deben recibir FR más bajas, con Ti más largos, y sobre todo Te más prolongados.

Recordemos como concepto, que muchos neonatólogos creen o piensan que la compliance y la resistencia tienen un valor uniforme y único, pero esto no es así. Los valores de los mismos cuando se mide función pulmonar, son solo un promedio. Con el fin de aclarar los conceptos de las contantes de tiempo, las mismas nos indican que tan rápido (tiempo) las presiones proximales y distales se equilibran. En términos prácticos, **la constante de tiempo inspiratoria** define que tan rápido la presión pico inspiratoria (PIM) del ventilador se encuentra completamente en los alvéolos, y **la constante de tiempo espiratoria** define que tan rápido los pulmones pueden desocuparse o vaciarse del gas que ingreso en la última inspiración o en un ciclo del ventilador. La **ctte de T inspiratoria** es más corta que la **ctte de T espiratoria**, en gran parte porque el diámetro de las vías respiratorias aumenta durante la inspiración.

Ventilación

Para un correcto intercambio de gases, la ventilación y la perfusión deben ser las adecuadas. El aire se distribuye en los pulmones a través de las vías respiratorias. El volumen de aire o gases que ingresa y egresa en cada ciclo respiratorio se denomina Vt o Vc. El valor normal en un RN prematuro es de aproximadamente 3 a 5 ml/kg, y en un RN de termino de 4 a 7 ml/kg. La cantidad de aire que permanece en los pulmones al final de la espiración, se denomina capacidad residual funcional. El producto del Vt o Vc por la FR se denomina ventilación minuto. El volumen que llega realmente a los alvéolos se llama ventilación alveolar, que resulta del producto de la ventilación minuto (Vc x FR) - espacio muerto. A mayor espacio muerto más ventilación desperdiciada y más alta será las $PaCO_2$. Existe una relación inversa entre la ventilación alveolar y la $PaCO_2$ cuando aumenta la primera disminuye proporcionalmente la $PaCO_2$. El espacio muerto no se puede medir, si minimizar a la hora de ventilar.

Índice o Relación Ventilación-Perfusión

Durante los primeros días de vida, el RN normal tiene una diferencia alvéolo-arterial de oxígeno aumentada, siendo ésta aún mayor en el prematuro. La elevación del gradiente alvéolo-arterial de O_2 se debe a los cortocircuitos veno-arteriales existentes en los RN (especialmente en los prematuros), entre los cuales se encuentran algunas áreas atelectásicas del pulmón, alvéolos inestables, circulación bronquial colateral, foramen oval y ductus arterioso persistente. Lo ideal es que la relación V/Q sea de 1. En el RN esta relación es heterogénea y no homogénea. Cuando el pulmón está relativamente mal ventilado, pero bien perfundido o normalmente ventilado con la perfusión aumentada, se dice que hay un bajo V/Q o sea < 1. Cuando el pulmón está hiperventilado y normalmente perfundido o normalmente ventilado, pero poco perfundido, la relación V/Q es alta o sea > 1.

Para que el intercambio gaseoso entre la sangre que llega al pulmón y el gas alveolar se produzca en forma óptima, la distribución de la ventilación y el flujo sanguíneo tiene que ser uniforme (relación ventilación y flujo san-

guíneo de 1,0 o 1:1) en las distintas áreas del pulmón. El hecho de que el pulmón del RN prematuro tienda a colapsarse hace que estos RN tengan frecuentemente una disminución de la ***relación ventilación – perfusión*** con áreas perfundidas, pero no bien ventiladas. Esto es un V/Q < 1, es decir, un "shunt" o ***cortocircuito intrapulmonar*** (área perfundida, pero no ventilada o mal ventilada), lo que resulta en una disminución de la presión arterial de oxígeno.

Circulación Pulmonar

Durante la vida fetal, solo del 8% al 10% del gasto cardíaco combinado o biventricular ingresa a los pulmones, siendo la circulación pulmonar escasa, debido a la elevada resistencia vascular pulmonar. Al nacer, se inician una serie de procesos que hacen cambiar esto. Este tipo de circulación durante los primeros momentos de la vida, pasa a tener las mismas características que la circulación del adulto. Con las primeras respiraciones y al expandirse los pulmones, aumenta la presión de alveolar de O_2, que hace aumentar la PaO_2, con una caída importante de la resistencia vascular pulmonar y el consiguiente aumento del flujo sanguíneo pulmonar. Cualquier alteración de este proceso normal puede limitar la posibilidad del aparato cardiopulmonar para cumplir su función de intercambio gaseoso. Se sabe que la resistencia vascular pulmonar puede volver a aumentar en forma brusca (con el consiguiente aumento de la presión pulmonar) luego del nacimiento frente a una caída del PH o de la PaO_2. Debido a que el ductus arterioso y el foramen oval pueden permanecer funcionalmente abiertos por varias horas o días luego del nacimiento, si la presión en el territorio pulmonar sobrepasa la presión sistémica, se puede producir un "shunt" de derecha a izquierda extrapulmonar con hipoxemia severa.

En resumen, el RN tiene tendencia al colapso alveolar con disminución de la relación ventilación-perfusión, cortocircuito o "shunt" intrapulmonar (más en prematuros), persistencia del foramen oval y del ductus arterioso, y aumento de la reactividad de la circulación pulmonar con posibilidad de cortocircuitos de derecha a izquierda extrapulmonares, mucho más en el RN de término o casi de término, pero también se pude dar en RN prematuros.

Conceptos Importantes a tener en cuenta a la hora de ventilar RN

- **Establecer una CRF adecuada (optimizar el volumen pulmonar con el fin de evitar el atelectrauma).**
- **Administrar surfactante ante la presencia clínica (trabajo respiratorio y requerimientos de O_2) o radiológica de déficit.**
- **Evitar la ventilación mecánica (de ser posible) sin fundamentalismos.**
- **Aplicar un PEEP adecuado para evitar el colapso y producir la reapertura de las vías aéreas pequeñas.**
- **Evitar la hiperinsuflación, debida a la aplicación de presiones o Vc excesivos.**
- **No dar nunca O_2 de mas (solo el que necesita el RN de acuerdo a los rangos de SpO_2).**

Estos factores son fundamentales para lograr buenos resultados y conservar la salud a largo plazo.

Respuesta Correctas

Las respuestas correctas están resaltadas en **negrita.**

1. **¿Cuál es la frecuencia respiratoria normal de un RN en las primeras horas de vida?**
a. 10 a 20 respiraciones por minuto.
b. 20 a 30 respiraciones por minuto.
c. 30 a 50-60 respiraciones por minuto.
d. > 50-60 respiraciones por minuto.

2. **¿Cuál es el volumen corriente de un RN de término?**
a. 1 - 2 ml/kg.
b. 2 - 3 ml/kg.
c. 3 - 5 ml /kg.
d. 4 - 7 ml/kg.

3. **¿Cuál es el volumen corriente de un RN de prematuro?**
a. 1 - 2 ml/kg.
b. 2 - 3 ml/kg.

c. 3 - 5 ml/kg.
d. 4 - 6 ml/kg.

4. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la compliance o distensibilidad pulmonar?**
a. Es la capacidad de distensión del pulmón.
b. Los RN prematuros con déficit de surfactante tienen la distensibilidad aumentada.
c. La curva de presión/volumen representa la distensibilidad pulmonar.
d. Cuando la distensibilidad se encuentra disminuida se debe ejercer menor presión para ingresar un Vt determinado.
e. Opciones a y c correctas.
f. Opciones a y d correctas.

5. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la resistencia?**
a. Según la ley de Poiseuille es directamente proporcional a la longitud del conducto e inversamente proporcional al radio.
b. Según la ley de Poiseuille, es inversamente proporcional a la longitud del conducto y directamente proporcional al radio.
c. Es el gradiente de presión necesario para mover un gas a un flujo constante.
d. Cuanto más elevada, menos presión es necesario utilizar durante la ventilación mecánica.
e. Opciones a y c correctas.
f. Opciones a y d correctas.

6. **Señale la opción correcta en relación a la constante de tiempo.**
a. Es el tiempo en que el pulmón permite ingresar y dejar salir un volumen determinado de gas.
b. Depende de la distensibilidad y de la resistencia.
c. Con 2 constantes de tiempo se ingresa y egresa el 99% del Vc o Vt.
d. Opciones a y b son correctas.
e. Opciones a, b y c son correctas.

7. **¿Cómo se define al shunt intrapulmonar?**
a. Área ventilada y no perfundida que no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
b. Un área mal o poco ventilada y bien perfundida que casi no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
c. Un área no ventilada y no perfundida que no interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.
d. Un área bien ventilada y bien perfundida que interviene en la hematosis, que produce hipoxemia.

8. **Señale la opción correcta con respecto al espacio muerto.**
a. Área mal ventilada y bien perfundida.
b. Área ventilada y no perfundida.
c. La mayoría de los respiradores modernos lo miden.
d. Opciones a y c son correctas.
e. Opciones b y c son correctas.

9. **Señale la opción correcta en relación a la ventilación minuto.**
a. Es el resultado de la FR x CRF.
b. Es el resultado de la FR x Vc.
c. Es el resultado del Vt x CRF.
d. Ninguna opción es correcta.

10 **¿Cuál es la opción correcta en relación a la ventilación alveolar?**
a. Es el resultado de la ventilación minuto - espacio muerto.
b. Es el resultado de la FR x Vc.
c. Tiene una relación inversa con los niveles de $PaCO_2$.
d. Opciones a y c son correctas.

Bibliografía

- Avery ME, Fletcher BD. The Lung and its Disorders in the Newborn infant. p. 71. W. B. Saunders Comp., Philadelphia, 1974.

- Bancalari E, Lisboa C, Repetto F. "Mecánica respiratoria en el recién nacido normal." Rev. Child. Ped. 1970; 9:886.

- Bancalari E. Pulmonary function testing and other diagnostic laboratory procedures . Gragory G, Thibeault Neonatal Pulmonary Care 2nd Ed 1986 Appleton-Century-Cfrofts Norwalks, Conn 195.

- Barcroft J. Researches on Prenatal Lite. Backwell Scientiffc Publications, Oxford, 1946.

- Boddy K, Mantel CD. Observations of Fetal Breathing Movements Transmitted through the Maternal Adominal Wall. Lancet, 1972; 2:1.219

- Bryan AC, Bryan MH. Control of Respiration in the Newborn. En: Thibecult, DW, Gregory CA. Eds. En: *Neonatal Pulmonarv Care.* Second Edition. p. 33. Appleton-Century- Crofts, Norwalk, Connecticut. 1986.

- Cassin S, Dawes GS, Mott JC. et al. The Vascular Resistence of the Foetal and Newly Ventilated Lung of the Lamb. J. Physiol. 1964; 171: 61.

- Cassin S. Role of Prostaglandins and Thromboxanes in the Control of the Pulmonary Circulation in the Fetus and Newborn. Semin. Perinatal. 1.980; 4:275.Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" e Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 13 -18.

- Chernic V. Onset of Breathing at Birth. Sem. Perinatol, 1977; 1:343.

- Condorelli S, Scarpelli E. M. Somatic-Respiratory Reflex and Onset of Regular Breathing, Movements in the Lamb Fetus in Artero. Pediatr. Res. 1975; 9: 879.

- Dawes GS, Fox HE, Leduc BM. *et al.* Respiratory Movements and Rapid Eye Movement Sleep in the Foetal Lamb. *J. Physiol.* Lond. 1972; 220: 119.

- Dawes GS. Foetal and Neonatal Physiology. Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago, 1968.

- Dawes GS, Fox HE, Leduc BM, Liggins GC, Richards RT. Respiratory Movements and Rapid Eye Movement in the Foetal lamb. J. Physiol.1972; 220:119.

- Duenhoeiter JH, Pritchard JH. Fetal Respiration. Am. J. Obstet. Gynecol. 1977; 129: 336.

- Gerhardt T., Bancalari E. Chestwall Compliance in Full- Term and Premature Infants. Acta Paediatr. Scand. 1980; 69: 359.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en Español. Editorial Distribuna 2019.

- Kezler M. AAbubakar K. Principios Fisiológicos. En Goldsmith J, Karotkin E, Kesler M, Suresh G. En Ventilación Neonatal Asistida. Tercera edición en español. p 15-50. Año 2019.

- Heymann MA. Rudolph AM., Nies AS. Bradykinin Production Associated with Oxygenation of the Fetal Lamb. Círc. Res. 1969; 25: 521.

- Jansen AH. Central Chemoreceptor Function in the Fetus. Sem. Perinatol. 1977; 1: 323.

- Johnson JWC. A Study of Fetal Intrathoracic Pressures during Labor and Delivery. Am. J. Obstet. Gynecol. 1962; 84: 1 S.

- Johnson P, Robinson JS, Salisbury D. The Onset and Control of Breathing After Birth." En: Fetal and Neonatal Physiology. Barcroft Symposium. p. 217. University Press, Cambridge, 1973.

- Krauss AN. Ventilation Perfusión Relationship in Neonates. En: Thibeault D. W., Gregory G. A., Eds. Neonatal Pulmonary Tare. Second Edition. p. 123. Appleton- Century-Crofts, Norwalk, Connecticut, 1986.

- Mantell CD. Breathing Movements in the Human Fetus. Am. J. Obstet. Gynecol. 1976; 125: 550.

- Marsal K. Fetal Breathing Movemenis: Characteristic and Clinical Significance. Obstet. Gynecol.1978; 52: 394.

- Merlet C, Leandri J, Rey P, Tochobroutski C. Action du Refroidissement Localise daos le Declenchment de la Respiration Chez L'Agneau a la Naissance. J. Physiol. 1967; 59:457.

- Oliver T K, Jr. Neonatal Respiratory Adaptation Public. Health Servire Publication, N°1.432, p. 117. U.S. Department of

- Health Education and Welfare, 1963.

- Polgar G, Weng TR. The Functional Development of the Respiratory System. *Am.* Rev. Resp. Dis. 1979; 120: 625.

- Polgar C. Mechanical Properties of Lung and Chest Wall. En: Thibeault D. W., Gregory G. A. Eds. Neonatal Pulmonary Tare. Second Edition. p. 49. Appleton-Century- Crofts, 1986.

- Pronin L A. Respiratory Movements in Artero and Establishment of Respiratory Center Function in Rabbit Fetuses. Fed. Proc. 1966; 25: T236.

- Sola A. Cuidados Neonatales: Descubriendo la vida de un recién nacido, Volúmenes I y II. Editorial Edimed, Buenos Aires, 2011.

- Wall MA. Infants endotracheal tube resistence: effects of changing length, diameter, and gas density. Crit Care Med. 1980; 8: 38.

Capítulo 2

Soporte Respiratorio No Invasivo

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted del Soporte Respiratorio No Invasivo?

Para comenzar a introducirnos en el soporte respiratorio no invasivo, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. **¿Cuál de los siguientes no se considera un soporte respiratorio no invasivo?**
a. Ventilación nasal no invasiva o VNNI.
b. Ventilación de alta frecuencia no invasiva o VAFO-NI.
c. Presión positiva continua en la vía aérea o CPAP.
d. Sistema de sincronización de ventilación ajustada neuronalmente (NAVA).
e. Cánulas de alto flujo o CAFO.

2. **¿Cuál de las siguientes opciones no es correcta en relación a la presión positiva continua en la vía aérea o CPAP?**
a. Reduce la capacidad residual funcional.
b. Estabiliza la caja torácica y reduce la resistencia al flujo de aire.
c. Mejora el índice de ventilación-perfusión.
d. Mejora la sincronía tóraco-abdominal.
e. Reduce la respuesta inflamatoria y aumenta la liberación de surfactante.

3. **¿Cuál de las siguientes interfaces no es adecuada para administrar CPAP?**
a. Tubo endotraqueal.
b. Piezas binasales cortas.
c. Mascara facial.
d. Mascara nasal.
e. Piezas nasofaríngeas.
f. Cánulas de RAM.

4. **¿Cuál es la complicación más frecuente y que causa preocupación con el uso del CPAP?**
a. Neumotórax.
b. Distensión abdominal.
c. Daño del tabique nasal.
d. Retención de CO_2.
e. Abscesos retrofaríngeos.

5. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la ventilación nasal no invasiva?**
a. La VNNI es un método de ventilación asistida a través de interfaces que no requiere intubación endotraqueal.
b. Puede ser sincronizada o no sincronizada.
c. El CPAP bifásico o BiPAP se considera una forma de ventilación nasal no invasiva.
d. Presenta similares complicaciones que el CPAP.
e. Todas son correctas.

6. **En relación a la ventilación nasal no invasiva, señale lo correcto.**
a. Los mecanismos fisiológicos por los cuales actúa, son bien claros y están bien estudiados.
b. A diferencia del CPAP, la presión al final de la espiración que se genera, produce un mejor reclutamiento alveolar.
c. La evidencia actual muestra que es algo superior al CPAP como soporte primario y en postextubación.
d. Es una modalidad intermedia entre el CPAP y la ventilación invasiva, o sea se utiliza cuando fracasa el CPAP y antes de utilizar la ventilación mecánica invasiva.

7. **Señale la opción incorrecta en relación a las cánulas de alto flujo.**
a. Producen menor trauma nasal que el CPAP.
b. Se utilizan con flujos mayores a 2 L/min.

c. Siempre se debe utilizar con gases calentados y humidificados.
d. Son más efectivas que el CPAP en prevenir displasia broncopulmonar.

8. Los principios fisiológicos de las cánulas de alto flujo son que proporcionan una "presión de distensión continua", que mantiene la CRF, un mejor transporte del aire, mejor lavado de CO_2 del espacio muerto nasofaríngeo y reducción de la resistencia inspiratoria.
a. Verdadero.
b. Falso.

9. Señale la opción correcta en relación a las cánulas de alto flujo.
a. Usar un tamaño apropiado de la cánula (hasta el 100% del diámetro de la nariz, con un buen sellado).
b. Siempre contar con CPAP de rescate, ante el probable fracaso.
c. Utilizar flujos de hasta 15 L/minuto.
d. Se pueden utilizar sin blender o mezclador, ni calentador-humidificador..
e. Todas las opciones son correctas.

10. Señale la opción incorrecta en relación a las diferentes modalidades de soporte respiratorio no invasivo
a. Las CAFO son la modalidad más utilizada en la actualidad, ya que la evidencia demostró que son superiores a CPAP y VNNI.
b. Las CAFO son una modalidad muy utilizada, porque las prefieren los médicos, los padres y personal de enfermería, por la comodidad para él bebe.
c. La ventilación de alta frecuencia no invasiva, es una nueva modalidad que está en estudio.
d. La evidencia actual muestra que como soporte primario y en post-extubación, VNNI (sobre todo sincronizada) es algo superior al CPAP con igual tasas de mortalidad y DBP, con evidencia limitada sobre neurodesarrollo.

Introducción

Actualmente hay consenso entre los neonatólogos, sobre la necesidad de tratar de evitar o limitar la ventilación mecánica invasiva (a través de un tubo endotraqueal) en los RN prematuros, con la finalidad de disminuir la lesión pulmonar asociada a la misma. Las investigaciones sobre el soporte respiratorio no invasivo tuvieron su auge a fines de la década de 1980 después de que las primeras observaciones aumentaron la esperanza de disminuir la incidencia de displasia broncopulmonar. Luego se inició un trabajo más sistemático con el fin de saber, si el soporte no invasivo evitaría la ventilación mecánica, la falla en la extubación y reduciría realmente la incidencia de DBP. Ha habido un aumento significativo en el uso del soporte respiratorio no invasivo en los últimos 20 años. Sin embargo, la evidencia muestra que la incidencia de DBP se mantuvo sin cambios en el mismo período de tiempo. Los soportes respiratorios no invasivos más utilizados en el prematuro son: la presión positiva continua en la vía aérea o CPAP, la ventilación nasal intermitente no invasiva o VNNI y las cánulas de alto flujo o CAFO.

A continuación, se describirán estos 3 modos, los más ampliamente estudiados, se revisarán los mecanismos de acción, sus efectos fisiológicos, y complicaciones. Además, se abordará brevemente dos modos recientes de soporte no invasivo: la ventilación de alta frecuencia oscilatoria no invasiva, y la VNNI ajustada por NAVA.

Presión Positiva Continua en la Vía Aérea

El CPAP ha sido la primera terapia respiratoria descripta con el fin de ayudar a la ventilación de los RN que presentaban dificultad respiratoria. El principio básico fue descripto por Benveniste y Pedersen en el año 1968. En la década de 1970, Gregory y cols, infomaron que los bebés que padecían dificultad respiratoria se beneficiaban con la aplicación de CPAP. En aquella época, la misma se aplicaba a través de un tubo endotraqueal, con limitaciones, incluida la resistencia del tubo endotraqueal. Durante los siguientes 40 años, se han ido desarrollando diferentes dispositivos para aplicar CPAP por vía nasal.

Principios Fisiológicos

El CPAP consiste en aplicar un nivel de presión positiva continua (supra-atmosférica), durante la inspiración y espiración. A diferencia de la ventilación mecánica, no mantiene la ventilación alveolar durante la apnea, por lo tanto, los RN que reciben CPAP deben ser capaces de mantener un esfuerzo respiratorio adecuado. El CPAP

reduce la necesidad de ventilación mecánica, pero aumenta los días en O_2, y disminuye el resultado combinado de muerte o DBP. Ayuda a mantener la CRF, reduce los episodios de apneas (obstructivas y mixtas), el trabajo respiratorio y el daño pulmonar. El CPAP imita el efecto natural del reflejo fisiológico del quejido, que se da en RN con pulmones con baja distensibilidad (compliance) y con bajos volúmenes corrientes espiratorios. El principal beneficio es que aumenta la presión media en la vía aérea para establecer y mantener el volumen pulmonar y la CRF. Esto logra aumentar el área de superficie pulmonar disponible para mejorar la ventilación alveolar y la difusión de los gases, reduciendo el V/Q, mejorando la oxigenación y la eliminación de CO_2. Conserva el surfactante en la superficie alveolar y evita la atelectasia, además la estabilización de los alvéolos reduce la inflamación producida por la atelectasia. Limita también, el edema pulmonar, elevando la presión transepitelial, protegiendo aún más la función del surfactante.

Diferentes Dispositivos, Sistemas de Generación, Interfaces

Sistemas de CPAP

Debe contener una **fuente de gas,** que proporcione un flujo continuo de una mezcla de aire y oxígeno que deben estar siempre humidificados y calentados (Figura 1), una **interfaz nasal** (entre el circuito y el RN), un **dispositivo generador de presión** a base de flujo, y **circuitos** que conecten la interfaz con el dispositivo generador de presión.

Figura 1: Mezclador de gases o Blender.

Fuente de Gas y Humidificación: Los gases deben estar calentados y humidificados al 100% con una temperatura de 37°C. Hay que evitar la hipotermia con la consecuente disminución de la función ciliar, acumulación de secreciones y daño de la mucosa respiratoria. Se debe evitar siempre el cambio de temperatura a lo largo de los circuitos respiratorios, para que el agua no condense y se acumule en las tubuladuras. Hay 2 sistemas principales que han permitido estos avances, Vapotherm Corporation (Exeter, NH) introdujo un sistema de cartucho de paso que humidifica el gas inspiratorio hasta casi el 100% de humedad relativa mientras calienta el gas simultáneamente, y Fisher-Paykel (Fisher & Paykel Healthcare Limited, Auckland, Nueva Zelanda) también ha adaptado su tecnología para proporcionar esto a través de una cánula nasal.

Interfaz Nasal y Sistemas de Sujeción: Son los dispositivos que transmiten la presión a la vía aérea del RN (algunas interfaces se muestran en las Figuras 2 y 3).

Máscara Facial: presenta como beneficio no perder presión por la boca. Se lo utiliza para administrar CPAP inmediatamente luego del nacimiento. Su utilización prolongada se ve limitada por la dificultad para mantener un sellado adecuado y la necesidad de tener que retirarla para tener acceso a la boca y la nariz.

Cánula Binasal Corta: son menos invasivas y producen menor resistencia al flujo de aire. Son más eficaces que el tubo nasofaríngeo en reducir la tasa de reintubación.

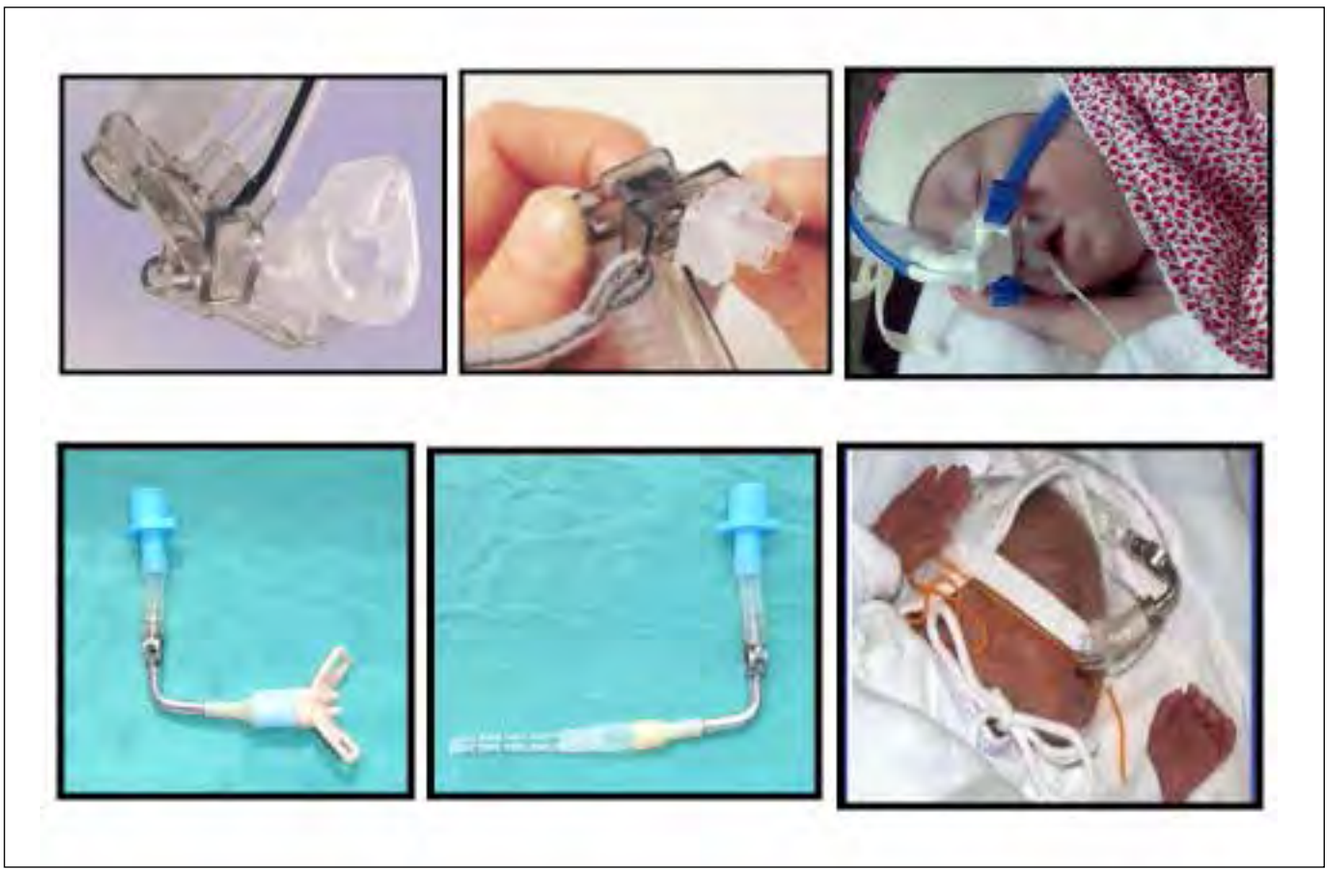
Cánula Mononasal: La principal desventaja es la mayor resistencia en comparación con las cánulas binasales cortas. Pueden introducirse 1.5 cm o hasta la faringe (se puede utilizar un tubo endotraqueal 2 o 2,5 mm, cortado hasta 5 cm). No se recomienda su uso, porque ha demostrado ser menos efectivas que las cánulas binasales cortas, para prevenir la reintubación en prematuros.

Cánula Nasofaríngea: comparadas con las cánulas binasales cortas, han demostrado mayor resistencia y posibilidad de que se obstruyan con secreciones.

Máscara Nasal: cubre la nariz del RN. La presión requerida para lograr un adecuado sellado puede producir lesión en el puente nasal y la columela. No reduce el diámetro interno de las narinas, pero tiene mayores tazas de fugas. Son recomendadas para utilizar como reposo nasal intermitente (alternando con las cánulas binasales cortas), porque disminuyen el efecto Venturi (efecto Venturi: dentro de un conducto cerrado el aire disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor) en las fosas nasales (a diferencia de las cánulas nasales cortas).

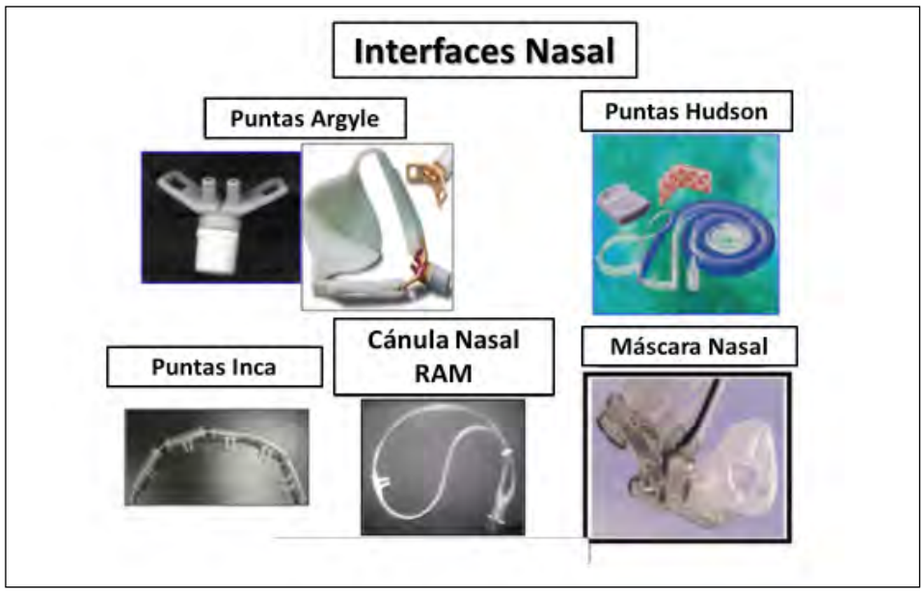
Cánula de RAM: se introdujeron en noviembre de 2011 como una interfaz más suave para prematuros y es fácil de usar por el personal de enfermería y médico. Es una interfaz de punta binasal corta aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU (FDA) como una cánula nasal de oxígeno que viene en diferentes tamaños para prematuros y RN de término. La cánula de RAM es efectiva para proporcionar CPAP y VNNI en la mayoría de los RN y no está asociada con ninguna de las complicaciones más frecuentemente observadas, como el resto de las interfaces más comúnmente utilizadas, como son por ejemplo lesiones nasales, intolerancia alimentaria o disconfort.

Figura 2. Diferentes Interfaces para aplicar CPAP.



Fuente: Enfermera María Teresa Montes Bueno. Hospital La Paz. Madrid. España.

Figura 3. Diferentes Interfaces para aplicar CPAP.



Fuente: Shi Y, et al. Frontiers in Pediatrics. May 2020, Volume 8, Article 270.

Se puede alternar más de un dispositivo como las cánulas binasales cortas y la máscara nasal, con el fin de evitar lesiones en la piel producidas por presión sostenida en ciertas áreas.

Para la fijación de las interfaces, es necesario un gorro y/o diferentes sistemas de sujeción. El gorro tiene que ser del tamaño adecuado a la circunferencia cefálica del paciente (Figura 4). Las interfaces más utilizadas son las cánulas binasales cortas y la máscara nasal.

Figura 4. Sistema para una correcta fijación de las interfaces, con la protección para la piel y el sistema de gorro para la fijación del sistema.

Fuente: Extraída de Uría M. Taller de Ventilación Neonatal. XX Congreso Ecuatoriano de Pediatría. Año 2019.

Generadores de Presión: Existen dos sistemas, de **flujo continuo** (Figura 5) y de **flujo variable** (Figura 6).

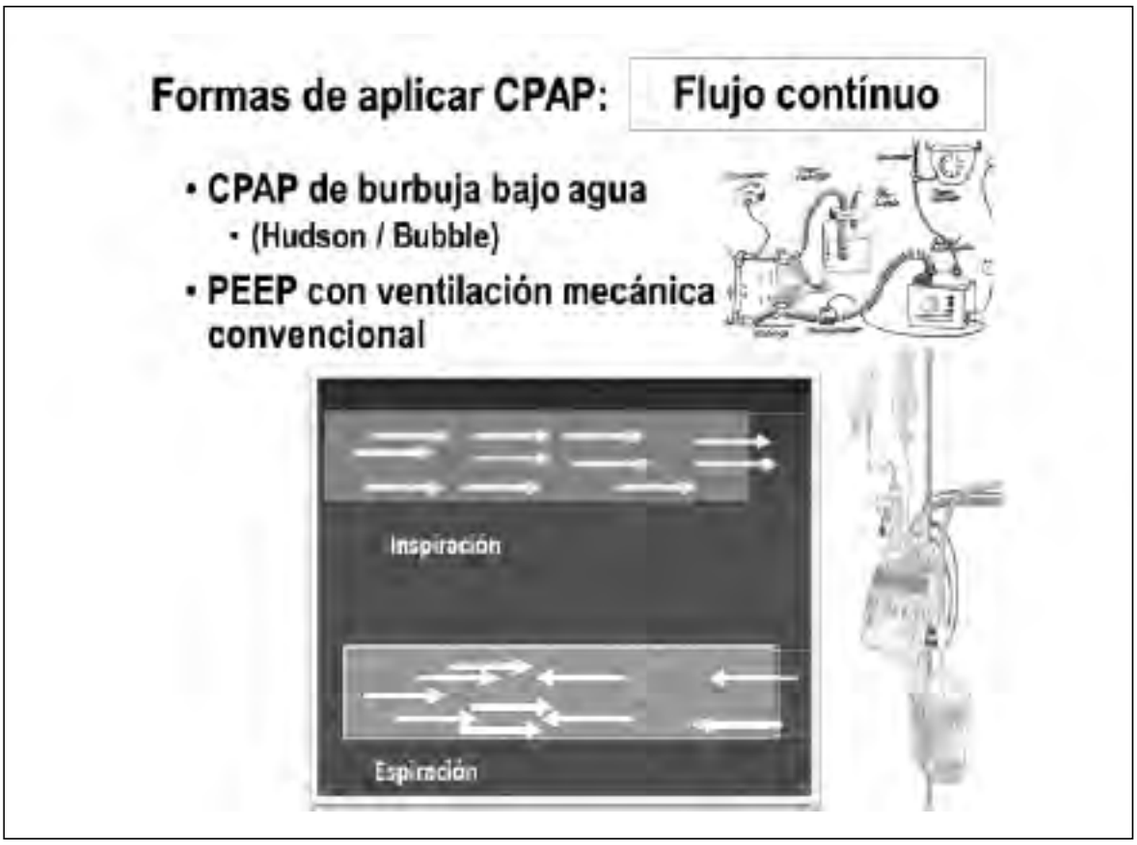
Sistema de Flujo Continuo: Puede administrarse a través de un respirador o del sistema de CPAP de burbujas. No se han encontrado grandes diferencias clínicas entre ambos dispositivos para administrar CPAP, pero la simplicidad de los sistemas de burbujas, permiten su uso en lugares con menores recursos.

CPAP de Burbuja: el flujo lo fija el operador y la presión se regula por la distancia de inmersión del tubo en el sello de agua (ej: 5 cm por debajo de la superficie = 5 cm de H_2O de presión). Este dispositivo se ha extendido en muchas unidades por el bajo costo y su simplicidad, sobre todo en zonas de escasos recursos (Figuras 5 y 7).

CPAP generado por un Respirador Clásico: la válvula espiratoria regula la presión del CPAP, y el flujo lo fija el operador. Los dispositivos más modernos cuentan con servo control entre el flujo entregado y la válvula espiratoria, de modo que, si en la inspiración el paciente requiere un mayor flujo, la válvula de entrega de gas se abre permitiendo su entrada; y en el caso que el RN tosa o realice una espiración forzada, el aumento de la presión es detectado por el respirador y se abre la válvula espiratoria, permitiendo la salida de gas. El principal inconveniente es que el medidor de presión y el mecanismo responsable de regular el flujo se sitúan en el respirador (y no en la interfaz), siendo menos eficaces en detectar el esfuerzo respiratorio del RN.

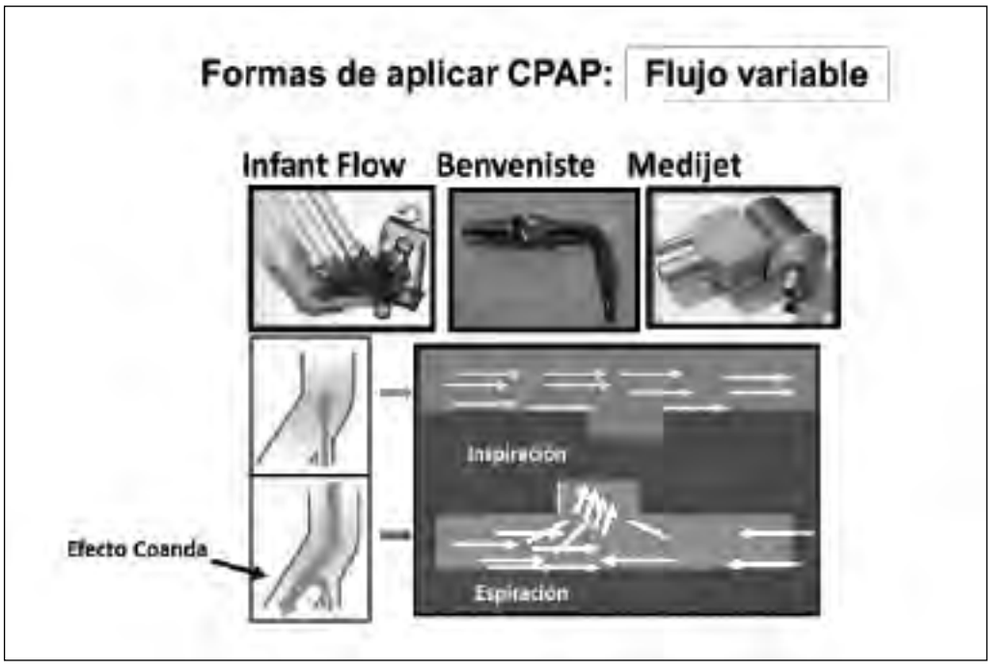
Sistema de Flujo Variable: Este tipo de dispositivos utilizan un control de flujo para mantener el nivel de CPAP, que consta de dos inyectores de gas que producen un jet dirigido a las narinas. En reposo cuando el gas entra a la interfaz nasal pierde velocidad con lo que se produce un aumento de presión. El gas adicional se dirige por el circuito espiratorio. En inspiración el gas es proporcionado por los inyectores, y si la demanda es mayor, la combinación del efecto Coanda permite la entrada de gas desde el circuito espiratorio. Durante la espiración la presión generada en la cavidad nasal por el esfuerzo del RN causa la inversión del flujo por el mismo efecto con el que el flujo entrante de los jets se dirige al circuito espiratorio (Figura 6).

Figura 5. Muestra el efecto de aplicar el sistema de flujo continuo.



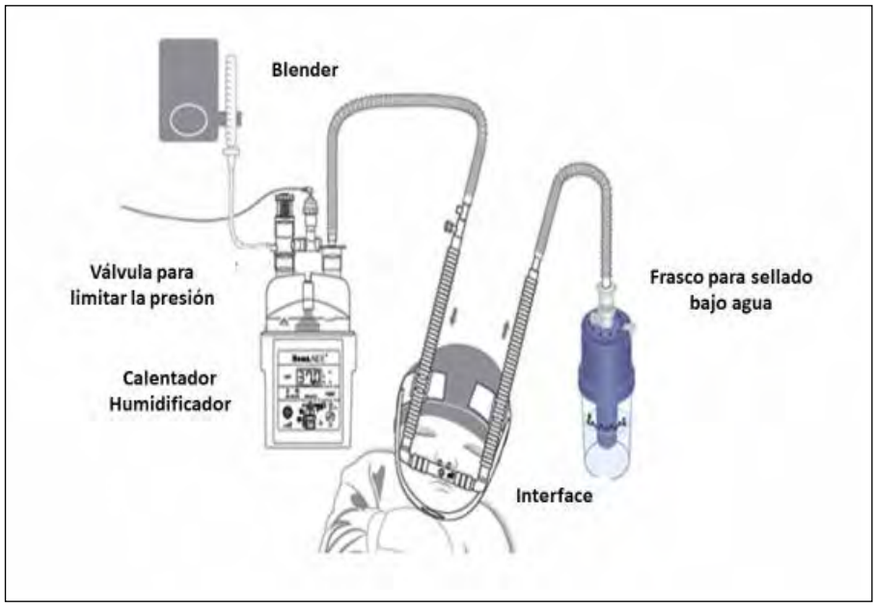
Fuente: Enfermera María Teresa Montes Bueno. Hospital La Paz. Madrid. España.

Figura 6. Muestra distintos métodos de aplicar el flujo variable y el efecto Coanda.



Fuente: Enfermera María Teresa Montes Bueno. Hospital La Paz. Madrid. España.

Figura 7. Sistema de CPAP de Burbujas o Bubble CPAP.



Fuente: Extraída y modificada de Ekhaguere O, et al. Clin Perinatol 2019; 46: 517–536.

CPAP desde Sala de Partos o como Soporte Ventilatorio Primario

El CPAP es la técnica no invasiva más ampliamente estudiada como soporte respiratorio primario en los RN prematuros. La justificación para el uso de CPAP es que mantiene abiertas las vías respiratorias y mantiene la CRF. Los prematuros que nacen con esfuerzo respiratorio deben ser apoyados con CPAP en sala de partos. Se sugiere utilizar presiones de inicio de 5-6 cm de H_2O, pudiendo en algunas situaciones llegar hasta 8-10 cm de H_2O. En sala de partos se recomienda utilizar la pieza en T, ya que mantiene niveles más estables de PEEP y de PIM (en caso de ser necesario utilizarla). De no contar con la misma se puede utilizar la bolsa auto-inflable (la más utilizada en las distintas regiones de Latinoamérica) u otro dispositivo (bolsa de anestesia, Neo-Tee®), con válvula de PEEP y dispositivo para controlar PIM.

En comparación con la VNNI, como soporte respiratorio primario durante el manejo inicial del SDR en prematuros, la VNNI ha demostrado disminuir la necesidad de ventilación mecánica, principalmente en el modo sincronizado. Su uso redujo la duración del tratamiento, la dependencia al O_2 y la duración de la internación, en comparación con CPAP. Se cree que este beneficio se debe a que la VNNI mejora el reclutamiento pulmonar por mayores presiones en la vía aérea, ya que utiliza una PIM a diferencia del CPAP.

Las cánulas de alto flujo son inferiores a CPAP como soporte primario (se discute más adelante en detalle en el apartado correspondiente), y muchos prematuros debieron ser rescatados con CPAP, ante el fracaso de las cánulas, por lo que no se aconseja su uso como soporte primario de rutina.

CPAP y Surfactante

El ILCOR ("The International Liasion Committe on Resuscitation") en sus guías sobre reanimación para el prematuro, recomienda el uso temprano del CPAP como alternativa a la intubación de rutina y a la administración de surfactante. Ensayos clínicos aleatorizados han demostrado que, en comparación con el uso profiláctico o temprano de surfactante, el uso de CPAP disminuye la necesidad de ventilación mecánica invasiva y el resultado combinado de muerte o DBP. El uso temprano de CPAP con la posterior administración selectiva de surfactante en bebés extremadamente prematuros resulta en tasas más bajas de DBP y muerte en comparación con la administración profiláctica o temprana de surfactante solo. Las tasas de intubación en la sala de partos y de ventilación a presión positiva, fueron significativamente menores entre los RN asignados al azar al grupo CPAP versus los asignados a tratamiento con surfactante.

La técnica INSURE (intubación-surfactante-extubación) para la administración de surfactante, no se aconseja por no haber demostrado mejores resultados, en comparación con la administración precoz de surfactante, se debe evaluar a cada RN según su necesidad. Actualmente se están estudiando técnicas no invasivas de administración de surfactante mientras el RN permanece en CPAP como la técnica LISA (surfactante no invasivo por catéter delgado) o MIST (surfactante mínimamente invasivo). LISA ha sido recomendada por el consenso europeo del año 2019 (sin evidencia contundente), siempre que los neonatólogos estén familiarizados con la técnica, y el bebé respire espontáneamente con CPAP.

CPAP en Post-Extubación

Múltiples ensayos aleatorios y metanálisis han demostrado que CPAP es un método útil para proporcionar asistencia respiratoria no invasiva después de la extubación. Sin embargo, este tratamiento a veces falla en los prematuros, y pueden requerir una nueva intubación endotraqueal con los riesgos y gastos asociados.

Un metanálisis de Cochrane examinó 9 ensayos controlados y aleatorizados que comparaban CPAP versus atención de apoyo (halo de oxígeno o cánula nasal de bajo flujo) para prevenir el fracaso de la extubación dentro de los 7 días. El CPAP nasal redujo la incidencia de insuficiencia respiratoria (apnea, acidosis respiratoria y aumento de la necesidad de O_2), disminuyendo la necesidad de reintubación, lo que indica la disminución en la necesidad de asistencia respiratoria adicional.

En comparación con la VNNI sincronizada, esta última es más efectiva post-extubación, para prevenir reintubación. La VNNI sincronizada disminuye el riesgo de insuficiencia respiratoria posterior a la extubación y la necesidad de reintubación dentro de las 48 horas y los 7 días posteriores, sin efecto sobre DBP, ni mortalidad. No se han encontrado diferencias significativas en la utilización como soporte post-extubación entre cánulas de alto flujo y CPAP. Las CAFO pueden ser una alternativa efectiva al CPAP, pero se necesitan más datos para su recomendación. Las CAFO tienen menores tasas de complicaciones (trauma nasal o neumotórax), y mayor comodidad para el RN, además de ser preferidas por los padres y por el personal de enfermería. Los estudios no han podido mostrar ninguna diferencia significativa en las tasas de éxito posterior a la extubación entre los prematuros que inicialmente reciben apoyo con cánulas de alto flujo versus CPAP.

CPAP en Apneas

El CPAP se ha utilizado para tratar la apnea del prematuro y se considera una estrategia basada en la evidencia para disminuir la falla post-extubación. Los prematuros presentan apneas frecuentemente, que puede ser el resultado de un impulso central inmaduro, obstrucción de las vías respiratorias superiores o ambos. El CPAP reduce la obstrucción de la vía aérea manteniendo la permeabilidad de la misma. Mejora la apnea a través de la estimulación nasofaríngea constante, presumiblemente a través de la activación de mecano-receptores aferentes laríngeos. Reduciendo las apneas mixtas u obstructivas, no así las de origen central. Los estudios publicados muestran cierto beneficio de

VNNI o BiPAP versus CPAP, para la apnea del prematuro. La VNNI sincronizada disminuyó significativamente los episodios de hipoxemia y apnea en comparación con CPAP o VNNI-NS.

CPAP para el Transporte

La intubación previa al transporte siempre es preferible a realizarla durante el mismo. El CPAP es el modo más antiguo y mejor estudiado de soporte ventilatorio no invasivo. Se ha demostrado el uso exitoso durante el transporte de RN enfermos, con evidencia mínima de riesgos. El transporte interhospitalario es factible principalmente utilizando un ventilador de transporte para generar CPAP. El tamaño apropiado de las interfaces es necesario para optimizar la presión y minimizar las lesiones en las narinas.

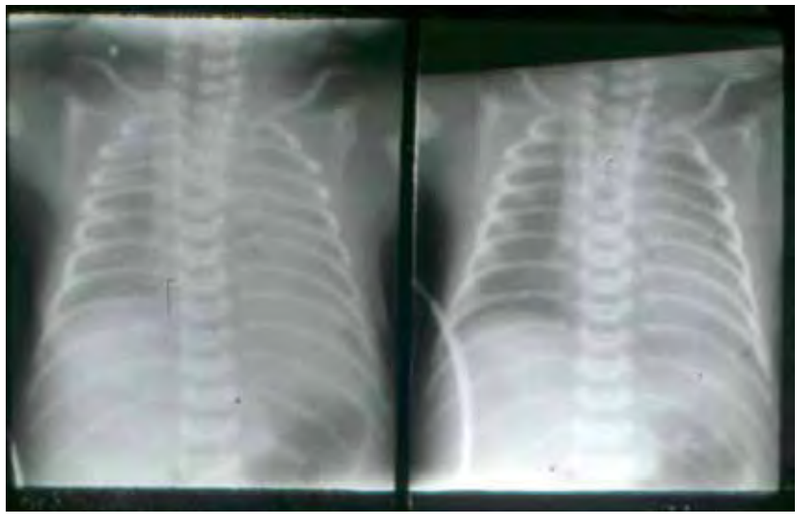
Complicaciones

La presión excesiva puede causar sobredistensión y síndromes de escape de aire, como neumotórax y enfisema intersticial pulmonar. El neumotórax tiene una incidencia en prematuros de extremo bajo peso al nacer que reciben CPAP de 5% a 9%. El riesgo de neumotórax parece estar limitado a los prematuros que reciben CPAP para el tratamiento del SDR. Rara vez se ve como una complicación cuando se utiliza en postextubación. La sobredistensión (generalmente presiones > 8-10 cm H_2O) puede alterar la mecánica pulmonar y disminuir la distensibilidad pulmonar, resultando en menores Vc para un determinado cambio de presión y contribuir a la retención de CO_2 además de aumentar las presiones intratorácicas con disminución del retorno venoso sistémico y del gasto cardíaco. También, se puede elevar la resistencia vascular pulmonar, con hipoflujo pulmonar e hipoxemia.

El desplazamiento de la interface puede resultar en una pérdida parcial o completa de la presión entregada a la vía aérea. La presión directa proveniente de la máscara o la cánula nasal de CPAP puede dañar la columela, el tabique nasal o el puente nasal. Los elementos de fijación pueden dañar la piel de la cara y cuero cabelludo. El daño de la piel puede ser una puerta de ingreso para las infecciones intrahospitalarias. Tanto la frecuencia como la gravedad de los traumatismos nasales han demostrado ser de mayor gravedad y frecuencia en los RN de menor edad gestacional (> 90% en RN < 28 semanas de EG), menor peso al nacer, mayor duración de la terapia, y mayor estadía en la unidad. Las cánulas de RAM presentan menor índice de lesiones que otras interfaces. Estas complicaciones se pueden minimizar con la vigilancia de la pieza de CPAP y el buen cuidado de la enfermería comprometida y capacitada.

El CPAP también puede contribuir a la distensión gástrica, que raramente tiene importancia clínica y se puede minimizar con la colocación de una sonda orogástrica.

Figura 8: Radiología de tórax antes y después de aplicar CPAP.



Consideraciones a tener en cuenta a la hora de aplicar CPAP

¿Para qué sirve?

- Como soporte respiratorio primario desde sala de partos, en RN prematuros (con esfuerzo respiratorio adecuado) para establecer rápidamente la CRF adecuada, y así reducir el trabajo respiratorio, preservando el surfactante y disminuyendo con ello la necesidad de asistencia ventilatoria mecánica.

- Tener en cuenta, que la aplicación temprana de CPAP no debe interferir con las restantes maniobras de estabilización/reanimación.
- Como tratamiento inicial de prematuros con distrés respiratorio de cualquier etiología, siempre que presenten un adecuado esfuerzo respiratorio. Sin fundamentalismo, el RN que requiere intubación debe ser intubado en sala de partos o en la UCIN rápidamente.
- Para el tratamiento de las apneas obstructivas y mixtas del prematuro.
- En post-extubación para prevenir el fracaso de la misma.

¿Cuánto CPAP?
- 4-6 cm de H_2O (no más de ¿8-10 cm H_2O?).
- Según la oxigenación/SpO_2.
- Según la radiología de tórax (Figura 8).
- Según el sentido común y observación (evaluación de la clínica).
- En apneas y "post salida de ARM" = 4-5 cm H_2O.

¿Cuánto flujo administrar con los gases inspirados?
- El flujo de gases inspirados es el mínimo necesario para evitar la retención de CO_2 (2,5 veces la ventilación por minuto).
- El flujo debería compensar las pérdidas alrededor de los conectores y narinas del CPAP (mínimo necesario para lograr la PEEP deseada).
- Habitualmente flujos entre 5 y 10 L/minuto son suficientes para el RN.
- La temperatura del gas debe ser cercana a la corporal (37ºC).

¿Cuidados de enfermería en CPAP?
- Cánula nasal, elección del tamaño adecuado (ocluir narinas).
- Lubricar con suero fisiológico.
- Protección de septum nasal y labio superior.
- Evitar el daño del septum nasal (suave y flexible) → Examinar narinas.
- Permitir comodidad del RN.
- En algunas cánulas → mantenerlas separadas 0,5 cm., del tabique nasal.

¿Cuándo suspender?
- El RN demuestra escasos beneficios, no lo tolera y/o se desajusta frecuentemente. Se debe descartar flujo muy bajo o excesiva pérdida, baja presión, tamaño inapropiado de la pieza nasal, obstrucción por secreciones.
- ¡Siempre parece más fácil usar la ARM!
- Cuando la FiO_2 < 30%, en descenso franco, y mejoría de la clínica.
- Cuando aparecen complicaciones.

¿Cómo utilizar CPAP desde sala de partos?
- Aplicar siempre que el RN prematuro presente esfuerzo respiratorio adecuado.
- Siempre con gases calentados y humidificados, y mezclador de gases.
- PEEP 5-7 cm H_2O, Flujo 5-10 L/min (8 L/min).
- Presión > 5 cm H_2O → establece capacidad residual funcional adecuada y mejora la oxigenación.
- Presiones altas (> 8-12 cm H_2O) pueden reducir el flujo pulmonar y provocar neumotórax.

Ventilación Nasal No Invasiva

La VNNI se ha utilizado desde el año 1970. Los primeros informes dieron como resultado valores favorables de gases en sangre, también se redujo la necesidad y el tiempo de ventilación en comparación con el halo de O_2. Las interfaces disponibles entonces produjeron molduras importantes y hemorragias cerebelosas que sumadas a un estudio de 1985, que informó 30 veces más posibilidades de perforación intestinal, limitaron su aplicación inicialmente. Esta modalidad de ventilación no invasiva resurgió a partir de 1999 con el desarrollo de nuevas in-

terfaces y dispositivos, junto con varios estudios que confirmaron su eficacia sin un mayor riesgo de perforación gastrointestinal.

Principios Fisiológicos

Es un método de ventilación asistida a través de interfaces nasales que no requiere intubación endotraqueal. Puede utilizarse como VNNI no sincronizada o VNNI sincronizada con el esfuerzo respiratorio del RN, además se debe distinguir de otra forma de soporte no invasivo como es el CPAP de dos niveles. El CPAP de dos niveles, bifásico o BIPAP se diferencia de la VNNI convencional porque los tiempos inspiratorios, los niveles de PIM y los ciclos respiratorios son diferentes. El BIPAP tiene un rango de PIM menor (típicamente 9-11 cm H_2O) y un tiempo inspiratorio mayor (típicamente 0.5-1.0 segundo). Se cree que estos modos respiratorios no invasivos proporcionan un mayor apoyo ventilatorio que el logrado con CPAP, pues además de suministrar una PEEP basal durante la espiración, también proporcionan una PIM por encima del valor basal de PEEP y pudiendo mantener la ventilación alveolar durante los episodios de apneas.

Al evitar la intubación, se previenen las lesiones de la mucosa producidas por el tubo endotraqueal. La VNNI, se cree que induce el reflejo paradojal de Head que podría ser beneficioso para las apneas de origen central y obstructivas. Además, se piensa que el aumento de la presión y el flujo en la nasofaringe tienen el efecto final de estabilizar el pulmón y vías respiratorias, necesitando el RN una menor presión intratorácica negativa para impulsar la ventilación espontánea mientras ayuda a mantener la CRF adecuada, con reducción del trabajo respiratorio y fatiga muscular (diafragma) que presentan los prematuros.

La VNNI reduce la asincronía tóraco-abdominal, expande los pulmones, aumenta la CRF evitando el colapso alveolar y reduciendo el V/Q; con mejoraría de la oxigenación. Algunos estudios atribuyen a esta modalidad un volumen corriente y una ventilación minuto mayor, lo cual facilitaría la eliminación de CO_2. La mayoría de todos estos beneficios se vuelven más consistentes con la sincronización.

Diferentes Dispositivos, Sistemas de Generación, Interfaces:

Como se mencionó anteriormente, la VNNI puede sincronizarse con la inspiración del RN o administrarse independientemente de los esfuerzos respiratorios del mismo. Cualquier ventilador convencional puede suministrar VNNI-S como VNNI-NS; sin embargo, la sincronización, requiere adaptaciones especiales, los métodos utilizados para sincronizar son:

- La capsula neumática (cápsula de Graseby), u otros dispositivos europeos similares, que detectan los movimientos de la pared abdominal para desencadenar la ventilación.
- Otra forma de sincronización es el uso de un neumotacógrafo (disparador de flujo) para detectar el flujo inspiratorio.
- Recientemente, se ha comercializado un dispositivo que sincroniza la ventilación mediante una señal diafragmática. La asistencia ventilatoria ajustada neuronalmente o NAVA, detecta la actividad eléctrica diafragmática a través de electrodos colocados en una sonda nasogástrica. No sólo sincroniza las ventilaciones del RN con el respirador, sino que la presión inspiratoria es proporcional al esfuerzo del paciente. Aunque es invasivo y costoso, además de requerir entrenamiento para su correcta colocación.
- Otras técnicas de sincronización no tan ampliamente disponibles o estudiadas incluyen sensores de presión (observados en el ventilador SLE 2000), como también la pletismografía de inductancia respiratoria.

Con respecto a las interfaces, son similares a las utilizadas con el CPAP. Las cánulas binasales cortas son la interfaz más utilizada para VNNI y BiPAP; otras interfaces incluyen a las cánulas nasofaríngeas, cánulas de RAM, máscaras nasales, tubos nasofaríngeos largos, y máscara facial (cayó en desuso pues sus mecanismos de fijación producían grandes deformidades cráneo-faciales, e incluso hemorragias cerebelosas). Se ha demostrado que las cánulas binasales cortas son superiores a los sistemas mononasales en términos de mejorar la insuficiencia respiratoria o la necesidad de reintubación. Las tasas de trauma nasal o cutáneo son similares a las descritas con CPAP.

VNNI desde Sala de Partos o Como Soporte Respiratorio Primario

Los prematuros con SDR intentan respirar durante la transición al nacer, aunque pueden presentar dificultades para mantener una adecuada aireación (CRF). Por lo tanto, "apoyar la transición" en lugar de "reanimar", es en la

mayoría de los casos, la conducta preferida para el manejo del SDR, y se debe permitir que los bebés hagan una transición suave mientras están expuestos a un número mínimo de intervenciones que puedan causarles daño.

La VNNI demostró disminuir el trabajo respiratorio, estabilizar la pared torácica y mejorar la sincronía tóraco-abdominal (VNNI-S) en comparación con CPAP; incluso en algunos trabajos se disminuyeron los episodios de desaturación, la duración de la asistencia respiratoria, el período de dependencia al oxígeno y la estadía hospitalaria.

La VNNI como tratamiento primario, en comparación al CPAP, demostró disminuir la incidencia de insuficiencia respiratoria, necesidad de intubación y ventilación invasiva. Los resultados fueron más contundentes en los estudios que usaron VNNI-S. Sin mostrar diferencias estadísticamente significativas en otros resultados (efectos adversos, mortalidad, DBP, etc.) en los últimos metanálisis.

VNNI en Post Extubación

Los metanálisis recientes de los estudios en los que se ha utilizado VNNI como alternativa al CPAP luego de la extubación, muestran que reduce significativamente la tasa de fracaso post-extubación y las fugas de aire, pero sin diferencias en DBP o mortalidad. Los estudios que utilizaron VNNI sincronizado observaron los beneficios de manera más consistente.

VNNI en Apneas

La capacidad de soportar el trabajo inspiratorio durante la respiración espontánea, estabilizar la nasofaringe para prevenir el colapso, al tiempo que apoyar la espiración con presiones elevadas para mantener el reclutamiento alveolar, hace a la VNNI un soporte ventilatorio no invasivo de utilidad para tratar las apneas de origen obstructivas y mixtas. Los estudios que han comparado VNNI versus CPAP para el tratamiento de la apnea del prematuro, reflejan una reducción de los episodios de apneas con VNNI. La VNNI-S disminuyó significativamente los episodios de hipoxemia y apnea en comparación con CPAP o VNNI-NS. Una reciente revisión de Cochrane concluyó qué puede ser un método útil para aumentar los efectos beneficiosos del CPAP en prematuros con apneas frecuentes o graves.

Complicaciones

Son similares a las del CPAP.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de aplicar VNNI

La VNNI, busca simular los parámetros de la ventilación invasiva sin la presencia de un tubo endotraqueal.

Los diferentes estudios publicados, utilizan **PIM** de 14–24 cm H_2O, **PEEP** de 3–6 cm H_2O, **Ti** de 0.3–0.5 segundos, y **FR** de 10-60 ciclos/minuto. Con respiradores convencionales se deben utilizar **flujos** elevados para lograr esos parámetros.

El BIPAP utiliza pequeñas diferencias de presión entre las fases inspiratoria y espiratoria, se recomiendan **Ti** más prolongados (0.5-1.0 segundos), **FR** más bajas (10-30 ciclos/minuto) y una diferencia ≤ 4 cm H_2O entre niveles altos y bajos de presiones (diferencia entre PIM y PEEP).

El Doctor Ramanathan R. (2011) recomienda para VNNI con respiradores convencionales los siguientes parámetros que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ventiladores Convencionales.

PIM (cm H_2O)		PEEP (cm H_2O)		Tiempo Inspiratorio (s)	Frecuencia Respiratoria (ciclos/minuto)		Flujo (L/minuto)
Inicial	Máx.	Inicial	Máx.		Inicial	Máx.	14-20
15 > PEEP	30	5	8	0.5	40	50	

Cánulas de Alto Flujo

Son una terapia alternativa de soporte respiratorio no invasivo que proporciona un alto flujo de O_2 mediante cánulas nasales, aumentando considerablemente su uso y popularidad en los últimos años. El interés en las cánulas

nasales de alto flujo comenzó a fines de la década de 1990, se basó en la hipótesis de que la respuesta clínica a la cánula nasal era causada por la presión al final de la espiración generada inadvertidamente, sumado a la intolerancia que presentaban algunos RN al CPAP.

Principios Fisiológicos

Mecanismos de Acción de las Cánulas de Alto Flujo

Generación de la Presión de Distensión: La generación de la presión que se administra es incierta, por eso se recomienda no utilizar flujos que superen los 8 L/min, y la relación entre las cánulas/narinas, debe permitir fugas peri-cánula, las cuales deben ocupar idealmente menos del 50% de las narinas, con un máximo 50-80%. Esto es difícil de lograr en los RNEBPN.

Lavado del Espacio Muerto Anatómico: Se cree que el lavado del espacio nasofaríngeo por la cánula de alto flujo puede reducir el espacio muerto anatómico y mejorar el intercambio de gases.

Trabajo Respiratorio: La resistencia al flujo de aire producida por la nasofaringe podría ser minimizada por el uso de la cánula de alto flujo, brindando flujo igual o mayor al flujo máximo inspiratorio del RN, lo cual disminuye el trabajo respiratorio.

Acondicionamiento de los Gases

Se debe utilizar "siempre" con gases calentados y humidificados. El calor y la humidificación son parte integral del éxito de la terapia, ya que se asocia con una disminución del trabajo respiratorio. Además, al calentar los gases a la temperatura corporal y humidificarlos se minimiza la demanda metabólica, incluido el consumo de O_2 y la producción de CO_2.

Sistema de Generación
El sistema se compone de 3 elementos (Figura 9):

1-Sistema de Concentración y Alto Flujo de Oxígeno: Se requiere un mezclador de O_2 y aire, o un sistema Venturi. Esto reduce las complicaciones de la terapia con O_2 o el riesgo de toxicidad del mismo. La administración de un alto flujo de gas, no es igual a entregar una elevada FiO_2, ya que la administración de un gas a un flujo bajo no es igual a administrar una baja FiO_2. Un sistema de oxígeno de alto flujo proporcionará la FiO_2 prestablecida con un blender o mezclador.

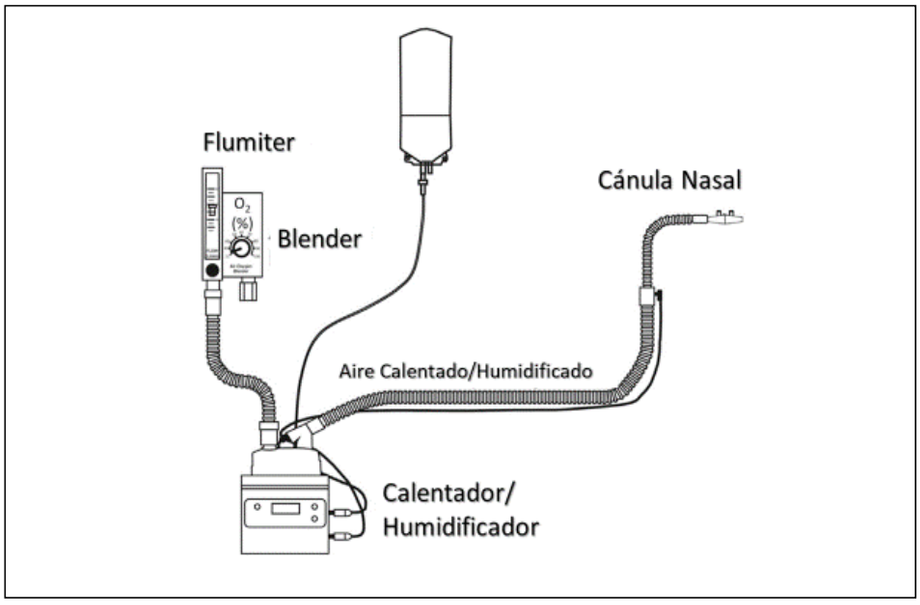
2. Sistema de Humidificación:
Se necesitan pocos minutos para causar lesiones al inspirar un gas o aire no humidificado, además de reducir significativamente la distensibilidad pulmonar en los RN ventilados. La humidificación óptima proporciona protección para la mucosa de las vías respiratorias y también contribuye a disminuir el fracaso en la extubación y sus complicaciones. El flujo de gas debe ser calentado (37 °C) y humidificado (humedad relativa del 100%). Los sistemas contienen humidificadores activos, cable térmico en la extremidad inspiratoria y sensores de temperatura. El cable de calor y el sensor de temperatura estabilizan la temperatura en condiciones ideales, evitando también la condensación dentro del circuito (servo-control). La administración de flujos de gas frío y no humidificado conduce a disfunción nasofaríngea a través del secado y la lesión de la mucosa nasal, lo que predispone a infecciones.

3. Sistema de Alto Flujo:
El flujo mínimo debe ser de 2 L/min y no superar los 8 L/min. Este sistema de alto flujo genera una presión nasofaríngea que reduce la resistencia de las vías respiratorias y el trabajo respiratorio, proporcionando PEEP, aumentando la CRF y mejorando la compliance pulmonar. Las CAFO producen el lavado del espacio muerto nasofaríngeo, el cual mejora la ventilación alveolar y la eficacia en el intercambio de gases.

CAFO como Soporte Respiratorio Primario:

Una revisión Cochrane (2016) que comparo CAFO versus CPAP, concluyó que las tasas de fracaso del tratamiento y la necesidad de intubación dentro de los 7 días fueron similares, sin diferencias en muerte o DBP. Posteriormente, el ensayo HIPSTER para el tratamiento de la dificultad respiratoria temprana, evaluó las CAFO versus CPAP como soporte primario, el ensayo se detuvo luego del 75% del reclutamiento planificado debido a una tasa significativamente más elevada de fracaso del tratamiento en el grupo CAFO. Los centros familiarizados con el uso de CAFO argumentan que, con experiencia, pueden utilizarse como apoyo inicial o primario incluso en los RN más pequeños. En la actualidad, CPAP sigue siendo el método inicial preferido de apoyo respiratorio no invasivo.

Figura 9. Cánulas de Alto Flujo.



Fuente: Extraída y adaptada de Ekhaguere O, et al. Clin Perinatol 2019; 46: 517–536.

La evidencia actual sobre el uso de cánulas de alto flujo para el soporte respiratorio primario de prematuros con SDR sugiere lo siguiente:

a) CPAP es superior a las CAFO para el tratamiento inicial del SDR del prematuro.
b) Al utilizar CAFO, es importante contar con CPAP de rescate en caso de falla de las CAFO ya que se evita la intubación en muchos RN.
c) Hay poca evidencia para guiar la terapia primaria de las CAFO en prematuros < 28 semanas de edad gestacional. En cuanto a su uso durante la estabilización de RNPT en sala de partos no hay suficiente evidencia científica para recomendar el uso de CAFO.

CAFO en Post-Extubación

El metaanálisis Cochrane (año 2016) concluyó que no hay diferencias entre las CAFO y CPAP en relación al fracaso del tratamiento, la tasa de reintubación o los resultados secundarios, incluido DBP, en RN > 28 semanas de gestación. Los RN asignados a CAFO tuvieron menos trauma nasal y menos neumotórax. La evidencia actual sobre el uso de CAFO como soporte en post-extubación sugiere lo siguiente:

a) Tiene una eficacia similar al CPAP como apoyo posterior a la extubación con respecto a la necesidad de reintubación, muerte y DBP, con excepción de los bebés < 28 semanas de gestación, en los que se debe usar CPAP de preferencia.
b) Después de la extubación, se asocian con menos trauma nasal que el CPAP.
c) La disponibilidad de CPAP de rescate es importante para prevenir el fracaso de la extubación cuando se usan CAFO y el CPAP debe utilizarse como terapia de primera línea en los RNPT más pequeños.

CAFO en Bronquiolitis

Las CAFO disminuyen la necesidad de intubación en RN con bronquiolitis. Se observó una mejoría rápida y progresiva de la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y escala de gravedad durante el tratamiento, con mejor

estabilidad clínica a las 18-24 horas, que permitió que a los RN ser alimentados por vía enteral, tras un período de estabilización inicial.

Mama Canguro

El cuidado de madre canguro es una estrategia basada en la evidencia que reduce la mortalidad y morbilidad, y beneficia el neurodesarrollo en prematuros. El CPAP por su interfaz dificulta esta práctica, no así las CAFO.

Costo-Efectividad-

Este es un aspecto importante para elegir entre la cánula de alto flujo y el CPAP como soporte respiratorio no invasivo. Los análisis de costo-efectividad deben considerar el tiempo usado por el médico, la compra de equipamiento, insumos y efectos adversos. Una evaluación económica sobre cánulas de alto flujo realizada por el Instituto Nacional de Investigación en Salud del Reino Unido encontró que los costos más elevados del equipamiento para administrar CPAP, no eran superiores a los mayores costos de los insumos descartables para el uso de CAFO. Otra evaluación económica reciente (Roberts y cols.) demostró que, como única terapia de soporte primario, el CPAP es más rentable en costo-efectividad que la CAFO. A pesar de que los costos por paciente internado fueron menores con el uso de CAFO, la incidencia de ventilación mecánica, aumento los costos. La opción de mejor relación costo-efectividad fue la CAFO con disponibilidad de CPAP de rescate.

Complicaciones-

Menor trauma nasal que el CPAP.

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de aplicar CAFO

- Elección adecuada del tamaño de la pieza nasal para mantener las fugas (50% del tamaño de las narinas).
- Flujos de gas de 2 L/min y hasta 8 L/min, con mezclador, siempre con gases calentados y humidificados, con una revisión periódica de la capacidad del RN para destetarse o detener la terapia, y el uso de CPAP de rescate en caso de fracaso del tratamiento.
- Las guías del Consenso Europeo para manejo del SDR (2019) sugieren que se puede lograr una mejor sincronización del soporte del ventilador con los esfuerzos respiratorios del bebe mediante el uso de un dispositivo con ajuste neuronal (VNNI-NAVA).
- No utilizarlas como opción de rutina o de primera elección para el tratamiento del SDR.

Evidencia actual disponible recomienda

- CPAP nasal como apoyo primario en prematuros con dificultad respiratoria, que no requieren intubación para su estabilización en sala de partos.
- Para los médicos y las unidades que desean utilizar las CAFO como soporte respiratorio primario, utilizarlas en prematuros > de 30 semanas de gestación; y con un requerimiento de O_2 suplementario bajo (< 30% al ingreso).
- Las CAFO son similares al CPAP para el soporte post-extubación en prematuros y se puede considerar en RN > 28 semanas de gestación.
- CPAP debe estar disponible como terapia de rescate cuando se utilizan CAFO en postextubación.
- Como soporte secundario las CAFO pueden ser utilizadas como alternativa al CPAP en algunos prematuros, con menor trauma nasal.

Ventilación de Alta Frecuencia No Invasiva

La primera aplicación de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria no invasiva se remonta a 1998, en donde se informó una mejoría significativa en la $PaCO_2$ con un PH ligeramente mejorado versus CPAP. Luego se publicaron casos aislados o estudios pequeños que confirmaban una reducción de la $PaCO_2$ y una consiguiente mejora del PH luego de pasar a esta modalidad, pero al tratarse de estudios no controlados, con sesgos variables, criterios poco claros y fallas en su diseño no permitieron generalizar los resultados. A pesar de esto y la falta de datos aleatorios esta modalidad ha llamado la atención en la práctica neonatal cotidiana especialmente en Europa y Canadá.

Principios Fisiológicos

Durante la VAFO-NI se mantiene la respiración espontánea y las oscilaciones se superponen a los cambios de presión en las vías respiratorias debido al volumen corriente. El fundamento teórico se basa en que esta modalidad debería proporcionar las ventajas de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria invasiva, sin necesidad de sincronización, elevada eliminación de CO_2, volúmenes corrientes inferiores al espacio muerto con menor barotrauma, sumados a la ventaja de una interfaz no invasiva. Los pocos estudios clínicos publicados utilizan principalmente tubos nasofaríngeos largos. Sin embargo, los estudios demostraron que el uso de cánulas binasales cortas, es factible y proporcionan una ventilación eficaz.

Principales Indicaciones

Por su capacidad de reducir significativamente los niveles de CO_2, este modo ventilatorio debería tenerse en cuenta en prematuros con hipercapnia persistente en otros modos ventilatorios no invasivos, como tratamiento de rescate. Algunos informes también arrojaron mejores índices de oxigenación, menos episodios de desaturación y menos bradicardia, que se atribuyen a una mayor y más estable PAM que en los otros modos no invasivos, sin aumentar el riesgo de escapes de aire.

Al igual que con la VAFO convencional, se establece una PAM, amplitud y frecuencia en las vías respiratorias. Existe una gran variación en la configuración de los parámetros que se utilizaron en los pequeños ensayos clínicos aleatorizados y estudios observacionales publicados. La PAM vario de 4 a 13 cm H_2O, la amplitud de 20 a 60 cm H_2O y la frecuencia de 5 a 10 Hertz. La amplitud se fue ajustando en función de la oscilación torácica adecuada.

Complicaciones

Una encuesta europea describió como principales efectos secundarios: producción de secreciones espesas, agitación, fugas, y mal funcionamiento; sin embargo, fueron sólo opiniones de médicos puesto que ninguno de los problemas se informó formalmente en los estudios.

Ventilación No Invasiva ajustada por NAVA (VNNI-NAVA)

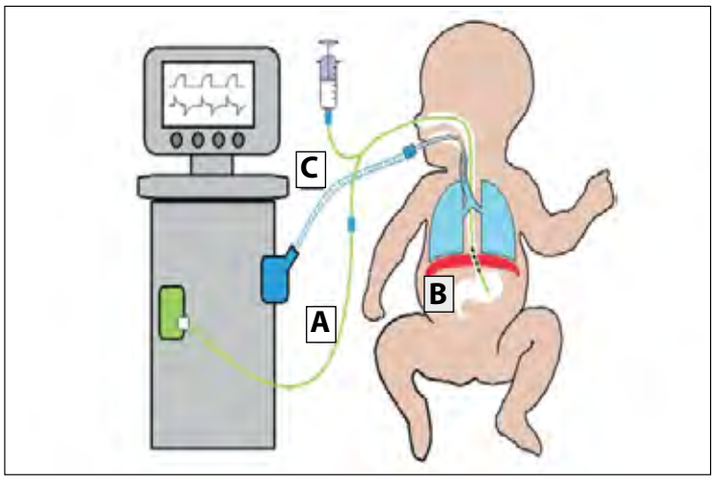
Principios Fisiológicos

NAVA es un modo de sincronización más nuevo de la ventilación que utiliza la actividad eléctrica del diafragma (sensor Edi) a través de una sonda oro/nasogástrica especial con electrodos es su parte distal con el fin de proporcionar respiraciones sincronizadas (Figura 10). Se genera una señal eléctrica en el centro respiratorio en el tronco cerebral y viaja a través del nervio frénico para estimular el diafragma. Se inserta el catéter con electrodos en el extremo distal del esófago para proporcionar una señal óptima del diafragma. Los valores Edi son detectados por los electrodos y transmitidos al ventilador. El ventilador asiste la respiración espontánea mediante la administración de una presión proporcional determinado por el nivel NAVA. La presión entregada es proporcional al esfuerzo del RN. El inicio, duración, tamaño y terminación de la respiración son controlados por el RN y, por lo tanto, potencialmente ofrecen una sincronización total entre el RN y el dispositivo.

Uso de VNNI ajustada por NAVA en la UCIN

Pocos estudios publicados con poca y limitada evidencia. En relación al uso del modo VNNI-NAVA en RN extremadamente prematuros, algunos estudios recientes muestran resultados prometedores. Se necesitan ensayos más grandes para determinar si VNNI-NAVA es un mejor modo para proporcionar soporte ventilatorio no invasivo y para prevenir DBP.

Figura 10. Sistema NAVA (Ventilación asistida con ajuste neuronal). Electrodos en el catéter Edi (A) detectan la actividad eléctrica del diafragma (B) y desencadenan una inspiración del ventilador (C).



Fuente: van Kaam AH, et al. Pediatric Reserch. 2019. https://doi.org/10.1038/s41390-019-0704-1.

Repuestas Correctas

La respuesta correcta se resaltan en **negrita** con alguna breve explicación cuando el autor lo considere necesario.

1. **¿Cuál de los siguientes no se considera un soporte ventilatorio no invasivo?**
a. Ventilación nasal no invasiva o VNNI.
b. Ventilación de alta frecuencia no invasiva o VAFO-NI.
c. Presión positiva continua en la vía aérea o CPAP.
d. Sistema de sincronización de ventilación ajustada neuronalmente (NAVA).
e. Cánulas de alto flujo o CAFO.

El NAVA (en la actualidad con costos elevados, mucho más para los países de Latinoamérica, donde los recursos no sobran) es un sistema de sincronización de la ventilación que capta los movimientos del diafragma y los trasmite directamente por vía nerviosa, por lo que la sincronización es casi instantánea. Por si solo no es un soporte ventilatorio, si cuando se asocia a la VNNI o a la ventilación sincronizada.

2. **¿Cuál de las siguientes opciones no es correcta en relación a la presión positiva continua en la vía aérea o CPAP?**
a. Reduce la capacidad residual funcional.
b. Estabiliza la caja torácica y reduce la resistencia al flujo de aire.
c. Mejora el índice de ventilación-perfusión.
d. Mejora la sincronía toraco-abdominal.
e. Reduce la respuesta inflamatoria y aumenta la liberación de surfactante.

El CPAP no disminuye la CRF, sino por el contrario aumenta la CRF, porque al reclutar alvéolos, aumenta la cantidad de aire que queda en los pulmones al final de la espiración o ciclo respiratorio.

3. **¿Cuál de las siguientes interfaces no es adecuada para administrar CPAP?**
a. Tubo endotraqueal.
b. Piezas binasales cortas.
c. Mascara facial.
d. Mascara nasal.
e. Piezas nasofaríngeas.
f. Cánulas de RAM.

El tubo endotraqueal genera mucha resistencia sobre todo espiratoria, por lo tanto, puede aumentar el trabajo respiratorio (sobre todo en los bebes más pequeños) por eso no es una interface adecuada para administrar CPAP, aunque anteriormente era utilizada, actualmente no debe usarse como interfaz.

4. **¿Cuál es la complicación más frecuente y que causa preocupación con el uso del CPAP?**
a. Neumotórax.
b. Distensión abdominal.

c. Daño del tabique nasal.
d. Retención de CO_2.
e. Abscesos retrofaríngeos.

El daño del tabique nasal es frecuente con el uso del CPAP, y causa preocupación en las UCIN. Pero se pude minimizar con una enfermería entrenada y comprometida con el buen cuidado de los RN. El personal de enfermería de muchas UCIN, varia las interfaces con el fin de minimizar esta complicación, por ejemplo, una semana utilizan cánulas bisanales cortas y otra semana mascara nasal.

5. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la ventilación nasal no invasiva?**
a. La VNNI es un método de ventilación asistida a través de interfaces que no requiere intubación endotraqueal.
b. Puede ser sincronizada o no sincronizada.
c. El CPAP bifásico o BiPAP se considera una forma de ventilación nasal no invasiva.
d. Presenta similares complicaciones que el CPAP.
e. Todas son correctas.

6. **En relación a la ventilación nasal no invasiva, señale lo correcto.**
a. Los mecanismos fisiológicos por los cuales actúa, son bien claros y están bien estudiados.
b. A diferencia del CPAP, la presión al final de la espiración que se genera, produce un mejor reclutamiento alveolar.
c. La evidencia actual muestra que es algo superior al CPAP como soporte primario y en postextubación.
d. Es una modalidad intermedia entre el CPAP y la ventilación invasiva, o sea se utiliza cuando fracasa el CPAP y antes de utilizar la ventilación mecánica invasiva.

7. **Señale la opción incorrecta en relación a las cánulas de alto flujo.**
a. Producen menor trauma nasal que el CPAP.
b. Se utilizan con flujos mayores de 2 L/min.
c. Siempre se debe utilizar con gases calentados y humidificados.
d. Son más efectivas que el CPAP en prevenir displasia broncopulmonar.

La evidencia nos muestra que como soporte primario las CAFO son menos efectivas que CPAP en el tratamiento del SDR (sobre todo en los RN más pequeños) con iguales resultados en DBP.

8. **Los principios fisiológicos de las cánulas de alto flujo son que proporcionan una "presión de distensión continua", que mantiene la CRF, un mejor transporte del aire, mejor lavado de CO_2 del espacio muerto nasofaríngeo y reducción de la resistencia inspiratoria.**
a. Verdadero.
b. Falso.

9. **Señale la opción correcta en relación a las cánulas de alto flujo.**
a. Usar un tamaño apropiado de la cánula (hasta el 100% del diámetro de la nariz, con un buen sellado).
b. Siempre contar con CPAP de rescate, ante el probable fracaso.
c. Utilizar flujos de hasta 15 L/minuto.
d. Se pueden utilizar sin blender o mezclador, ni calentador-humidificador.
e. Todas las opciones son correctas.

Siempre se deben utilizar con mezclador de gases, calentados y humidificados. Los fabricantes (no la evidencia) recomiendan utilizar un tamaño que no supere el 50% de las narinas (para evitar un exceso de la presión administrada, ya que no se puede medir, a diferencia del CPAP). El flujo a utilizar no debe superar los 8 L/minuto para no administrar una presión excesiva. La poca evidencia publicada nos sugiere que hay que tener CPAP de rescate con el fin de evitar la ventilación mecánica invasiva, pero como clínicos deberemos evaluar cada situación en particular.

10. **Señale la opción incorrecta en relación a las diferentes modalidades de soporte respiratorio no invasivo.**
a. Las CAFO son la modalidad más utilizada en la actualidad, ya que la evidencia demostró que son superiores a CPAP y VNNI.
b. Las CAFO son una modalidad muy utilizada, porque las prefieren los médicos, los padres y personal de enfermería, por la comodidad para él bebe.
c. La ventilación de alta frecuencia no invasiva, es una nueva modalidad que está en estudio.
d. La evidencia actual muestra que como soporte primario y en post-extubación, VNNI (sobre todo sincronizada) es algo superior al CPAP con igual tasas de mortalidad y DBP, con evidencia limitada sobre neurodesarrollo.

Es cierto que las CAFO son muy utilizadas por qué el personal médico y de enfermería, además de los padres, las prefieren por diversas razones, pero la evidencia actual no muestra que sean superiores a CPAP o VNNI como método de soporte ventilatorio no invasivo.

Bibliografía

- Alexiou S, Panitch HB. Physiology of non-invasive respiratory support.Semin Fetal Neonatal Med. 2016 Jun; 21(3): 174-80.

- Armanian AM, Badiee Z, Heidari G, Feizi A, Salehimehr N. Initial Treatment of Respiratory Distress Syndrome with Nasal Intermittent Mandatory Ventilation versus Nasal Continuous Positive Airway Pressure: A Randomized Controlled Trial. Int J Prev Med. 2014 Dec; 5(12): 1543-51.

- Avery ME, Tooley WH, Keller JB, et al. Is chronic lung disease in low birth weight infants preventable? A survey of eight centers. Pediatrics. 1987; 79(1): 26–30.

- Azagra Martinez A, Serrano A, Casado Flores J. Ventilación mecánica en recién nacidos, lactantes y niños. Madrid. Ergon. 2018.

- Bamat N, Morley CJ, kirpalani H. Presión de distención continúa. En: Manual de asistencia ventilatoria neonatal. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Journal, 2019: 199-206.

- Berger TM, Fontana M, Stocker M. The journey towards lung protective respiratory support in preterm neonates. Neonatology. 2013; 104(4): 265–274.

- Bermúdez Barrezueta, L., García Carbonell, N., López Montes, J., Gómez Zafra, R., Marín Reina, P., Herrmannova, J. Oxigenoterapia de alto flujo con cánula nasal en el tratamiento de la bronquiolitis aguda en neonatos. Anales de Pediatría, 2017; 86(1): 37–44.

- Calum T. Roberts, Kate A. Hodgson, . Nasal high flow treatment in preterm infants. Matern Health Neonatol Perinatol. 2017; 3: 15.

- Carlo WA, Polin RAJP. Respiratory support in preterm infants at birth. Pediatrics, 2014; 133(1): 171-4.

- Charles E, Hunt KA, Rafferty GF, Peacock JL, Greenough A. Work of breathing during HHHFNC and synchronised NIPPV following extubation. Eur J Pediatr. 2019 Jan; 178(1): 105-110.

- Claure N, Bancalari E. Non-invasive ventilation in premature infantsArchives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition 2015; 100: F2-F3.

- Courtney SE, Pyon KH, Saslow JG. Lung recruitment and breathing pattern during variable versus continuous Flow nasal continuos positive airway pressure in premature infants: an evaluation of three devices. Pediatrics, 2001; 107(2): 304-8.

- Cummings JJ, Polin RA; Committee on Fetus and Newborn, American Academy of Pediatrics. Noninvasive Respiratory Support. Pediatrics. 2016 Jan; 137(1): 1-11.

- De Luca D, Dell'Orto V. Non-invasive high-frequency oscillatory ventilation in neonates: review of physiology, biology and clinical data. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2016 Nov; 101(6): F565-F570.

- Dysart KC. Physiologic Basis for Nasal Continuous Positive Airway Pressure, Heated and Humidified High-Flow Nasal Cannula, and Nasal Ventilation. Clin Perinatol. 2016 Dec; 43(4): 621-631.

- Doyle LW, Carse E, Adams AM, et al. Ventilation in extremely preterm infants and respiratory function at 8 years. N Engl J Med, 2017; 377(4): 329–37.

- Ekhaguere O, Patel S, Kirpalani H. Nasal Intermittent Mandatory Ventilation Versus Nasal Continuous Positive Airway Pressure Before and After Invasive Ventilatory Support. Clin Perinatol. 2019 Sep; 46(3): 517-536.

- Finer NN, Carlo WA, Walsh MC SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver NICHD Neonatal Research Network,. Early CPAP versus Surfactant in Extremely Preterm Infants. N Engl J Med. 2010 May 27; 362(21): 1970-9.

- Fischer HS, Bührer C. Avoiding endotracheal ventilation to prevent bronchopulmonary dysplasia: a metaanalysis. Pediatrics. 2013;132(5). Available at: www. pediatrics. org/ cgi/content/ full/ 132/ 5/ e1351

- Garland JS, Nelson DB, Rice T, et al. Increased risk of gastrointestinal perforations in neonates mechanically ventilated with either face mask or nasal prongs. Pediatrics, 1985; 76(3): 406–10.

- - Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH, et al. Treatment of the idiopathic respiratory-distress syndrome with continuous positive airway pressure. New England Journal of Medicine, 1971; 284(24): 1333–40.

- Gupta S, Donn SM. Continuous positive airway pressure: Physiology and comparison of devices. Semin Fetal Neonatal Med. 2016 Jun; 21(3): 204-11.

- Hodgson KA, Manley BJ, Davis PG. Is Nasal High Flow Inferior to Continuous Positive Airway Pressure for Neonates? Clin Perinatol. 2019 Sep; 46(3): 537-551.

- Iranpour R, Armanian AM, Abedi AR, Farajzadegan Z. Nasal high-frequency oscillatory ventilation (nHFOV) versus nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) as an initial therapy for respiratory distress syndrome (RDS) in preterm and near-term infants. BMJ Paediatr Open. 2019 Jul 14; 3(1): e000443.

- Isayama T, Iwami H, McDonald S, Beyene J. Association of Noninvasive Ventilation Strategies With Mortality and Bronchopulmonary Dysplasia Among Preterm Infants A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA. 2016 Aug 9; 316(6): 611-24.

- King BC, Gandhi B, Jackson A, Katakam L, Pammi M, Suresh G. Mask versus Prongs for Nasal Continuous Positive Airway Pressure in Preterm Infants: A Systematic Review and Meta-Analysis. Neonatology. 2019; 116(2): 100-114.

- Lemyre B, Davis PG, De Paoli AG, Kirpalani H. Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm neonates after extubation. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017, Issue 2. Art. No.: CD003212.

- Lemyre B, Kirpalani H. Ventilación no invasiva. En: Manual de asistencia respiratoria en Neonatología. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Journal, 2019: 212-216.

- Lemyre B, Laughon M, Bose C, Davis PG. Early nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus early nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm infants. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016, Issue 12. Art. No.: CD005384.

- Li J, Li X, Huang X, Zhang Z. Noninvasive high-frequency oscillatory ventilation as respiratory support in preterm infants: a meta-analysis of randomized controlled trials. Respir Res. 2019 Mar; 20(1): 58.

- Llewellyn M, Tilak K, Swyer PJ. A controlled trial of assisted ventilation using an oro-nasal mask. Arch Dis Child, 1970; 45(242): 453–9.

- Manley BJ. Nasal High-Flow Therapy for Preterm Infants Review of Neonatal Trial Data. Clin Perinatol, 2016; 43: 673–691.

- Milési C, Essouri S, Pouyau R, Liet JM, Afanetti M, Portefaix A. High flow nasal cannula (HFNC) versus nasal continuous positive airway pressure (nCPAP) for the initial respiratory management of acute viral bronchiolitis in young infants: a multicenter randomized controlled trial (TRAMONTANE study). Intensive Care Med. 2017 Feb;43(2):209-216.

- Meneses J, Bhandari V, Alves JG. Nasal Intermittent Positive-Pressure Ventilation vs Nasal Continuous Positive Airway Pressure for Preterm Infants with Respiratory Distress Syndrome. Arch Pediatr Adolesc Med. 2012 Apr; 166(4): 372-6.

- Moretti C, Gizzi C, Montecchia F, Barbàra CS et al. Synchronized Nasal Intermittent Positive Pressure Ventilation of the Newborn: Technical Issues and Clinical Results. Neonatology. 2016; 109(4): 359-65.

- Morley C, Davis L, Doyle L, Brio L, Hascoet JM, Carlin JB. Nasal CPAP or Intubation at Birth for Very Preterm Infants. N Engl J Med. 2008 Feb 14; 358(7): 700-8.

- Natarajan G, Pappas A, Shankaran S, et al. Outcomes of extremely low birth weight infants with bronchopulmonary dysplasia: impact of the physiologic definition. Early Hum Dev. 2012; 88(7): 509–515.

- Null D Jr, Crezee K, Bleak T. Noninvasive Respiratory Support During Transportation. Clin Perinatol. 2016 Dec; 43(4): 741-754.

- Nzegwu NI, Mack T, DellaVentura R, Dunphy L et al. Systematic use of the RAM nasal cannula in the Yale-New Haven Children's Hospital Neonatal Intensive Care Unit: a quality improvement project. J Matern Fetal Neonatal Med. 2015 Apr; 28(6): 718-21.

- Pape KE, Armstrong DL, Fitzhardinge PM. CNS pathology associated with mask ventilation. Pediatrics, 1977; 60(5): 787–8.

- Ramanathan R, Sekar KC, Rasmussen M, Bhatia J, Soll RF. Nasal intermittent positive pressure ventilation after surfactant treatment for respiratory distress syndrome in preterm infants <30 weeks' gestation: a randomized, controlled trial. J Perinatol. 2012 May; 32(5): 336-43.

- Reynolds P, Leontiadi S, Lawson T, Otunla T, Ejiwumi O. Stabilisation of premature infants in the delivery room with nasal high flow. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2016 Jul; 101(4): F284-7.

- Roberts CT, Davis PG, Owen LS. Neonatal Non-Invasive Respiratory Support: Synchronised NIPPV, Non-Synchronised NIPPV or Bi-Level CPAP: What Is the Evidence in 2013? Neonatology. 2013; 104(3): 203-209.

- Schmölzer GM, Kumar M, Pichler G, Aziz K, O'Reilly M, Cheung PY. Non-invasive versus invasive respiratory support in preterm infants at birth: systematic review and meta-analysis. BMJ. 2013; 347(347): f5980.

- Shi Y, Muniraman H, Biniwale M, Ramanathan R. A Review on Non-invasive Respiratory Support for Management of Respiratory Distress in Extremely Preterm Infants. Front. Pediatr, 2020; 8 (5): 1- 17.

- Shi Y, De Luca D; Nasal Oscillation post-Extubation (NASONE) study group. Continuous positive airway pressure (CPAP) vs noninvasive positive pressure ventilation (NIPPV) vs noninvasive high frequency oscillation ventilation (NHFOV) as post-extubation support in preterm neonates: protocol for an assessor-blinded, multicenter, randomized controlled trial. BMC Pediatr. 2019 Jul 26; 19(1): 256.

- Stamatia A, Howard B. P, Physiology of non-invasive respiratory support. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2016; 21: 174-180.

- Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, Hallman M, et all. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome-2019 Update. Neonatology. 2019; 115(4): 432–450.

- Wilkinson D, Andersen C, O'Donnell CPF, De Paoli AG, Manley BJ. High flow nasal cannula for respiratory support in preterm infants. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016, Issue 2. Art. No.: CD006405.

Capítulo 3

Cuidados del Recién Nacido en Ventilación Mecánica

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre los cuidados respiratorios del Recién Nacido que se encuentra en ventilación mecánica?

Para comenzar a introducirnos en los cuidados del RN que se encuentra en ventilación mecánica, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. **¿Qué sabe Usted de la injuria de la vía aérea, señale la opción incorrecta?**

a. Hay muchos trabajos publicados.
b. Hay pocos trabajos publicados.
c. Muy pocos centros la miden o registran.
d. Es una complicación poco frecuente, pero importante, de la intubación endotraqueal.

2. **La longitud del tubo endotraqueal aumenta la resistencia, por lo cual se recomienda que los TET largos se acorten (2-3 cm de la comisura labial) con el fin de disminuir el espacio muerto y la resistencia, sin trabajos publicados que lo avalen.**

a. Verdadero.
b. Falso.

3. **La intubación orotraqueal versus la nasotraqueal en el RN, tiene menores tasas de complicaciones, razón por la cual la mayoría utiliza la intubación orotraqueal.**

a. Correcto.
b. Incorrecto.

4. **Señale la opción más correcta en relación a la confirmación de la posición adecuada del TET por clínica.**

a. Entrada de aire simétrica.
b. Expansión del tórax.
c. Condensación del TET.
d. Ausencia del ingreso de aire en estómago por auscultación.
e. a, b y c son correctas.
f. a, b, c y d son correctas.

5. **Señale la opción incorrecta en relación a las posibles complicaciones del TET muy introducido.**

a. Neumotórax.
b. Atelectasia.
c. Hipoxemia.
d. Perforación Gástrica.
e. Hipercapnia.

6. **La fórmula de Tochen (peso + 6) da como resultado inserciones excesivamente profundas en los RN < 1000 gr.**

a. Verdadero.
b. Falso.

7. **Señale la opción correcta sobre cuál es la mejor técnica de fijación según los trabajos publicados.**

a. La técnica del pantalón con el TET en comisura labial.
b. La técnica de fijación en el medio del labio.
c. El sistema NeoBar de Neotech.
d. No hay estudios publicados que las comparen.

8. **Señale la opción incorrecta en relación a las dificultades para realizar kinesioterapia respiratoria en el RN prematuro con ventilación mecánica.**
a. Vías aéreas de pequeño calibre.
b. Inestabilidad de las vías aéreas con tendencia al colapso.
c. Pared torácica con tendencia al colapso.
d. Capacidad residual funcional elevada.
e. Difícil extracción de secreciones.

9. **Señale la opción correcta en relación a las consecuencias de la utilización de una inadecuada humidificación.**
a. Disfunción ciliar.
b. Inflamación y necrosis.
c. Sequedad de secreciones.
d. Todas son correctas.

10. **Señale la opción incorrecta en relación a los cuidados de enfermería.**
a. Evitar la excesiva humidificación.
b. Evitar el aire frio y seco porque "espesa" las secreciones.
c. Evitar el agua en las tubuladuras.
d. Mantener el nivel de agua del calentador.
e. Mantener la temperatura del calentador entre 36 - 38 °C.

Introducción

En la actualidad la mayoría de las UCIN tratan de utilizar menos la ventilación mecánica invasiva, no obstante, muchos RN de termino y prematuros enfermos con insuficiencia respiratoria la siguen recibiendo. Si bien es cierto que la prolongación de la misma es un factor primordial en la patogenia de la DBP, se utilizan diferentes modalidades ventilatorias y estrategias con el fin de limitar la lesión asociada al respirador.

Algunos aspectos muy importantes a tener en cuenta a la hora de ventilar RN son: usar un TET del tamaño adecuado, posición del RN, cuidados de enfermería, kinesioterapia respiratoria, sedación y analgesia, prevención de infecciones (neumonía asociada al respirador y sepsis intrahospitalaria), así como el tratamiento de las complicaciones (como fugas de aire y hemorragia pulmonar).

La atención individualizada por el personal de enfermería capacitado y la terapia respiratoria son esenciales para lograr buenos resultados.

Tubo Endotraqueal

El TET es la interfaz entre el RN y el respirador, es una piedra angular para el éxito de la ventilación. El TET de tamaño apropiado podría ser definido como aquel que pasa cómodamente a través de las cuerdas vocales proporcionando un sellado suficiente para una ventilación eficaz. Siempre debe haber una pequeña pérdida peri-tubo endotraqueal (recomendable < 20-30%, los respiradores más modernos la miden), sobre todo cuando ventilamos con presiones inspiratorias máximas considerables (dependiendo del peso del bebe, por ejemplo niveles: ≥ 18-20 cm H_2O se consideran importantes). Se debe tratar de no utilizar TET excesivamente grandes, y tener mucho cuidado con la injuria de la vía aérea, porque en la mayoría de las unidades de cuidado intensivo neonatal, muy pocos las registran o miden, y no se sabe su verdadera incidencia, ni prevalencia, además hay muy pocos trabajos publicados al respecto. Para la elección correcta del tamaño del TET se puede utilizar el peso o la edad gestacional. Generalmente se utiliza el peso, utilizar TET n° 2.5 en RN < 1000 gr, TET n° 3 en RN de 1000-2000 gr, TET n° 3.5 en RN de 2000-3000 gr, y TET n° 4 en RN > 3000 gr. Si se utiliza la EG, utilizar TET n° 2.5 en RN < 28 semanas de EG, TET n° 3 en RN 28-34 semanas de EG, TET n° 3.5 en RN 34-38 semanas de EG, y TET n° 3,5 y 4 en RN >38 semanas de EG.

Según la ley de Poiseuille, la resistencia es inversamente proporcional al radio del TET y directamente proporcional a la longitud. La resistencia está particularmente aumentada para los TET < 2,5 mm de diámetro interno, con diferencias menores en los TET 3, 3,5 y 4 mm. La longitud del tubo también aumenta la resistencia, y los tubos largos deben ser acortados. En RN se utilizan TET sin manguito a diferencia de los adultos. Pocos estudios compararon la intubación orotraqueal versus nasotraqueal, ambas técnicas presentan iguales tasas de complicaciones.

Tabla 1. Localización del TET en la tráquea (Tochen M. J Pediatrics 1979). La fórmula de Tochen da como resultado inserciones excesivamente profundas en RN <1000 gr.

Medida Punta - Labio: 6 + Peso

Peso (kg)	Profundidad de inserción (cm. del labio superior)
0.75	6
1	7
2	8
3	9
4	10

Hay tablas derivadas de estudios clínicos y experimentales para orientar la selección del tamaño y posición del TET (Tablas 1 y 2). Una vez colocado el TET se debe confirmar clínicamente su correcta ubicación, a través de una combinación de signos clínicos (ruidos respiratorios simétricos, expansión del tórax, aumento de la frecuencia cardíaca, condensación del TET, y ausencia del ingreso de aire al estomago por auscultación). Es fundamental colocar el TET en la posición correcta, ya que una inserción excesivamente profunda podría llevar a intubación del bronquio principal derecho, neumotórax, y/o atelectasia. Una inserción superficial coloca al RN en inminente riesgo de extubación accidental y sus consecuencias. La posición ideal es 1-2 cm por encima carina (T4) en el nivel T1-T2. Pero en los RN < 1500 gr, el nivel de la carina presenta una posición ligeramente más alta (T3). Siempre confirmar por radiología la correcta posición. Existen varias técnicas de fijación sin estudios que las avalen, como la técnica del pantalón en comisura labial, la técnica de fijación en linea media del labio superior o el sistema NeoBar® (Neotech), entre otros.

Es muy importante, diríamos "**fundamental"** a la hora de ventilar RN (no siempre los clínicos le dan la real importancia), que en los bebes que permanecen en VM se les controle la posición del TET, (por el número en cm del TET en comisura labial o por radiología) con el fin de evitar episodios de hipoxemia o hipercapnia **"innecesarios" y "evitables",** que muchas veces llevan a aumentar parámetros del respirador sin necesidad real. Nunca subestimar la posición del TET de un RN que se encuentra en ventilación mecánica invasiva.

Tabla 2. Inserción del Tubo Endotraqueal Oro y Nasofaríngeos en RN (Kempley S et al. Resuscitation 2008).

Edad Gestacional	Peso Actual (gr)	Longitud Labios (cm) Orotraqueal	Longitud Narinas (cm) Nasotraqueal
23-24	0.5-0.6	5.5	6.5
25-26	0.7-0.8	6.0	7.0
27-29	0.9-1.0	6.5	7.5
30-32	1.1-1.4	7.0	8.0
33-34	1.5-1.8	7.5	8.5
35.37	1.9-2.4	8.0	9.0
38-40	2.5-3.1	8.5	9.5
41-43	3.2-4.2	9.0	10.0

Se han desarrollado varias reglas y fórmulas para ayudar a predecir la posición ideal del TET, la más común es la desarrollada por Tochen (Tabla 1), que en su forma simplificada se traduce como peso del RN + 6 (para intubación orotraqueal), pero esta fórmula en los RN más pequeños da lugar a inserciones excesivamente profundas. La fórmula de Kempley (Tabla 2), pareciera (aun no demostrado) tener mejor correlación entre la longitud del tubo TET con la edad gestacional y el peso, tanto para la intubación orotraqueal como nasotraqueal.

Posición del Recién Nacido

La posición supina es la estándar, pero la posición prona, puede mejorar la mecánica respiratoria y la oxigenación. Un metanálisis (Rivas-Fernandez et al.) con 19 ensayos que incluyo a 516 RN concluyeron que la posición prona mejora "algo" la oxigenación del RN en ventilación mecánica (evidencia de calidad baja a moderada). Puede traer algo

de beneficio levantar ligeramente la cabecera de la cama para permitir la expansión de los pulmones. Se debe cambiar la posición del RN en forma periódica con el fin de evitar la acumulación de secreciones en las bases pulmonares.

Otro tema de discusión y sin resolución hasta la actualidad, es la posición de la cabeza en los prematuros, debido al riesgo de HIV y el efecto de la posición de la cabeza y el drenaje de la vena yugular ipsilateral. Hasta tener más datos de trabajos publicados, se debe colocar la cabeza en la posición de línea media, al menos los primeros 3 días de vida, cuando el riesgo de HIV es mayor.

Kinesioterapia Respiratoria

Los RN presentan algunas dificultades como, vías aéreas de pequeño calibre, difícil extracción de secreciones, escasas vías aéreas colaterales, inestabilidad de las vías aéreas (tendencia al colapso), pared torácica con tendencia al colapso, CRF "baja o pobre". Además, el "exceso de secreciones" pueden aumentar la resistencia y disminuir el flujo inspiratorio y/o espiratorio de los gases. La presencia del TET aumenta la producción de secreciones.

Consejos útiles:

- No "aspirar de rutina", solo ante presencia de secreciones.
- Las técnicas de kinesioterapia respiratoria pueden mejorar la ventilación, facilitar la eliminación de secreciones y evitar la obstrucción bronquial, facilitando el destete.
- Multiplicidad de técnicas: posicionamiento, drenaje postural, técnicas activas tales como vibración y percusión, no se recomiendan y menos en RN prematuros, en el caso de realizarlas hacerlo en RN de término y con mucho cuidado.
- Se necesitan estudios para determinar la mejor técnica.
- La "manipulación torácica" no está exenta de "riesgos" y solo debe realizarla personal capacitado con un alto nivel de experiencia.
- Sesiones cortas y deben "siempre" preceder a la alimentación.

Resumiendo, la aspiración del TET…

- Ideal circuito cerrado en RN graves o en VAF.
- "Nunca" de rutina.
- "Siempre" con indicaciones clínicas.
- Si hay necesidad de "recuperar" aumentar primero el PEEP (1-2 puntos) para reclutar.
- << No con Bolseo >> "última opción" !!Reclutar!!
- Medir la distancia de la sonda de aspiración, para no sobrepasar la punta del TET y dañar la vía aérea.
- Presión negativa suave ¿< 100 mm Hg???
- Duración: "breve o corta".
- Frecuencia: según necesidad del bebe.

Cuidados de Enfermería

El personal de enfermería que atiende a los RN debe enfrentar a diario varios desafíos. Es fundamental la observación del monitor, respirador, los sistemas de suministro de O_2 y aire comprimido, y la SpO_2 (oxigenación), esto hace a los "buenos" cuidados de enfermería.

Es importante conocer los límites de las alarmas (superior e inferior) para frecuencia cardíaca, respiración, presión arterial, y SpO_2, sobre la base de la evidencia actual y el estándar de atención específico. La experiencia, el compromiso y el cuidado extremo son aspectos muy importantes para obtener buenos resultados. Recordemos, los pequeños detalles hacen la diferencia en la calidad de los resultados.

Los principales aspectos del cuidado de enfermería incluyen: termorregulación, posicionamiento óptimo, aspiración de las vías respiratorias, estado hemodinámico y nutrición adecuada. Es necesaria una comunicación abierta y honesta con la familia para reducir la ansiedad. Se debe proporcionar un entorno seguro para los bebés, y regular las políticas de control de infecciones (fundamental el lavado de manos, aislamiento, vigilancia y control del ingreso de los visitantes a la UCIN). El cuidado canguro ofrece beneficios a los bebés ventilados que se encuentran estables, siempre que el procedimiento se practique de forma segura, con protocolos de enfermería para la transferencia desde y hacia la incubadora.

Humidificación y Calentamiento de los Gases

La intubación elimina los mecanismos naturales de humidificación y calentamiento del aire inspirado. El aire inspirado se calienta en la nariz y se humidifica al 90%. Por otro lado, el O_2 seco disminuye la cantidad de agua.

La inadecuada humidificación produce disfunción ciliar, inflamación y necrosis del epitelio ciliar, sequedad de las secreciones, atelectasia, e infiltración bacteriana y neumonía. Se deben tratar de utilizar calentadores servo-controlados con T° del calentador de 36.5 - 37.5 °C, manteniendo siempre el nivel de agua en el calentador.

Siempre se debe evitar la excesiva humidificación por la retención hídrica, como asi también, el aire frio y seco porque "espesa" las secreciones, y el agua en las tubuladuras (modos sincronizados) por el "auto-ciclado".

Prevención de Infecciones

Recordemos que la neumonía asociada a respirador es la segunda forma más común de infección intrahospitalaria en el RN que permanece por más de 48 horas en VM. El diagnóstico es difícil por la falta de consenso con tasas que van de 2.3 a 10.9 por 1000 días de ventilación mecánica.

La prevención se lleva a cabo con la utilización de circuitos cerrados de aspiración, cambios de circuito del respirador (protocolizar), técnicas estériles de aspiración de secreciones, extubación precoz ("ni un minuto más en el respirador") y con la educación del personal y la higiene de manos.

Sedación y Analgesia

No se debe realizar nunca sedación de rutina por el solo hecho de ingresar el RN a VM (practica que se debe erradicar con urgencia). No indicar morfina ni fentanilo de rutina, y antes de indicarla en "goteo continuo" ver los excipientes y tener cuidado con el propilenglicol, alcohol bencílico, etc. El midazolan presenta muchos efectos adversos, así que no utilizarlo en RN y menos en prematuros. Muy rara vez se necesitan paralizantes musculares como el vecuronio o pancuronio. Utilizar escalas para valorar el dolor y disconfort.

En caso de necesidad utilizar medidas "no farmacológicos" como la succión no nutritiva y sacarosa.

Destete y Extubación

Algunas pocas consideraciones a tener en cuenta a la hora de intentar el destete y la extubación:

- Realizar con impulso respiratorio estable y mecánica pulmonar adecuada, sin distrés, y con gases "aceptables o tolerables".
- Gases "aceptables o tolerables" para RN prematuros: PH > 7.20-7.22, $PaCO_2$ 40-55 mm Hg, PaO_2 40-55 mm Hg, SpO_2 90-94%.
- Si hay sedación: "al mínimo" o "suspender".
- Con FiO_2 < 30-40% y parámetros mínimos: PAM < 6-7-8 cm H_2O y FR < 20 ciclos por minuto en VMC.
- Realizar una radiología de tórax de rutina post extubación.

Escapes de Aire y Hemorragia Pulmonar

Los escapes de aire incluyen al neumotórax (el más frecuente), enfisema pulmonar intersticial, neumomediastino, neumopericardio, neumoperitoneo, enfisema subcutáneo y embolia gaseosa sistémica. Es una complicación frecuente de la ventilación mecánica, y puede ocurrir hasta en el 40% de los RN ventilados. Los factores de riesgo incluyen la prematurez, el muy bajo peso al nacer, el Apgar bajo, la administración de PIM y/o Vc elevados, tiempo inspiratorio prolongado, síndrome de dificultad respiratoria, síndrome de aspiración de meconio, neumonía e hipoplasia pulmonar.

La presentación clínica del neumotórax varía de asintomática a dificultad respiratoria progresiva grave, en caso de neumotórax a tensión se acompaña de compromiso hemodinámico. El examen físico puede mostrar desviación traqueal, asimetría torácica, disminución de los ruidos respiratorios sobre el lado afectado y ruidos cardíacos alejados o desplazados. El diagnóstico de urgencia se puede realizar mediante transiluminación o radiografía de tórax. El tratamiento incluye (depende la gravedad) desde un manejo conservador, la aspiración con aguja, o la colocación de un tubo de drenaje bajo agua.

La hemorragia pulmonar es una afección rara pero grave, que se caracteriza por sangrado masivo dentro del pulmón y vías respiratorias, con una mortalidad superior al 50%. Los factores de riesgo incluyen la prematurez, el síndrome de dificultad respiratoria, la administración de surfactante, y el ductus arterioso permeable, generalmente se presenta en RN < 28 semanas de EG y/o peso al nacer < 1000 gr. Otros factores de riesgo incluyen el enfisema pulmonar intersticial, el neumotórax, la infección pulmonar, la acidosis metabólica, el shock, la hipotermia, la hipoglucemia, la coagulación intravascular diseminada, y el traumatismo de las vías respiratorias (especialmente después de la intubación endotraqueal y/o aspiración).

Clínicamente se presenta con un rápido deterioro de la mecánica pulmonar, hipoxemia, hipercapnia y necesidad de aumento de los parámetros ventilatorios. Se deben realizar radiografía de tórax, ecocardiograma (para excluir ductus) y pesquisa para sepsis. El tratamiento debe incluir medidas de apoyo generales: transfusiones de sangre,

plasma o plaquetas, corrección de la acidosis metabólica, inotrópicos para mejorar presión arterial sistémica, tratamiento del ductus (excepto ante trombocitopenia grave), y cobertura con antibióticos (vancomicina para bacterias Gram-positivas y cobertura para bacterias Gram-negativas). El tratamiento ventilatorio consiste en aumentar los niveles de PEEP, además a veces es necesario aumentar PIM y/o Vt, y FiO_2.

Monitorización del Recién Nacido en Ventilación Mecánica

Junto a los diversos aspectos de la atención respiratoria para el RN ventilado, es de gran importancia el control de la ventilación y oxigenación, tratando de evitar siempre los episodios de **hiperoxia-hipoxia** y de **hipercapnia-hipocapnia** con sus efectos perjudiciales sobre el cerebro (y también sobre otros órganos), tanto en prematuros como en RN de término.

La oximetría de pulso, la gasometría y la medición transcutánea de CO_2, son herramientas fundamentales con las que se cuenta, para evaluar el estado del RN, y orientar el manejo del respirador. . El conocimiento de los gráficos pulmonares también mejora la comprensión de la fisiología y fisiopatología pulmonar, como así también las respuestas a los cambios en el respirador. Los nuevos ventiladores ahora proporcionan dicha información, y los médicos deben estar familiarizados.

La ecocardiografía neonatal es una herramienta valiosa y cada vez más utilizada en las UCIN, es de vital ayuda para el manejo hemodinámico de la ventilación. Sirve para excluir cardiopatías congénitas, evaluar cuadros de hipertensión pulmonar persistente del RN, en la evaluación de la hipotensión o el shock, y la respuesta a las drogas inotrópicas, como también para el diagnóstico y manejo del ductus hemodinámicamente significativo.

Respuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita.** Algunas respuestas tienen un pequeño comentario con el fin de explicar lo correcto.

1. **¿Qué sabe Usted de la injuria de la vía aérea, señale la opción incorrecta?**

a. Hay muchos trabajos publicados.
b. Hay pocos trabajos publicados.
c. Muy pocos centros la miden o registran.
d. Es una complicación poco frecuente, pero importante, de la intubación endotraqueal.

La realidad es que hay pocos trabajos publicados y la mayoría de las unidades de cuidados intensivos neonatales no las registra, ni la miden, por eso es difícil saber su verdadera incidencia o prevalencia.

2. **La longitud del tubo endotraqueal aumenta la resistencia, por lo cual se recomienda que los TET largos se acorten (2-3 cm de la comisura labial) con el fin de disminuir el espacio muerto y la resistencia, sin trabajos publicados que lo avalen.**

a. Verdadero.
b. Falso.

3. **La intubación orotraqueal versus la nasotraqueal en el RN, tiene menores tasas de complicaciones, razón por la cual la mayoría utiliza la orotraqueal.**

a. Correcto.
b. Incorrecto.

En los pocos trabajos publicados la tasa de complicaciones son similares con ambas técnicas.. En nuestras regiones se utiliza más la intubación orotraqueal porque así nos enseñan y educan.

4. **Señale la opción más correcta en relación a la confirmación de la posición adecuada del TET por clínica.**

a. Entrada de aire simétrica.
b. Expansión del tórax.
c. Condensación del TET.
d. Ausencia del ingreso de aire en estómago por auscultación.
e. a, b y c son correctas.
f. a, b, c y d son correctas.

Luego de realizar el procedimiento de intubación endotraqueal, se debe corroborar la entrada simétrica del aire en ambos campos pulmonares, observar que el tórax expanda, que haya condensación del TET , y que no se ausculte entrada de aire en el estómago.

5. **Señale la opción incorrecta en relación a las posibles complicaciones del TET muy introducido.**
a. Neumotórax.
b. Atelectasia.
c. Hipoxemia.
d. Perforación Gástrica.
e. Hipercapnia.

La perforación gástrica no es una complicación de la introducción excesiva del TET.

6. **La fórmula de Tochen (peso + 6) da como resultado inserciones excesivamente profundas en los RN < 1000 gr.**
a. Verdadero.
b. Falso.

La fórmula de Tochen (peso + 6) es la más utilizada de todas, por su practicidad y simplicidad, pero en los bebes < 1000 gr, produce inserciones muy profundas.

7. **Señale la opción correcta sobre cuál es la mejor técnica de fijación según los trabajos publicados.**
a. La técnica del pantalón con el TET en comisura labial.
b. La técnica de fijación en el medio del labio.
c. El sistema NeoBar de Neotech.
d. No hay estudios publicados que las comparen.

No hay estudios que comparen las diferentes técnicas de fijación, por lo tanto, cada UCIN debe optar por la técnica más apropiada según el entrenamiento recibido por el personal de enfermería.

8. **Señale la opción incorrecta en relación a las dificultades para realizar kinesioterapia respiratoria en el RN prematuro con ventilación mecánica.**
a. Vías aéreas de pequeño calibre.
b. Inestabilidad de las vías aéreas con tendencia al colapso.
c. Pared torácica con tendencia al colapso.
d. Capacidad residual funcional elevada.
e. Difícil extracción de secreciones.

Los RN prematuros presentan vías aéreas de pequeño calibre, con inestabilidad y tendencia al colapso de las mismas, pared torácica con tendencia al colapso y dificultar para extraer secreciones, lo que dificulta la kinesioterapia, con su capacidad residual funcional disminuida, con tendencia al colapso al final de la espiración.

9. **Señale la opción correcta en relación a las consecuencias de la utilización de una inadecuada humidificación.**
a. Disfunción ciliar.
b. Inflamación y necrosis.
c. Sequedad de las secreciones.
d. Todas son correctas.

10. **Señale la opción incorrecta en relación a los cuidados de enfermería.**
a. Evitar la excesiva humidificación.
b. Evitar el aire frio y seco porque "espesa" las secreciones.
c. Evitar el agua en las tubuladuras.
d. Mantener el nivel de agua del calentador.
e. Mantener la temperatura del calentador entre 36 - 38 °C.

La temperatura del calentador-humidificador, debería ser de 36.5 a 37.5 °C para evitar tanto la hipotermia (por gases fríos) como la hipertermia (por gases con excesiva temperatura). Cuando se utilizan sistemas servo controlados, el sistema está programado, pero cuando se utilizan sistemas manuales, lo debe programar el operador.

Bibliografia

- Almeida CC, Pissarra da Silva S, Flor de Lima Caldas de Oliveira F, and Guimarães Pereira Areiasc M, "Nosocomial sepsis: evaluation of the efficacy of preventive measures in a level-III neonatal intensive care unit," Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine, 2017; 30: 2036-2041.

- Amarilyo G, Mimouni F, Oren A, Tsyrkin S, Mandel D, "Orotracheal tube insertion in extremely low birth weight infants," Journal of Pediatrics, 2009; 154: 764-765.

- Black K, "Kangaroo care and the ventilated neonate infant,", 2005; 1 (4): 130–132.

- Boensch M, Schick V, Spells O, and Hinkelbein J, "Estimation of the optimal tube length: systematic review article on published formulae for infants and children," Anaesthesist, 2015; 65: 115–121.

- Cerpa F, C´aceres C, Romero-Dapueto C et al., "Humidification on ventilated patients: heated humidifications or heat and moisture exchangers?" Open Respiratory Medicine Journal, 2015; 9: 104–111.

- de Abreu L, Valenti V, de Oliveira A et al., "Chest associated to motor physiotherapy improves cardiovascular variables in newborns with respiratory distress syndrome," International Archives of Medicine, 2011; 4: 37.

- Esquinas Rodriguez A, Scala R, Soroksky A et al., "Clinical review: humidifiers during non-invasive ventilation," Critical Care, 2012; 16: 203.

- Fayoux P, Devisme L, Merrot O, Marciniak B, "Determination of endotracheal tube size in a perinatal population: an anatomical and experimental study," Anesthesiology 2006; 104: 954–960.

- Flinn A, Travers C, Laffan E, and O'Donnell C, "Estimating the endotracheal tube insertion depth in newborns using weight or gestation: a randomised trial," Neonatology, 2015; 107: 167-172.

- Flor-de-Lima F, Rocha G, and Guimarães H, "Impact of changes in perinatal care on neonatal respiratory outcome and survival of preterm newborns: an overview of 15 years," Critical Care Research and Practice, vol. 2012, Article ID 643246, 2012.

- Hooven T and Polin R, "Healthcare-associated infections in the hospitalized neonate—a review," Early Human Development, 2014; 90 (1): S4–S6.

- Joseph R, "Prolonged mechanical ventilation: challenges to nurses and outcome in extremely preterm babies," Critical Care Nurse, 2015; 35: 58–66.

- Kawanishi F, Yoshinaga M, Morita et al., "Risk factors for ventilator-associated pneumonia in neonatal intensive care unit patients," Journal of Infection and Chemotherapy, 2014; 20: 627–630.

- Kempley S, Moreiras J, and Petrone F, "Endotracheal tube length for neonatal intubation," Resuscitation, 2008; 77: 369–373.

- Lai M, Inglis G, Hose K, Jardine L, and Davies M, "Methods for securing endotracheal tubes in newborn infants," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2014; 31: article CD007805.

- Langhammer K, Sulz S, Becker-Pethc M, and Roth B, "Observational study shows that nurses spend more time caring for mechanically ventilated preterm infants than those receiving noninvasive ventilation," Acta Paediatrica, 2017; 106: 1787-1792.

- Lee P, Lee W, and Chen H, "Ventilator-associated pneumonia in low birth weight neonates at a neonatal intensive care unit: a retrospective observational study," Pediatrics & Neonatology, 2017; 58 (1): 16–21.

- Manczur T, Greenough A, Nicholson G, and Rafferty G, "Resistance of pediatric and neonatal endotracheal tubes: influence of flow rate, size, and shape," Critical Care Medicine, 2000; 28: 1595–1598.

- McPherson C and Inder T, "Perinatal and neonatal use of sedation and analgesia," Seminars in Fetal and Neonatal Medicine, 2017; 22: 314-320.

- Nemergut M, Yaster M, and Colby C, "Sedation and analgesia to facilitate mechanical ventilation," Clinics in Perinatology, 2013; 40: 539–558.

- Oca M, Becker M, Dechert R, and Donn S, "Relationship of neonatal endotracheal tube size and airway resistance," Respiratory Care, 202; 47: 994–997.

- Peterson J, Johnson N, Deakins K, Wilson-Costello D, Jelovsek J, and Chatburn R, "Accuracy of the 7-8-9 Rule for endotracheal tube placement in the neonate," Journal of Perinatology, 2006; 26: 333–336.

- Ringer S, "Core concepts: thermoregulation in the newborn, II: prevention of aberrant body temperature," NeoReviews, 2013; 14: 221-226.

- Rivas-Fernandez M, Figuls M, Diez-Izquierdo A, Escribano J, and Balaguer A, "Infant position in neonates receiving mechanical ventilation," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016; 11, article CD003668.

- Romantsik O, Calevo M, and Bruschettini M, "Head midline position for preventing the occurrence or extension of germinal matrix-intraventricular hemorrhage in preterm infants," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017; 20 (7), article CD012362.

- Rotschild A, Chitayat D, Puterman M, Phang M, Ling E, and Baldwin V, "Optimal positioning of endotracheal tubes for ventilation of preterm infants," Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 1991; 145: 1007-1012.

- Sathyamoorthy M, Lerman J, Okhomina V, and Penman A, "Use of cuffed tracheal tubes in neonates, infants and children: A practice survey of members of the Society of Pediatric Anesthesia," Journal of Clinical Anesthesia, 2016; 33: 266-272.

- Sakhuja P, Finelli M, Hawes J, and Whyte J, "Is it time to review guidelines for ETT positioning in the NICU? SCEPTIC—survey of challenges encountered in placement of endotracheal tubes in Canadian NICUs," International Journal of Pediatrics, vol. 2016, Article ID 7283179.

- Schmolzer G, O'Reilly M, Davis P, Cheung P, and Roehr C, "Confirmation of correct tracheal tube placement in newborn infants," Resuscitation, 2013; 84: 731-737.

- Schmolzer G and Roehr C, "Techniques to ascertain correct endotracheal tube placement in neonates," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2014; 9: article CD010221.

- Scott J and Roberts F, "Chest physiotherapy in mechanically ventilated infants: a narrative literature review," Communicare, 2014; 1, no. 1.

- Spaeth J, Steinmann J, Guttmann S, and Shumann S, "Resistance of neonatal endotracheal tubes: a comparison of four commercially available types," Critical Care, 2013; 17 (2): 160.

- Stevens B, Yamada J, Ohlsson A, Haliburton S, and Shorkey A, "Sucrose for analgesia in newborn infants undergoing painful procedures," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016; 7, article CD001069.

- Spence K and Barr P, "Nasal versus oral intubation for mechanical ventilation of newborn infants," Cochrane Database of Systematic Reviews, 2000; 2, article CD000948.

- Tomas R, Rao S, and Minutillo C, "Cuffed endotracheal tubes for neonates and young infants: a comprehensive review," Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition, 2016; 101: 168–174.

- Tochen M, "Orotracheal intubation in the newborn infant: a method for determining depth of tube insertion," Journal of Pediatrics, 1979; 95: 1050-1051.

- Walsh B, Hood K, and Merritt G, "Pediatric airway maintenance and clearance in the acute care setting: how to stay out of trouble," Respiratory Care, 2011; 56: 1424-1440.

- World Health Organisation (WHO), Kangaroo Mother Care: A Pratical Guide, Department of Reproductive Health and Reasearch, Geneva, Switzerland, 2003.

- Zimmerman K, Smith, Benjamin D et al., "Sedation, analgesia, and paralysis during mechanical ventilation of premature infants," Journal of Pediatrics, 2017; 180: 99-104.

Capítulo 4

Ventilación Mecánica Convencional

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted de Ventilación Mecánica Convencional para el Recién Nacido?

Para comenzar a introducirnos en la ventilación mecánica convencional para el RN, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. En VMC al aumentar la PIM, y/o la PEEP, y/o el flujo, y/o el Ti, y/o la FiO_2 se aumenta también la PAM o MAP y como consecuencia del aumento de la misma, se mejora la oxigenación.

a. Verdadero.
b. Falso.

2. Señale la opción correcta. ¿La oxigenación mejora al aumentar?

a. PEEP.
b. FiO_2.
c. PIM.
d. FR.
e. Todas correctas.

3. Ante un RN en VMC con hipercapnia (↑ $PaCO_2$) para disminuir la $PaCO_2$ se puede aumentar la FR, aumentar la PIM o disminuir el Vt.

a. Verdadero.
b. Falso.

4. ¿En qué situaciones clínicas generalmente se deben utilizar PIM elevadas?

a. Destete de la ventilación mecánica.
b. Apneas.
c. Hipoplasia pulmonar.
d. En la mayoría de las cardiopatías congénitas cianóticas.
e. Ninguna opción es correcta.

5. Señale la opción incorrecta.

a. La relación entre la PAM o MAP y la oxigenación es siempre lineal, o sea siempre que aumenta la PAM mejora la oxigenación.
b. Al utilizar PIM excesivas, se puede "sobredistender" el pulmón, produciendo la elevación de la capacidad residual funcional con Vt pequeños, lo que se traduce en hipercapnia e hipoxemia, con caída del gasto cardíaco, la diuresis y acidosis metabólica.
c. En un RN prematuro con déficit de surfactante (distensibilidad disminuida) al aumentar la PIM, el aumento del Vt será bajo.
d. Al utilizar PEEP excesivas, se puede "sobredistender" el pulmón, aumentar la presión intratorácica, aumentar la resistencia vascular pulmonar con hipoflujo pulmonar e hipoxemia.

6. ¿Cómo nos damos cuenta en un prematuro de que la PIM que utilizamos es la adecuada?

a. El RN presenta una ligera excursión del tórax.
b. Insuflación pulmonar: campo derecho 7 espacios e izquierdo 7/8 espacios.
c. Gasometría adecuada: PaO_2 60-80, $PaCO_2$ 40-55.
d. Saturación de O_2: 89-90% a 94%.
e. Todas son correctas.

7. Señale la opción correcta.

a. Uno de los principales inconvenientes de la VMC es la asincronia entre el RN y el ventilador.
b. En la actualidad, se cree que el componente más importante de la lesión asociada al respirador es el daño causado

por el exceso de presión (barotrauma).

c. En la actualidad se cree que el componente más importante de la lesión asociada al respirador es el daño causado por el exceso de volumen (volutrauma).
d. Opciones a y b son correctas.
e. Opciones a y c son correctas.

8. Señale la opción incorrecta en relación a la frecuencia respiratoria.

a. La FR y Vt determinan la ventilación alveolar, si aumentamos la FR mejora la $PaCO_2$, si disminuimos la FR aumenta la $PaCO_2$.
b. Si administramos FR elevadas y Te muy cortos puede aparecer atrapamiento aéreo con deterioro del Vt.
c. Siempre elegir la FR más baja para mantener la $PaCO_2$ deseada u objetivo, y así evitar que el ventilador golpee innecesariamente o por "demás". al pulmón del RN.
d. Una FR de 35 por minuto, es casi igual que una FR de 45 por minuto, ya que no causa injuria pulmonar una diferencia de 10 ciclos por minuto.

9. ¿Cuál es la opción correcta en relación a la PEEP?

a. En un RN prematuro con apneas, utilizar PEEP no mayores a 2-3 cm H_2O.
b. En un RN prematuro con DBP grave hay que usar PEEP de 2 a 3 cm H_2O para no sobredistender el pulmón.
c. ¡Usar siempre! PEEP en el RN prematuro con el objetivo de reclutar y abrir alvéolos. Los valores habituales de comienzo son 4-6 cm H_2O.
d. Cuando utilizan FR elevadas (40-50-60 x minuto), se deben utilizar PEEP bajas de solo 2-3 cm H_2O para evitar la denominada PEEP "inadvertida".

10. Señale la opción correcta en relación al tiempo inspiratorio.

a. La mayoría de los prematuros requieren Ti del orden de los 0.3 a 0.5 s.
b. Generalmente los bebes con DBP "severa" requieren Ti < 0.5 s.
c. Los RN con aspiración meconial requieren Ti cortos 0.2 a 0.3 s (con el fin de evitar el barotrauma), ya que presentan la resistencia y la compliance disminuida (Ctte de T breve).
d. Los prematuros con SDR requieren Ti cortos, no mayores a 0.25-0.3 s.

Introducción

La VMC es un tratamiento muy efectivo para los RN con insuficiencia respiratoria, la cual puede ser por hipoxemia (oxigenación insuficiente), por insuficiencia ventilatoria (retención de CO_2) a una combinación de ambas. La VMC, salvó y seguirá salvando la vida de muchos bebes enfermos. Sin embargo, la lesión pulmonar asociada a la ventilación mecánica es un problema grave, ya que se asocia a un aumento importante de la morbilidad y mortalidad. El objetivo de la VMC es mejorar la insuficiencia respiratoria, a través de oxigenar y eliminar adecuadamente el dióxido de carbono (o sea lograr una gasometría adecuada o "aceptable"), tratando de minimizar el daño pulmonar. Históricamente, la ventilación con presión positiva fue el método más utilizado para ventilar RN. En los últimos años la ventilación por volumen se está convirtiendo en el modo de ventilación preferido por los neonatólogos sobre todo para los RN prematuros.

La VMC involucra el intercambio de volúmenes de gas, dentro de la vía aérea. En la ventilación convencional, la ventilación minuto está determinada por el producto de la frecuencia respiratoria y el Vt. Las modalidades ventilatorias primarias pueden ser por volumen o presión. En estas modalidades el neonatólogo programa la presión o el volumen para alcanzar la ventilación minuto deseada. Actualmente hay modos híbridos de ventilación que combinan las dos modalidades (volumen/presión).

Conceptos fundamentales para "refrescar "a la hora de ventilar RN

Distensibilidad pulmonar ("compliance"): Es la capacidad de distensión del pulmón, está determinada por las propiedades elásticas del mismo. Cuanto mejor o mas elevada es la compliance, menos presión es necesaria para introducir un volumen de gas. Cuando es baja, se necesitan mayores presiones para ingresar un volumen de gas (pulmón "duro" o "rígido") como en el SDR, por déficit de surfactante.

Resistencia de la vía aérea: Se relaciona con la "resistencia" que se opone al flujo de gas para ingresar o salir del pulmón (como se observa en el SALAM).

Constante de tiempo: tiempo que se tarda en inflar o desinflar el pulmón, y es el producto de la compliance por la resistencia, se expresa en segundos. Con 5 ctte de T se ingresa o egresa el 99% del Vt. Las patologías que tienen las compliance disminuida (SDR) presentan ctte de T cortas, por lo tanto, se deben ventilar con Ti y Te más breves y con FR más elevadas, a diferencia de las patologías donde predomina la resistencia elevada (DBP o SALAM) donde a la hora de ventilar se necesitan Ti y Te mas prologados con FR más bajas. Estos conceptos se abordaron en el capítulo de fisiología pulmonar.

Capacidad residual funcional: es el volumen de gas o aire que permanece en el pulmón al final de la espiración. En condiciones normales, los alvéolos no se "colapsan" al final de la espiración. Es fundamental que los alvéolos permanezcan "abiertos" con contenido de aire o gas al final de la espiración para que en la siguiente inspiración no haya que hacer un esfuerzo inspiratorio intenso para lograr abrir los mismos (atelectrauma). En los RN (sobre todo en prematuros), la CRF es escasa, inestable y fácilmente "removible", esto conduce a atelectasia pulmonar (áreas colapsadas sin gas, no ventiladas). Esto es frecuente en el SDR o EMH, pero sucede en muchas otras patologías, como por ejemplo la apnea de la prematuro, y aun los RN normales tienen áreas de atelectasia.

Flujo: es un volumen de gas en una unidad de tiempo.

Volumen corriente o Volumen tidal: es el volumen de gas o aire que ingresa (en inspiración) y egresa (en espiración) del pulmón en cada ciclo respiratorio. El valor normal del Vt es de 4 a 7 ml/kg en el RN de término. En los de más peso puede alcanzar valores normales de hasta 10 ml/kg, pero disminuye a 3 a 5 ml/kg en los prematuros.

Frecuencia respiratoria: en condiciones normales, es de 35 y 60 respiraciones por minuto. Del ciclo respiratorio, el Ti es breve (0,2 segundos) y el resto del tiempo en cada ciclo respiratorio es para el Te. Recordemos, que el Te debe ser suficiente largo para dejar salir o vaciar todo el aire de los pulmones durante el ciclo espiratorio, sino se puede producir atrapamiento del gas.

Espacio muerto: es un área ventilada pero no perfundida. Existe el EM anatómico (la tráquea y los bronquios) y también el EM fisiológico, áreas dentro del pulmón que se ventilan (o a veces se "sobre ventilan" en VMC) y no están perfundidas. Cuanto más EM exista, mayor es la ventilación desperdiciada, y mayor será la insuficiencia de tipo ventilatoria (menos ventilación alveolar) y más elevada será la $PaCO_2$.

Ventilación alveolar: es la cantidad de gas o aire, o fracción del Vt, que llega a los alvéolos. Está determinada por el flujo de gas, la ctte de T (Cl x Raw) y el Ti. Si la ventilación del EM es constante, las modificaciones en Vt o FR producirán cambios proporcionales en la ventilación alveolar y (en forma inversa) en la $PaCO_2$. O sea a mayor ventilación alveolar, más baja será la $PaCO_2$, y a menor ventilación alveolar mayor será la $PaCO_2$. Por ejemplo, si la ventilación alveolar aumenta 40%, la $PaCO_2$ debe descender 40%. La ventilación alveolar es: Vt x FR - EM.

Ventilación minuto: es la suma de los Vt en un minuto, o sea, el producto de Vt x FR.

Presión inspiratoria máxima: en VMC, en general la presión es positiva, la inspiración es activa y la espiración pasiva.

Relación presión-volumen: La curva presión-volumen establece la relación entre la presión en cm H_2O y el volumen en ml, y permite saber cuántos ml de aire o gas entran (o salen) del pulmón por cada cm H_2O de cambio en la presión. En estas curvas se grafica la presión en el eje horizontal y el volumen en el eje vertical. En la Figura 1 se muestra una curva presión-volumen de un pulmón normal y de un pulmón con déficit de surfactante.

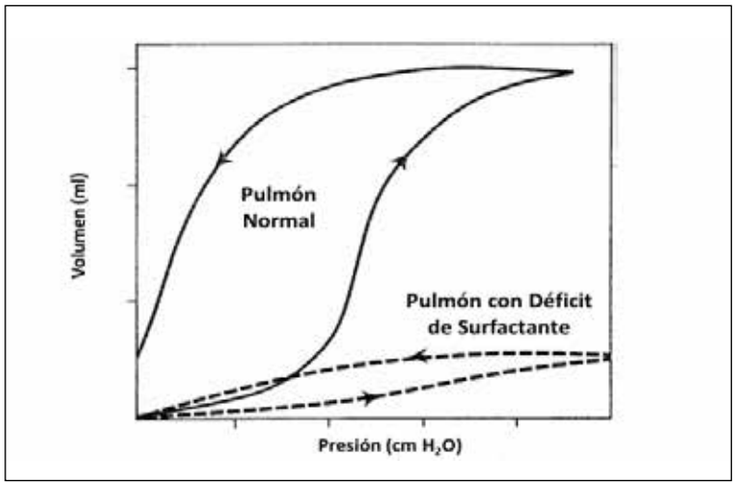
Presión media en la vía aérea: Es el área bajo la curva de presión entregada por el respirador. Queda determinada por la PIM, la PEEP, el Ti, el flujo de gas y la FR utilizados (Figura 2). En general, al aumentar la PAM, au-

menta la PaO_2. PAM excesivas, por encima de lo necesario puede dañar el pulmón o disminuir el retorno venoso. Muchos respiradores calculan y muestran el valor de PAM.

Shunt o cortocircuito intrapulmonar: área perfundida, pero no ventilada. Cuanto más shunt exista, mayor será la insuficiencia respiratoria hipoxémica y más baja será la PaO_2.

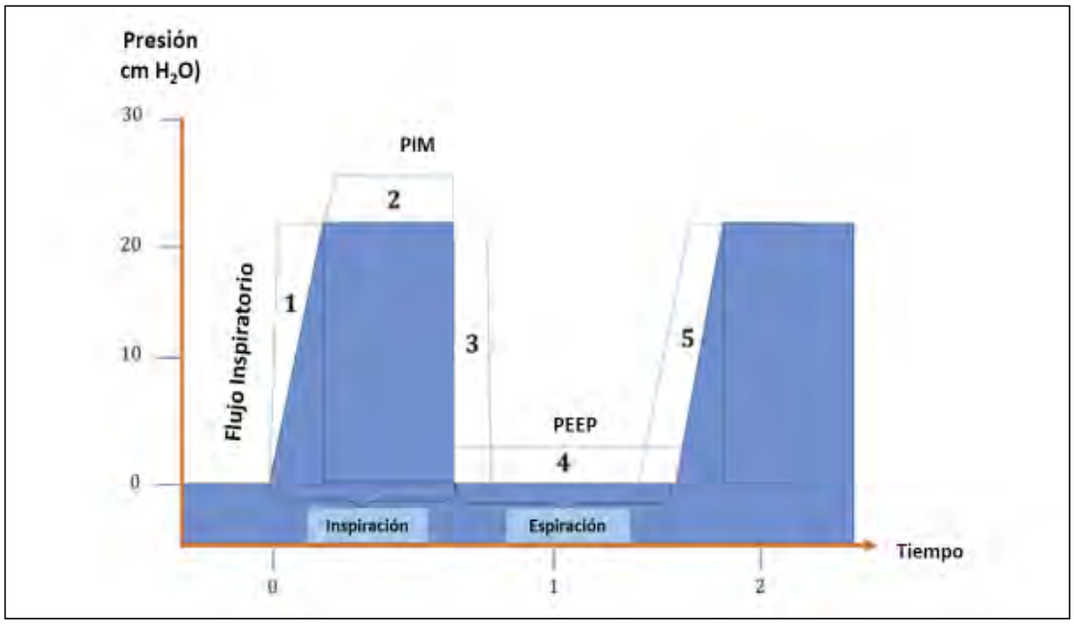
Flujo sanguíneo pulmonar: si llega poca sangre al pulmón, la cantidad de sangre que regresa a la aurícula izquierda por las venas pulmonares es escasa y empeora la oxigenación sistémica.

Figura 1. Curva de P/V en un pulmón normal y con déficit de surfactante.



Fuente: Extraída y modificada de Goldsmith JP, et al. Ventilación Asistida Neonatal. 3ra edición en Español. Editorial Distribuna 2019.

Figura 2. Las 5 variables que modifican la PAM, son el Flujo (1), la PIM (2), el Ti (3), la PEEP (4), y la FR (5).



Fuente: Extraida y modificada de Chakkarapani et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" - Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine 2020; 7: 13-18.

La VMC administra un flujo de aire a una determinada presión, lo que permite un cambio de volumen en el pulmón del RN. Este cambio de volumen depende de las propiedades del pulmón (compliance y resistencia), de

la PIM, del Ti, y del flujo. Cuando la compliance disminuye o la resistencia aumenta el Vc que ingresa al pulmón es más bajo.

Lo primero a la hora de ventilar es hacernos dos preguntas: **¿Conozco mi ventilador?** y **¿Qué puedo hacer con mi ventilador?**, es fundamental que todos los que forman parte del equipo neonatal, conozcan a su respirador, las bondades y defectos.

Recordemos que el aire se mueve por diferencia de presiones, de mayor a menor presión, entonces para inspirar, la presión en el alvéolo debe ser más baja que la atmosférica. Para espirar la presión en el alvéolo debe ser más alta. Al final de la inspiración y de la espiración no hay movimiento de aire, ahí la presión de los pulmones está en equilibrio con la atmosférica. ***Entonces para inspirar puedo***… disminuir la presión alveolar y crear presión negativa **(respiración espontánea)** o aumentar la presión atmosférica y crear presión positiva **(ventilación mecánica)**.

Tradicionalmente se pensaba que el barotrauma (daño por exceso de presión) era el factor más importante de la lesión pulmonar (DBP y escapes de aire), pero actualmente se sabe que el volutrauma (daño por exceso de Vt) es el principal factor de lesión pulmonar. Además, existen otros componentes del daño como el atelectrauma (daño que puede producirse en el pulmón cuando en cada ciclo respiratorio algunos alvéolos se colapsan y pierden la CRF al final de la espiración, y la próxima inspiración distiende bruscamente los alvéolos al abrirlos con gas, generando estiramiento), el biotrauma (daño pulmonar que se produce por injuria por medio de mecanismos celulares e inflamatorios, sustancias o químicos liberados por el uso, muchas veces inadecuado del respirador), además del rheotrauma o trauma producido por el flujo inadecuado.

Parámetros de la Ventilación Mecánica Convencional

PIM

Una vez que elegimos la PIM (preseleccionada), en un Ti determinado, ingresa al pulmón un determinado Vt que depende de la compliance (más duro el pulmón, mas presión se necesita para ingresar el Vt). La PIM óptima es la que excursiona el tórax y mantiene la PaO_2 y $PaCO_2$ esperadas. A la hora de elegir los parámetros considerar: peso, edad gestacional, enfermedad, compliance, resistencia, y clínica del RN. Para comenzar a "settear" o "predeterminar" la PIM, observar que "mínimamente" excursione el tórax (sino subir de 1 a 2 puntos) con el objetivo de que "abra el pulmón", su función es reclutar alvéolos, si se puede no debe ser más alta de 16-20 cm H_2O (en algunas situaciones puede ser más elevada, depende del tamaño del RN). Es el factor más importante del delta p (diferencia entre la PIM y PEEP) que representa al Vt.

Siempre tratar de ventilar con la menor PIM posible, porque a menor PIM menor barotrauma y volutrauma. En alguna situación clínica se deben utilizar PIM elevadas como en SDR o hipoplasia pulmonar. Si utilizan PIM "excesivas", se puede sobredistender (con CRF elevada) el **pulmón** (Figura 3) con disminución del flujo pulmonar, caída del gasto cardiaco, hipotensión, disminución de la diuresis, disminución en el transporte de O_2 a los tejidos (incluso con PaO_2 normal).

¿Cómo nos damos cuenta de que la PIM que utilizamos es la adecuada?

Debe haber excursión del tórax con cada ciclo respiratorio, en la radiología de tórax, la insuflación pulmonar del lado derecho debe ser de 7 espacios y del izquierdo de 7/8 espacios, gases aceptables (prematuros) con PaO_2 de 60-70 mm Hg (según edad gestacional) y $PaCO_2$ de 40-55 mm Hg (depende de cada bebe prematuro y el objetivo deseado por el equipo). SpO_2 de 89-90% a 94%, con él bebe "confortable".

PEEP

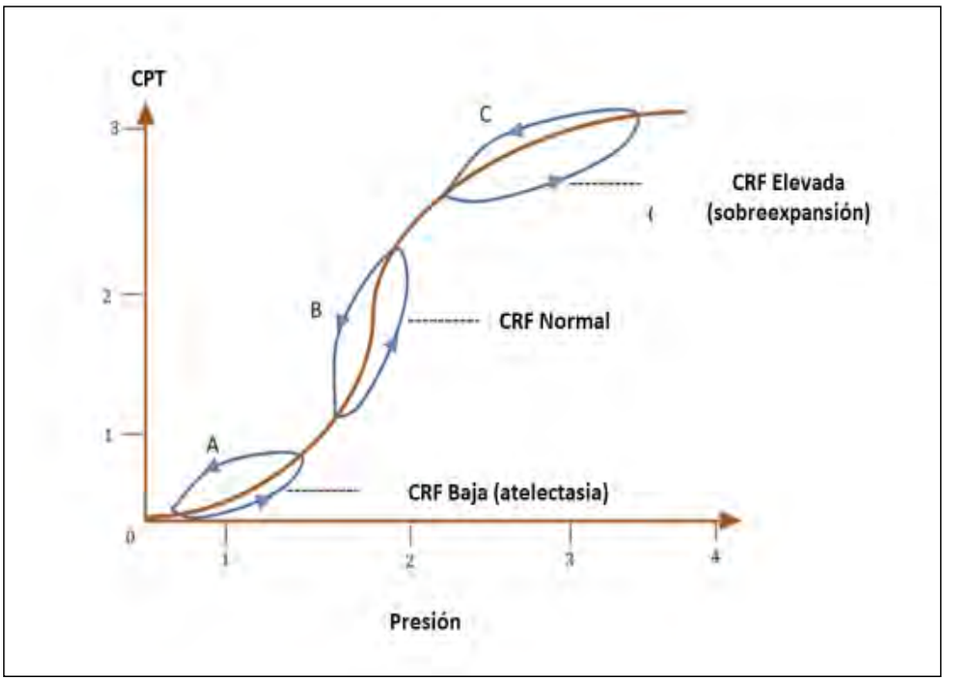
¡Usar siempre! con el objetivo de reclutar y abrir alvéolos. Los valores habituales son 4-6 cm H_2O. Las curvas de presión/volumen pueden ser utilizadas para evaluar si la PEEP utilizada es la óptima. Se denomina PEEP óptima al valor de PEEP que permite la menor PIM para administrar el mayor Vt, logrando la mejor compliance y la mejor oxigenación, sin compromiso hemodinámico del RN. Se debe ir aumentando la PEEP hasta alcanzar la PEEP óptima. Cuando miramos la curva de presión-volumen (Figura 3) y no observamos un ascenso rápido del volumen al inicio de la inspiración desde el valor de la PEEP, es señal de que la PEEP es insuficiente o inadecuada por falta de reclutamiento alveolar (baja CRF) y no se alcanza la presión crítica de apertura alveolar o punto de inflexión inferior. El punto de inflexión inferior se muestra en la Figura 4. En esta situación la presión aumenta, pero no ingresa volumen a ese pulmón. En las situaciones clínicas en las cuales no

se utiliza una PEEP adecuado u óptima, se produce "estiramiento" y las fuerzas de deslizamiento en cada ciclo respiratorio aumentan, y esto conduce a más volutrauma. Cuando utilizamos una PEEP "adecuada u óptima" logramos estabilidad alveolar y mantenemos la CRF. Por ello, cuando administramos surfactante en los casos de déficit (SDR) en aquellos RN que lo requieren, siempre se debe usar PEEP óptima para asegurar una mejor distribución y no mal utilizar este tratamiento.

Tiempo Inspiratorio

El Ti influye sobre las presiones (PAM) y el daño pulmonar por exceso del mismo, así que tratar siempre de utilizar el Ti "optimo". El Ti óptimo es aquel que coincide exactamente con la llegada del flujo inspiratorio a 0 (Figura 5) y a partir de ese punto de coincidencia el flujo inspiratorio se continúa con el espiratorio (esto se ve bien con los respiradores modernos, en las curvas Flujo/Tiempo). Al acortar el Ti, la PAM disminuye con la consiguiente disminución del riesgo de barotrauma. Con Ti demasiado cortos no se alcanza la presión de apertura y se ventila el espacio muerto.

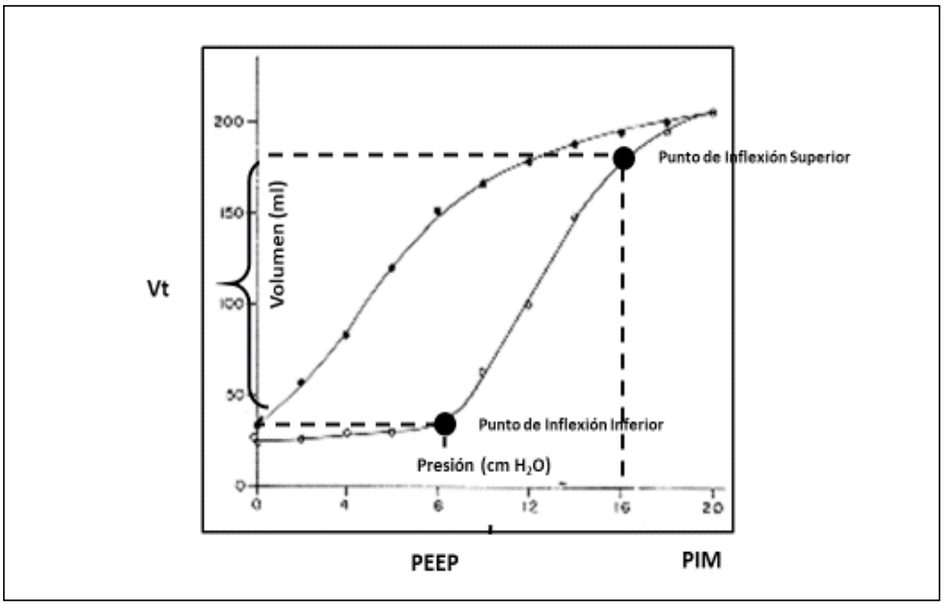
Figura 3. Curva de Presión-Volumen. A. CRF baja con atelectasia pulmonar. B. CRF normal. C. CRF elevada con sobre-expansión pulmonar.



Fuente: Extraida y modificada de Chakkarapani et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" - Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine2020; 7: 13-18.

Relevancia clínica: el Ti normal del RNPT (respirando normalmente) es de aproximadamente 0.30 a 0.35 s y en el RN de término de 0.35 a 0.40 s. Los estudios han demostrado que los bebés muy prematuros respiran más rápido y pueden tener un tiempo tan corto como 0,20 a 0,27 s. Sin embargo, esto puede no ser suficiente para oxigenar y ventilar adecuadamente, si los pulmones están rígidos (con déficit de surfactante). Los prematuros con SDR requieren Ti cortos, no más de 0,25-0,3 s. En alteraciones clínicas o fisiopatológicas con hipoxemia severa (SALAM o DBP) se requieren Ti más prologados de 0.4-0.5 s. En DBP "severa" es necesario utilizar Ti > 0,5 s.

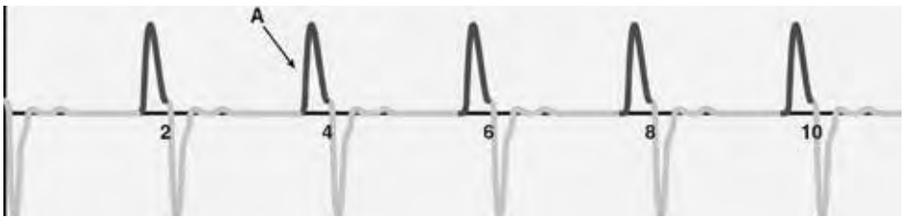
Figura 4. Curva de Presión/Volumen, donde se muestra el punto de inflexión inferior (nivel de PEEP) donde se alcanza la presión critica de apertura, que para este ejemplo es un PEEP de 6 cm H_2O.



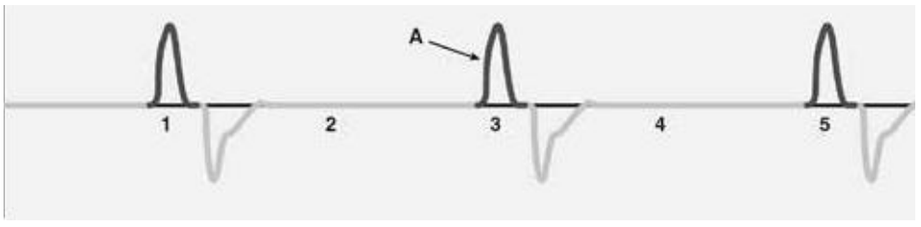
Fuente: Extraída y modificada de Goldsmith JP et al. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

Figura 5. Curva Flujo/Tiempo.

Ejemplo 1: Se observa que el Ti es el adecuado, porque luego de llegar el Flujo a 0 (**A**), comienza la espiración.



Ejemplo 2: Se observa el Ti demasiado largo, porque luego de llegar el Flujo a 0 (**A**), no comienza inmediatamente la espiración. En este caso se deberá descender el Ti.



Fuente: Extraída y adaptada de Donn SM and Mammel MC. Neonatal Pulmonary Graphics. A Clinical Pocket Atlas, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2017-4.

Flujo

Los sistemas de flujo continuo deben satisfacer las necesidades de flujo inspiratorio del RN. Si el flujo es inadecuado, habrá más trabajo respiratorio para el RN. El flujo debe ser igual o mayor al flujo inspiratorio máximo o "pico" del RN. Algunos respiradores modernos entregan el flujo denominado "flujo a demanda". El flujo elevado genera turbulencia. Se recomienda usar el flujo más bajo posible para que el respirador funcione correctamente y alcance los valores preseleccionados. Esto en general se logra con flujos de 4-6 L/min.

Frecuencia Respiratoria

La FR y Vt determinan la ventilación alveolar, si aumentamos la FR mejora la $PaCO_2$, si disminuimos la FR aumenta la $PaCO_2$. Recordemos a la hora de ventilar que si administramos FR elevadas con Ti muy corto (< 3 cttes de T) no se entrega un Vt óptimo y si administramos FR elevadas con Te muy cortos puede aparecer atrapamiento aéreo con deterioro del Vt. Siempre elegir la FR más baja para mantener la $PaCO_2$ deseada u objetivo, y así evitar que el ventilador "golpee" innecesariamente o por "demás", al pulmón del RN.

Manejo de la Oxigenación

Los principales parámetros de la VM que mejoran la oxigenación son:

- Aumento de la PEEP (recluta alvéolos y aumenta la superficie de intercambio).
- Aumento de la FiO_2 (aumenta la PAO_2).
- Aumento de la PAM (a través del aumento del Vt y/o PIM).
- El Ti y la FR también aumentan la PAM, pero es infrecuente que sea necesario aumentarlos para mejorar la oxigenación. El Vt y/o la PIM, el Ti y la FR sólo se deben aumentar si son insuficientes.

Manejo de la $PaCO_2$

La $PaCO_2$ al nacer es de 45-65 mm Hg. En el primer día de vida y en los días siguientes es de 30-34 mm Hg, luego de la 1er semana de vida, es similar al adulto (35-42 mm Hg). El objetivo de $PaCO_2$ para un prematuro que se encuentra en VM es de 40-45 mm Hg (45-55 mm Hg para algunos prematuros muy pequeños).

La disminución de la $PaCO_2$ se logra aumentando la ventilación alveolar (aumento de Vt o PIM y/o aumento de FR), aumentando la PAM, evitando siempre el atrapamiento aéreo y asegurando un Te suficientemente largo para que pueda salir el aire que ingreso en cada ciclo respiratorio. Por el contrario, el aumento de la $PaCO_2$ se logra disminuyendo la ventilación alveolar (disminución del Vt o PIM y/o disminución de FR).

Un problema frecuente es que la $PaCO_2$ difunde rápidamente y es muy cambiante, en VM solo se mide pocas veces por día (salvo que se utilicen monitores transcutáneos de CO_2). Ante modificaciones clínicas (tapón del TET, extubación, TET muy introducido, etc.) o modificaciones del respirador se puede modificar rápidamente, y puede pasar desapercibido por el clínico. Por lo tanto, ante este tipo de situaciones clínicas se debe tomar acciones con **"urgencia"**, con el fin de **"evitar"** o **"corregir"** el aumento de la $PaCO_2$, sus efectos graves y consecuencias perjudiciales, tanto para los RNPT como para los RNT.

Indicaciones para el Inicio de la Ventilación Mecánica

Las indicaciones incluyen, el esfuerzo respiratorio pobre o ausente, signos clínicos de insuficiencia respiratoria, nivel de $PaCO_2$ elevada, requerimientos de oxígeno elevados y persistentes (FiO_2 > 0.50-0.60) y trabajo respiratorio excesivo aún después de haber optimizado el soporte ventilatorio no invasivo (CPAP, VNNI, CAFO).

Criterios de Laboratorio

- Acidosis respiratoria o mixta (pH < 7.20 - 7.22).
- $PaCO_2$ > 50-55 mm Hg.
- Hipoxemia: PaO_2 < 40-50 mm Hg pese al tratamiento con FiO_2 > 50-60% (con soporte respiratorio no invasivo (CPAP, VNNI o CAFO).

Criterios Clínicos

- Dificultad respiratoria importante (quejido, retracción, taquipnea > 60-80 respiraciones por minuto).
- Apneas recurrentes.
- Cianosis central.

Algunos "Consejos" para el Manejo Óptimo de la VMC

- Evaluación clínica **"siempre"** al pie de la cama (incubadora) "del bebe".
- Interpretación exacta de la gasometría.

- Interpretación criteriosa de la radiología de tórax.
- Tubo endotraqueal: diámetro adecuado para que no ocasione daño de la mucosa traqueal. El diámetro 2,5 mm en RN < 1 kg, diámetro 3,0 mm entre 1 y 2 kg, y > 3,5 mm en > 2 kg. Medir la distancia desde la comisura labial con el fin de evitar daño de la carina, intubación de bronquios fuentes o extubación accidental. En RN de 1 kg, introducir hasta 7 cm en comisura labial, en RN de 2 kg, 8 cm y en RN de 3 kg, 9 cm. Para los RN muy pequeños (< 1000 g) introducir 6 a 6,5 cm.
- Siempre administrar gases calentados y humidificados.
- Medir la FiO_2 administrada y SpO_2. Descender la FiO_2 en cuanto haya mejoría de acuerdo al objetivo de saturación deseado.
- Nivel inicial de PIM se determina de acuerdo a excursión torácica. "NO DETERMINAR" nunca por peso, edad gestacional o edad posnatal. De ser necesario ir aumentando de 1-2 cm H_2O.
- Siempre ventilar con PEEP con el fin de evitar estiramiento y desreclutamiento alveolar. PEEP generalmente 4-7 cm H_2O es suficiente.
- En prematuros utilizar Ti cortos, generalmente 0,25-0,3 s.
- Flujos los más bajos posibles (4-6 L/min) para alcanzar la PIM preestablecida.
- Descender la PIM cuanto antes a valores "aceptables" (< 18-20 cm H_2O).
- Si se mide el Vt: usar Vt < 7 ml/kg; en prematuros de 3-5 ml/kg y en RN de termino 4-7 ml/kg.
- En prematuros extremos bajar la PIM y/o la FR, con $PaCO_2$ < 50-52 mm Hg.
- No utilizar analgesia de rutina y nunca o "casi" nunca parálisis muscular.

Extubación

La extubación precoz es más fácil de alcanzar en los RN más grandes, el destete o weaning (en inglés) y la extubación en los RN extremadamente prematuros es un proceso dificultoso y complejo debido a que ellos padecen enfermedades pulmonares más severas, tienen pulmones inmaduros, inmadurez del centro respiratorio, trabajo respiratorio inconsistente y un sistema respiratorio débil.

Se debe intentar la extubación cuando los parámetros están bajos y descendidos (PIM 10-12 cm H_2O, FR 10-20 ciclos por minuto y FiO_2 21-30%) con esfuerzo respiratorio adecuado y sin signos de insuficiencia respiratoria importante (sin retracciones, FR < 40-50 respiraciones por minuto).

Recordar, los respiradores reemplazan o aumentan el esfuerzo respiratorio inadecuado del RN, son simplemente herramientas en nuestras manos que se deben emplear cuidadosamente para optimizar los resultados. Hay muchos dispositivos y modos de ventilación para elegir, con datos limitados de alta calidad para guiar la elección. El objetivo de la ventilación mecánica es mantener un intercambio de gases aceptable minimizando sus efectos perjudiciales, y destetar lo antes posible del soporte invasivo.

Existe una amplia variedad de condiciones clínicas de los RN sin reglas simples que puedan definir las indicaciones para la intubación y el inicio de la ventilación mecánica. No sirven los **"libros de recetas"** que a menudo se proporcionan porque su utilidad es limitada. La elección de las modalidades de apoyo y las estrategias de ventilación deben guiarse según las consideraciones fisiopatológicas, la experiencia clínica y la disponibilidad de recursos.

Respuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita.** Algunas respuestas tienen un pequeño comentario con el fin de explicar lo correcto.

1. En VMC al aumentar la PIM, y/o la PEEP, y/o el flujo, y/o el Ti, y/o la FiO_2 se aumenta también la PAM o MAP, y como consecuencia del aumento de la misma, se mejora la oxigenación.

a. Verdadero.

b. Falso.

Si bien es cierto que tanto la PIM, PEEP, Ti y FiO_2 aumentan la oxigenación. La FIO_2 no aumenta la PAM. El aumento la de oxigenación lo hace a partir del aumento de la PAO_2.

2. Señale la opción correcta. ¿La oxigenación mejora al aumentar?

a. PEEP.

b. FiO_2.

c. PIM.
d. Frecuencia respiratoria.
e. Todas son correctas.

Si bien todas las opciones son correctas ya que al aumentar la PEEP, PIM, FiO_2 y FR se aumenta la oxigenación, el aumento de la FR no es una estrategia que se utilice para aumentar la misma, salvo que la misma sea muy baja.

3. Ante un RN en VMC con hipercapnia (↑ $PaCO_2$) para disminuir la $PaCO_2$ se puede aumentar la FR, aumentar la PIM o disminuir el Vt
a. Verdadero.
b. Falso.

Es cierto que para disminuir la $PaCO_2$ se puede aumentar la FR y la PIM, pero al disminuir el Vt aumentara la $PaCO_2$.

4. ¿En qué situaciones clínicas generalmente se deben utilizar PIM elevadas?
a. Destete de la ventilación mecánica.
b. Apneas.
c. Hipoplasia pulmonar.
d. En la mayoría de las cardiopatías congénitas cianóticas.
e. Ninguna opción es correcta.

En situaciones clínicas como apneas, destete de la VMC o cardiopatías congénitas cianóticas no se requiere utilizar PIM elevadas, a diferencia de hipoplasia pulmonar que si requiere de presiones elevadas.

5. Señale la opción incorrecta.
a. La relación entre la PAM o MAP y la oxigenación es siempre lineal, o sea siempre que aumenta la PAM mejora la oxigenación.
b. Al utilizar PIM excesivas, se puede "sobredistender" el pulmón, produciendo la elevación de la capacidad residual funcional con Vt pequeños, lo que se traduce en hipercapnia e hipoxemia, con caída del gasto cardíaco, la diuresis y acidosis metabólica.
c. En RN prematuro con déficit de surfactante (distensibilidad disminuida) al aumentar la PIM, el aumento del Vt será bajo.
d. Al utilizar PEEP excesivas, se puede "sobredistender" el pulmón, aumentar la presión intratorácica, aumentar la resistencia vascular pulmonar con hipoflujo pulmonar e hipoxemia.

La relación entre el aumento de la PAM y la mejoría de la oxigenación, no es siempre lineal, por qué si aumentamos en forma excesiva la PAM podemos sobredistender el pulmón con disminución del flujo pulmonar, caída del gasto cardiaco, hipotensión, disminución de la diuresis, disminución en el transporte de O_2 a los tejidos (inclusive con PaO_2 normal).

6. ¿Cómo nos damos cuenta en un prematuro de que la PIM que utilizamos es la adecuada?
a. El RN presenta una ligera excursión del tórax.
b. Insuflación pulmonar: campo derecho 7 espacios e izquierdo 7/8 espacios.
c. Gasometría adecuada: PaO_2 60-80, $PaCO_2$ 40-55.
d. Saturación de O_2: 89-90% a 94%.
e. Todas son correctas.

7. Señale la opción correcta.
a. Uno de los principales inconvenientes de la VMC es la asincronia entre el RN y el ventilador.
b. En la actualidad, se cree que el componente más importante de la lesión asociada al respirador es el daño causado por el exceso de presión (barotrauma).
c. En la actualidad se cree que el componente más importante de la lesión asociada al respirador es el daño causado por el exceso de volumen (volutrauma).
d. Opciones a y b son correctas.
e. Opciones a y c son correctas.

Uno de los principales problemas de la VMC es la asincronia entre el RN y el respirador, lo que puede alterar la gasometría, alterar el flujo sanguíneo cerebral (en prematuros los predispone a mas lesiones cerebrales), y en la actualidad se sabe que el principal componente de la lesión asociada al ventilador es el volutrauma.

8. **Señale la opción incorrecta en relación a la frecuencia respiratoria.**

a. La FR y Vt determinan la ventilación minuto, si aumentamos la FR mejora la $PaCO_2$, si disminuimos la FR aumenta la $PaCO_2$.
b. Si administramos FR elevadas y Te muy cortos puede aparecer atrapamiento aéreo con deterioro del Vt.
c. Siempre elegir la FR más baja para mantener la $PaCO_2$ deseada u objetivo, y así evitar que el ventilador golpee innecesariamente o por "demás". al pulmón del RN.
d. **Una FR de 35 por minuto, es casi igual que una FR de 45 por minuto, ya que no causa injuria pulmonar una diferencia de 10 ciclos por minuto.**

Una FR de 35 por minuto, "No" es igual que una FR de 45 por minuto, ya que esa diferencia 10 ciclos por minuto es causa de injuria pulmonar. Si se calcula la diferencia de 35 ciclos por minuto a 45 ciclos por minuto, en un día (1440 minutos) se estará golpeando innecesariamente el pulmón 14400 veces o ciclos de más.

9. **¿Cuál es la opción correcta en relación a la PEEP?**

a. En un RN prematuro con apneas, utilizar PEEP no mayores a 2-3 cm H_2O.
b. En un RN prematuro con DBP grave hay que usar PEEP de 2 a 3 cm H_2O para no sobredistender el pulmón.
c. **¡Usar siempre! PEEP en el RN prematuro con el objetivo de reclutar y abrir alvéolos. Los valores habituales de comienzo son 4-6 cm H_2O.**
d. Cuando se utilizan FR elevadas (40-50-60 x minuto), se deben utilizar PEEP bajas de solo 2-3 cm H_2O para evitar el denominada PEEP "inadvertida".

Siempre a la hora de ventilar RN y más prematuros se debe usar PEEP con el objetivo de reclutar, y abrir le pulmón. En prematuros se debe comenzar con 4-6 cm H_2O, inclusive a veces es conveniente aumentar algún punto más. Cuando ventilamos a un prematuro por apneas también se debe aplicar PEEP (generalmente 4-5 cm H_2O). En RN con DBP también se debe utilizar PEEP para evitar el colapso al final de la espiración, inclusive los bebes con DBP "severa" se pueden utilizar niveles de 6 a 8 cm H_2O. Cuando se utilizan FR elevadas se deben evitar los Te prolongados para evitar el denominado PEEP "inadvertido y se pueden usar niveles de 4-6 cm H_2O.

10. **Señale la opción correcta en relación al tiempo inspiratorio**

a. La mayoría de los prematuros requieren Ti del orden de los 0.3 a 0.5 s.
b. Generalmente los bebes con DBP "severa" requieren Ti < 0.5 s.
c. Los RN con aspiración meconial requieren Ti cortos 0.2 a 0.3 s (con el fin de evitar el barotrauma), ya que presentan la resistencia y la compliance disminuida (Ctte de T breve).
d. **Los prematuros con SDR requieren Ti cortos, no mayores a 0.25-0.3 s.**

Los prematuros con SDR requieren Ti cortos de 0.25-0.3 s, ya que tienen la distensibilidad disminuida y con la ctte de T corta, por lo tanto, los Ti de hasta 0.3 s son adecuados para ingresar el Vt. Los RN con DBP "severa" generalmente requieren Ti > 0.5 s. Los RN con aspiración de meconio presentan ctte de T prolongada (por predominar la elevada resistencia) y generalmente Ti de 0.4-0.5 s, son adecuados.

Bibliografía

- Bancalari E, Claure N, y Jain D. Neonatal Respiratory Therapy. Avery's Diseases of the Newborn, 45, 632-652.

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" e Part 1: Basics. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 13 -18.

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts in assisted mechanical ventilation in the neonate" - Part 2: Understanding various modes of mechanical ventilation and recommendations for individualized disease-based approach in neonates. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 201 – 208.

- Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced Lung Injury: Lessons from Experimental Studies. Am J Resp Crit Care, 1998; 157:294.

- Donn SM, Mammel MC. Neonatal Pulmonary Graphics. A Clinical Pocket Atlas, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2017-4.

- Donn S, Sinha S. Manual de asistencia respiratoria en neonatología. 4ta edición. Editorial Ediciones Journal, 2019.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en Español. Editorial Distribuna 2019.

- Grupo respiratorio neonatal de la sociedad española de neonatología. Coordinador. J. Pérez Rodríguez. Recomendaciones sobre ventiloterapia convencional neonatal. An. Esp. Pediatr. 2001; 55: 244-250.

- Hernandez LA, Peevy KJ et al. Chest Wall restrition limits high airway pressure – induced lung injury in joung rabbits. J Appl Physiol, 1989; 66:2364

- Keszler M. Mechanical ventilation strategies. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2017; 22: 267-274.

- Keszler M, Chatburn R. Assisted Ventilation of the Neonate, 15, 140-152. Copyright © 2017 by Elsevier.

- Reiterer F, Schwaberger B, Freidl T, Schmolzer G, Pichler G, Urlesberger B. Lung-protective ventilatory strategies in intubated preterm neonates with RDS. Paediatric Respiratory Reviews, 2017; 23: 89–96.

- Sánchez Luna M. Asistencia respiratoria neonatal, tendencia actual. An. Pediatr. (Barc), 2.009; 70: 107-10.

- Sola A, Rogido M. Cuidados especiales del feto y recién nacido. Volúmenes I y II; Editorial Científica Interamericana, Buenos Aires, 2.001.

- Sola A. Cuidados Neonatales: Descubriendo la vida de un recién nacido, Volúmenes I y II. Editorial Edimed, Buenos Aires, 2011.

Capítulo 5

Modalidades Ventilatorias Sincronizadas

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre las Modalidades Ventilatorias Sincronizadas?

Para comenzar a introducirnos en las modalidades ventilatorias sincronizadas, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. La ventilación mandatoria intermitente sincronizada o SIMV es una modalidad ventilatoria ciclada por tiempo y limitada por presión/volumen, donde se sincronizan algunas respiraciones del RN con los ciclos del respirador.

a. Verdadero.
b. Falso.

2. ¿Cuál o cuáles son los principales problemas de la modalidad SIMV?

a. Respuesta a un esfuerzo respiratorio falso (por ejemplo, hipo).
b. Auto-ciclado.
c. Falla en detectar el esfuerzo respiratorio del RN.
d. Obstrucción del traductor por secreciones o agua.
e. Todas correctas.

3. Señale la opción correcta en relación a las ventajas de la modalidad SIMV.

a. Menor variabilidad del flujo sanguíneo cerebral y de la presión arterial.
b. Menor consumo de O_2 y aumento de la PaO_2.
c. Menor fatiga diafragmática y menor trabajo respiratorio.
d. Mejoría de la compliance.
e. Opciones a, b y c correctas.
f. Opciones a, b, c, y d correctas.

4. ¿En relación a la modalidad ventilatoria con presión de soporte, cual es la opción correcta?

a. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por tiempo, en donde la FR y el Ti son fijos.
b. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por tiempo, en donde la FR y el Ti son variables.
c. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por flujo, en donde la FR y el Ti son variables.
d. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por flujo, en donde la FR es variable y el Ti fijo.

5. La presión de soporte es una modalidad que se diseñó para asistir el esfuerzo respiratorio del RN, cuando se activa la respiración, se administra flujo en la vía aérea del RN y se eleva la presión rápidamente hasta el nivel preseleccionado que ayuda a disminuir el trabajo respiratorio impuesto por la resistencia (TET, circuito, etc).

a. Verdadero.
b. Falso.

6. En la modalidad asistida controlada cada ciclo del respirador es desencadenado por el esfuerzo respiratorio del RN, pero cuando es ciclada por tiempo el Ti lo determina el operador, y si es ciclada por flujo (PSV o CPAP/PS) el Ti lo determina el RN.

a. Verdadero.
b. Falso.

7. ¿Cuál es el mejor sistema de sincronización según el tipo de señal, pero que requiere entrenamiento para la colocación y es más costoso?

a. Por detección de los movimientos abdominales.
b. Por cambios de flujo en la vía aérea.
c. Sistema NAVA (ventilación ajustada neuronalmente).
d. Por cambios de presión en la vía aérea.
e. Por impedancia torácica.

8. ¿Cuál no es un tipo de ciclado?
a. Ciclado por tiempo.
b. Ciclado por volumen.
c. Ciclado por presión.
d. Ciclado por flujo.

9. Señale la opción incorrecta en relación a la modalidad asistida controlada.
a. La sincronía puede disminuir la necesidad de sedantes/paralizantes y el RN estar más "confortable".
b. Si hay "buena" respuesta, el RN se tranquiliza, no "pelea" con el respirador, y mejora la mecánica respiratoria.
c. El destete se produce al igual que en VMC, disminuyendo la PIM (o Vt) y la FR.
d. En esta modalidad, "si no hay respuesta" el RN puede aumentar la FR (se acorta el tiempo espiratorio), y esto se puede traducir en hiperventilación, atrapamiento y mayor injuria pulmonar.

10. El modo ventilatorio presión de soporte se puede aplicar en modalidad SIMV (asociada a SIMV) o de manera independiente en la modalidad asistida controlada, en este caso se denomina PSV o CPAP/PS (ventilación con presión de soporte).
a. Verdadero.
b. Falso.

Introducción

Para comenzar a comprender a las modalidades sincronizadas, tenemos que pensar que en la práctica neonatal diaria hay confusión, esto se debe a muchas circunstancias, como la introducción de nuevas tecnologías sin la capacitación adecuada, falta de una terminología común y simple por parte de los fabricantes (modalidades similares se denominan de diferente manera en los diferentes ventiladores), falencias en la educación del personal, y diferencias entre lo que las personas aprenden, transmiten y llega a cada RN enfermo..

Recordemos la ventilación artificial en el RN...

Intenta OBTENER:
- Un intercambio de gases adecuado/aceptable.
- Con volúmenes corrientes pequeños.

Intenta EVITAR el daño por:
- Grandes Vt.
- Sobreexpansión pulmonar.
- Hipocapnia/hipercapnia.
- Hipoxia/hiperoxia.

La VM se utiliza en pacientes graves o no tan graves con…… síndrome de dificultad respiratoria o enfermedad de membrana hialina, síndrome de aspiración meconial, neumonía, hipoflujo pulmonar, hipoplasia pulmonar, apneas, cardiopatías, por nombrar algunas patologías.

Las modalidades de ventilación mecánica pueden ser controlados por presión, por volumen o híbridos. En la ventilación controlada por presión, el ventilador suministra un flujo de gas hasta llegar a la presión preestablecida por el operador. En la ventilación controlada por volumen, el ventilador entrega el volumen preestablecido por el operador. Los modos híbridos combinan las dos modalidades.

Ventilación Controlada por Presión

Ha sido la modalidad más utilizada durante varias décadas. El aire o gas se impulsa hasta alcanzar la presión máxima preestablecida para superar la resistencia de las vías respiratorias y del pulmón, y las fuerzas elásticas para abrir el pulmón e ingresar un Vc. La forma de onda del flujo es de tipo **"sinusoidal"** (desacelerada, con flujo variable) como se observa en la Figura 1. Sin embargo, es muy importante monitorear la distensibilidad pulmonar cambiante con el fin de evitar la ventilación insuficiente o excesiva produciendo atelectasias o hiperinsuflación pulmonar respectivamente..

En prematuros con SDR, al mejorar la distensibilidad luego de la administración de surfactante, al entregar una presión constante se puede sobreexpandir el pulmón que previamente presentaba atelectasia. De manera similar,

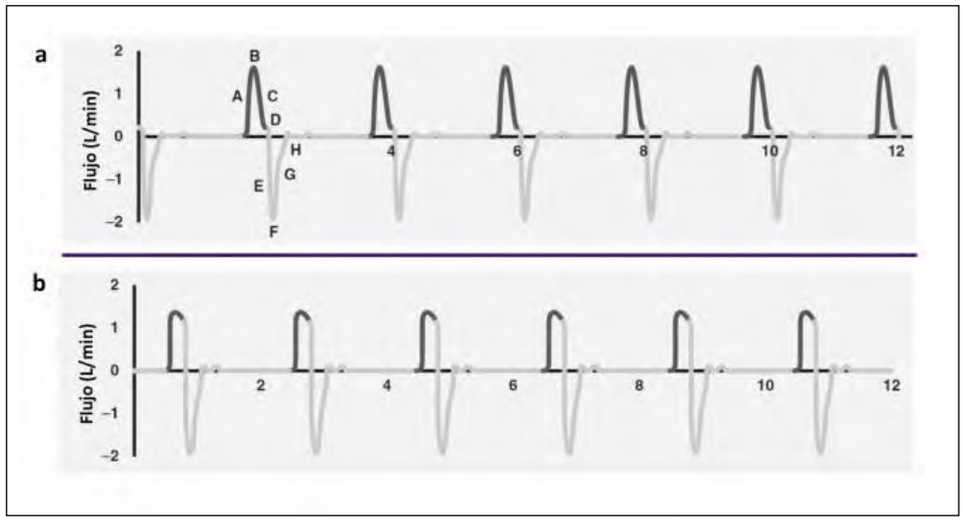
si la distensibilidad pulmonar disminuye con la progresión de la enfermedad, es posible que la presión máxima no proporcione el nivel deseado y por lo tanto no se alcance el Vc que el bebe necesita y esto llevar a atelectasia progresiva. Ambas situaciones, atelectasia o sobreexpansión podrían no ser detectados a menos que sean monitoreadas por gases en sangre o por la revisión cuidadosa de los gráficos pulmonares (incluyendo monitorización del Vt) con los ventiladores modernos.

Ventilación Controlada por Volumen

El avance en la tecnología con los microprocesadores ha dado como resultado la capacidad de medir y entregar Vc pequeños. Se sugiere que el rango del volumen corriente neonatal es de 4-6 ml/kg. Los Vc excesivos aumentan el riesgo de lesión por sobredistensión, mientras que los Vc bajos o inadecuados pueden resultar en colapso pulmonar y atelectrauma. En la ventilación por volumen, el ventilador aumenta o disminuye la presión máxima o PIM para entregar el volumen preestablecido por el operador, de acuerdo a la distensibilidad y resistencia pulmonar. La forma de onda de flujo en este tipo de ventilación es de forma **"cuadrada"** (flujo continuo) como se muestra en la Figura 1.

La ventilación por volumen clásica, utilizada en pacientes adultos y pediátricos, no tuvo buenos resultados en el RN, por eso no se utiliza en la actualidad, pero la desarrollada para el RN (hibrida) es en la actualidad el modo preferido por muchos neonatólogos con el fin de limitar la lesión asociada a respirador. Se ha demostrado que reduce la incidencia del resultado combinado de DBP/muerte, hemorragia intraventricular grave, neumotórax y duración de la ventilación en prematuros.

Figura 1. En a: se muestra la forma de onda sinusoidal (ventilación por presión). A medida que comienza la respiración, hay una aceleración del flujo inspiratorio. desde la línea de base de flujo cero (A) hasta su valor máximo, el pico de presión inspiratorio (B). El flujo luego desacelera (C) de regreso al flujo cero (línea de base), donde termina la inspiración (D). Luego, el flujo se invierte en la espiración, a medida que el flujo de gas que sale de las vías respiratorias se acelera (E), alcanza su punto máximo de flujo espiratorio (F), luego se desacelera (G) hasta que el flujo cesa al final de la espiración (H). En b: Se muestra la forma de onda cuadrada (ventilación por volumen). El flujo inspiratorio es continuo, en lugar de variable, y produce una forma de onda "cuadrada".



Fuente: Extraída y adaptada de Donn SM and Mammel MC. Neonatal Pulmonary Graphics. A Clinical Pocket Atlas, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2017-4.

Modos Híbridos

Los modos híbridos combinan los beneficios de administrar un Vc más estable con una presión limitada. La principal ventaja es que permite corregir las pérdidas del Vt inspirado secundarias a fugas o compresión en el circuito (esto no ocurre con la ventilación por volumen clásica). Este tipo de ventilación produce un ajuste automático de la presión de una respiración a otra, en función de la medición del Vt espirado de las respiraciones previas, ya sea para aumentar o disminuir la presión máxima necesaria para administrar el volumen preestablecido. La más utilizada de todas es la ventilación con volumen garantizado (VG). Otras no tan utilizadas son la ventilación por

volumen tidal objetivo (VTO), la ventilación con presión regulada y volumen controlado (PRVC) y la ventilación por volumen asegurado-presión de soporte (VAPS). Estos modos están disponibles en varios ventiladores.

Aclarando algunos conceptos…

En cualquier modo de ventilación es importante saber, cómo es la entrega del volumen minuto y en ventilación convencional está determinada por:

- **Cómo es iniciada la respiración**: gatillado o disparada por el paciente (modos asistidos) o por el venti lador (modos controlados)
- **Cómo es regulado el volumen tidal** entregado (ej. controlado por volumen, por presión, o hibrido)
- **Cómo es finalizada la respiración:** tipo de ciclado (ej. ciclada por tiempo, volumen o flujo) En el ciclado por tiempo la inspiración finaliza cuando un tiempo predeterminado es alcanzado, en el ciclado por volumen la inspiración finaliza cuando cierto volumen es alcanzado., y en el ciclado por flujo la inspiración termina cuando el flujo disminuye a un porcentaje programado del flujo pico inspiratorio.
- y la **frecuencia del ventilador**.

Para entender la ventilación mecánica sincronizada, hay que entender tres parámetros principales que controlan las fases de la mecánica de cada ciclo del respirador.

1. Disparo y Sincronización

La sincronización permite que el RN no **"pelee"** o **"luche"** contra el respirador, lo que se traduce en más confort para el mismo. La VMC (no sincronizada), muchas veces produce que el RN este desadaptado con el respirador, es decir el respirador vaya por un lado y la respiración espontanea del bebe por el otro (Figura 2).

Figura 2. Las ondas de presión y flujo indican la falta de sincronía entre las insuflaciones del ventilador y el esfuerzo respiratorio espontáneo del RN.

Fuente: Extraída y modificada de Keszler M y Mammel MC. Assisted Ventilation of the Neonate, 2017, 18: 180-187.e1.

El disparo controla el inicio de la inspiración en sincronía con el respirador. Cuando utilizamos sensores de flujo (son los más usados) entre el TET y la pieza en Y del circuito respiratorio ellos detectan los pequeños movimientos del flujo al iniciarse la inspiración del RN, y se activa el respirador para iniciar un ciclo del respirador y apoyar la respiración. En esencia, la activación intenta sincronizar el inicio de la respiración del RN con el inicio del ciclo del ventilador, proporcionando la presión o el volumen preestablecidos. Existen diferentes tipos de señal para la sincronización (Tabla 1). El más utilizado en la actualidad es por cambios de flujo en la vía aérea. El sistema de sincronización **NAVA** (ventilación asistida neuronalmente) es un dispositivo que sincroniza la ventilación mediante la detección de la actividad eléctrica diafragmática a través de electrodos (Edi) colocados en una sonda oro/nasogástrica. No sólo sincroniza las respiraciones del RN con el respirador, sino que la presión inspiratoria es proporcional al esfuerzo del paciente (Figura 3). Aunque es costoso, más invasivo, y requiere entrenamiento para su colocación.

La sincronización es uno de los pocos avances en tecnología de ventilación que ha demostrado en estudios mejorar los resultados a corto plazo. Idealmente, el gatillo, trigger o nivel de disparo, debe configurarse de manera óptima según el tamaño y peso del RN.

Tabla 1. Tipos de señal de sincronización.

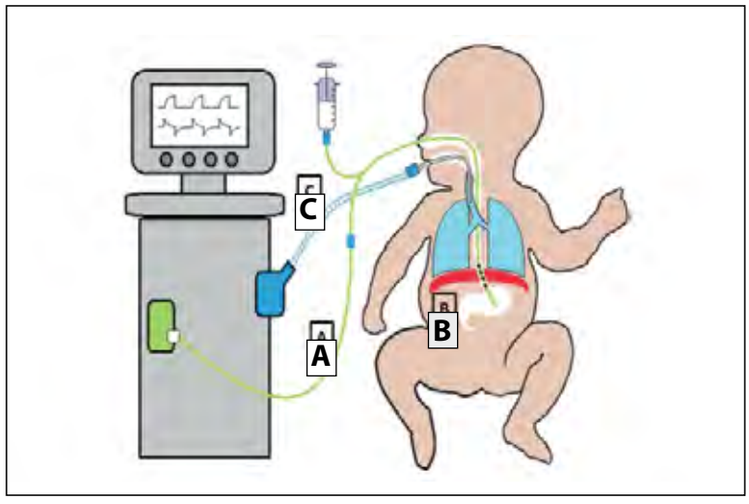
TIPO de SEÑAL	Detector	Tiempo de Respuesta (ms)	Ventajas	Desventajas
Movimiento Abdominal	Cápsula de GRASEBY	40-60	Fácil de usar Sin auto-disparo	Colocación compleja No mida Vc
Flujo en Vía Aérea	Anenómetro de alambre caliente	5-100	Fácil de usar Mide Vc y VM	Auto disparo, RN debe superar el umbral flujo
Presión en Vía Aérea	Traductor de Presión	40-100	Fácil de usar	Mayor umbral de activación
Impedancia Torácica	Electrodos de ECG	40-80	Fácil de usar	No mide Vc, colocación incorrecta del electrodo, Gel
NAVA (Ventilación Asistida Neuronalmente	Catéter Esofágico (Sensor EDI)	1-5	Mejoría de la Sincronía	Costoso Entrenamiento para la colocación

Fuente: Extraída y modificada de Goldsmith JP, et al. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

2. Límite de Insuflación

Una vez que la válvula inspiratoria se abre después de la sincronización inspiratoria, el respirador limita el suministro de gas en función de la modalidad de ventilación, si es por presión o volumen. En ventilación por volumen, el flujo de gas inspiratorio está controlado, mientras que, en ventilación por presión, la presión máxima preestablecida se modifica para limitar el flujo de gas a lo largo del gradiente de presión. Después de un intervalo establecido, que puede controlarse por tiempo o por flujo, el respirador abre la válvula espiratoria permitiendo la salida del aire.

Figura 3. Sistema NAVA (ventilación asistida con ajuste neuronal). Electrodos en el catéter Edi (A) detectan la actividad eléctrica del diafragma (B) y desencadenan una inspiración del ventilador (C).



Fuente: Extraída de van Kaam AH, et al. Pediatric Reserch. 2019. https://doi.org/10.1038/s41390-019-0704-1.

3. Ciclado

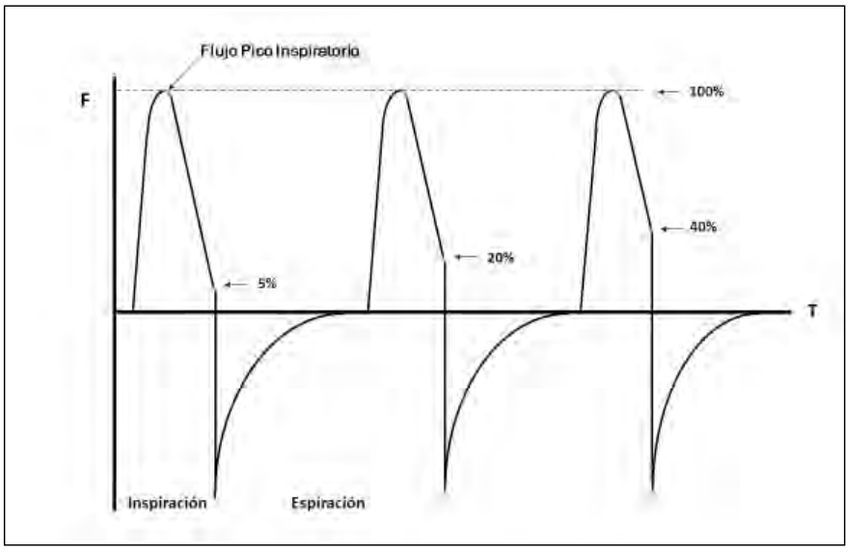
El tipo de ciclado controla el fin de la inspiración y el inicio de la espiración. Los ventiladores pueden ser configurados para ciclado por tiempo o flujo cuando utilizamos la ventilación por presión. En el **ciclado por tiempo**,

la inspiración finaliza luego del tiempo inspiratorio preestablecido (por ejemplo, 0,3 o 0.4 s), y luego comienza la fase espiratoria.

En el **ciclado por flujo**, el sensor detecta el flujo inspiratorio pico o máximo, luego se enlentece, comienza a descender, y cuando llega a un 15%, 25%, o 40% (esto lo determina el operador) cesa la inspiración y comienza la fase de espiratoria (Figura 4). En el ciclado por tiempo la inspiración tiene un tiempo fijo (ejemplo: 0.4 s) y en el ciclado por flujo, el tiempo inspiratorio es variable (ejemplo: 0.26 s o 0.33 s), ya que lo determina cada RN.

En ventilación por volumen, el tipo de **ciclado es por volumen**, como se muestra en la Figura 1 **(b)**, la inspiración finaliza luego de haber sido entregado el Vt o Vc preestablecido (ejemplo: 4 ml) en el Ti prefijado, y luego comienza la fase espiratoria. En la modalidad PSV con objetivo de volumen, el Ti lo determina el RN y el operador solo preestablece el Ti máximo para entregar el Vt preseleccionado.

Figura 4. Ciclado por Flujo. F (flujo), T (tiempo). Se muestran 3 ejemplos del cese de la inspiración, cuando llega al 5%, 20% y 40% del flujo pico inspiratorio. Este límite lo regula el operador.



Fuente: Extraída y adaptada de Goldsmith JP, et al. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

Principales Modos Ventilatorios Sincronizados

Los modos ventilatorios sincronizados o ventilación activada por el paciente, aparecieron con los microprocesadores que permitieron administrar asistencia respiratoria en respuesta a una señal proveniente del RN (esfuerzo respiratorio espontáneo). En ventilación controlada por presión, la PIM la ajusta el operador. El ventilador entrega el flujo necesario para alcanzar esa presión durante el tiempo inspiratorio preestablecido. El volumen administrado en este tipo de ventilación varía según la distensibilidad, mientras que la PEEP, ayuda a mantener el pulmón distendido y a preservar la CRF óptima.

Ventajas de la Sincronización:

- Menor variabilidad del flujo sanguíneo cerebral.
- Menor variabilidad en fluctuaciones de la presión arterial.
- Aumento de PaO_2 con iguales parámetros del respirador.
- Menor consumo de oxígeno.
- Menor fatiga diafragmática.
- Menor trabajo respiratorio.
- Más confort.
- Mejor distribución de la ventilación.
- Mejor relación ventilación/perfusión.

Problemas de la Sincronización

- Respuesta a un esfuerzo respiratorio falso, ya que los sistemas pueden confundir el hipo como un esfuerzo inspiratorio.
- Auto-ciclado, el respirador se dispara sin mediar esfuerzo inspiratorio (por la presencia de agua en el circuito, pérdidas o fugas peritubo endotraqueal).
- Falla en detectar un esfuerzo inspiratorio. Esto ocurre cuando el paciente no alcanza el umbral de sensibilidad (ej. cuando los esfuerzos respiratorios son muy leves), o cuando hay un problema mecánico en el sistema como obstrucción del transductor o sensor.

La forma más sencilla de verificar si el aumento de la frecuencia del respirador es causado por auto-ciclado o no, es cambiar brevemente el ventilador al modo CPAP. Si hay auto-ciclado, la FR del RN disminuye, pero si la FR no disminuye, lo que indica que la frecuencia del ventilador es generada por el RN, habrá que buscar la causa del aumento de la FR del bebe.

Las principales modalidades sincronizadas son: la ***Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada o SIMV, la Ventilación Asistida Controlada o AC y la Ventilación con Presión de Soporte o PS.***

Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada

Es un modo ventilatorio, en el cual algunos ciclos del ventilador están sincronizados con el inicio de una respiración espontánea del RN (si se alcanza el umbral de gatillado). La frecuencia programada debe ser menor que la FR del RN por lo que las respiraciones espontaneas que superen dicha frecuencia programada, son soportadas únicamente por la PEEP, el flujo y la FiO_2 programadas (a menos que se le agregue PS, que describiremos más adelante en este capítulo). Es ciclada por tiempo, y puede ser **controlada por presión** o **volumen**.

El esfuerzo inspiratorio del RN, es el que determina la sincronización de la ventilación mecánica, el mismo es detectado a través de diferentes mecanismos: cambio en el flujo de la vía aérea a través de un anemómetro de cable caliente o un transductor de presión diferencial, cambio en la presión en la vía aérea, impedancia torácica, etc. La SIMV es en parte similar a VMC o VMI, excepto que los ciclos del ventilador se entregan en sincronía con el inicio de la inspiración espontánea del RN.

En esta modalidad el respirador está diseñado para entregar respiraciones después de cierto período de apnea. Cuando hay apnea prolongada de cualquier causa, el respirador funciona como VMC. En estos casos, en los que el RN no tiene ningún esfuerzo respiratorio espontáneo (por causa clínica o farmacológica), el respirador cicla regularmente por sí mismo (modo VMC).

El Vt entregado al RN, puede ser desigual o variar de un ciclo a otro, dependiendo de la compliance y resistencia, especialmente en la fase aguda de la enfermedad pulmonar y puede aumentar el trabajo respiratorio durante la fase de destete debido a la elevada resistencia de las vías respiratorias. En este modo, el operador controla las presiones (PIM y PEEP), el Ti, la sensibilidad del gatillado (trigger) y la FR. El destete se realiza al igual que la VMC, bajando PIM o Vt y FR.

Entonces… para explicar y comprender mejor esta modalidad, citamos un ejemplo: el RN respira 30-50-70 veces por minuto, el ventilador se gatilla o inicia un ciclo respiratorio (con la PIM y el Ti elegido) en "**ALGUNAS"** de las respiraciones espontáneas del bebe, según la frecuencia que se ha elegido (ejemplo: 35 ciclos por minuto). El resto de tiempo el RN respira con la PEEP, FiO_2 y flujo predeterminados. la FR total sera la frecuencia del respirador + la FR del RN.

Sin embargo, recordemos que no todos los respiradores son iguales, no todos hacen lo mismo, y no todos hacen lo que dicen que hacen.

Esto depende de varias cosas:

- Localización del sensor: ¿vía aérea proximal? ¿distal, en el respirador? ¿rama inspiratoria?
- Tipo de sensor (¿flujo? ¿presión?).
- Sensor del respirador adecuadamente sensible para el RN.
- Que los esfuerzos del RN superen el "umbral" de detección del sensor del respirador.

Resumiendo

- Cada ciclo del respirador es desencadenado por una respiración espontánea del RN.
- Pero las veces que esto sucede depende de la frecuencia elegida por el operador y la FR del RN.
- Si la FR del RN es > que la elegida para el respirador, algunas respiraciones espontáneas NO inician una respuesta del respirador.
- El neonatólogo es quien decide cuántas respiraciones espontáneas del RN se sincronizarán con el respirador.

Ventilación Asistida Controlada

En esta modalidad, cada esfuerzo respiratorio del RN o cada inspiración espontánea es **asistida** por un ciclo del ventilador o desencadena un ciclo del respirador. Si el ventilador no detecta respiraciones espontáneas debido a apnea o a un esfuerzo respiratorio débil, se proporciona una respiración mecánica de respaldo o de back-up, con la misma PIM seleccionada que para las respiraciones asistidas. La ventilación AC se puede utilizar durante la fase aguda o el destete de la insuficiencia respiratoria. Puede ser ciclada por tiempo (AC) o por flujo (PSV o CPAP/PS) en algunos respiradores, y puede ser **controlada por volumen** (se describe en el capítulo 6) o **por presión**.

Si el esfuerzo del RN supera el umbral de gatillado, se inicia una respiración mecánica. El esfuerzo inspiratorio del paciente es detectado a través de diferentes mecanismos: cambio en el flujo de la vía aérea a través de un anemómetro de cable caliente o un transductor de presión diferencial, cambio en la presión en la vía aérea, impedancia torácica. Por lo tanto, la FR del RN y la del respirador son iguales. El operador determina el nivel de PIM o Vt, el Ti (si es ciclada por tiempo, si es ciclada por flujo el Ti lo determina el RN), el nivel de PEEP, la FiO_2, y el flujo (en algunos ventiladores) y la frecuencia de back-up o respaldo.

La sincronía puede disminuir la frecuencia de sedantes y/o paralizantes. Al inicio se aconseja ajustar la frecuencia de control a un nivel razonable hasta que el RN demuestre un impulso respiratorio confiable, habitualmente justo por debajo de la frecuencia espontanea del RN, generalmente entre 30 y 40 ciclos por minuto. La frecuencia de back-up o respaldo es muy importante en RN extremadamente prematuros con un impulso respiratorio irregular para evitar la hipoventilación durante las fases de bajo esfuerzo respiratorio o apnea. Sin embargo, una frecuencia de respaldo establecida por encima de la FR espontánea del bebé puede resultar en que el ventilador se haga cargo de la asistencia respiratoria completa inhibiendo el impulso respiratorio espontáneo.

El destete se produce solo disminuyendo la PIM (o Vt), ya que la frecuencia del ventilador la determina el RN y no el operador. Por lo tanto, para citar un **ejemplo**, si el RN presenta una $PaCO_2$ elevada, solo se puede aumentar la PIM o Vt, pero no se puede aumentar la frecuencia del ventilador (a diferencia de otras modalidades como SIMV o VMC), ya que al hacerlo solo se aumenta la frecuencia de "respaldo" o "back up", porque la frecuencia del ventilador la maneja el RN y no el neonatólogo en esta modalidad.

En muy importante luego de comenzar con esta modalidad evaluar la mecánica del RN, si hay **"buena"** respuesta, el RN se tranquiliza, no **"pelea o lucha"** con el respirador, mejora la mecánica, pero **"si no hay respuesta"** o la misma es **"mala"**, el RN aumenta la FR (se acorta el tiempo espiratorio), y esto se puede traducir en hiperventilación, atrapamiento aéreo con retención de $PaCO_2$ (ante el aumento de $PaCO_2$ el RN aumenta más su FR) y mayor injuria pulmonar, con riesgo de escapes de aire. No tiene **"ningún"** sentido clínico utilizar o indicarle esta modalidad a RN con apneas, hipoventilación o sedación/parálisis.

Resumiendo

- Todos los esfuerzos respiratorios del RN desencadenan un ciclo del respirador.
- Por lo tanto, la FR del RN y la del respirador son iguales.
- El destete se realiza disminuyendo la PIM y/o el Vt. La frecuencia del respirador no se puede disminuir para el destete por que no la maneja el operador sino el RN.
- El Neonatólogo es quien decide la frecuencia de back-up o respaldo ante un esfuerzo respiración débil o ausente.

Presión de Soporte

Es una modalidad ciclada por flujo y controlada por presión que "soporta" o "asiste" cada respiración espontanea del RN. Esta novedosa modalidad se caracteriza por "apoyar" la respiración espontánea del RN. Fue diseñada de tal forma que, cuando el RN inicia su respiración, el respirador "apoya" o ayuda con un cierto nivel de presión cada una de las respiraciones del RN. El RN inicia su respiración espontánea, determina su FR y mantiene el control del flujo de gas, del Vt y del Ti. Es un modo útil en los casos de enfermedades con compliance baja, resistencia elevada, TET pequeños, pasos para el "destete" del respirador, insuficiencia respiratoria grave y DBP.

Se diseñó para asistir el esfuerzo respiratorio espontaneo del RN, se puede aplicar en modalidad SIMV (asociada a SIMV) o de manera independiente en la modalidad asistida controlada, en este caso dependiendo del ventilador, se denomina PSV o CPAP/PS (ventilación con presión de soporte). Ayuda a reducir el trabajo respiratorio impuesto por la resistencia (TET, circuitos, válvula de demanda, etc.). Es una forma de ventilación gatillada por el paciente que proporciona sincronía tanto durante el inicio como en la finalización del esfuerzo inspiratorio.

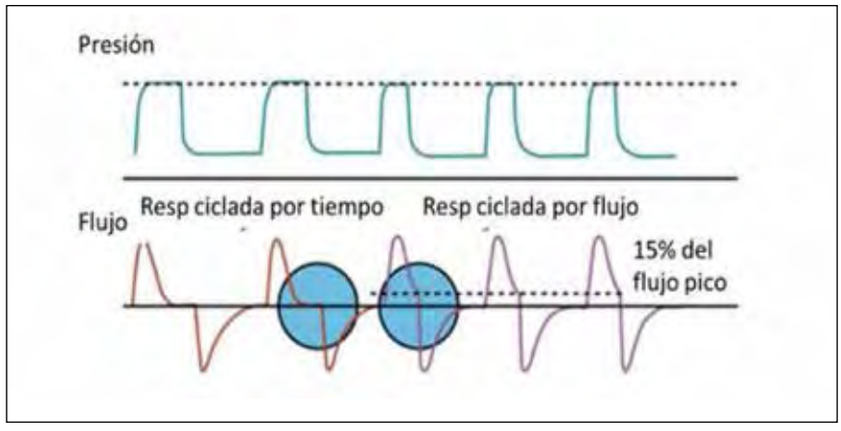
Una aclaración muy "importante", es que algunos respiradores tienen la modalidad de SIMV + PS, mientras que otros tienen la modalidad SIMV, y el operador debe agregar la modalidad PS, si quiere utilizar estas 2 modalidades asociadas o juntas.

Si se decide cambiar de modalidad de ventilación, por ejemplo, de AC (ciclada por tiempo) a PSV o CPAP/PS (ciclada por flujo), se debe recordar que la PAM puede caer porque el tiempo inspiratorio en el modo PSV es controlado por el RN, y suele ser más corto. Por lo tanto, en estos casos se debe utilizar una PEEP adecuada para mantener PAM durante este cambio, especialmente si hay enfermedad pulmonar significativa (SDR, neumonía). A diferencia de un flujo fijo como se utiliza en VMC, en las modalidades PS y PSV la cantidad de flujo entregado al RN durante la inspiración es variable y depende del esfuerzo respiratorio (proporcional al mismo) del RN y de la mecánica pulmonar. Hay una entrega rápida de flujo hacia el RN que alcanza un pico y luego se desacelera. Hay que tener presente que, si hay perdida grande de gas peritubo endotraqueal, esto puede afectar al ciclado por flujo.

La presión de la vía aérea aumenta hasta el nivel de presión de soporte preestablecido por el operador como un valor de presión por encima del PEEP en la mayoría de los respiradores, mientras que en otros cuando se la utiliza asociada a SIMV, se selecciona como un % del PIM máximo (ejemplo: 70% u 80% del PIM máximo). El nivel de presión de soporte es la presión aplicada por encima del nivel basal (es decir, un RN que recibe una PEEP de 5 cm H_2O y una presión de soporte de 17 cm H_2O en realidad recibe una presión de soporte pico de 22 cm H_2O). Tomando el ejemplo anterior en los otros respiradores donde se selecciona como un % de la PIM máxima, si elige una PIM máxima de 24 cm H_2O y se selecciona como PS un 80%, el RN recibirá 19 cm H_2O de PS.

Al ser una modalidad ciclada por flujo, requiere de un sensor de flujo que detecte las variaciones del flujo inspiratorio. El ciclado (terminación del ciclo inspiratorio) por flujo significa que la insuflación finaliza cuando el flujo inspiratorio cae a un umbral preestablecido (usualmente 5-20%) del flujo inspiratorio pico, eliminando de esta manera la inspiración sostenida (tiempo inspiratorio prolongado) brindando una sincronía más completa y probablemente generando menos fluctuaciones de la presión intratorácica e intratraqueal que ocurre cuando el RN exhala durante el tiempo inspiratorio de la respiración mecánica. Esta caída del flujo inspiratorio que ocurre al final de la inspiración desencadena el fin del ciclo mecánico (Figura 5). El RN termina adquiriendo un mayor Vt con el mismo esfuerzo respiratorio o un Vt similar con menor esfuerzo respiratorio. El principal determinante de la entrega de Vt, es el esfuerzo respiratorio del RN, por eso nunca se deben utilizar sedantes y/o paralizantes (inhiben el esfuerzo respiratorio) cuando se utiliza esta modalidad, ni tampoco en otras modalidades sincronizadas (AC o SIMV).

Figura 5. Formas de onda de presión y flujo que muestran el ciclado por tiempo versus el ciclado por flujo.



Fuente: Extraída y modificada de: Keszler M y Mammel MC. Assisted Ventilation of the Neonate, 2017, 18: 180-187. e1.

El destete del ventilador cuando utilizamos la modalidad PSV se realiza disminuyendo el nivel de PS y cuando utilizamos PS asociada a SIMV (SIMV + PS), disminuyendo la PIM y FR (SIMV) y el nivel de PS. Entre las ventajas se encuentra que todo es más espontáneo y controlado por el RN (sincronía), se disminuye el trabajo respiratorio, menor barotrauma, menor necesidad de sedación y mejor distribución de la ventilación. Las desventajas son un Vt variable y la posibilidad de auto-PEEP sobre todo si la FR del RN es elevada.

Cuando se utiliza PSV o CPAP/PS (la denominación depende de cada ventilador) el neonatólogo establece el Ti máximo para permitir la fluctuación del tiempo inspiratorio requerido para completar el flujo requerido y llegar a la PS preestablecida, o si hay una fuga de gas importante a través del TET que impida la terminación

espontanea del Ti. Este modo es útil cuando el bebé presenta un impulso respiratorio adecuado. De lo contrario, el ventilador se establecerá de forma predeterminada en la frecuencia de respaldo (back-up) preestablecida con el tiempo inspiratorio máximo. Este modo es útil para evaluar el impulso respiratorio del bebé antes de la extubación con una frecuencia de respaldo ajustada al mínimo. Si el bebé desarrolla apnea en este modo de ventilación, esto implica un impulso respiratorio insuficiente y es posible que el bebé no esté listo para la extubación.

Resumiendo

- Modalidad ciclada por flujo y controlada por presión que se diseñó para asistir la respiración espontanea del RN.
- Generalmente se aplica asociada a SIMV, pero se puede utilizar independientemente en la modalidad asistida controlada (PSV o CPAP/PS).
- Cuando el RN inicia su respiración, el respirador aumenta la presión a un valor predeterminado por enci ma de la PEEP (en la mayoría de los respiradores).
- La entrega del Vt es variable. La FR y el Ti son variables y los determina el RN.

Respuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita.** Algunas respuestas presentan un pequeño comentario con el fin de explicar lo correcto.

1. **La ventilación mandatoria intermitente sincronizada o SIMV es una modalidad ventilatoria ciclada por tiempo y limitada por presión/volumen, donde se sincronizan algunas respiraciones del RN con los ciclos del respirador.**

a. **Verdadero.**
b. Falso.

En esta modalidad algunas respiraciones del RN se sincronizan con respirador, el resto de las respiraciones que no desencadenan un ciclo del respirador, son soportadas únicamente por la PEEP, el flujo y la FiO_2 programadas, salvo que se agregue presión de soporte. Además, es ciclada por tiempo y puede ser limitada por presión o volumen.

2. **¿Cuál o cuáles son los principales problemas de la modalidad SIMV?**

a. Respuesta a un esfuerzo respiratorio falso (por ejemplo, hipo).
b. Auto-ciclado.
c. Falla en detectar el esfuerzo respiratorio del RN.
d. Obstrucción del traductor por secreciones o agua.
e. **Todas correctas.**

3. **Señale la opción correcta en relación a las ventajas de la modalidad SIMV.**

a. Menor variabilidad del flujo sanguíneo cerebral y de la presión arterial.
b. Menor consumo de O_2 y aumento de la PaO_2.
c. Menor fatiga diafragmática y menor trabajo respiratorio.
d. Mejoría de la compliance.
e. **Opciones a, b y c correctas.**
f. Opciones a, b, c, y d correctas.

Es cierto que esta modalidad produce menor variabilidad del flujo sanguíneo cerebral y de la presión arterial, menor consumo de O_2 y aumento de la PaO_2, menor fatiga diafragmática, menor trabajo respiratorio, y el RN no "lucha" o "pelea" con el respirador. La compliance no depende del modo ventilatorio.

4. **¿En relación a la modalidad ventilatoria con soporte de presión, cual es la opción correcta?**

a. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por tiempo, en donde la FR y el Ti son fijos.
b. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por tiempo, en donde la FR y el Ti son variables.
c. **Es una modalidad limitada por presión, ciclada por flujo, en donde la FR y el Ti son variables.**
d. Es una modalidad limitada por presión, ciclada por flujo, en donde la FR es variable y el Ti fijo.

Es una modalidad ciclada por flujo y limitada por presión (la determina el operador), por lo tanto, la FR y el Ti lo determina el RN y son variables.

5. **La presión de soporte es una modalidad que se diseñó para asistir el esfuerzo respiratorio del RN, cuando se activa la respiración, se administra flujo en la vía aérea del RN y se eleva la presión rápidamente**

hasta el nivel preseleccionado que ayuda a disminuir el trabajo respiratorio impuesto por la resistencia (TET, circuito, etc).

a. **Verdadero.**
b. Falso.

6. **En la modalidad asistida controlada cada ciclo del respirador es desencadenado por el esfuerzo respiratorio del RN, cuando es ciclada por tiempo el Ti lo determina el operador, y si es ciclada por flujo (PSV o CPAP/PS) el Ti lo determina el RN..**

a. **Verdadero.**
b. Falso.

Es cierto que en las modalidades cicladas por tiempo como en SIMV o AC, el Ti lo determina el operador, mientras que en las cicladas por flujo como son las modalidades PS o PSV (AC ciclada por flujo, algunos respiradores también la denominan CPAP/PS), el Ti lo determina cada RN.

7. **¿Cuál es el mejor sistema de sincronización según el tipo de señal, pero que requiere entrenamiento para la colocación y es más costoso?**

a. Por detección de los movimientos abdominales.
b. Por cambios de flujo en la vía aérea.
c. **Sistema NAVA (ventilación ajustada neuronalmente).**
d. Por cambios de presión en la vía aérea.
e. Por impedancia torácica.

El sistema de sincronización NAVA a través de sus electrodos Edi colocados a nivel terminal del esófago o a nivel del diafragma (sonda naso u orogástrica) mejora la sincronía con un tiempo de respuesta de 1-5 milisegundos, pero es mucho más costoso y requiere para su colocación un entrenamiento especial por parte del personal de enfermería.

8. **¿Cuál no es un tipo de ciclado?**

a. Ciclado por tiempo.
b. Ciclado por volumen.
c. **Ciclado por presión.**
d. Ciclado por flujo.

Existen 3 modos diferentes de ciclado, el ciclado por tiempo (la inspiración finaliza luego del tiempo seleccionado), el ciclado por flujo (el sensor detecta el flujo pico inspiratorio o máximo, luego se enlentece, comienza a descender y cuando desciende a un 15% a 40% cesa la inspiración) y el ciclado por volumen (la inspiración finaliza luego de haber sido entregado el Vt o Vc preestablecido).

9. **Señale la opción incorrecta en relación a la modalidad asistida controlada.**

a. La sincronía puede disminuir la necesidad de sedantes/paralizantes y el RN estar más "confortable".
b. Si hay "buena" respuesta, el RN se tranquiliza, no "pelea" con el respirador, y mejora la mecánica respiratoria.
c. **El destete se produce al igual que en VMC, disminuyendo la PIM (o Vt) y la FR.**
d. En esta modalidad, "si no hay respuesta" el RN puede aumentar la FR (se acorta el tiempo espiratorio), y esto se puede traducir en hiperventilación, atrapamiento y mayor injuria pulmonar.

En esta modalidad la frecuencia del ventilador la determina el RN y no el operador, por lo tanto, para el destete se puede disminuir solo la PIM (o Vt) pero no la frecuencia del ventilador. Ante la presencia de un esfuerzo respiratorio débil o apnea el operador establece una frecuencia de respaldo o back-up.

10. **El modo ventilatorio presión de soporte se puede aplicar en modalidad SIMV (asociada a SIMV) o de manera independiente en la modalidad asistida controlada, en este caso se denomina PSV o CPAP/PS (ventilación con presión de soporte).**

a. **Verdadero.**
b. Falso.

Este modo ventilatorio de presión de soporte puede aplicarse asociado a la modalidad SIMV, en donde asiste a las respiraciones espontáneas que no están sincronizadas con el respirador, por ejemplo, si el RN tiene una FR de 56 respiraciones por minuto y la frecuencia preseleccionada del ventilador es de 40 ciclos por minuto, el respirador asiste a las 16 respiraciones que no desencadenan una respuesta del respirador con el nivel de presión de soporte seleccionado por encima de la PEEP. También puede utilizarse como modalidad asistida controlada (se denomina PSV o CPAP/PS) en donde se asisten todas las respiraciones espontaneas del RN con el nivel de presión de soporte seleccionado por encima de la PEEP.

Bibliografía

- Bellani P. Modalidades ventilatorias en el recién nacido – Parte 1: Modalidades Convencionales. Curso Virtual Atención Neonatal diaria – EducaSAP. 2018: 1-39.

- Bancalari E, Claure N, and Deepak J. Neonatal Respiratory Therapy. Avery's Diseases of the Newborn, 45, 632-652.

- Beck J, Tucci M, Emeriaud G, et al: Prolonged neural expiratory time induced by mechanical ventilation in infants. Pediatr Res, 2004; 55: pp. 747-754.

- Bernstein G, Mannino FL, Heldt GP, Callahan JD, Bull DH, Sola A, et al. Randomized multicenter trial comparing synchronized and conventional intermittent mandatory ventilation in neonates. J Pediatr, 1996. https://doi.org/ 10.1016/S0022-3476(96)70354-2.

- Carlo WA, Martin RJ. Principles of neonatal assisted ventilation. Pediatr Clin, 1986. https://doi.org/10.1016/S0031-3955(16)34977-X.

- Chakkarapani AA, Adappa R, Mohammad Ali SK, Gupta S, Soni NB, Chicoine L,et al. "Current concepts of mechanical ventilation in neonates" e Part 1: Basics. Int J Pediatr Adolesc Med, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijpam.2020.03.003.

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts in assisted mechanical ventilation in the neonate" - Part 2: Understanding various modes of mechanical ventilation and recommendations for individualized disease-based approach in neonates. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 201 – 208.

- Cleary JP, Bernstein G, Mannino FL, Heldt GP. Improved oxygenation during synchronized intermittent mandatory ventilation in neonates with respiratory distress syndrome: a randomized, crossover study. J Pediatr, 1995. https:// doi.org/10.1016/S0022-3476(95)70460-4.

- Chen JY, Ling UP, Chen JH. Comparison of synchronized and conventional intermittent mandatory ventilation in neonates. Pediatr Int, 1997. https:// doi.org/10.1111/j.1442-200.1997.tb03644.

- Chen J-Y, Ling U-P, and Chen J-H: Comparison of synchronized and conventional intermittent mandatory ventilation in neonates. Acta Paediatr Jpn, 1997; 39: 578-583.

- Donn SM. Mammel MC. Neonatal Pulmonary Graphics. A Clinical Pocket Atlas, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2017-4.

- Donn SM, Sinha SK. Newer modes of mechanical ventilation for the neonate. Curr Opin Pediatr, 2001. https://doi.org/10.1097/00008480-200104000-00002Keszler M, Mammel MC. Basic modes of synchronized ventilation. In: Assist.Vent. Neonate an evidence-based approach to newborn respir. Care. sixth ed. 2017. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39006-4.00018-1.

- Gibu CK, Cheng PY, Ward RJ, Castro B, Heldt GP. Feasibility and physiological effects of noninvasive neurally adjusted ventilatory assist in preterm infants. Pediatr Res, 2017. https://doi.org/10.1038/pr.2017.100.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

- Greenough A, Murthy V, Milner AD, Rossor TE, Sundaresan A. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016, Issue 8. Art. No.: CD000456.

- Gupta S, Sinha SK, and Donn SM: The effect of two levels of pressure support ventilation on tidal volume delivery and minute ventilation in preterm infants. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2009;94: 80-83.

- Kapasi M, Fujino Y, Kirmse M, et al: Effort and work of breathing in neonates during assisted patient-triggered ventilation. Pediatr Crit Care Med, 2001; 2: 9-16.

- Keszler M, Chatburn RL. Overview of assisted ventilation. In: Assist. Vent. Neonate an evidence-based approach to newborn respir. Care. sixth ed. 2017.

- Keszler M MD, FAAP y Robert L. Chatburn MHHS, RRT-NPS, FAARC. Assisted Ventilation of the Neonate, 15, 140-152.e1. Copyright © 2017 by Elsevier

- https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39006-4.00015-6.

- Osorio W, Claure N, D'Ugard C, et al: Effects of pressure support during an acute reduction of synchronized intermittent mandatory ventilation in preterm infants. J Perinatol, 2005; 25: 412-416.

- Patel DS, Rafferty GF, Lee S, et al: Work of breathing during SIMV with and without pressure support. Arch Dis Child, 2009; 94: 434-436.

- Reyes ZC, Claure N, Tauscher MK, et al: Randomized, controlled trial comparing synchronized intermittent mandatory ventilation and synchronized intermittent mandatory ventilation plus pressure support in preterm infants. Pediatrics, 2006; 118: 1409-1417.

- Rimensberger PC. Pediatric and neonatal mechanical ventilation: from basics to clinical practice. 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01219-8.

- Rossor TE, Hunt KA, Shetty S, Greenough A. Neurally adjusted ventilator assist compared to other forms of triggered ventilation for neonatal respiratory support. Cochrane Database Syst Rev, 2017. https://doi.org/10.1002/ 14651858.CD012251.pub2.

- Shetty S, Hunt K, Peacock J, Ali K, Greenough A. Crossover study of assist control ventilation and neurally adjusted ventilatory assist. Eur J Pediatr, 2017. https://doi.org/10.1007/s00431-017-2866-3.

- Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, Hallman M, Ozek E, Te Pas A, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome - 2019 update. Neonatology 2019. https://doi.org/10.1159/000499361.

Capítulo 6

Ventilación por Objetivo de Volumen

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre ventilación por volumen en el Recién Nacido?

Para comenzar a introducirnos en la ventilación por volumen para el recién nacido, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. ¿Por qué la ventilación por volumen tradicional utilizada en adultos y pediatría, no funciono en el recién nacido?

a. Compresión del gas en el circuito y vía aérea.
b. Pérdida de gas peri-tubo endotraqueal.
c. Falta de entrenamiento de los neonatólogos.
d. Entrega de un volumen tidal variable.
e. a, b y c son correctas.
f. a, b, c, y d son correctas.

2. Una de las diferencias entre la ventilación por volumen versus la ventilación por presión, es que la primera es ciclada por volumen, y la segunda puede ser ciclada por tiempo o flujo.

a. Verdadero.
b. Falso.

3. De acuerdo al metanálisis del Cochrane del 2017 (ventilación por volumen versus ventilación por presión), ¿Cual resultado no fue estadísticamente significativo en los RN prematuros?

a. Resultado combinado de muerte o displasia broncopulmonar.
b. Muerte.
c. HIV grave (grado 3/4).
d. Hipocapnia.
e. Neumotórax.
f. Días de ventilación.

4. ¿La ventilación con volumen garantizado deja de ser confiable cuando la pérdida de gas peri-tubo endotraqueal es?

a. > 10%.
b. > 20%.
c. > 30%.
d. > 40-50%.

5. ¿Cuál característica no corresponde a la ventilación con volumen garantizado?

a. Produce menor volutrauma.
b. Destete de la presión inspiratoria máxima en tiempo real.
c. Tiene mejores resultados cuando se utiliza con modos no sincronizados.
d. Produce menos hipocapnia.
e. Menos días en ventilación mecánica.

6. Cuando se administra surfactante durante la modalidad ventilatorio con volumen garantizado, puede ocurrir obstrucción completa, la PIM aumentar y permanecer elevada durante 30-60 minutos o más, la configuración de la PIM máxima puede restringir la entrega del volumen preestablecido y producirse hipercapnia e hipoxemia con sus consecuencias adversas.

a. Verdadero.
b. Falso.

7. Si el neonatólogo predetermina o settea un Vt "inadecuado y bajo", el nivel de PIM se acerca al nivel de PEEP, y eventualmente, el RN se puede "agotar", ya que no puede sostener el esfuerzo (↑↑ $PaCO_2$, ↓↓ PH y ↑↑ trabajo respiratorio), con fracaso de la "modalidad VG" con fluctuaciones de la $PaCO_2$ y riesgo de HIV y atelectasia en RN prematuros.

a. Verdadero.
b. Falso.

8. ¿Cuál o cuáles pueden ser desventajas de la ventilación con volumen garantizado?
a. Menor experiencia.
b. Presiones excesivas.
c. Asincronia.
d. Aumento del trabajo respiratorio.
e. Todas correctas.

9. ¿En esta modalidad con volumen garantizado, si el RN se encuentra muy inestable, desadaptado y con aumento de la FR, sería una de las pocas situaciones en que estaría indicada la sedación?
a. Correcto.
b. Incorrecto.

10. ¿Según la mayoría de los autores en qué nivel se debe ajustar la PIM máxima (alarma)?
a. 4 a 8 cm H_2O o 35% por encima de la PIM real.
b. 4 a 5 cm H_2O o 25% por encima de la PIM real.
c. 1 a 2 cm H_2O o 10% por encima de la PIM real.
d. 5 a 10 cm H_2O o 50% por encima de la PIM real.

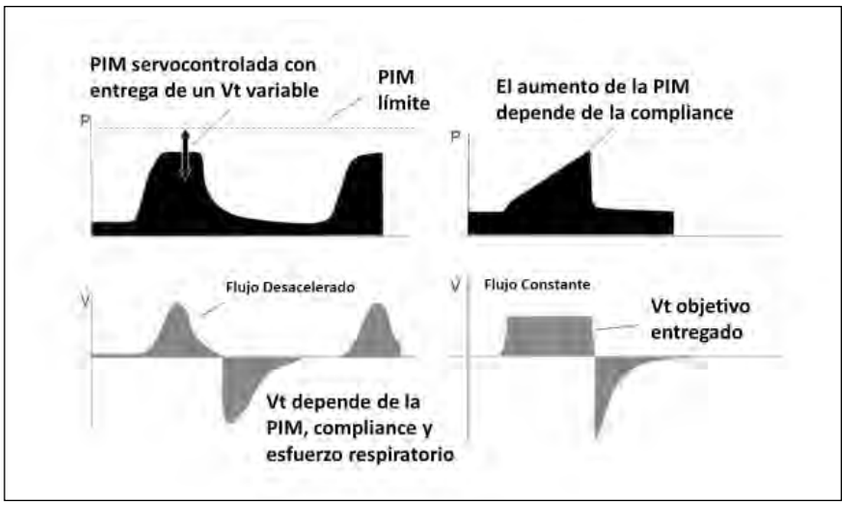
Introducción

La ventilación controlada por presión se convirtió en la forma más frecuente de ventilación para los RN, ya que la ventilación por volumen (clásica) fracaso, porque no logró obtener buenos resultados en los RN. Entre las causas se encuentran el uso de TET sin manguito, compresión del gas (vía aérea y circuito) con reducción del volumen tidal (Ley de Boyle´s), pérdida de gas peritubo endotraqueal, entrega de un "Vt variable", la perdida de Vt puede superar el 50% en los RN prematuros más pequeños. En los adultos se utilizan TET con manguito, (no hay casi pérdida de gas peritubo endotraqueal) por lo tanto, existe una buena correlación entre el Vt configurado y el Vt que llega a los pulmones del paciente. Esto no ocurre en el RN.

Como se mencionó anteriormente, la ventilación por presión sigue siendo la modalidad ventilatoria más utilizada en las UCIN debido a su simplicidad, a la habilidad de ventilar más allá de una gran fuga a través del TET y la buena distribución de gas intrapulmonar debido a su patrón de flujo desacelerado y al "pensamiento" de que controlar la PIM trae beneficios.

Actualmente, hay resistencia entre los neonatólogos para aceptar a la ventilación por volumen, con frustraciones reales y barreras para el cambio. Existe cierta confusión con la ventilación por volumen tradicional (diseñada para adultos) versus la diseñada para RN. Son diferentes modalidades de ventilación por volumen; las diseñadas para RN se deben reservar para las modalidades que entregan un Vt preestablecido (medido en la vía aérea proximal) con ajuste automático de la PIM. Las principales diferencias entre la ventilación por presión y volumen se grafican en la Figura 1. La ventilación por volumen puede ser utilizada en modalidades como VMC no sincronizada, y en modalidades sincronizadas como SIMV, AC, o PSV (CPAP-PS). Algunos de los ***ventiladores controlados por presión*** permiten ajustar la presión inspiratoria y/o el tiempo inspiratorio para alcanzar el Vt deseado, estos respiradores se denominan ***híbridos***: volumen garantizado (VG), presión regulada - volumen controlado (PRVC), volumen asegurado - presión soporte (VAPS), volumen limitado (VL) y volumen tidal objetivo (VTO). La más estudiada de las modalidades es la ventilación con VG, como en el ventilador Babylog 8000 plus o en el VN 500 (Dräger Medical GmbH, Lubeck, Alemania) entre otros ventiladores, por lo tanto, en la actualidad hay una base de evidencia más sólida para recomendar su uso.

Figura 1. En ventilación por presión (izquierda), la principal variable de control es la presión de insuflación, el gas ingresa a los pulmones en proporción a la presión de insuflación o PIM y la distensibilidad del sistema respiratorio. El flujo de gas tiene un patrón de desaceleración. El Vt es variable y cambia según la compliance. En ventilación por volumen (derecha) la presión se ajusta automáticamente (en más o en menos) según el Vt objetivo. El flujo de gas es constante. La presión aumenta pasivamente y alcanza el pico justo antes de la espiración, que ocurre tan pronto como se entrega el Vt objetivo. El Vt es la principal variable de control y la PIM una variable secundaria.



Fuente: Extraída y modificada de Keszler M. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2019; 104: 108–112. doi:10.1136/archdischild-2017-314734.

El metanálisis de Cochrane (2017) que comparo la ventilación por volumen versus la ventilación por presión, informo: menor muerte/DBP, (resultado combinado), menor HIV grave, menor neumotórax. menor hipocapnia y menos días en ventilación. Si bien la evidencia fue de calidad **moderada** a **baja** debido al uso de diferentes ventiladores y modalidades entre los estudios, diferentes estrategias de ventilación y diferentes métodos para medir el Vt. En el análisis de los RN más pequeños (247 RNEBPN) el metanálisis no encontró diferencias significativas.

Guías Prácticas para Iniciar la Ventilación con VG

Generalmente se utiliza en modalidades sincronizadas como SIMV (VG) + PS, o como AC (VG) o PSV (VG). No tiene mucho sentido utilizar esta modalidad en VMC no sincronizada (algunos respiradores lo permiten), por la posibilidad de que bebe "luche" o "pelee" contra el respirador con la consecuente entrega de un Vt variable. La elección de un Vt adecuado es la clave para el éxito, dependiendo de la edad gestacional, la edad posnatal y de la enfermedad (Tabla 1). Generalmente en **AC** o **PSV** se requiere un Vt algo menor que en **SIMV**, ya que en esta última no se apoyan todas las respiraciones del RN con **VG** (sino las que determina el operador). En RN prematuros pequeños se requiere un Vt algo mayor, por el impacto sobre el espacio muerto que genera el sensor de flujo (0.7 a 1.1 ml). Los RN con DBP o SALAM necesitan un Vt/kg algo más elevado, debido al aumento del espacio muerto alveolar que genera atrapamiento de aire. Los prematuros de mayor edad posnatal con evolución a DBP o con DBP ya establecida, también necesitan un Vt/kg, más elevado debido a una combinación de aumento del espacio muerto anatómico y fisiológico. Los RN con hipoplasia pulmonar o HDC requieren un Vt/kg normal y no más pequeño como se pensaba anteriormente, ya que la producción de CO_2/kg es similar a la de los RN sin hipoplasia pulmonar, por lo tanto, necesitan similar ventilación minuto alveolar. Aunque una FR más rápida puede aumentar en cierto punto la ventilación minuto alveolar, la ventilación superficial rápida (con bajos Vt/kg) es ineficiente porque da como resultado una mayor relación entre espacio muerto y Vt (relación Vd/Vt) con mayor ventilación desperdiciada. Cuando el Vt se acerca al volumen del espacio muerto (aproximadamente 3 ml/kg con TET y sensor de flujo) una FR más rápida, no puede mantener la ventilación minuto alveolar adecuadamente.

Tabla 1. Recomendaciones de Vt de inicio, y PIM máximo para la alarma, para varias patologías.

Patología	Vt Límite	PIM Límite	Referencia
RNT, Prematuros tardíos/Pulmón Normal	**4 - 4.5 ml/kg**	**18 cm H_2O**	Dawson et al.
RNPT/SDR 1250-2500gr	**4 - 4.5 ml/kg**	**26 cm H_2O**	Dawson et al.
RNPT/SDR 700-1250gr	**4.5 - 5 ml/kg**	**24 cm H_2O**	Nassabeh-Montazami et al.
RNPT/SDR ≤700gr	**5.5 - 6 ml/kg**	**24 cm H_2O**	Nassabeh-Montazami et al.
RNPT c/evolución a DBP, 3 semanas de vida	**5.5 - 6.5 ml/kg**	**26 cm H_2O**	Keszler et al.
RNT con SALAM	**5.5 - 6 ml/kg**	**28 cm H_2O**	Sharma et al.
RNT con HDC	**4 - 4.5 ml/kg**	**24 cm H_2O**	Sharma et al.
DBP Severa	**7 - 12 ml/kg**	**30 cm H_2O**	Abman et al.

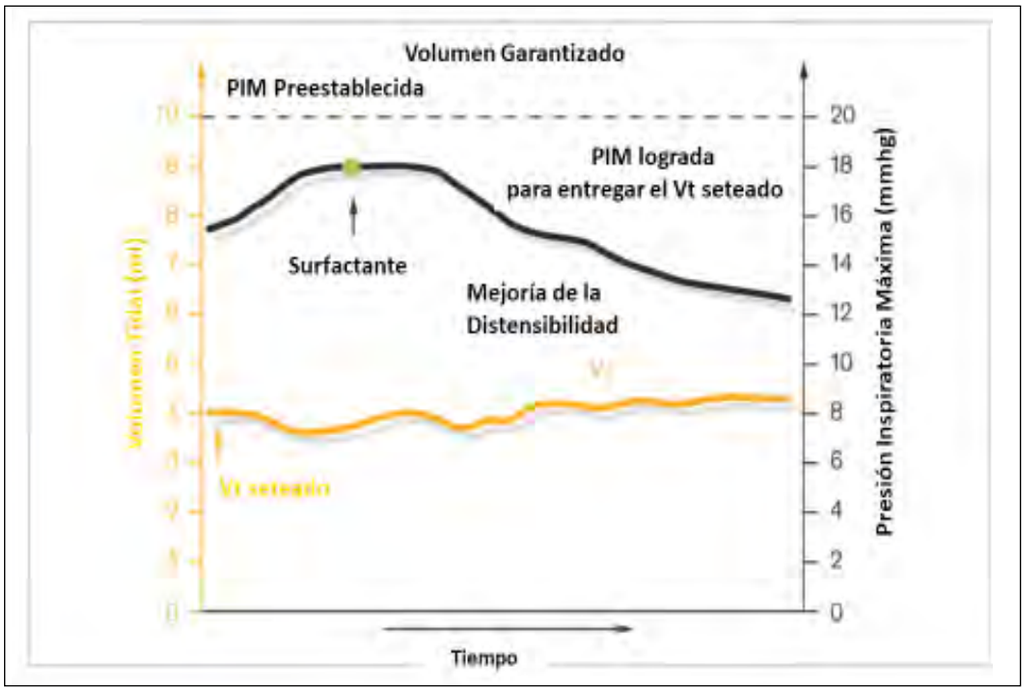
Fuente: Extraída de Keszler M. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2019; 104: 108–112. doi:10.1136/archdischild-2017-314734.

En esta modalidad de VG, el neonatólogo elige un Vt objetivo (recordemos que el Vt objetivo se debe calcular por kg de peso) y un límite de presión máxima hasta el cual el ventilador puede llegar para entregar ese Vt. El ventilador entonces mide el Vt espirado de la insuflación o respiración anterior y lo ajusta para aumentar o disminuir hasta alcanzar el Vt objetivo, este ajuste se hace en unas pocas respiraciones subsecuentes.

Si hay grandes fugas por el TET, el Vt no se compensa y no se logra entregar el Vt objetivo, con fugas > 40-50% el modo VG deja de ser confiable, por lo tanto, el neonatólogo deberá elegir una opción: cambiar de posición al RN, reemplazar el TET o cambiar de modalidad (ventilación por presión). Con la modalidad **"VG"**, el Vt es mucho menos variable que otros modos de ventilación por volumen.

Hay menos volutrauma y menor presión cuando la distensibilidad mejora (como sucede luego de administrar surfactante), se produce un auto-destete de la PIM (Figura 2) que reduce también el barotrauma. Es importante comprender que esta modalidad se debe utilizar en modos activados o sincronizados por el RN **(SIMV, A/C, PSV o CPAP-PS)**. El neonatólogo determina: Vt, PIM (limite), PEEP, Ti (en **SIMV** o **AC**, no así en **PSV** o **CPAP-PS**, en donde el Ti lo determina el RN) y FR (en **SIMV** la frecuencia del ventilador, mientras que en **AC, PSV o CPAP-PS**, solo la frecuencia de respaldo o back-up).

Figura 2. Caída de la PIM luego de administrar surfactante y mejorar la compliance. Luego del surfactante cae la PIM mientras que el Vt se mantiene estable.



Fuente: Extraída y modificada de Ahluwalia J, Morley C, Wahle HG. Dräger Medical GmbH.

Cuando se decide cambiar de una modalidad por presión a ventilación con **VG**, lo más simple para comenzar, es colocar el Vt promedio que venía teniendo el RN en la modalidad por presión antes del cambio (es el enfoque más simple). Ahora si decidimos colocar esta modalidad luego de la intubación, el Vt objetivo debe seleccionarse en función de la edad gestacional, edad posnatal y la patología pulmonar (Tabla 1).

El límite de presión máxima, debe estar inicialmente entre 3 y 5 cm H_2O (o 25%) por encima de la PIM necesaria para lograr el Vt preestablecido u objetivo. Si no se llega a alcanzar el Vt objetivo con este ajuste, se debe aumentar la presión límite o máxima hasta que se alcance el Vt deseado. Si se necesita más PIM de lo previsto, es importante asegurarse de que el TET no esté acodado, mal colocado en el bronquio fuente derecho o muy introducido en la carina. Si el respirador no puede alcanzar el Vt objetivo con la presión límite establecida, sonará una alarma. Esto sirve como un sistema de alerta temprana, por lo cual es necesario una evaluación del motivo de este cambio, por ejemplo, atelectasia, neumotórax, mala posición del TET o distensión abdominal, o cualquier otra situación clínica que deteriore la compliance.

Se debe estar atento cuando se administra surfactante durante la ventilación con **VG**, a veces puede haber obstrucción completa, la PIM aumentar y permanecer elevada durante 30-60 minutos o por más tiempo. La configuración de la PIM máxima (alarma), puede restringir la entrega del Vt objetivo y las consecuencias ser la hipercapnia y la hipoxemia (Wheeler et al. 2009). Ante esta situación se deberá aumentar la PIM máxima (alarma) para lograr entregar el Vt prestablecido o bien cambiar a una modalidad por presión hasta que se distribuya el surfactante. El ciclado en esta modalidad híbrida, puede ser programado por tiempo o por flujo dependiendo de la modalidad, ciclada por tiempo en SIMV o AC y ciclada por flujo en PSV.

Ajustes y Destete

Los ajustes iniciales de Vt se sugieren en la Tabla 1, los mismos son útiles como punto de partida. Sin embargo, deberemos evaluar cada RN en forma particular, y hacer las correcciones necesarias. Es fundamental la evaluación rápida al pie de la cama (incubadora) del bebe, por eso se debe evitar la sedación con esta modalidad, para evaluar la respuesta clínica, que puede estar enmascarada cuando utilizamos drogas sedantes y/o paralizantes. Se deben realizar los ajustes iniciales inclusive antes de obtener la gasometría.

En este modo ventilatorio es fundamental controlar la FR, el esfuerzo respiratorio, mirar y comprender las curvas de flujo - volumen y de presión - volumen para ver la idoneidad del Vt, además de monitorear la $PaCO_2$. Cuando el soporte ventilatorio es el **"adecuado"**, el bebe se encuentra tranquilo, sin taquipnea, ni retracciones, esta "confortable". Pero si el soporte ventilatorio es **"inadecuado"**, el bebe presenta taquipnea y retracciones e indican necesidad de aumentar Vt. Si la $PaCO_2$ ↑↑, el PH ↓↓, el bebé va a responder con más taquipnea y retracciones con el fin de restaurar el PH a la normalidad. Entonces para comprender mejor, cuando un bebe esta **"confortable"**, sin **"retracciones"**, sin **"taquipnea"**, sin aumento de los **"requerimientos de O_2"**, con **"PIM baja"**, indica buen estado respiratorio, entonces el RN estará próximo para intentar la extubación.

Recordemos...

El PH y no tanto la $PaCO_2$ es el principal impulso del control respiratorio, la respuesta fisiológica a la acidosis metabólica es la hiperventilación y los valores de $PaCO_2$ deben ser interpretados en el contexto del PH. En los prematuros más pequeños (< 1000 gr) es común la acidosis metabólica moderada (por función renal inmadura y alta ingesta de proteínas), estos RN necesitan a veces un objetivo algo más bajo de $PaCO_2$ para mantener el PH y evitar el trabajo respiratorio excesivo y la perdida de reclutamiento cuando disminuye la PIM a niveles cercanos a la PEEP. No apreciar estas "interacciones" y realizar un destete inadecuado del Vt basado "exclusivamente" en los niveles de $PaCO_2$, es un **"ERROR"**. Esto es una razón muy común para explicar la "falla" de la modalidad VG o decir que es una modalidad que "no funciona". Según la evidencia disponible, es el pH perivascular principalmente quien controla (no tanto la $PaCO_2$) el tono vascular cerebral, lo que sugiere que la hipocapnia **"leve"** con un pH neutro o ligeramente acidótico no parece tener efectos adversos. Sin embargo, una $PaCO_2$ muy por debajo de 35 mm Hg debe evitarse, especialmente si se asocia a un pH alcalino, junto a las fluctuaciones rápidas en la $PaCO_2$, ya que demostraron asociarse a HIV grave.

Otro problema que puede surgir con esta modalidad es la fuga o pérdida de aire alrededor del TET sin manguito, que se presenta en mucho RN intubados, sobre todo en los menores de 1000 gr. Además, el problema se hace más frecuente con el tiempo, ya que los tejidos inmaduros de la tráquea y laringe se estiran debido a la presión positiva (traqueomegalia adquirida) a medida que el RN crece. Como se explicó anteriormente, cuando la fuga supera el 40%, la medición de Vt ya no es precisa, la modalidad deja de ser confiable. Una proporción del gas espirado se pierde al-

rededor del TET durante la espiración (no es medido por el sensor de flujo como Vt espirado) y el microprocesador detecta un Vt por debajo del objetivo, y aumenta la PIM, lo que da como resultado un Vt elevado. Ante esta situación se debe decidir, entre cambiar el TET por uno más grande o bien cambiar a ventilación por presión. No obstante, a menos que podamos intentar la extubación, debemos cambiar el TET cuando la fuga es mayor al 40-50%.

En relación al destete puede haber cierta confusión. Recordemos que la presión en esta modalidad disminuye sola a medida que la enfermedad y la compliance mejoran, a diferencia de la ventilación por presión en la que deben hacerse ajustes manuales para disminuir la presión. Esto a veces conduce a una reducción innecesaria del Vt, en un esfuerzo por sacar al RN del respirador. Sin embargo, el Vt fisiológico que requiere el RN no disminuye (con el tiempo puede aumentar); lo que desciende es la presión necesaria para lograr ese Vt. Tratar de no disminuir el Vt < 3 a 4 ml/kg. De hecho, es importante recordar que cuando el RN aumenta de peso, debemos aumentar el Vt en aquellos RN que permanecen ventilados durante períodos prolongados. Si no entendemos esto, al disminuir el objetivo de Vt por debajo del Vt que realmente necesita el RN, sólo aumentará el trabajo respiratorio y puede retrasar la extubación exitosa.

Es importante apreciar 2 situaciones clínicas en las cuales el nivel de PIM se acerca al nivel de PEEP, la primera es cuando seleccionamos o elegimos un Vt objetivo **"inadecuado y bajo"**, entonces el nivel de PIM se acerca a nivel de PEEP, el RN se puede "agotar" y no puede sostener el esfuerzo (↑↑ $PaCO_2$, ↓↓ PH y ↑↑ trabajo respiratorio), entonces fracasa la **"modalidad VG"** con fluctuaciones de la $PaCO_2$ con riesgo de HIV y atelectasia.

Diferente situación clínica es cuando el nivel de PIM se acerca al nivel de PEEP por mejoría de la compliance (disminución de la PIM), esta es una "situación clínica muy diferente" a la anterior **(por Vt "inadecuado y bajo"),** ya que en esta última el bebe estará tranquilo, sin taquipnea, ni retracciones e indica un soporte ventilatorio "adecuado".

Resumiendo...

- Utilizarla en modalidades activadas por el RN como: **SIMV (VG) + PS**, y **AC (VG)** o **PSV (VG).**
- El neonatólogo determina: Vt objetivo, PIM (limite), PEEP, Ti **(en SIMV y AC)** y FR **(en SIMV)**.

Cuando se utiliza **PSV** el Ti lo determina el RN.

- Las PIM entregada o generada depende de la compliance, si disminuye o empeora, la PIM aumenta, si mejora la PIM disminuye y se produce un auto-destete en tiempo real.

Ejemplo de cómo iniciar o configurar (depende de cada respirador):

- **Seleccionar el modo de ventilación: AC (o PSV) o SIMV + PS.**
- **Ajustar la sensibilidad de disparo al mínimo.**
- **Ajustar el Ti (en SIMV o AC, en PSV lo determina el RN), frecuencia del ventilador (solo en SIMV, en AC y PSV solo la frecuencia de respaldo o back-up), FiO_2, PIM máxima o de alarma, PEEP, flujo y PS (en caso de utilizarla 70-80% de la PIM generada o real, para obtener el VG objetivo).**
- **Oprimir VG y ajustar en valor de inicio (ejemplo 4-6 ml/kg).**
- **Conectar el respirador al RN.**
- **Verificar que el Vt y la PIM máxima sean las elegidas.**
- **Adaptar la PIM máxima a la PIM real (4-5 cm H_2O o un 25% por encima de la PIM real).**

Repuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita**. Algunas respuestas tienen un pequeño comentario con el fin de explicar lo correcto.

1. **¿Por qué la ventilación por volumen tradicional utilizada en adultos y pediatría, no funciono en el recién nacido?**
   a. Compresión del gas en el circuito y vía aérea.
   b. Pérdida de gas peri-tubo endotraqueal.
   c. Falta de entrenamiento de los neonatólogos.
   d. Entrega de un volumen tidal variable.
   e. a, b, y c son correctas.
   f. a, b, c, y d son correctas.

La ventilación por volumen tradicional no funciono en el RN por que los TET utilizados en el RN son sin manguito y hay gran pérdida de gas peri-tubo endotraqueal, además hay compresión del gas en el circuito y en la vía aérea, lo que se traduce en una entrega variable de Vt, además de la falta de entrenamiento de los neonatólogos.

2. **Una de las diferencias entre la ventilación por volumen versus la ventilación por presión, es que la primera es ciclada por volumen, y la segunda puede ser ciclada por tiempo o flujo.**
   a. **Verdadero.**
   b. Falso.

La ventilación por volumen, es ciclada por volumen, la inspiración finaliza luego de que el Vt preestablecido es entregado, mientras que la ventilación por presión puede ser ciclada por tiempo o por flujo.

3. **De acuerdo al metanálisis del Cochrane del 2017 (ventilación por volumen versus ventilación por presión), ¿Cual resultado no fue estadísticamente significativo en RN prematuros?**
   a. Resultado combinado de muerte o displasia broncopulmonar.
   b. **Muerte.**
   c. Hemorragia intraventricular grave (grado 3/4).
   d. Hipocapnia.
   e. Neumotórax.
   f. Días de ventilación.

El resultado muerte no fue estadísticamente significativo, mientras que los demás resultados fueron estadísticamente significativos, aunque los autores informaron que la evidencia fue de calidad baja a moderada debido al uso de diferentes ventiladores y modalidades entre los estudios, diferentes estrategias de ventilación y diferentes métodos para medir el Vt.

4. **¿La ventilación con volumen garantizado deja de ser confiable cuando la pérdida de gas peri-tubo endotraqueal es?**
   a. > 10%.
   b. > 20%.
   c. > 30%.
   d. **> 40-50%.**

Cuando la perdida de gas peri-tubo endotraqueal supera el 40-50% esta modalidad deja de ser confiable, y se deberá optar por cambiar la posición del RN, el TET (por uno de tamaño más grande), o bien cambiar a una modalidad por presión.

5. **¿Cuál característica no corresponde a la ventilación con volumen garantizado?**
   a. Produce menor volutrauma.
   b. Destete de la presión inspiratoria máxima en tiempo real.
   c. **Tiene mejores resultados cuando se utiliza con modos no sincronizados.**
   d. Produce menos hipocapnia.
   e. Menos días en ventilación mecánica.

Si bien no hay estudios que comparen la ventilación con VG en modalidades sincronizadas versus no sincronizadas, para poder brindar un Vt más estable y menos variable, es fundamental que el RN no "luche o pelee" con el respirador (RN sincronizado con el respirador), y esto se logra utilizando ventilación con VG en los modos sincronizados (SIMV, AC, o PSV).

6. **Cuando se administra surfactante durante la modalidad ventilatorio con volumen garantizado, puede ocurrir obstrucción completa, la PIM aumentar y permanecer elevada durante 30-60 minutos o más, la configuración del PIM máxima puede restringir la entrega del volumen preestablecido y producirse hipercapnia e hipoxemia con sus consecuencias adversas.**
   a. **Verdadero.**
   b. Falso.

Esta complicación pude pasar como fue publicado (Wheeler et al, año 2009). Ante esta situación se deberá optar por aumentar la PIM máxima (alarma) para permitir la entrega del Vt o cambiar a una modalidad por presión hasta que se distribuya bien el surfactante.

7. **Si el neonatólogo predetermina o settea un Vt "inadecuado y bajo", el nivel de PIM se acerca al nivel de PEEP, y eventualmente, el RN se puede "agotar", ya que no puede sostener el esfuerzo (↑↑ $PaCO_2$, ↓↓ PH y ↑↑ trabajo respiratorio), con fracaso de la "modalidad VG" con fluctuaciones de la $PaCO_2$ y riesgo de HIV y atelectasia en RN prematuros.**
   a. **Verdadero.**
   b. Falso.

Ante esta situación clínica se deberá aumentar el Vt/kg, realizar una evaluación de la clínica del RN al pie de la incubadora, y ver la mejoría clínica con el aumento del Vt, con disminución de la FR, la mejoraría del esfuerzo respiratorio, de la mecánica respiratoria y él bebe estar más confortable.

8. **¿Cuál o cuáles pueden ser desventajas de la ventilación con volumen garantizado?**
   a. Menor experiencia.
   b. Presiones excesivas.
   c. Asincronia.
   d. Aumento del trabajo respiratorio.
   e. Todas correctas.

Todas las opciones pueden ser desventajas, ya que hay menor experiencia entre los neonatólogos, puede haber PIM elevadas para entregar el Vt preestablecido, al suministrar un flujo fijo (y no desacelerado) el mismo puede ser bajo para las demandas del RN y ocasionar asincronia entre el RN y el respirador, y haber aumento del trabajo respiratorio.

9. **¿En esta modalidad con volumen garantizado, si el RN se encuentra muy inestable, desadaptado y con aumento de la FR, sería una de las pocas situaciones en que estaría indicada la sedación?**
   a. Correcto.
   b. Incorrecto.

En esta modalidad como en todas las modalidades sincronizadas no tiene ningún sentido usar sedantes ya que inhiben el esfuerzo respiratorio del RN. Si el RN esta inestable, desadaptado y taquipneico, deberemos buscar la causa, como por ejemplo, Vt inadecuado y bajo, TET obstruido, TET muy introducido, o alguna complicación como neumotórax o atelectasia, etc. Sino se encuentra la causa que explique la situación clínica, se deberá cambiar de modalidad.

10. **¿Según la mayoría de los autores en que nivel se debe ajustar la PIM máxima (alarma)?**
   a. 4 a 8 cm H_2O o 35% por encima de la PIM real.
   b. 4 a 5 cm H_2O o 25% por encima de la PIM real.
   c. 1 a 2 cm H_2O o 10% por encima de la PIM real.
   d. 5 a 10 cm H_2O o 50% por encima de la PIM real.

Bibliografía

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts in assisted mechanical ventilation in the neonate" - Part 2: Understanding various modes of mechanical ventilation and recommendations for individualized disease-based approach in neonates. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 201 - 208.

- Donn S, Sinha S. Manual de asistencia respiratoria en neonatología. 4ta edición. Editorial ediciones journal, 2019.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

- Jain D, Claure N, Bello J, D'Ugard C, and Bancalari E: Volume guarantee ventilation: effect on preterm infants with frequent hypoxemia episodes. Neonatology, 2016; 110: 129-134.

- Keszler M, and Abubakar K: Volume guarantee: stability of tidal volume and incidence of hypocarbia. Pediatr Pulmonol, 2004; 38: 240-245.

- Keszler M. Mechanical ventilation strategies. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2017; 22: 267- 274.

- Keszler M. Volume-targeted ventilation: one size does not fit all. Evidence-based recommendations for successful use. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2019; 104: F108–F112. doi:10.1136/archdischild-2017-314734.

- Klingenberg C, Wheeler KI, Davis PG, and Morley CJ: A practical guide to neonatal volume guarantee ventilation. J Perinatol, 2011; 31: 575-585.

- Klingenberg C, Wheeler KI, McCallion N, Morley CJ, Davis PG. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in neonates (Review). Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017, Issue 10. Art. No.: CD003666. DOI:10.1002/14651858.CD003666.pub4.

- Sánchez Luna M. Asistencia respiratoria neonatal, tendencia actual. An. Pediatr. (Barc), 2.009; 70: 107-10.

- Sinha SK, Donn SM, Gavey J, et al: Randomised trial of volume controlled versus time cycled, pressure limited ventilation in preterm infants with respiratory distress syndrome. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 1997; 77: F202-F205.

- Stefanescu BM, Frewan N, O'Shea TM, et al: Volume guarantee pressure support ventilation in extremely preterm infants and neurodevelopmental outcome at 18 months. J Perinatol, 2015; 35: 419-423.

- Polimeni V, Claure N, D'Ugard C, et al: Effects of volume-targeted synchronized intermittent mandatory ventilation on spontaneous episodes of hypoxemia in preterm infants. Biol Neonate, 2006; 89: 50-55.

- Sola A, Rogido M. Cuidados especiales del feto y recién nacido. Volúmenes I y II; Editorial Científica Interamericana, Buenos Aires, 2.001.

- Sola A. Cuidados Neonatales: Descubriendo la vida de un recién nacido, Volúmenes I y II. Editorial Edimed, Buenos Aires, 2011.

- Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, Hallman M, Ozek E, Te Pas A, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome - 2019 update. Neonatology, 2019. https://doi.org/10.1159/000499361.

- Wheeler KI, Klingenberg C, Morley CJ, and Davis PG: Volume-targeted versus pressure-limited ventilation for preterm infants: a systematic review and meta-analysis. Neonatology, 2011; 100: 219-227.

Capítulo 7

Ventilación de Alta Frecuencia

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre Ventilación de Alta Frecuencia en el Recién Nacido?

Para comenzar a introducirnos en la ventilación de alta frecuencia en el recién nacido, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. La ventilación de alta frecuencia es un modo ventilatorio con Vc pequeños, (< espacio muerto), con frecuencias respiratorias suprafisiológicas (> 150 x minuto), que facilitan el reclutamiento alveolar y producen un efectivo intercambio de CO_2 y O_2 con ↓ presión alveolar, minimizando los efectos del volutrauma/barotrauma con distribución de los gases más uniforme.

a. Verdadero.
b. Falso.

2. ¿Cuál de las siguientes no es una modalidad de ventilación de alta frecuencia?

a. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria.
b. Ventilación de alta frecuencia por jet.
c. Ventilación de alta frecuencia por interruptor de flujo.
d. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria con volumen garantizado.
e. Ventilación de alta frecuencia por jet con volumen garantizado.

3. Señale la opción correcta en relación a la ventilación de alta frecuencia.

a. A diferencia de la ventilación mecánica convencional, a ↑ frecuencia, ↓ volumen minuto desplazado y a ↓ frecuencia, ↑ volumen desplazado.
b. Al igual que en ventilación mecánica convencional, a ↓ frecuencia, ↓ volumen minuto desplazado y a ↑ frecuencia, ↑ volumen desplazado.

4. En ventilación de alta frecuencia oscilatoria la estrategia, *"alto volumen-alta presión"* recomienda comenzar elevando la PAM de 2-4 cm H_2O por encima de la PAM que tenía el RN en VMC, cuando se decide cambiar de VMC a VAFO.

a. Correcto.
b. Incorrecto.

5. ¿Cuál parámetro no se puede modificar en ventilación de alta frecuencia oscilatoria?

a. PAM.
b. FiO_2.
c. Frecuencia.
d. Amplitud.
e. Flujo.

6. Señale la opción incorrecta en relación a la ventilación de alta frecuencia.

a. Es primordial usar sistema cerrado de aspiración, sino contamos con este sistema no se puede utilizar la ventilación de alta frecuencia.
b. Es mejor (no primordial) usar sistema cerrado de aspiración, con el fin de no desreclutar.
c. Es bueno aspirar previo al ingreso a esta modalidad.
d. Considerar la posibilidad de aspirar ante un aumento repentino de la $PaCO_2$.

7. ¿En ventilación de alta frecuencia, cuál es la estrategia para utilizar de inicio si la $PaCO_2$ es elevada?

a. Aumentar la frecuencia (Hz).
b. Aumentar la amplitud o delta P.
c. Aumentar la PEEP.
d. Bajar la amplitud.
e. Bajar la frecuencia.

8. ¿En ventilación de alta frecuencia, cuál es la estrategia para utilizar de inicio si la $PaCO_2$ es baja?
a. Bajar la amplitud o delta P.
b. Bajar la FR y bajar la amplitud o delta P.
c. Bajar la MAP.
d. Subir la MAP.

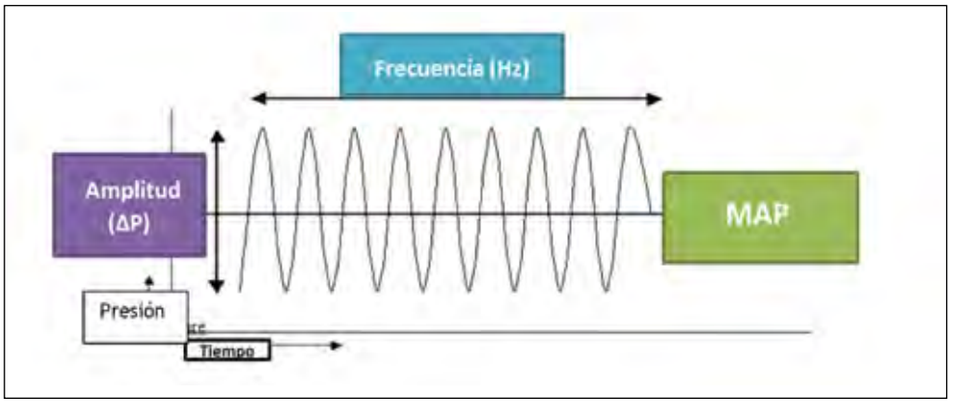
9. Un RN de 5 días de vida con diagnóstico de SALAM, se encuentra en VAFO, con los siguientes parámetros: PAM de 16 cm H_2O, amplitud de 30 cm H_2O, frecuencia de 10 Hz y FiO_2 de 40 %. En su gasometría presenta hipercapnia ($PaCO_2$ 55 mm Hg) e hiperoxia (PaO_2 120 mm Hg y SpO_2 98%). ¿De las siguientes opciones cual elegiría?
a. Aumentar la amplitud y bajar la FiO_2.
b. Aumentar la frecuencia y bajar la PAM.
c. Aumentar la amplitud y bajar la PAM.
d. Disminuir la frecuencia y bajar la PAM.

10. ¿La VAFO se utiliza generalmente como estrategia de rescate ante el fallo de la ventilación mecánica convencional?
a. Verdadero.
b. Falso.

Introducción

La ventilación de alta frecuencia es una forma de ventilación mecánica que utiliza volúmenes tidal o volúmenes corrientes bajos con frecuencias elevadas. La VAF utiliza una presión de distensión (PAM o MAP) constante con oscilaciones de presión alrededor de la presión media (Figura 1). Los volúmenes pulmonares son pequeños, menores que el espacio muerto anatómico (1,5-3 ml/kg), combinado con frecuencias respiratorias suprafisiológicas de 3 a 20 Hz (1 Hz = 60 ciclos por minuto) o 180-1200 ciclos por minuto, facilitando el reclutamiento alveolar del pulmón con atelectasia o enfermo. Como se mencionó anteriormente, esta modalidad mejora el reclutamiento alveolar y produce un efectivo intercambio de gases (CO_2 y O_2) con menor presión alveolar, minimizando los efectos adversos del volutrauma y/o barotrauma con distribución de los gases más uniforme, logrando un óptimo reclutamiento alveolar y volumen pulmonar, evitando las grandes fluctuaciones de volumen.

Figura 1. Curvas de Presión en VAF.



Fuente: Extraída de Bellani P. Modalidades ventilatorias en el recién nacido – Parte 2: Ventilación de alta frecuencia. Curso Virtual Atención Neonatal diaria – EducaSAP. 2018: 1-24.

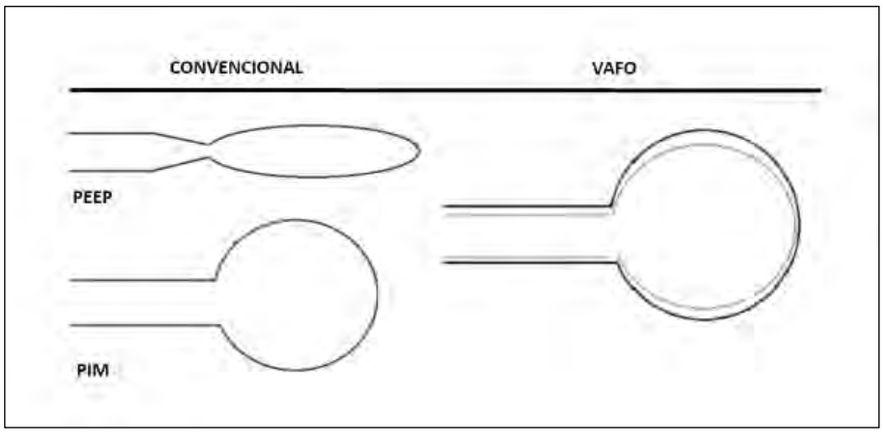
Resumiendo, las principales diferencias de la VAF con la VMC son:
- Uso de presiones pico más bajas.
- Capacidad adecuada para manejar independientemente la oxigenación y la ventilación mientras que utiliza volúmenes corrientes muy pequeños.
- Logra un efectivo intercambio de CO_2 y O_2 con menores presiones a nivel alveolar.
- Genera mínimas variaciones en los volúmenes de ventilación.
- Mantiene los pulmones con un volumen relativamente constante, por encima de la capacidad funcional residual.

- Minimiza los efectos de volutrauma y atelectrauma.
- La distribución del gas es más uniforme y regular que en VMC (por lo que permite la administración de medicaciones como el óxido nítrico inhalado).
- Menor repercusión hemodinámica, incluso con presiones más elevadas.

En VAF los **cambios de presión son menores**, se reduce el ciclo de inflado-desinflado y de estiramiento-retracción alveolar. Hay **menor cambio en el volumen** y el volumen pulmonar se mantiene constante (Figura 2).

Los RN que se benefician con VAF son aquellos con enfermedades con daño pulmonar difuso, escapes aéreos y disminución del volumen pulmonar.

Figura 2. Menor cambio de volumen (presión) a nivel alveolar.



Fuente: Extraída de Bellani P. Modalidades ventilatorias en el recién nacido – Parte 2: Ventilación de alta frecuencia. Curso Virtual Atención Neonatal diaria – EducaSAP. 2018: 1-24.

Los mecanismos primarios del intercambio de gases son diferentes a la VMC. Sin entrar en detalles específicos de cada uno, ellos son:

- Mezcla de gases por aumento de la convección en las vías aéreas debido a la recirculación del gas dentro del pulmón por las diferentes constantes de tiempo. Esta mezcla de gas entre las diferentes regiones del pulmón o interregionales se conocen también con el nombre de "Pendelluft".
- Aumento de la difusión del gas en las vías aéreas grandes y medianas producidas por los perfiles asimétricos de velocidad de flujo.
- Ventilación alveolar directa en las unidades alveolares situadas cerca de la vía aérea proximal, es decir, aquellas unidades con mínimo espacio muerto.
- Dispersión Taylor, la cual aumenta la difusión por el efecto del flujo convectivo sobre el proceso de difusión mediante las diferentes velocidades entre el flujo axial y el periférico.
- Difusión molecular en las vías aéreas pequeñas y alvéolos.

Resumiendo, los principales mecanismos de transporte de gases incluyen, flujo convectivo, convección y difusión molecular, Pendelluft, flujo laminar con dispersión de Taylor, flujo turbulento, y ventilación colateral perialveolar.

Hay tres tipos de modos de ventilación de alta frecuencia actualmente en uso en las unidades de cuidado intensivo neonatal. La ventilación de alta frecuencia oscilatoria, la ventilación de alta frecuencia tipo jet y la ventilación de alta frecuencia por interruptor de flujo. En esta sección solo la describiremos la VAFO, que es la más utilizada en la actualidad.

Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria

En VAFO, los diferentes dispositivos generan pulsos de presión positiva y negativa, alrededor del nivel de PAM elegido, que mueve el aire, produciendo la apertura de las vías respiratorias, con un volumen limitado. La inspiración y espiración son activas. Utilizan frecuencias que van de 180 a 1200 ciclos/minuto (3 a 20 Hz). El movimiento de un pistón o diafragma provoca las oscilaciones del flujo de gas en la vía aérea. La amplitud de estas oscilaciones de la presión dentro de la vía aérea determina el Vt que llega a los pulmones alrededor de una presión media constante. Esto permite evitar el uso de altas presiones pico inspiratorias y mantener el pulmón reclutado (abierto) al evitar el uso de presiones bajas al final de la espiración. En VAFO para lograr las vibraciones se utilizan pistones o diafragmas, como se mencionó anteriormente.

Las parámetros o variables que debe manejar el neonatólogo en VAFO, son la frecuencia (Hz), la PAM o MAP (cm H_2O), la amplitud (cm H_2O), el tiempo inspiratorio (en algunos respiradores, como porcentaje del ciclo respiratorio) y la FiO_2. En algunos respiradores (VN500®, Dräger) se puede controlar el volumen garantizado (VAFO + VG).

En VAFO (depende del ventilador) no es necesario utilizar el sensor de flujo, a menos que se quiera medir el Vt, utilizar el coeficiente DCO_2 (se explica más adelante) o bien utilizar VAFO con VG (no todos los respiradores tienen esta modalidad).

Como Manejar la Oxigenación

La oxigenación depende de la PAM y de la FiO_2 (similar a VMC). La estrategia de "Alto Volumen-Alta Presión" actualmente recomienda que cuando se pasa de VMC a VAFO, se debe aumentar de 1-2 cm H_2O la PAM, por encima de la que tenía el RN en VMC. Si en unos minutos no se consigue mejoría de la PaO_2 o SpO_2, se debe seguir aumentado la PAM hasta la mejoría de estos (en algunos casos puede requerir aumentos de la PAM mayores a 5-10 cm H_2O que las que traía previamente). Entonces con el fin de aclarar algunos conceptos, … se recomienda aumentar la PAM de 1- 2 cm H_2O por encima de la PAM que tenía él bebe en VMC (concepto de reclutamiento óptimo) hasta lograr una oxigenación adecuada. Los ajustes posteriores se realizan en función de los requerimientos de O_2, y la optimización de la expansión pulmonar basada en la posición del diafragma en la radiografía de tórax hasta aproximadamente 8-9 costillas (Figura 3).

Con esta estrategia hay que evitar siempre desreclutar, es decir "aspirar" o "desconectar" del circuito. Además de tratar de evitar la sobredistensión (las bases pulmonares no deben sobrepasar el nivel de la 9 costilla en la radiología).

Una vez conseguida una buena **"oxigenación"**, primero comenzar a bajar la FiO_2 (hasta 40%-50%) y luego comenzar a descender la PAM.

Se intentará descender a una PAM óptima, es decir aquella con una PaO_2 adecuada con FiO_2 de 40%-50%, y sin compromiso hemodinámico. La sobredistensión del pulmón puede afectar la función cardíaca y la hemodinamia del RN.

La repercusión hemodinámica al aplicar VAFO puede ser incluso inferior a la causada por la VMC (por los escasos cambios de volúmenes alveolares, menores presiones máximas y porque mejora la relación ventilación/perfusión al conseguir mantener abiertas más unidades alveolares durante más tiempo). No obstante, hay que tener cuidado cuando se usan PAM elevadas, ya que se puede disminuir el retorno venoso, caer el gasto cardiaco y aumentar la resistencia vascular pulmonar, con hipoxemia tisular.

La VAFO recluta unidades pulmonares colapsadas, pero una vez abiertas, estas unidades pulmonares se pueden mantener abiertas con una PAM menor que la utilizada para el reclutamiento pulmonar. Resumiendo, y aclarando conceptos, al principio se deben utilizar presiones más elevadas con el fin de "reclutar", pero luego de conseguir un oxigenación aceptable o adecuada, se deben descender.

En esta modalidad, las modificaciones de la PAM no producen cambios (en general) en la eliminación de CO_2 (a diferencia de la VMC), excepto que de manera indirecta se afecte la amplitud (diferencia de presión alrededor de la PAM) cuando el pulmón está atelectasiado o muy sobredistendido por PAM muy bajas o altas respectivamente, entonces la compliance se verá alterada (disminuida en ambos casos) y esto impactará sobre las oscilaciones, que son las responsables (junto a la frecuencia) del Vt y por ende de la eliminación de CO_2.

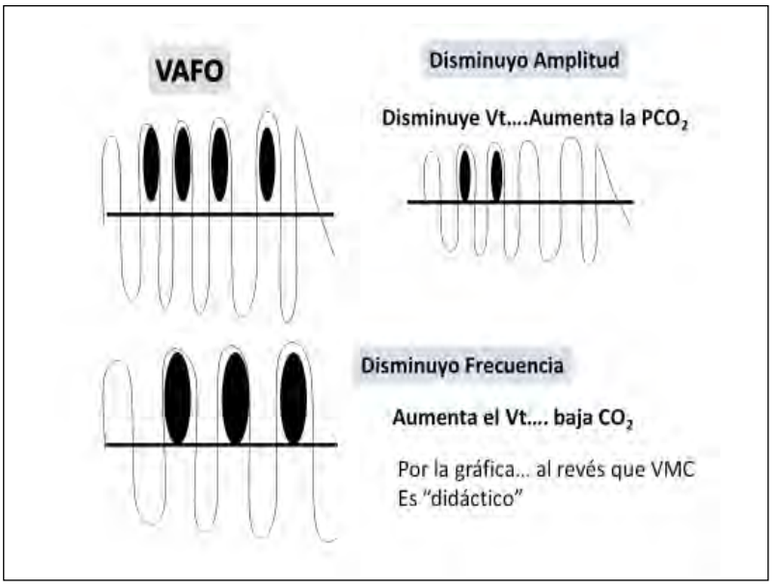
Como Manejar la Ventilación ($PaCO_2$)

La eliminación de CO_2 es más efectiva que en la VMC. En VAFO, en general la eliminación de CO_2 a frecuencias bajas, está relacionada con el volumen minuto (FR x Vt^2), se observa que la eliminación depende más del Vt suministrado por el oscilador que de la frecuencia con la que se opera. El Vt se ajusta variando la **amplitud** o **delta p** (regula la diferencia entre la presión máxima y mínima de los ciclos u oscilaciones). Por lo tanto, si se aumenta la amplitud disminuye la CO_2, por el contrario, si se disminuye la amplitud aumenta la CO_2 (Figura 4). La amplitud se determina inicialmente para lograr vibración adecuada del tórax y mantener los niveles de $PaCO_2$ en el rango deseado en función de los gases en sangre y de las mediciones transcutáneas de CO_2. Cada oscilador tiene frecuencias óptimas de funcionamiento, según su diseño (potencia)……. por encima de las cuales puede disminuir el Vt administrado. En la práctica una vez seleccionada la frecuencia no suele modificarse durante el tiempo de uso. En general se comienza a operar con la frecuencia que permita el oscilador para suministrar el Vt necesario. La eliminación de CO_2 es independiente de la PAM si el reclutamiento pulmonar es adecuado. Aunque en retirada de VAFO, con PAM bajas, puede aumentar los niveles de CO_2.

Figura 3. Radiología de tórax de un RN en VAFO con adecuada expansión pulmonar.

En VAFO, la relación lineal entre la frecuencia del respirador y la eliminación de CO_2 ya no es válida como en VMC (Figura 4). De hecho, durante la VAFO, la eliminación de CO_2 mejora con la disminución de la frecuencia del ventilador siempre y cuando la relación de tiempo inspiratorio-espiratorio (I: E) se mantenga constante. Esto se debe a que una reducción en la frecuencia produce un aumento de Vt, mientras que un aumento en la frecuencia hace lo contrario.

Figura 4. El aumento de la amplitud y la disminución de la frecuencia, aumentan el Vt (disminuyen por lo tanto la CO_2). La disminución de la amplitud y el aumento de la frecuencia, disminuyen el Vt (aumentan la CO_2).



Fuente: Extraída de Fernández M. Taller de Ventilación Neonatal. Pinar del Rio, Cuba, año 2016.

La programación de la frecuencia depende de la enfermedad. En patologías cuya principal alteración es la baja distensibilidad (SDR) se utilizan frecuencias más elevadas (10-15 Hz) y frecuencias más bajas en aquellas situaciones caracterizadas por una resistencia aumentada (enfisema pulmonar intersticial). Habitualmente se utilizan frecuencias de 10 a 15 Hz en prematuros y de 8 a 10 Hz en RN de término.

Coeficiente de Difusión de CO_2

Cuando se utiliza el sensor de flujo se puede medir el DCO_2, que es una medición realizada por el respirador, y no un "parámetro" para ser programado. De mucha utilidad y a menudo muy "poco utilizado", mide la eficiencia de la eliminación de CO_2 y está determinado por las variaciones del Vt y la FR (lo calcula el respirador según la FR x Vt^2)

Cuando el DCO_2 aumenta, la $PaCO_2$ disminuye, el DCO_2 está relacionado linealmente con la frecuencia, pero aumenta exponencialmente con aumentos del Vt, por lo que la eliminación de CO_2 se logra de manera más eficiente cuando se aumenta el Vt (ej. un aumento del 10% y 20% en el Vt aumenta el DCO_2 21% y 44%). Cuando los parámetros del ventilador no se modifican y el DCO_2 aumenta, la eficiencia ventilatoria mejora disminuyendo la $PaCO_2$.

Indicaciones de VAFO

La VAFO como soporte primario no ha demostrado tener mejores resultados que la VMC. Generalmente se utiliza como estrategia ventilatoria de rescate, en problemas de oxigenación y/o ventilación. El "uso" de VAFO como "rescate" implica definir el "fracaso" de la VMC (Cuadro 1).

Cuadro 1. Consenso de Expertos.

Peso (gr)	PAM (cm H_2O)	PIM (H_2O)	Índice Oxigenación
> 1000	10	> 20	> 15
1000-1500	12	24-28	> 15
> 1500	15	> 28	> 20

Fuente: Extraída de Bellani P. Modalidades ventilatorias en el recién nacido – Parte 2: Ventilación de alta frecuencia. Curso Virtual Atención Neonatal diaria – EducaSAP. 2018: 1-24.

Las principales indicaciones de VAFO incluyen: al "fracaso" de la VMC, HPPRN, EPI grave, HDC grave, rescate de prematuros con EMH o SDR severo, rescate de RNT con insuficiencia respiratoria grave. Recordemos los RN con HPPRN respondieron mejor a la combinación de VAFO + ONi que al uso separado. La literatura disponible favorece el uso de VAF con ONi para mejorar la oxigenación en RN con HPPRN severa (Kinsella et al. 1997).

Manejo Practico de la VAFO

Luego de ingresar un RN en VAFO se debe controlar el temblor, hasta el ombligo en prematuros y hasta la raíz de miembros en RN de término (difícil de darse cuenta, lo fundamental es que "vibre"). Algunos autores recomiendan comenzar con el doble de la PAM, por ejemplo, si al bebe se le indica una PAM de 12 cm H_2O, la amplitud de comienzo debería ser 24 cm H_2O. Si no vibra, primero se deberá aspirar, luego ver si hay extubación, o sospechar alguna complicación. Realizar una radiología de tórax con carácter de "urgencia". Si vibra de más: ¿pensar en aumento del volumen pulmonar? ..... y se deben ajustar parámetros. Con la auscultación, no es posible oír los ruidos pulmonares normales, solo deberemos buscar la "simetría", y para auscultar los ruidos cardíacos se deberá pasar a modo CPAP.

Se recomienda utilizar un sistema cerrado de aspiración (para no desreclutar, recordemos que en general estos bebes están **"graves"**), se debe aspirar bien al RN previo al ingreso en esta modalidad, luego se aspira ante la disminución del temblor, secreciones en el TET, aumento de la $PaCO_2$ o caída de la SpO_2. Las complicaciones son similares a la VMC (escapes de aire, compromiso hemodinámico). La extubación se puede realizar directamente de VAFO o bien pasar a VMC (ejemplo: SIMV + PS).

¿Con que parámetros podemos intentar la extubación desde VAFO?

RN Prematuros

- FiO_2: < 0.3 o 30%.
- PAM: 6-8 cm H_2O.
- Amplitud: 10-15 cm H_2O.
- Sin dificultad respiratoria.
- pH: > 7.25.

RN de Término

- FiO_2: < 0.35 o 35%.
- PAM: 8-10 cm H_2O.
- Amplitud: 15-20 cm H_2O.
- Sin dificultad respiratoria.
- pH: > 7.30.

En el Cuadro 2 se muestran algunas modificaciones de VAFO según la gasometría.

Cuadro 2.

FiO_2 < 0.5-0.6 y $PaCO_2$ elevada	**Modificación**
PaO_2 normal	Aumentar Amplitud
PaO_2 baja	Aumentar Amplitud y FiO_2
PaO_2 elevada	Aumentar Amplitud y bajar PAM
FiO_2 < 0.5-0.6 y $PaCO_2$ normal	**Modificación**
PaO_2 normal	No hacer cambios
PaO_2 baja	Aumentar FiO_2
PaO_2 elevada	Bajar PAM
FiO_2 < 0.5-0.6 y $PaCO_2$ baja	**Modificación**
PaO_2 normal	Disminuir Amplitud
PaO_2 baja	Disminuir Amplitud y subir FiO_2
PaO_2 elevada	Disminuir Amplitud y bajar PAM

Fuente: Extraída de Fernández M. Taller de Ventilación Neonatal. Pinar del Rio, Cuba, año 2016.

Notas …

- Ante **hipoxemia-hipercapnia**: descartadas secreciones, migración del TET, neumotórax…sugiere bajo volumen pulmonar, por lo que además de subir FiO_2 y amplitud, considerar aumentar PAM.
- Ante aumento "importante" de la $PaCO_2$ que luego de aspirar y subir amplitud no mejora, considerar en orden: bajar FR a mínimo (5-6 Hz), ¿aumentar el Ti???? (depende del respirador).

VAFO con Volumen Garantizado

Hay poca evidencia "disponible", pero algunos respiradores permiten controlar el Vt (< EM: 2.4 ml/kg; rango: 1-3,6 ml/kg), previniendo los Vt elevados (> EM). Con esta modalidad, a diferencia de la VAFO estándar (sin VG), los cambios en la "frecuencia modifican el Vt". Por lo tanto, cualquier aumento en la frecuencia ahora con VG, aumentará el DCO_2, con disminución en la $PaCO_2$. La frecuencia, con la modalidad VAFO + VG, tiene un efecto directo en la eliminación de CO_2 (diferencia con VAF tradicional, pero similar a VMC).

El uso de Vt más bajos y frecuencias más altas puede permitir una mejor eficacia de la ventilación y minimizar la lesión pulmonar.

Hay pocos estudios clínicos publicados con VAFO + VG, los mismos demostraron una ventilación más estable con mejor control de la $PaCO_2$ en prematuros SDR grave.

El daño pulmonar causado por el ventilador se relaciona principalmente con la administración de grandes Vt durante los primeros días de vida. Se especula que con esta nueva modalidad se podría minimizar la lesión pulmonar. La modalidad VAFO + VG, es una estrategia potencial para prevenir el daño pulmonar, principalmente en los bebés más inmaduros, y tiene que probarse en grandes estudios clínicos, que demuestren reducir el riesgo de lesión pulmonar inducida por el respirador y reducir el riesgo de DBP.

VAFO Recomendación actual

- **Rescate precoz**, en patología pulmonar difusa grave (EMH, bronconeumonía, SALAM, HDC con HPPRN) con estrategia de alto volumen pulmonar (diafragma a nivel 9ª costilla).
- En **hipoxemia/hipercapnia** en VMC con PIM > 20-25 cm H_2O (según peso). iniciar con PAM de 1 - 2 cm H_2O por encima de la PAM de VMC y Vt 2 ml/kg (si decide utilizar VAFO + VG).

- Neumotórax + fístula o EPI severo. (PAM igual que en VMC).
- Mantener reclutamiento alveolar, evitando maniobras de desreclutamiento, y permitiendo bajar FiO_2 (< 0,5 o 50%) antes que MAP si no hay hiperinsuflación o compromiso hemodinámico.
- Vigilar hiperventilación/hipocapnia/sobredistensión.

Respuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita**. Algunas respuestas tienen un pequeño comentario con el fin de explicar lo que a consideración del autor es correcto.

1. La ventilación de alta frecuencia es un modo ventilatorio con Vc pequeños, (< espacio muerto), con FR suprafisiológicas (> 150 x minuto) que facilitan el reclutamiento alveolar y producen un efectivo intercambio de CO_2 y O_2 con ↓ presión alveolar, minimizando los efectos del volutrauma/barotrauma con distribución de los gases más uniforme.

a. **Verdadero.**
b. Falso.

2. ¿Cuál de las siguientes no es una modalidad de ventilación de alta frecuencia?

a. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria.
b. Ventilación de alta frecuencia por jet.
c. Ventilación de alta frecuencia por interruptor de flujo.
d. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria con volumen garantizado.
e. **Ventilación de alta frecuencia por jet con volumen garantizado.**

Los tres tipos de ventilación de alta frecuencia son la oscilatoria, por jet y por interrupción de flujo. Algunos respiradores que proporcionan VAFO pueden con un sensor de flujo administrar VAFO con volumen garantizado.

3. Señale la opción correcta en relación a la ventilación de alta frecuencia.

a. **A diferencia de la ventilación mecánica convencional, a ↑ frecuencia, ↓ volumen minuto desplazado y a ↓ frecuencia, ↑ volumen desplazado.**
b. Al igual que en ventilación mecánica convencional, a ↓ frecuencia, ↓ volumen minuto desplazado y a ↑ frecuencia, ↑ volumen desplazado.

En VAFO, la relación lineal entre la frecuencia del respirador y la eliminación de CO_2 (aumenta la frecuencia, disminuye la $PaCO_2$) ya no es válida como en VMC. Durante VAFO, la eliminación de CO_2 mejora con la disminución de la frecuencia del respirador porque aumenta el Vt desplazado y si se aumenta la frecuencia disminuye el Vt desplazado con aumento de la CO_2.

4. En ventilación de alta frecuencia oscilatoria la estrategia, *"alto volumen-alta presión"* recomienda comenzar elevando la PAM de 2-4 cm H_2O por encima de la PAM que tenía el RN en VMC, cuando se decide cambiar de VMC a VAFO.

a. Correcto.
b. **Incorrecto.**

En VAFO la estrategia, ***"alto volumen-alta presión"*** recomienda comenzar elevando la PAM de 1-2 cm H_2O por encima de la PAM que tenía el RN en VMC. Es cierto que en algunas situaciones clínicas se debe elevar en más de 5-10 cm H_2O.

5. ¿Cuál parámetro no se puede modificar en ventilación de alta frecuencia oscilatoria?

a. PAM.
b. FiO_2.
c. Frecuencia.
d. Amplitud.
e. **Flujo.**

En VAFO el neonatólogo maneja la oxigenación modificando la PAM y la FiO_2, y los niveles de $PaCO_2$ con la modificación de la amplitud y frecuencia. El flujo lo administra automáticamente cada respirador para alcanzar los parámetros preestablecidos.

6. Señale la opción incorrecta en relación a la ventilación de alta frecuencia.

a. **Es primordial usar sistema cerrado de aspiración, sino contamos con este sistema no se puede usar la ventilación de alta frecuencia.**

b. Es mejor (no primordial) usar sistema cerrado de aspiración, con el fin de no desreclutar.
c. Es bueno aspirar previo al ingreso en esta modalidad.
d. Considerar la posibilidad de aspirar ante un aumento repentino de la $PaCO_2$.

Es bueno tratar de no desreclutar al RN en VAFO, sobre todo cuando necesita ser aspirado, por eso es aconsejable utilizar sistemas cerrados de aspiración. Pero de no contar con estos sistemas, igual se pude utilizar VAFO.

7. ¿En ventilación de alta frecuencia, cuál es la estrategia para utilizar de inicio si la $PaCO_2$ es elevada?
a. Aumentar la frecuencia (Hz).
b. Aumentar la amplitud.
c. Aumentar PEEP.
d. Bajar amplitud.
e. Bajar frecuencia.

En VAF la eliminación de CO_2 depende más del Vt suministrado por el oscilador mas que de la frecuencia con la que se opera. El Vt se ajusta variando la amplitud o delta p (regula la diferencia entre la presión máxima y mínima de los ciclos). Por lo tanto, si aumenta la amplitud disminuye la CO_2, por el contrario, si disminuye la amplitud aumenta la CO_2.

8. ¿En ventilación de alta frecuencia, cuál es la estrategia para utilizar de inicio si la $PaCO_2$ es baja?
a. Bajar la amplitud o delta P.
b. Bajar la FR y subir la amplitud o delta P.
c. Bajar la MAP.
d. Subir la MAP.

Ante la presencia de un RN con hipocapnia, se debe disminuir la amplitud, ya que la eliminación de CO_2 en VAFO depende del Vt^2 y no tanto de la frecuencia. La amplitud o delta p representa el Vt, o sea al aumentar la amplitud aumenta el Vt y por lo tanto disminuye la $PaCO_2$. Por lo el contrario, al disminuir la amplitud, disminuye el Vt y por lo tanto aumenta la $PaCO_2$.

9. Un RN de 5 días de vida con diagnóstico de SALAM, se encuentra en VAFO, con los siguientes parámetros: PAM de 16 cm H_2O, amplitud de 30 cm H_2O, frecuencia de 10 Hz y FiO_2 de 40 %. En su gasometría presenta hipercapnia ($PaCO_2$ 55 mm Hg) e hiperoxia (PaO_2 120 mm Hg y SpO_2 98%). ¿De las siguientes opciones cual elegiría?
a. Aumentar la amplitud y bajar la FiO2.
b. Aumentar la frecuencia y bajar la PAM.
c. Aumentar la amplitud y bajar la PAM.
d. Disminuir la frecuencia y bajar la PAM.

En este RN que presenta hipercapnia e hiperoxia y se encuentra con la modalidad VAFO, en primer término, habría que disminuir la PAM, para mejorar la oxigenación, y no disminuir la FiO_2 ya que está por debajo de 50%. Para mejorar la hipercapnia y disminuir la $PaCO_2$ habría que aumentar la amplitud (Vt).

10. ¿La VAFO se utiliza generalmente como estrategia de rescate ante el fallo de la ventilación mecánica convencional?
a. Verdadero.
b. Falso.

La VAFO se utiliza como estrategia de rescate ante hipoxemia y/o hipercapnia severa, que no pueden resolverse con la VMC "correctamente utilizada", ya que como estrategia de inicio no demostró tener mejores resultados que la VMC.

Bibliografía

- Bellani P. Modalidades ventilatorias en el recién nacido – Parte 2: Ventilación de alta frecuencia. Curso Virtual Atención Neonatal diaria – EducaSAP. 2018: 1-24.

- Belteki G, Morley CJ. High-frequency oscillatory ventilation with volume guarantee: a single-centre experienceArch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2018; 0: F1–F6. doi:10.1136/archdischild-2018-315490

- Bhuta T, and Henderson-Smart D.J. Elective high frequency jet ventilation versus

- conventional ventilation for respiratory distress syndrome in preterm infants. Cochrane Database Syst Rev, 2002; 2: pp. CD000328.

- Carlo W.A, Chatburn R.L, Martin R.J. Randomized trial of high-frequency jet ventilation versus conventional ventilation in respiratory distress syndrome. J Pediatr, 1987; 110: 275.

- Carlo W.A, Beoglos A, Chatburn R.L, et al. High-frequency jet ventilation in neonatal pulmonary hypertension. Am J DisChild, 1989; 143: 233.

- Carlo W.A, Chatburn R.L, Martin R.J, et al. Decrease in airway pressure during high-frequency jet ventilation in infants with respiratory distress syndrome. J Pediatr, 1984; 104: 101-107.

- Carlo W.A, Siner B, Chatburn R.L.L, et al. Early randomized intervention with high-frequency jet ventilation in respiratory distress syndrome. J Pediatr. 1990; 117: 765-770.

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni NB, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts in assisted mechanical ventilation in the neonate" - Part 2: Understanding various modes of mechanical ventilation and recommendations for individualized disease-based approach in neonates. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 201 - 208.

- Chang H.K. Mechanisms of gas transport during ventilation by high-frequency oscillation. J Appl Physiol, 1984; 56: 553-563.

- Cools F, Henderson-Smart D.J, Offringa M, et al. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. Cochrane Database Syst Rev, 2009; 3: pp. CD000104.

- Cools F, Askie L.M, Offringa M, et al. Elective high frequency oscillatory versus conventional ventilation in preterm infants: a systematic review and meta-analysis of individual patients' data. Lancet, 2010; 375: 2082-2091.

- Courtney SE, and Asselin J.M. High-frequency jet and oscillatory ventilation for neonates: which strategy and when? Respir Care Clin N Am, 2006; 12: 453 - 467.

- Davis J.M, Richter S.E, Kendig J.W, et al. High-frequency jet ventilation and surfactant treatment of newborns with severe respiratory failure. Pediatr Pulmonol, 1992; 13: 108-112.

- Donn S.M, and Mammel M.C. Neonatal Pulmonary Graphics: A Clinical Pocket Atlas. New York: Springer.

- Donn S, Sinha S. Manual de asistencia respiratoria en neonatología. 4ta edición. Editorial ediciones journal, 2019.

- Keszler M. Mechanical ventilation strategies. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2017; 22: 267- 274.

- Keszler M, Donn S.M, Bucciarelli R.L.L, et al. Multicenter controlled trial comparing high-frequency jet ventilation and conventional mechanical ventilation in newborn infants with pulmonary interstitial emphysema. J Pediatr, 1991; 119: 85-93.

- Keszler M, Modanlou H.D, Brudno D.S, et al. Multicenter controlled trial of high-frequency jet ventilation in preterm infants with uncomplicated respiratory distress syndrome. Pediatrics, 1997; 100: 593-599.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

- Lampland A.L, and Mammel M.C. The role of high-frequency ventilation in neonates: evidence-based recommendations. Clin Perinatol, 2007; 34: 129-144.

- Moriette G, Paris-Llado J, Walti H. et al: Prospective randomized multicenter comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional ventilation in preterm infants of less than 30 weeks with respiratory distress syndrome. Pediatrics, 2001; 107: 363-372.

- Sánchez Luna M. Asistencia respiratoria neonatal, tendencia actual. An. Pediatr. (Barc). 2.009; 70: 107-10.

- Sanchez Luna M, et al. New Ventilator Strategies: High-Frequency Oscillatory Ventilation Combined with Volume Guarantee. Am J Perinatol, 2018; 35: 545–548. DOI https://doi.org/10.1055/s-0038-1637763.

- Sola A. Cuidados Neonatales: Descubriendo la vida de un recién nacido, Volúmenes I y II. Editorial Edimed, Buenos Aires, 2011.

- Slutsky A.S, Drazen J.M, Kamm R.D, et al. Effective pulmonary ventilation with small-volume oscillations at high frequency. Science, 1980; 209: 609-671.

- Spitzer A.R, Butler S, and Fox W.W. Ventilatory response to combined high frequency jet ventilation and conventional mechanical ventilation for the rescue treatment of severe neonatal lung disease. Pediatr Pulmonol, 1989; 7: 244-250.

- Wiswell T.E, Graziani L.J, Kornhauser M.S, et al. High-frequency jet ventilation in the early management of respiratory distress syndrome is associated with a greater risk for adverse outcomes. Pediatrics, 1996; 98: 1035-1043.

Capítulo 8

Ventilación Mecánica en las Principales Patologías Respiratorias del Recién Nacido

Guillermo A. Zambosco

¿Qué sabe usted sobre la mejor manera de ventilar las diferentes patologías respiratorias de acuerdo a la fisiopatología y a los recursos disponibles?

Para comenzar a introducirnos en los fundamentos sobre la mejor manera de ventilar las diferentes patologías respiratorias del recién nacido, deberá responder unas preguntas, al final de este capítulo encontrará las respuestas correctas.

1. **¿Se debe ingresar a ventilación mecánica a un RN prematuro con SDR, cuál opción elegiría?**
   a. Estos RN presentan la compliance disminuida (por déficit de surfactante) y la resistencia aumentada, con una constante de tiempo dentro de la normalidad, optaría por un Ti normal (0.35 s a 0.40 s) con Te cortos y frecuencias rápidas (40-50 ciclos por minuto) con PEEP normal para reclutar (2-4 cm H_2O) y PIM lo más baja posible.
   b. Estos RN presentan la compliance disminuida (por déficit de surfactante) y la resistencia normal, con una constante de tiempo corta, elegiría un Ti corto (0.25 s a 0.30 s) con Te mas breves y frecuencias normales (30-40 ciclos por minuto) con PEEP para reclutar (4-6 cm H_2O) y PIM lo más baja posible.
   c. Estos RN tienen la compliance disminuida (por déficit de surfactante) y la resistencia normal, con una constante de tiempo corta, optaría por un Ti normal (0.35 s a 0.40 s) con Te mas breves y frecuencias rápidas (40-50 ciclos por minuto) con PEEP para reclutar (4-6 cm H_2O) y PIM de comienzo bien elevada para abrir el pulmón antes de administrar surfactante.
   d. Ninguna de estas opciones elegiría.

2. **¿Cuál de las siguientes modalidades ventilatoria elegiría para iniciar la ventilación de un RN con SDR severo?**
   a. VMC no sincronizada.
   b. VAFO.
   c. SIMV (VG) + PS o AC (VG).
   d. SIMV (x Presión) + PS.
   e. AC x Presión.

3. **¿Si tiene que ventilar un RN con SALAM, que parámetros elegiría inicialmente?**
   a. Estos RN presentan una constante de tiempo corta por tener la distensibilidad disminuida y la resistencia aumentada, por lo que optaría por una PIM máxima: 20-25 cm H_2O (< 30 cm H_2O). Ti: 0.20-0.30 s (suficiente largo para ingresar el Vt). PEEP: 2-3 cm H_2O. FR: 40-50 ciclos por minuto (para disminuir la $PaCO_2$).
   b. Estos RN presentan una constante de tiempo normal por presentar la compliance baja y resistencia aumentada, elegiría una PIM máxima: 30-40 cm H_2O. Ti: 0.30 s (suficiente largo para ingresar el Vt). PEEP: 2-3 cm H_2O (para evitar la sobredistensión al final de la espiración). FR: 30-35 ciclos por minuto (FR elevadas producen atrapamiento aéreo).
   c. Estos RN presentan una constante de tiempo alargada por predominar la resistencia aumentada, elegiría una PIM máxima: 20-25 cm H_2O (< 30 cm H_2O). Ti: 0.40-0.50 s (suficientemente largo para ingresar el Vt). PEEP: 4-5 cm H_2O. FR: 30-35 ciclos por minuto (FR elevadas pueden producir atrapamiento aéreo).
   d. Ninguna de estas opciones elegiría.

4. **¿Por cuál de las siguientes modalidades optaría al iniciar la ventilación de un RN con SALAM?**
   a. VAFO.
   b. VMC no sincronizada.
   c. SIMV (VG) + PS.
   d. AC x Presión.
   e. Ninguna de las anteriores.

5. **Se debe iniciar la ventilación de un RN con Hernia Diafragmática Congénita (hipoplasia pulmonar), el concepto principal es el de minimizar la lesión pulmonar, evitar siempre la estrategia de ventilación agresiva con el fin de priorizar solo la oxigenación. Siempre se debe ventilar con una PEEP adecuada y la mínima PIM, tratando de brindar un Vt normal o lo más bajo que se pueda, para lograr una oxigenación adecuada.**
   a. Verdadero.
   b. Falso.

6. **¿Qué parámetros elegiría para un RN con DBP severa con altos requerimientos de oxígeno y elevada $PaCO_2$?**
   a. Vt objetivo elevado: 7-12 ml/kg. PIM: 25-30 cm H_2O. FR bajas: 10-20 ciclos por minuto. Ti prolongado: 0.50-0.70 s. PEEP elevado: 8-12 cm H_2O.
   b. Vt objetivo: 4-6 ml/kg. PIM: 20-25 cm H_2O. FR moderadas: 30-35 ciclos por minuto. Ti: 0.30- 0.40 s. PEEP: 4-5 cm H_2O.
   c. Vt objetivo bajo: 3-5 ml/kg. PIM: < 20 cm H_2O. FR rápidas: 40-50 ciclos por minuto. Ti: 0.30- 0.35 s. PEEP: 4-5 cm H_2O.
   d. Ninguna de estas opciones elegiría.

7. **¿Cuál de las siguientes modalidades ventilatorias elegiría al iniciar la ventilación de un RN con DBP severa?**
   a. VAFO.
   b. VMC no sincronizada.
   c. AC (VG).
   d. SIMV (VG) con o sin PS.
   e. SIMV (presión) + PS.
   f. AC (por Presión).

8. **¿Qué modalidad ventilatoria utilizaría en un RN con enfisema pulmonar intersticial grave?**
   a. AC (VG).
   b. VMI no sincronizada.
   c. SIMV (VG) + PS.
   d. VAFO.
   e. SIMV (VG).

9. **¿Qué parámetros de inicio elegiría para un RN prematuro con apneas recurrentes con caídas importantes y frecuentes de la saturación?**
   a. FR moderadas: 20-30 x minuto. PIM baja: 12-14 cm H_2O. PEEP moderado: 4-5 cm H_2O. FiO_2: 25-30%.
   b. FR bajas: 10-15 x minuto. PIM baja: 10-12 cm H_2O. PEEP moderado: 4-5 cm H_2O. FiO_2: 21%.
   c. FR moderadas: 20-30 x minuto. PIM baja: 10-12 cm H_2O. PEEP baja: 2-3 cm H_2O. FiO_2: 21%.
   d. Ninguna de las opciones.

10. **¿Qué modalidad ventilatoria utilizaría en un bebe con asfixia severa (que requirió RCP en sala de partos) con encefalopatía hipóxico isquémica grave?**
   a. VAFO.
   b. SIMV (presión) + PS.
   c. AC (VG).
   d. VMC no sincronizada.
   e. SIMV (VG) + PS.

Introducción

El autor considera que es muy importante antes de comenzar a leer y entender el presente capítulo, haber leído y comprendido el capítulo 5 (modalidades ventilatorias sincronizadas), el capítulo 6 (ventilación por objetivo de volumen) y el capítulo 7 (ventilación de alta frecuencia). Sin la real comprensión de los contenidos de los capítulos anteriormente nombrados, se hará muy "difícil" la aplicación de las diferentes modalidades en las principales patologías respiratorias del RN.

En el presente capítulo se brindan algunos conceptos sobre los diferentes modos o modalidades ventilatorias y parámetros de inicio, con el fin de aplicarlos durante la ventilación de acuerdo a la enfermedad respiratoria y su fisiopatología. Recordar que no todos los respiradores son iguales, no todos hacen los mismo, y no todos hacen lo que dicen que hacen, por lo tanto, deberemos adaptar el modo de ventilación elegido, de acuerdo a los recursos disponibles, experiencia y conocimientos.

A la hora de iniciar la ventilación, es fundamental recordar, que la ventilación mecánica convencional no sincronizada, salvó y seguirá salvando la vida de muchos RN, no obstante, la introducción de nuevas tecnologías trajo beneficios para muchos bebes enfermos.

Es importante cuando se debe tomar la decisión sobre cuál modalidad ventilatoria se va a utilizar, responder algunos interrogantes con el fin de elegir "la mejor opción" para el RN en ese "momento del día, tarde o noche",

"situación clínica" y de "acuerdo" a los recursos disponibles (en términos del respirador y su tecnología, y al entrenamiento del personal):

- ¿Qué edad gestacional? ¿Qué edad posnatal? ¿Qué patología?
- ¿De qué ventilador se dispone en la UCIN (bondades y defectos)?
- ¿Se disponen de los insumos adecuados (sensores - circuitos - calentadores)?
- ¿Conocimientos y capacitación del personal en relación al ventilador y modalidad que se va utilizar con el RN?

En muchas regiones de Latinoamérica no se cuentan con los últimos adelantos en ventilación neonatal, o lo que es peor y un "grave error" se compran modernos respiradores, sin el mantenimiento adecuado y sin los insumos correspondientes para poder utilizarlos correctamente, como resultado final, no se pueden aplicar estas nuevas tecnologías en los RN y se terminan desperdiciando recursos valiosos, innecesariamente. Por lo tanto, deberemos adaptar nuestra elección a la mejor posibilidad, que a veces puede ser la ventilación mecánica neonatal no sincronizada, o bien alguna otra modalidad **(SIMV, AC, PSV, PS, VAFO)**.

A continuación, se analizan las principales enfermedades pulmonares y se discuten brevemente los diferentes modos de ventilación asistida y las configuraciones (parámetros) del respirador, muchos de ellos son preferencia del autor, elección que no se basa en la evidencia, porque no la hay o es de baja calidad.

Reflexiones…… ***" Cuando un clínico (neonatólogo o pediatra con formación neonatal) da lo mejor que sabe, puede y debe dar, su ética profesional se preserva íntegramente".***

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Síndrome de Dificultad Respiratorio o Enfermedad de Membrana Hialina

La administración de surfactante y el soporte respiratorio (si es necesario) son los principales componentes del tratamiento para el SDR. Se recomienda comenzar con un modo ventilatorio por objetivo de volumen sincronizado: **AC (VG) / PSV (VG) o SIMV (VG) + PS** (preferencia del autor utilizar modalidades con **VG**, si se dispone de los ventiladores adecuados y se está familiarizado con esta modalidad). Sino contamos con un respirador con objetivo de volumen para RN (**VG** o modalidad similar), se recomienda utilizar **SIMV (por presión) + PS**.

Bases Fisiopatológicas de las Recomendaciones para Ventilar RN con SDR/EMH

Los pulmones de los RN prematuros con SDR presentan la distensibilidad disminuida (por déficit de surfactante) y resistencia normal, con una constante de tiempo corta. La distensibilidad baja requiere de un volumen de gas adecuado para abrir los pulmones (generado por un por flujo y presión apropiados, además de un **Ti** adecuado). La constante de tiempo corta, nos indica que se requiere un **Ti** corto o breve para llenar de gas los pulmones y un **Te** también corto para vaciarlos con frecuencias **FR** normales. Con el fin de lograr que al final de la espiración no se colapsen los pulmones se necesita dar **PEEP**, para prevenir la atelectasia. Siempre hay que tratar de ventilar con la menor **PIM** posible (para evitar el barotrauma).

Ventilación Mecánica Convencional

Como nombramos con anterioridad, se puede utilizar ventilación con objetivo de volumen sincronizada como **AC (VG) / PSV (VG) o SIMV (VG) + PS**, o ventilación por presión como **SIMV + PS**, o **VMC (no sincronizada)** si no se dispone de las anteriores modalidades (sincronizadas).

Parámetros recomendados de inicio:

- **Vt objetivo**: 4-6 ml/kg.
- **PIM**: 14-16 cm H_2O (< 18-20 cm H_2O), siempre tratar de utilizar la más baja posible, dependiendo de la edad gestacional y gravedad de la enfermedad.
- **PS:** para alcanzar el 70-80% del PIM o Vt establecido durante **SIMV + PS**.
- **Ti breve**: 0.25 a 0.30 s (< 0.35 s).
- **FR de inicio**: 30-40 ciclos por minuto.
- **PEEP:** 4-6 cm H_2O (< 8-10 cm H_2O).
- **Flujo:** 4-6 L/minuto.

Gasometría Objetivo:
PH: > 7.20-7.22.
PaO_2: 50-70 mm Hg.
$PaCO_2$: 45-55 mm Hg.

Ventilación de Alta Frecuencia

Esta modalidad debe ser utilizada como modalidad de **"rescate"** y no de **"inicio"**, ante la presencia de **hipoxemia y/o hipercapnia** grave que no se pueden manejar, a pesar de haber optimizado la VM sincronizada o no sincronizada.

"Pensemos" o "Reflexionemos", en muchos lugares de Latinoamérica que cuentan con respiradores "apropiados o modernos" para brindar modalidades sincronizadas, no se dispone de la capacitación o de los insumos adecuados (sensores proximales, circuitos, etc) para brindar y optimizar la ventilación mecánica sincronizada (SIMV, PS, AC, PSV, o VG), pero "a veces" se puede brindar ventilación de alta frecuencia.

Parámetros recomendados de inicio para VAFO:

- **PAM:** entre 10 y 16 cm H_2O, generalmente (concepto de óptimo reclutamiento pulmonar) comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la **PAM** que requiere el RN en **VMC**, e ir subiendo de 1-2 cm H_2O según oxigenación (algunos RN, pero no la mayoría, pueden requerir aumentos de hasta 4 a 10 cm H_2O o más). Los ajustes posteriores se realizan en base a requerimientos de O_2 y optimización de la expansión pulmonar basada en la posición del diafragma a nivel de la 8-9 costilla por radiología.
- **Amplitud:** el doble de la **PAM** e ir ajustando según la vibración del tórax/abdomen y gasometría precoz (niveles de $PaCO_2$).
- **Frecuencia**: 10-15 Hz (la mayoría de los informes clínicos utilizaron 10 Hz).

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Síndrome de Aspiración de Meconio

Además de una ventilación adecuada en esta enfermedad se puede requerir la administración de surfactante y óxido nítrico inhalado, según sea necesario para mejorar el intercambio de gases. Se puede comenzar con una modalidad por volumen (si se cuenta con VG y se esta familiarizado) como **SIMV (VG) + PS** o **bien AC (VG) / PSV (VG)** o bien modalidades por presión como **SIMV + PS**. Sino se dispone de modalidades sincronizadas utilizar **VMC** no sincronizada.

Bases Fisiopatológicas de las Recomendaciones para Ventilar RN con SALAM

La fisiopatología de esta enfermedad va a depender de la distribución y grado de impactación del meconio dentro del pulmón. El meconio produce inflamación y obstrucción de las vías respiratorias, con áreas de atelectasia junto a áreas de sobredistensión. En estas áreas sobredistendidas, hay una compliance baja o normal, predominando la resistencia elevada con atrapamiento aéreo, por lo cual la constante de tiempo esta alargada. Por lo tanto, estos RN se beneficiarán con una **PEEP** adecuada (sin sobredistender el pulmón), **FR** más bajas que permitan un tiempo espiratorio adecuado para vaciar el pulmón de aire. Es importante darle soporte de presión a las respiraciones espontáneas del RN cuando se utilizan modos sincronizados **(SIMV)** con el fin de ayudar al trabajo respiratorio y al "agotamiento" del RN. Como concepto a la hora de ventilar esta patología se deben utilizar **Ti** y **Te** más prolongados con **FR** más bajas para que el aire ingrese y salga de los pulmones, y así evitar el atrapamiento aéreo. En casos de afectación severa, se debe utilizar **VAF**.

Ventilación Mecánica Convencional

Se recomienda utilizar ventilación por volumen como **SIMV (VG) + PS** o **AC (VG) / PSV (VG)**, (hay que tener mucho cuidado con esta última modalidad por que la **FR** excesiva produce atrapamiento aéreo y retención de $PaCO_2$), o ventilación por presión **SIMV + PS**, sino se dispone de modos sincronizados, utilizar **VMC** no sincronizada.

El autor no recomienda utilizar para esta patología (Ctte de T alargada) modalidades donde la frecuencia del ventilador la maneja el RN **(AC o PSV)**, por la posibilidad de atrapamiento aéreo si la FR del bebe es elevada. Recordemos que, al aumentar la frecuencia del ventilador, disminuye el Te y el aire no puede salir del pulmón.

Parámetros recomendados de inicio:

- **Vc objetivo:** 5-6 ml/kg.
- **PIM**: 20-25 cm H_2O (< 30 cm H_2O).
- **PS:** para alcanzar el 70-80% de la PIM o **Vt** establecido en **SIMV + PS**.
- **Ti:** 0.40-0.50 s (suficientemente largo para ingresar el Vt).
- **PEEP:** 4-5 cm H_2O.
- **FR:** 30-35 ciclos por minuto (FR elevadas producen atrapamiento aéreo).
- **Flujo:** 4-6 L/minuto.

Gasometría Objetivo (SALAM sin HPPRN):
PH: 7.30-7.40.
PaO_2: 60-80 mm Hg.
$PaCO_2$: 35-45 mm Hg.
Gasometría Objetivo (SALAM con HPPRN severa):
PH: 7.35-7.45 mm Hg.
PaO_2: 70-80 mm Hg (SpO_2 preductal > 90% y posductal >70%).
$PaCO_2$: 40-50 mm Hg.

Ventilación de Alta Frecuencia

Esta modalidad debe ser utilizada como modalidad de **"rescate"** y no de **"inicio"**, ante la presencia de **hipoxemia y/o hipercapnia** grave que no se puede manejar a pesar de haber optimizado la VMC sincronizada o no sincronizada.

Parámetros recomendados de inicio para **VAFO**:

- **PAM**: Generalmente entre 12 y 18 cm H_2O, (utilizar el concepto de óptimo reclutamiento pulmonar), comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la **PAM** de **VMC,** e ir subiendo de 1-2 cm H_2O hasta obtener una buena oxigenación (algunos bebes, pero no la mayoría, pueden requerir aumentos de 4 a 10 cm H_2O o más). Los ajustes posteriores se realizan en base a requerimientos de oxígeno y optimización de la expansión pulmonar basada en la posición del diafragma a nivel de la 8-9 costilla por radiología.
- **Frecuencia:** entre 8 y 15 Hz, dependiendo del respirador y nivel de $PaCO_2$, pero es raro que se deba cambiar la frecuencia, a menos que haya una importante retención de $PaCO_2$.
- **Amplitud:** comenzar con el doble de la **PAM** y ajustar según la vibración del tórax/abdomen, y los niveles de $PaCO_2$.

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Hipoplasia Pulmonar o Hernia Diafragmática Congénita

Base Fisiopatológicas de las Recomendaciones para Ventilar RN con Hipoplasia Pulmonar o HDC

La principal preocupación es la hipoplasia pulmonar, por lo tanto, se deberá minimizar la lesión pulmonar, evitando siempre la estrategia de ventilación agresiva con el fin de priorizar solo la oxigenación. Siempre ventilar con **PEEP** adecuada y la mínima **PIM**, tratando de brindar un **Vt** normal o lo más bajo posible, para lograr una oxigenación adecuada (no es fácil, sino más bien puede ser complicado). Recordemos que estos RN con hipoplasia pulmonar presentan cuadros de HPPRN severos.

Ventilación Mecánica Convencional

Se puede utilizar modalidades de ventilación por volumen como **SIMV (VG) + PS** o **AC (VG) / PSV (VG)**, si se elige utilizar esta última controlar la FR para evitar el atrapamiento aéreo, o modalidades de ventilación por presión como **SIMV + PS**, si no se dispone de modos sincronizados, se puede utilizar **VMC** no sincronizada. El autor no recomienda utilizar modalidades donde la frecuencia del ventilador la maneja el RN (AC o PSV), por la posibilidad de atrapamiento aéreo si la FR del bebe es elevada.

Parámetros recomendados de inicio:

- **PIM lo más baja posible:** < 25 cm H_2O o **Vt:** 4-4.5 ml/kg. Algunos RN pueden requerir PIM o Vt más elevados.
- **PS:** para alcanzar el 70-80% del **PIM** máxima o **Vt** establecido en **SIMV + PS.**
- **Ti:** 0.30 a 0.40 s.
- **PEEP:** 3-5 cm H_2O basada en la insuflación pulmonar (radiografía de tórax).
- **FR rápidas:** 40-50 ciclos por minuto.

Gasometría Objetivo:
PH: > 7.25-7.30.
PaO_2: 50-70 mm Hg (SpO_2 preductal > 85-90% y posductal > 70 %).
$PaCO_2$: 45-65 mm Hg.

Ventilación de Alta Frecuencia

Esta modalidad está indicada ante la presencia de **hipoxemia y/o hipercapnia** grave (frecuentemente en hipoplasia pulmonar asociada a HPPRN) que no se puede manejar luego de optimizar la **VMC** sincronizada o no sincronizada.

Parámetros recomendados de inicio para **VAFO:**

- **PAM:** de inicio entre 10 y 13 cm de H_2O e ir ajustando según oxigenación y nivel del diafragma basada en la posición del diafragma a nivel de la 8-9 costilla por radiología. También se puede utilizar el concepto de óptimo reclutamiento pulmonar, comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la **PAM** de **VMC**, e ir subiendo de 1-2 cm H_2O hasta obtener una adecuada oxigenación.
- **Frecuencia:** generalmente se establece en 10 Hz.
- **Amplitud:** comenzar con el doble de la **PAM** y ajustar según la vibración del tórax/abdomen.

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Displasia Broncopulmonar

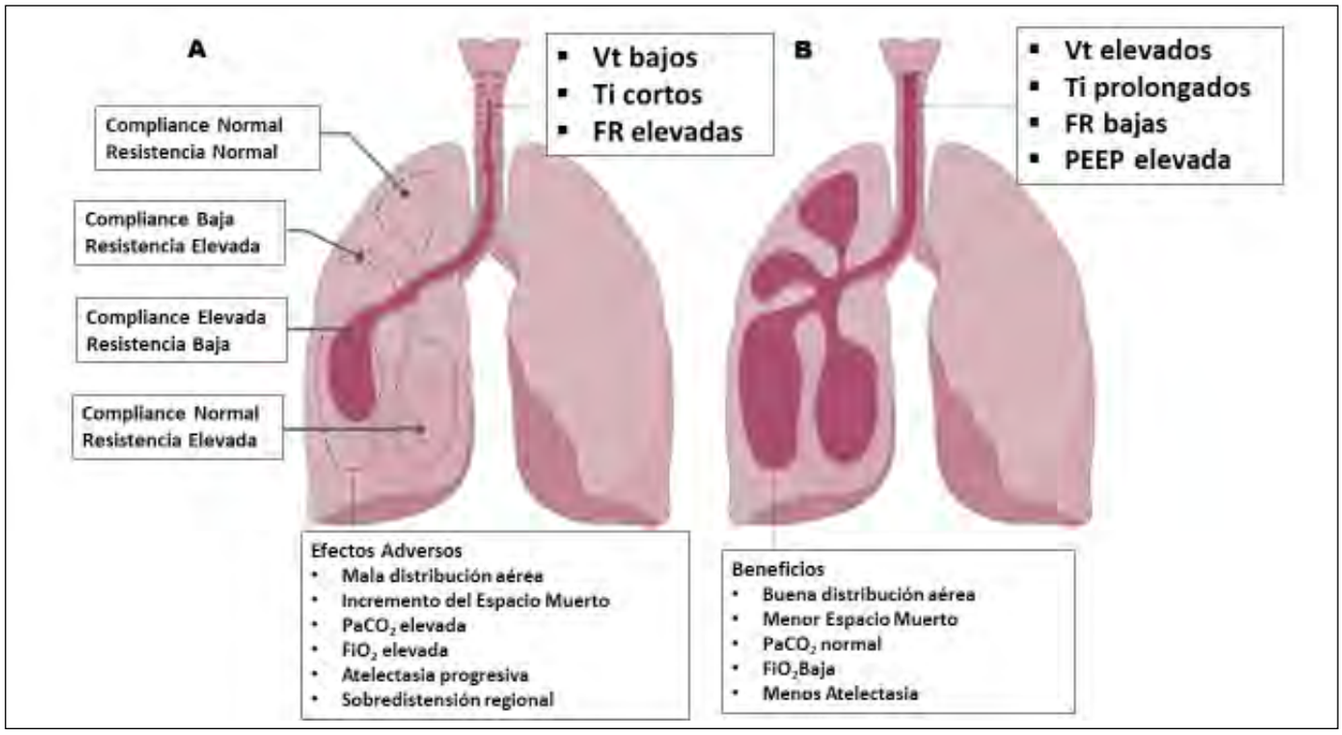
A la hora de ventilar RN con DBP ya establecida (situación clínica cada día más frecuente, difícil y con desafíos) se debe tratar de utilizar **SIMV (VG) con o sin PS**. De no "contar" o no estar "familiarizados" con un ventilador por volumen, utilizar **SIMV (por presión) con o sin PS**. Al ser una enfermedad heterogénea la distensibilidad pulmonar es variable (depende de cada zona del pulmón) y la resistencia esta aumentada, con vías respiratorias dilatadas por la ventilación crónica, incremento del espacio muerto, por lo tanto, se pueden requerir en DBP grave, grandes **Vt** (8-12 ml/kg) para superar o vencer al espacio muerto.

Bases Fisiopatológicas de las Recomendaciones para Ventilar RN con DBP severa

Los pulmones de estos bebes presentan una distensibilidad variable pero generalmente es más o menos normal (depende de cada zona del pulmón) y con predominio de una resistencia elevada, con una constante de tiempo prolongada. Estos RN se benefician con **Vt** elevados, **Ti** prolongados, y **FR** bajas, para evitar el atrapamiento aéreo. La broncobstrucción y/o el exceso de secreciones dan como resultado una elevada resistencia espiratoria. Con el fin de lograr una fase espiratoria completa (para evitar el atrapamiento de gas), se deben utilizar **FR** bajas y **Te** prolongados (Figura 1). Se pueden apoyar las respiraciones espontáneas que no se sincronizan con los ciclos respiratorios del respirador, con **PS** para para reducir el trabajo respiratorio y el gasto de energía. En la Figura 1, se muestran los efectos perjudiciales de utilizar una estrategia ventilatoria con **Vt** bajos (**PIM** lo más baja posible), **Ti** cortos y **FR** normales o elevadas.

A menudo, las infecciones respiratorias (por bacterias o virus sincitial respiratorio) pueden causar neumonía grave o un cuadro similar al síndrome de distrés respiratorio del adulto, con enfermedad pulmonar restrictiva con una constante de tiempo corta que responderá mejor a una ventilación con **FR** más rápidas o **VAF.**

Figura 1. Diferentes estrategias de ventilación en DBP severa. En A: Se observan los efectos perjudiciales de utilizar una estrategia ventilatoria con Vt bajos (PIM lo más baja posible), Ti cortos y FR normales o elevadas. En B: se observan los beneficios de utilizar una estrategia ventilatoria con Vt elevados, Ti prolongados, PEEP elevados y FR bajas.



Fuente: Extraída y modificada de Abman SH, Nelin LD. Management of the infant with severe bronchopulmonary dysplasia. In: Bancalari E, ed. The newborn lung: neonatology questions and controversies. Philadelphia (PA): Elsevier Saunders; 2012. p. 407-25.

Ventilación Mecánica Convencional

Utilizar la modalidad de ventilación por volumen, **SIMV (VG) con o sin PS** (preferencia del autor). Tratar de no utilizar modalidades como **AC (VG) / PSV (VG)**, por que con estas modalidades no se puede brindar la estrategia de **Vt** elevados, con **FR** bajas. Si no se "dispone" o no se está "familiarizado" con los respiradores de volumen, utilizar una modalidad por presión como **SIMV con o sin PS**. Si no se cuenta con modalidades sincronizadas, se debe utilizar **VMC** no sincronizada, aunque el autor no está de acuerdo en utilizar sedantes de rutina en esta patología (DBP grave) al utilizar **VMC** no sincronizada, tal vez haya que utilizarlos para que el RN con DBP grave, no "pelee" o "luche" contra el respirador con los efectos perjudiciales de la asincronia RN-respirador cuando se utilizan **Vt** y **PIM** elevados.

Parámetros recomendados de inicio:

- **Vt objetivo:** 7-12 ml/kg debido al aumento del espacio muerto. **PIM:** 25-30 cm H_2O. En DBP severa se pueden requerir **PIM** de 30-40 cm H_2O para poder entregar los **Vt** elevados.
- **FR baja para permitir el vaciado de los Vc elevados**: 10-20 ciclos por minuto.
- **Ti prolongados**: 0.50- 0.70 s (para proporcionar el **Vt** y vencer la resistencia de las vías respiratorias).
- **PEEP:** 6-8-12 cm H_2O para mantener las vías respiratorias abiertas, evitar el colapso al final de la espiración, mantener la capacidad residual funcional y mejorar el intercambio de gases.
- Recordemos que los RN con DBP "severa o grave" tienen elevados requerimientos de O_2 y niveles elevados de $PaCO_2$.

Gasometría Objetivo:
PH: 7.25-7.30.
PaO_2: 50-70 mm Hg.
$PaCO_2$: 55-65 mm Hg?

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Enfisema Pulmonar Intersticial

El EPI generalmente se presenta en RN prematuros que en sus antecedentes estuvieron expuestos a altas **PIM** y/o elevadas **FiO_2** en la UCIN, o también RN que recibieron reanimación en sala de partos, sin un control adecuado de las presiones, ni de las concentraciones de O_2.

Bases Fisiopatológicas de las Recomendaciones para Ventilar RN con EPI

Estos bebes presentan bronquiolos terminales dilatados con tendencia a la rotura o ya rotos, en un pulmón con enfermedad homogénea. Además, tienen escapes de aire en el espacio intersticial (aire extra-alveolar). Se observan áreas pulmonares sobredistendidas (con una constante de tiempo más prolongada) que tienden a romperse. Los principios del tratamiento son: evitar o prevenir más fugas de aire, y facilitar la reabsorción del gas de las áreas enfisematosas mientras se mantiene una ventilación y expansión pulmonar adecuada de los espacios aéreos distales.

Ventilación Mecánica Convencional

Se puede utilizar **SIMV (VG) + PS** o **SIMV (presión) + PS** o **VMC** no sincronizada (sino se dispone de ventiladores con modalidades sincronizadas), tratando de:

- Minimizar el daño de las vías respiratorias utilizando **Ti** cortos, **PIM** lo más bajo posible con **Vt** pequeños. Al limitar **Ti** se puede re-direccionar el gas lejos de las áreas pulmonares con sobredistensión (con constantes de tiempo largas) a otras áreas con constantes de tiempo corto lográndose una aireación más homogénea.
- **Tiempo espiratorio** lo más prolongado que se pueda, para permitir la reabsorción de gas intersticial.
- Posicionamiento **ipsilateral** del pulmón más enfermo (del mismo lado) o intubación bronquial selectiva ante la presencia de enfermedad unilateral severa.

Gasometría Objetivo

PH: > 7.20-7.25.

PaO_2: 50-70 mm Hg.

$PaCO_2$: 45-55 mm Hg (depende el grado de compromiso pulmonar y la edad posnatal, en RN con afectación severa y con ventilación prologada se pueden tolerar niveles de hasta 60-65 mm Hg).

Ventilación de Alta Frecuencia

Este modo ventilatorio se utiliza ampliamente para el tratamiento del EPI severo. Ofrece la ventaja de lograr un intercambio de gases adecuado con **PAM** más bajas que en **VMC**, limitando el daño a la vía aérea distal (pequeña). La estrategia utilizada en EPI, es brindar un bajo volumen pulmonar en lugar de una estrategia de volumen pulmonar elevado.

Parámetros recomendados de inicio para VAFO:

- **Frecuencia**: de 12 a 15 Hz en EPI temprano y leve, para minimizar el daño en el epitelio de los espacios aéreos distales.
- **Frecuencia**: de 5 a 6 Hz en EPI severo ya establecido con mala oxigenación e hipercapnia severa.
- **Amplitud**: Según la vibración hasta tórax/abdomen y según niveles de $PaCO_2$. En algunas situaciones de retención severa de CO_2 (EPI grave ya establecido) se debe a veces aumentar la amplitud a niveles elevados (> 40-50).
- **PAM:** al comienzo a veces se requieren **PAM** elevadas (ir subiendo de 1-2 cm H_2O por encima de la **PAM** que tenía el RN en **VMC**) hasta obtener una buena oxigenación y optimo reclutamiento pulmonar, luego es necesario la reducción gradual de la **PAM** en las 24 a 48 horas posteriores, cuando haya disminuido o desaparecido el aire intersticial.

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Apneas

Estos RN presentan un pulmón con características "más o menos" normales, con un impulso respiratorio generalmente débil o ausente, a veces acompañado de una vía aérea que se colapsa u obstruye.

Ventilación Mecánica Convencional

Se debe utilizar **VMC** no sincronizada o bien **SIMV**. Con la salvedad que, si se utilizan modalidades sincronizadas como **SIMV**, al estar el impulso respiratorio débil o ausente, esta modalidad funcionara como **VMC** no sincronizada. El autor no recomienda para esta patología utilizar **AC o PSV**, ya que no tiene ningún sentido clínico..

Parámetros recomendados de inicio:

- **FR baja:** 10-15 ciclos por minuto.
- **PIM baja:** 10-12 cm H_2O.
- **PEEP moderado:** 4-5 cm H_2O.
- **FiO_2:** 21%.

Gasometría Objetivo:
PH: 7.25-7.30.
PaO_2: 50-70 mm Hg.
$PaCO_2$: 45-55 mm Hg.

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN Prematuros tardíos o RNT temprano con SDR o Neumonía

Estos RN son "mas" grandes y maduros que los RN prematuros, por lo tanto, a la hora de iniciar la ventilación hay que guardarles "mucho respeto", "no minimizar" su patología respiratoria (por el hecho que son más grandes y maduros), siempre "estar encima" de ellos con el fin brindarles soporte ventilatorio invasivo precozmente si lo requieren. Es importante darle importancia a la hipercapnia y/o hipoxemia, ya que estos bebes pueden presentar cuadros de hipertensión pulmonar severa postnatal, generalmente agravada por la falta de atención inicial ("no dormirse" con estos RN, menos "subestimarlos").

Ventilación Mecánica Convencional

Se puede utilizar modalidades de ventilación por volumen **SIMV (VG) + PS** o **AC (VG) / PSV (VG)** o ventilación por presión **SIMV + PS**. Sino se dispone de ventiladores con modalidades sincronizadas, se deberá utilizar **VMC** no sincronizada.

Parámetros recomendados de inicio:

- **PIM**: < 25 cm H_2O o **Vt:** 4-5 ml/kg. Algunos pocos RN pueden requerir PIM más elevadas.
- **PEEP**: 4-6 cm H_2O.
- **Ti:** 0.35-0.4 s.
- **FR**: 30-40 ciclos por minuto.

Gasometría Objetivo:
PH: 7.35-7.45.
PaO_2: 70-80 mm Hg.
$PaCO_2$: 35-45 mm Hg.

Ventilación de Alta Frecuencia

Esta modalidad se utiliza ante la presencia de **hipoxemia y/o hipercapnia** grave que no se puede manejar, luego de haber optimizado la **VMC** sincronizada o no sincronizada.

Parámetros recomendados de inicio para **VAFO:**

- **PAM**: Generalmente entre 12 y 18 cm H_2O, (utilizar el concepto de óptimo reclutamiento pulmonar), comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la **PAM** de **VMC**, e ir subiendo de 1-2 cm H_2O hasta obtener una buena oxigenación. Los ajustes posteriores se realizan en base a requerimientos de O_2 y optimización de la expansión pulmonar basada en la posición del diafragma a nivel de la 8-9 costilla por radiología.
- **Frecuencia:** entre 10 y 15 Hz, dependiendo del respirador y nivel de $PaCO_2$, normalmente se comienza con 10 Hz, es raro que se deba cambiar la **FR**, a menos que haya una importante retención de $PaCO_2$.
- **Amplitud:** comenzar con el doble de la **PAM** y ajustar según la vibración del tórax/abdomen, y los niveles de $PaCO_2$.

Sugerencias para Comenzar la Ventilación Mecánica en RN con Asfixia y Encefalopatía Hipóxico Isquémica

Estos RN presentan el centro respiratorio deprimido por la hipoxia, y las drogas que reciben por su encefalopatía hipóxico-isquémica (convulsiones). El pulmón en la mayoría de las situaciones es más o menos normal, a menos que presente un SALAM asociado.

Ventilación Mecánica Convencional

En estos RN no tiene sentido inicialmente utilizar modos ventilatorios sincronizados porque generalmente presentan un impulso respiratorio deprimido o ausente. De utilizar modalidades sincronizadas **(SIMC, AC, PSV)** se comportarán como **VMC** no sincronizada y cuando mejore el impulso respiratorio se comenzarán a sincronizar (recordar que en estos "bebes" no se sabe cuándo comenzaran con un impulso respiratorio adecuado). Se recomienda utilizar de inicio **VMC** no sincronizada (preferencia del autor, basada en el sentido común), hasta que luego de la evaluación clínica al "pie de la cama" (incubadora) del RN, se constate que el impulso respiratorio es el "adecuado", entonces se deberá utilizar un modo sincronizado como **SIMV** con o sin **PS** (dependiendo de la FR del bebe).

Parámetros recomendados de inicio:

- **PIM lo más bajo posible**: < 15-25 cm H_2O o Vt 4-6 ml/kg.
- **PEEP:** 3-5 cm H_2O.
- **Ti:** 0.35-0.40 s.
- **FR:** 30-40 ciclos por minuto.
- **FiO_2**: para SpO_2 90-95%.

Gasometría Objetivo

PH: 7.35-7.45.
PaO_2: 60-80 mm Hg.
$PaCO_2$: 35-45 mm Hg.

Reflexiones finales para esta sección tan importante a la hora de ventilar y decidir el mejor modo y los mejores parámetros ***("nadie tiene la última palabra", salvo el que ventila con el corazón y al lado del RN, sea la hora que sea y el momento que sea).***

- **Los respiradores son simplemente herramientas en nuestras manos y necesitamos emplearlas cuidadosamente para optimizar los resultados.**
- **Hay muchos dispositivos y modos de ventilación para elegir, con datos limitados de alta calidad para guiar la elección.**
- **El objetivo de la ventilación mecánica es mantener un intercambio de gases aceptable o adecuado con un mínimo de efectos perjudiciales y destetar lo antes posible del soporte invasivo.**
- **No hay reglas simples que puedan definir las indicaciones para la intubación y el inicio de la ventilación mecánica.**
- **No sirven los "Libros de Recetas" que a menudo se proporcionan porque su utilidad es muy limitada.**
- **La elección de las modalidades de apoyo y las estrategias de ventilación deben guiarse por las consideraciones fisiopatológicas, experiencia clínica y disponibilidad de recursos.**

Respuestas Correctas

Las respuestas correctas están remarcadas en **negrita**. Algunas respuestas tienen un pequeño comentario con el fin de explicar lo correcto.

1. **¿Usted tiene que ingresar a ventilación mecánica un RN prematuro con SDR, cuál opción elegiría?**
   a. Estos RN presentan la compliance disminuida (x déficit de surfactante) y la resistencia aumentada, con una constante de tiempo dentro de la normalidad, optaría por un Ti normal (0.35 s a 0.40 s) con Te cortos y frecuencias rápidas (40-50 ciclos por minuto) con PEEP normal para reclutar (2-4 cm H_2O) y PIM lo más baja posible.
   b. Estos RN presentan la compliance disminuida (x déficit de surfactante) y la resistencia normal, con una constante de tiempo corta, elegiría un Ti corto (0.25 s a 0.30 s) con Te mas breves y frecuencias normales (30- 40 ciclos por minuto) con PEEP para reclutar (4-6 cm H_2O) y PIM lo más baja posible.
   c. Estos RN tienen la compliance disminuida (x déficit de surfactante) y la resistencia normal, con una constante de tiempo corta, optaría por un Ti normal 0.35 s a 0.40 s) con Te mas breves y frecuencias rápidas (40-50 ciclos

por minuto) con PEEP para reclutar (4-6 cm H_2O) y PIM de comienzo bien elevada para abrir el pulmón antes de administrar surfactante.
d. Ninguna de estas opciones elegiría.

Estos RN tienen la compliance disminuida con constantes de tiempo cortas, por eso debemos utilizar Ti cortos con FR normales, PIM lo más baja posible y PEEP adecuada para reclutar.

2. ¿Cuál de las siguientes modalidades ventilatoria elegiría para iniciar la ventilación de un RN con SDR severo?
a. VMC no sincronizada.
b. VAFO.
c. SIMV (VG) + PS o AC (VG).
d. SIMV (x Presión) + PS.
e. AC x Presión.

Una modalidad recomendada para estos bebes es una modo sincronizado con volumen garantizado, (si se dispone de los respiradores apropiados y con el personal familiarizado con esta modalidad) que les brindara un Vt estable con auto-destete en tiempo real de la PIM a medida que la distensibilidad mejora.

3. ¿Se tiene que ventilar un RN con SALAM, que parámetros elegiría inicialmente?
a. Estos RN presentan una constante de tiempo corta por tener la distensibilidad disminuida y la resistencia aumentada, por lo que optaría por una PIM máxima: 20-25 cm H_2O (< 30 cm H_2O). Ti: 0.20-0.30 s (suficiente largo para ingresar el Vt). PEEP: 2-3 cm H_2O. y FR: 40-50 ciclos por minuto (para disminuir la $PaCO_2$).
b. Estos RN presentan una constante de tiempo normal por presentar la compliance baja y resistencia aumentada, elegiría una PIM máxima: 30-40 cm H_2O. Ti: 0.30 s (suficiente largo para ingresar el Vt). PEEP: 2-3 cm H_2O (para evitar la sobredistensión al final de la espiración). FR: 30-35 ciclos por minuto (FR elevadas producen atrapamiento aéreo).
c. Estos RN presentan una constante de tiempo alargada por predominar la resistencia aumentada, elegiría una PIM máxima: 20-25 cm H_2O (< 30 cm H_2O). Ti: 0.40-0.50 s (suficientemente largo para ingresar el Vt). PEEP: 4-5 cm H_2O. FR: 30-35 ciclos por minuto (FR elevadas pueden producir atrapamiento aéreo).
d. Ninguna de estas opciones elegiría.

Estos RN presentan la constante de tiempo alargada y necesitan Ti suficientemente largos para ingresar el Vt, FR no muy elevadas para evitar el atrapamiento aéreo y la sobredistensión, con Te adecuados para permitir un correcto vaciado del pulmón, PEEP adecuada para reclutar y PIM lo más baja posible.

4. ¿Por cuál de las siguientes modalidades optaría al iniciar la ventilación de un RN con SALAM?
a. VAFO.
b. VMC no sincronizada.
c. SIMV (VG) + PS.
d. AC x Presión.
e. Ninguna de las anteriores.

Una modalidad recomendable para estos RN es SIMV con VG + PS. No se recomienda utilizar AC (por que la FR la maneja el RN), pero en caso de utilizarla es fundamental controlar la FR del bebe y tener cuidado con las FR elevadas, ya que puede causar sobredistensión con retención de $PaCO_2$. En caso de presentarse FR elevadas, el tiempo espiratorio se acorta, y el aire que ingresa al pulmón quedara atrapado, no pudiendo salir del mismo.

5. Se debe iniciar la ventilación de un RN con hernia diafragmática congénita (hipoplasia pulmonar), el concepto principal es el de minimizar la lesión pulmonar, evitar siempre la estrategia de ventilación agresiva con el fin de priorizar solo la oxigenación. Siempre se debe ventilar con una PEEP adecuada y la mínima PIM, tratando de brindar un Vt normal o lo más bajo que se pueda, para lograr una oxigenación adecuada.
a. **Verdadero.**
b. Falso.

A la hora de ventilar un RN con un pulmón con hipoplasia hay que evitar siempre las PIM o Vc excesivos con el objeto de minimizar la lesión pulmonar (escapes de aire), La PEEP debe ser la adecuada para reclutar, con un Vt objetivo normal o lo más bajo que se pueda. Si utilizamos una ventilación agresiva (PIM o Vt elevados y FR rápidas) con el solo objetivo de solo priorizar la oxigenación, se corre el riesgo de lesionar el pulmón (neumotórax).

6. ¿Qué parámetros elegiría para un RN con DBP severa con altos requerimientos de oxígeno y elevada $PaCO_2$?

a. **Vt objetivo elevado: 7-12 ml/kg. PIM: 25-30 cm H_2O. FR rápidas: 10-20 ciclos por minuto. Ti prolongado: 0.50-0.70 s. PEEP elevado: 8-12 cm H_2O.**
b. Vt objetivo: 4-6 ml/kg. PIM: 20-25 cm H_2O. FR: 30-35 ciclos por minuto. Ti: 0.30-0.40 s. PEEP: 4-5 cm H_2O.
c. Vt objetivo bajo: 3-5 ml/kg. PIM: < 20 cm H_2O. FR rápidas: 40-50 ciclos por minuto. Ti: 0.30-0.35 s. PEEP: 4-5 cm H_2O.
d. Ninguna de estas opciones elegiría.

La estrategia para un RN con DBP grave, es administrar niveles PEEP elevados (con el fin de evitar el colapso al final de la espiración) con Vt elevados (pulmones con incremento del espacio muerto) con el fin de mantener un "óptimo intercambio de gases", además estos bebes se benefician con FR bajas 10 - 20 ciclos por minuto y tiempos inspiratorios largos 0.5 - 0.7 segundos.

7. **¿Cuál de las siguientes modalidades ventilatorias elegiría al iniciar la ventilación de un RN con DBP severa?**
a. VAFO.
b. VMC no sincronizada.
c. AC (VG).
d. **SIMV (VG) con o sin PS.**
e. SIMV (presión) + PS.
f. AC (Presión).

A criterio del autor, una buena modalidad para los RN con DBP severa (con elevados requerimientos de O_2 y elevados niveles de CO_2) es SIMV con VG con o sin PS (se puede brindar la estrategia recomendada para estos RN, como se muestra en la pregunta 6). La VAFO no es una buena opción y la AC tanto por presión o por VG no se deben utilizar por que la frecuencia del ventilador la determina el RN y no el neonatólogo, además se puede correr el riesgo de sobredistender mas el pulmón y no cumplir o manejar la estrategia de FR bajas y Te prolongados.

8. **¿Qué modalidad ventilatoria utilizaría en un RN con enfisema pulmonar grave?**
a. AC (VG).
b. VMI no sincronizada.
c. SIMV (VG) + PS.
d. **VAFO.**
e. SIMV (VG).

Estos RN con enfisema pulmonar severo tienen elevados niveles de $PaCO_2$ y altos requerimientos de oxígeno, con la modalidad VAFO se puede lograr un intercambio de gases adecuado con PAM más bajas que en cualquier otra modalidad de VMC, limitando el daño a la vía aérea distal pequeña. La estrategia utilizada en EPI, es brindar un bajo volumen pulmonar en lugar de una estrategia de volumen pulmonar elevado.

9. **¿Qué parámetros de inicio elegiría para un RN prematuro con apneas recurrentes con caídas importantes y frecuentes de la saturación?**
a. FR moderadas: 20-30 x minuto. PIM baja: 12-14 cm H_2O. PEEP moderado: 4-5 cm H_2O. FiO_2: 25-30%.
b. **FR bajas: 10-15 x minuto. PIM baja: 10-12 cm H_2O. PEEP moderado: 4-5 cm H_2O. FiO_2: 21%.**
c. FR moderadas: 20-30 x minuto. PIM baja: 10-12 cm H_2O. PEEP baja: 2-3 cm H_2O. FiO_2 21%.
d. Ninguna de las opciones.

Los RN con apneas recurrentes presentan un pulmón normal. Así que deberemos utilizar una PIM baja, PEEP adecuada para reclutar, FR bajas que impidan las apneas, y FiO_2 de 21%. Recordemos que la hipoxemia en estos bebes ocurre por cese de la respiración y no por que el RN requiera oxígeno.

10. **¿Qué modalidad ventilatoria utilizaría en un bebe con asfixia severa (que requirió RCP en sala de partos) con encefalopatía hipóxico isquémica grave?**
a. VAFO.
b. SIMV + PS.
c. AC (VG).
d. **VMC no sincronizada.**
e. SIMV (VG) + PS.

Estos RN presentan depresión neurológica, por lo tanto, no tiene ningún sentido utilizar modos ventilatorios sincronizados o activados por el RN, por eso la modalidad ventilatoria de inicio debería ser VMC no sincronizada. La VAFO no es una modalidad adecuada para estos RN, salvo que presenten hipoxemia o hipercapnia severa que no pueda manejarse con la ventilación convencional.

Bibliografía

- Chakkarapani A, Adappa R, Karayil S, Ali M, Gupta S, Soni Na, Chicoine L, Hummler H. "Current concepts in assisted mechanical ventilation in the neonate" - Part 2: Understanding various modes of mechanical ventilation and recommendations for individualized disease-based approach in neonates. International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine, 2020; 7: 201-208.

- Donn SM, Mammel MC. Neonatal Pulmonary Graphics. A Clinical Pocket Atlas, 2015. DOI 10.1007/978-1-4939-2017-4.

- Donn S, Sinha S. Manual de asistencia respiratoria en neonatología. 4ta edición. Editorial Ediciones Journal, 2019.

- Gibbs K, Jensen E, Alexiou S, Munson D, Zhang H. Ventilation Strategies in Severe Bronchopulmonary Dysplasia. Neoreviews, 2020; 4: 228-237.

- Goldsmith JP, Karotkin EH, Keszler M, Suresh GK. Ventilación Asistida Neonatal. Atención respiratoria del neonato a partir de un método basado en la evidencia. 3ra edición en español. Editorial Distribuna 2019.

- Keszler M. Mechanical ventilation strategies. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2017; 22: 267-274.

- Keszler M. Volume-targeted ventilation: one size does not fit all. Evidence-based recommendations for successful use. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2019; 104: F108-F112. doi:10.1136/archdischild-2017-314734.

- Sola A. Cuidados Neonatales: Descubriendo la vida de un recién nacido, Volúmenes I y II. Editorial Edimed, Buenos Aires, 2011.

- Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, Hallman M, Ozek E, Te Pas A, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome - 2019 update. Neonatology 2019. https://doi.org/10.1159/000499361.

- Thébaud B et al. Bronchopulmonary Dysplasia. Nature Reviews | Disease Primers | Article citation ID: (2019) 5:78 0123456789; https://doi.org/10.1038/s41572-019-0127-7.

Capítulo 9

Aspectos Prácticos para Ventilar Recién Nacidos

Parte 1

Guillermo A. Zambosco

En el presente capítulo (Parte 1) se exponen diferentes escenarios clínicos para resolver (algunos tienen distintas posibilidades de resolución) con el fin de ayudar a ventilar mejor a los bebes enfermos. Al final de todos los escenarios clínicos, se vuelven a presentar los mismos, y se encuentra resaltado en **negrita** la opción u opciones más adecuadas con su explicación y fundamentación a criterio del autor. Es fundamental que sean resueltos con tranquilidad y a conciencia, luego de haber leído y comprendido los anteriores capítulos.

Escenario Clínico 1

- RN de 4 semanas de vida, 28 semanas de EG al nacer, peso actual 950 gr. Necesitó CPAP durante las primeras 2 semanas, pero ahora se encuentra en aire ambiente alimentándose con vía oral completa.
- Se observa que presenta episodios frecuentes de apnea acompañados de bradicardia, disminuyendo la SpO_2 durante los eventos hasta 60% a 70%.
- Se coloca en CPAP con 5 cm H_2O y los episodios continúan con más frecuencia.
- Posteriormente se coloca en VNNI (PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.4 s, FiO_2 21%, pero en los últimos 20 minutos realizo 3 episodios seguidos.
- Se decide intubar e ingresar en VMC.

¿Con que parámetros comenzaría?

1. FR moderada: 20-30 ciclos por minuto, PIM baja 12-14 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O y FiO_2 25-30%.
2. FR moderada: 20-30 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP baja 2-3 cm H_2O y FiO_2 21%.
3. FR baja: 10-15 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O y FiO_2 21%.
4. FR baja: 10-15 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP baja 2-3 cm H_2O y FiO_2 25-30%.

Escenario Clínico 2

- RN prematuro de sexo masculino, 26 semanas de EG al nacer, peso al nacer 795 gr, nacido por cesárea de urgencia por preeclamsia y desprendimiento parcial de placenta (aproximadamente 50%). La madre recibió maduración pulmonar completa.
- El RN nace con esfuerzo respiratorio, se le coloca CPAP 6 cm H_2O para su estabilización requiriendo FiO_2 de 40% para lograr una SpO_2 de 90% a los 10 minutos de vida.
- Luego comienza con dificultad respiratoria creciente, con retracciones costales y requerimiento de O_2 de 60% para lograr SpO_2 de 90-92%.
- Se decide intubar (TET n° 2.5) y llevar a la UCIN.
- Se lo coloca en VMC no sincronizada con los siguientes parámetros: PIM 20 cm H_2O (PAM 10), PEEP 6 cm H_2O, Ti O.4 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 8 L/minuto, FiO_2 80%.
- El RN se logra estabilizar, presentando una FR de 66 respiraciones por minuto y SpO_2 97%.

¿Está de acuerdo?

1. Si estoy de acuerdo.
2. No estoy de acuerdo.

- 6 horas de vida, el RN recibió 1 dosis de surfactante.
- Se encuentra en VMC no sincronizada, con los siguientes parámetros: PIM 20 cm H_2O (PAM 10), PEEP 6 cm H_2O, Ti O.4 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 8 L/minuto, FiO_2 80%.
- FR del RN 72 respiraciones por minuto, SpO_2 98%.
- Gasometría: PH 7.14, $PaCO_2$ 58 mm Hg, PaO_2 114 mm Hg, EB - 8, Bicarbonato 16 meq/L.

¿Cuál de las siguientes opciones elegiría?

1. Cambiar a VAFO con PAM de 2 cm H_2O por encima de la PAM de VMC, Delta p 20 cm H_2O, y bajar FiO_2.
2. Cambiar a AC (presión), con PIM 20 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.3 s, bajar FiO_2.
3. Cambiar a SIMV (presión) + PS: PIM 18 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.2-0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 6 L/minuto, PS 9 cm H_2O (por encima de la PEEP), bajar FiO_2.
4. Cambiar a SIMV (presión), con PIM 22 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 50 ciclos por minuto, Flujo 6 L/minuto, bajar FiO_2.

Escenario Clínico 3

- Nacimiento por vía vaginal de un RN de 41.3 semanas de EG, peso al nacer de 4300 gr, con líquido amniótico meconial espeso.
- Requiere ventilación a presión positiva e intubación en sala de partos para iniciar la respiración.
- Su madre es primípara, de 23 años, embarazo controlado, inducción del parto con prostaglandinas.
- El RN es ingresado a UCIN sin TET, con FiO_2 40%, y SpO_2 94%.
- Ante dificultad respiratoria importante y en aumento (90 respiraciones x minuto, con tiraje universal), requerimientos de O_2 de 65% y radiología de tórax (compatible con aspiración de líquido meconial) se decide ingresar en VMC.

¿Está de acuerdo con la siguiente estrategia ventilatoria inicial para un RN con SALAM?

Modalidad SIMV (presión) + PS, con los siguientes parámetros: PIM: < 20-25 cm H_2O, PS: 12- 14 cm H_2O por encima de la PEEP, PEEP: 4-5 cm H_2O, Ti 0.45 s, FR 30-40 ciclos por minuto. Gasometría objetivo: pH 7.30-7.40, PaO_2 60-80 mm Hg, $PaCO_2$ 35-45 mm Hg.

1. De acuerdo.
2. No de acuerdo.

Escenario Clínico 4

- Un RNT de sexo femenino de 1 hora de vida, presenta dificultad respiratoria. Nació con líquido amniótico meconial fluido.
- Su SpO_2 es baja en la mano derecha (85%) y en la extremidad inferior es 10% menor (75%).
- Se sospecha una posible HPPRN.
- Se decide intubar y colocar en Ventilación Mecánica.

¿Cuál de estas modalidades y estrategia ventilatoria de inicio elegiría para un RN con HPPRN?

1. Sedar y colocar en modalidad A/C (presión): FR 40 ciclos por minuto, PIM 20-25 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O, Ti O.35-O.4 s. Gasometría objetivo: pH 7.40-7.45, PaO_2 >100 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.
2. Sedar y colocar en modalidad VAFO: de inicio: MAP > 15 cm H_2O, Delta P 40-50 cm H_2O, FiO_2 80-100 %. Gasometría objetivo: pH 7.40-7.45, PaO_2 >100 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.

3. Colocar en modalidad SIMV (presión): FR 40 ciclos por minuto, PIM 20-25 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O, Ti O.35-O.4 s. Gasometría objetivo: pH 7.35-7.45, PaO_2 70-80 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.

Escenario Clínico 5

¿Está de acuerdo con la siguiente modalidad y estrategia ventilatoria para RN con DBP severa o grave?

Se deben utilizar Vt elevados (8 - 12 ml/kg), PIM 25-30 cm H_2O, Ti prolongados: 0.5-0.7 s, FR bajas para permitir un mejor vaciado de los Vt elevados (10-20 ciclos por minuto), PEEP elevada (6-8 cm H_2O) con el fin de evitar colapso pulmonar, mantener la capacidad residual funcional y optimizar intercambio de gases.

1. Estoy de acuerdo.
2. No estoy de acuerdo.

Escenario Clínico 6

Se tiene que iniciar la ventilación de un RN con Hernia Diafragmática Congénita Severa (diagnóstico prenatal) y no se dispone de un ventilador con modalidades sincronizadas, ni de VAFO.

¿Está de acuerdo con la siguiente modalidad y estrategia ventilatoria?

VMC no sincronizada, con FR rápidas 40-50 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 20-25 cm H_2O, PEEP moderado 4-5 cm H_2O, Ti O.4-O.5 s. Gasometría objetivo: PH > 7.25, PaO_2 50-70 mm Hg (SpO_2 preductal > 90% y posductal >70%), $PaCO_2$ 45-65 mm Hg.

1. De acuerdo.
2. No de acuerdo.

Escenario Clínico 7

Se tiene que iniciar la ventilación mecánica de un RN con asfixia grave (requirió RCP avanzada en sala de partos) y encefalopatía hipóxico isquémica severa.

¿Cuál de las siguientes modalidades elegiría?

1. Modalidad AC (presión) con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.
2. Modalidad VMC no sincronizada con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.
3. Modalidad SIMV (presión) + PS con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PS 70-80% de la PIM, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.
4. Modalidad VAFO con PAM 12-15 cm H_2O, delta p 30 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 para SpO_2 95-98%,

Escenario Clínico 8

- RN de sexo masculino de 29 semanas de EG, con peso al nacer de 1250 gr, con 24 horas de vida.
- Recibió 2 dosis de surfactante.
- Se encuentra en la modalidad ventilatoria de SIMV (presión) + PS: PIM 26 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, PS 18 cm H_2O por encima de la PEEP, Ti 0.35 s, FR 30 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR espontánea 75 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.21, $PaCO_2$ 65 mm Hg, PaO_2 50 mm Hg, EB -6, Bic 20 meq/L. Vt medido: 2 a 5 ml/kg.

¿Cuál de las siguientes opciones sería la mejor?

1. No hacer ningún cambio y realizar un nuevo EAB en 2 hs.
2. Aumentar la FR a 50 ciclos por minuto, PIM a 28 cm H_2O y PEEP a 6 cm H_2O.
3. Cambiar a la modalidad AC, con FR 40 ciclos por minuto, agregar Volumen Garantizado con Vt 4-6 ml/kg, PEEP a 6 cm H_2O, Ti de 0.30 s.
4. Cambiar a VAFO con frecuencia de 10 Hz y ajustar amplitud hasta obtener adecuada vibración.
5. Cambiar a modalidad PSV (por presión), con PIM 22 cm H_2O, PEEP de 6 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.35 s.

Escenario Clínico 9

- RN de sexo femenino, peso de 700 gr, 10 días de vida.
- Se encuentra en modo ventilatorio AC con VG, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.2 s, PEEP 6 cm H_2O, FiO_2 35%, FR espontánea del RN 80 respiraciones por minuto, taquipnea (volumen tidal objetivo 6 ml/kg, límite de presión máxima 28 cm H_2O).
- Las alarmas de Vt bajo y presión alta suenan.
- Gasometría: PH 7.21, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 50 mm Hg, EB -5, Bic 18 meq/L, SpO_2 93%.

¿Cuál es la mejor opción para usted?

1. Aumentar la FR a 60 ciclos por minuto.
2. Cambiar a VAFO con PAM 15 cm H_2O y ajustar amplitud hasta vibración óptima.
3. Aumentar PIM para permitir mejorar el Vt.
4. Esperar 2 hs, y sacar nuevo EAB.
5. Aumentar el Ti a 0.3 segundos, y observar si se lograr entregar el Vt preestablecido.

Escenario Clínico 10

- RN de sexo masculino, 6 días de vida, 26 semanas de EG, peso 875 gr.
- Modalidad Ventilatoria SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 40%, Vt medido 4 ml/kg.
- De repente la enfermera se da cuenta que el Vt medido es de 2 ml/kg, y cae la SpO_2.

¿Cuál o cuáles son las mejores opciones?

1. Realizar una radiología de tórax por probable neumotórax.
2. Administrar una dosis extra de surfactante.
3. Cambiar de modalidad a VAFO.
4. Cambiar de modalidad a AC (presión).
5. Mirar la curva de presión-volumen y la onda del Vt.
6. Pedir ayuda y llamar a "alguien que sepa".

Escenario Clínico 11

- RN de sexo femenino, 27 semanas de EG, peso 935 gr, se intuba poco después de nacer e ingresa en ventilación mecánica.
- Es transferida a la UCIN y se coloca en modalidad ventilatoria SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0,25 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 60%, con SpO_2 98%.
- Se administra 1 dosis de surfactante.
- Gasometría: PH 7.46, $PaCO_2$ 28 mm Hg, PaO_2 106 mm Hg, EB -7, Bic. 17 meq/L.
- Vt medido 7 ml/Kg.

¿Cuál es la mejor opción?

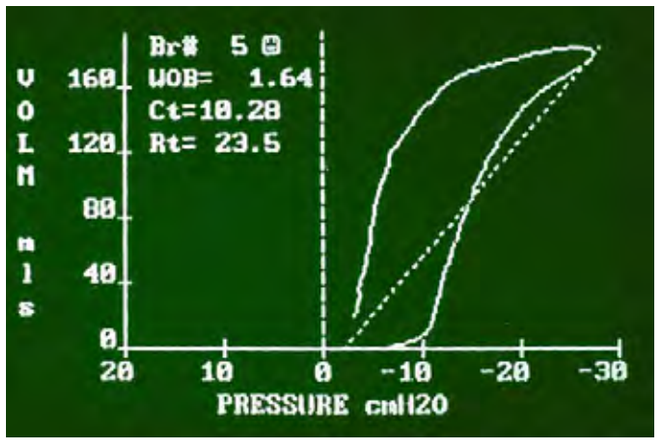
1. Mejoría notable de la distensibilidad.
2. Indicar disminuir PIM, FR y FiO_2.
3. Podría ser beneficioso cambiar a ventilación con VG.
4. Vt es demasiado elevado.
5. Todas las opciones son correctas.

Escenario Clínico 12

- RN de sexo femenino, 27 semanas de EG, 7 días de vida, peso 1000 gr. Recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad Ventilatoria SIMV (presión): PIM 26 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.4 s, FR 60 ciclos por minuto, FiO_2 80%.
- El RN esta inestable, con taquicardia, TAM 22, diuresis en 6 hs de 1 ml/kg/hora.
- Gasometría: PH 7.16, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 44 mm Hg, EB -12, Bic 14 meq/L, SpO_2 88%.

Radiología

Curva de Presión-Volumen



¿Cuál opción es la más acertada?

1. Indicar una 3ra dosis de surfactante, para mejorar la distensibilidad.
2. La CRF es baja y está atrapando aire.
3. El pulmón se encuentra sobredistendido por PIM y FR elevadas.
4. El apoyo respiratorio es insuficiente.
5. Cambiar a modalidad VAFO.

Escenario Clínico 13

- RN de sexo femenino, 7 días de vida, 25 semanas de EG, peso 785 gr.
- Modalidad ventilatoria AC (presión): PIM 18 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 34%, Vt medido 5 ml/kg.
- La frecuencia del ventilador es de 90 ciclos por minuto y está sonando la alarma de FR "alta".

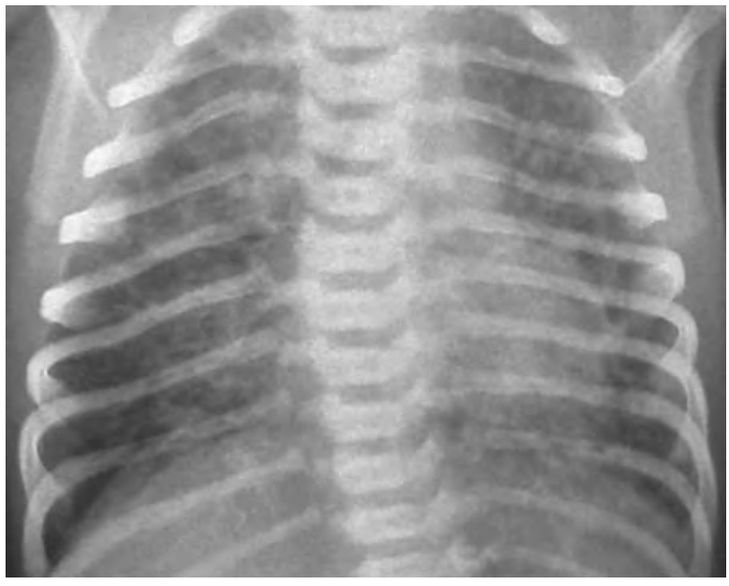
¿Cuál es la mejor opción para cuidar mejor a este bebe?

1. Sedar al bebe para que disminuya la FR y que "este" más tranquilo.
2. Indicar una placa de tórax, en busca de complicaciones.
3. Solicitar nueva gasometría.
4. Cambiar a la modalidad VAFO.
5. Pensar en auto-ciclado y buscar la causa.

Escenario Clínico 14

- RN de sexo masculino, 6 días de vida, 41 semanas de EG, peso 3650 gr, con SALAM.
- Modalidad Ventilatoria AC (presión): PIM 28 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.45 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%.
- FR del RN: 80 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.29, $PaCO_2$ 55 mm Hg, PaO_2 88 mm Hg, EB + 7, Bic 30 meq/L, SpO_2 94%.
- La enfermera solicita un neonatólogo a la cama del RN, porque no lo ve "bien" y tiene el tórax en forma de "tonel".

Radiología



¿Qué cambios se podrían considerar?

1. Aumentar FR.
2. Disminuir Ti.
3. Reducir PEEP.
4. Aumentar PIM.
5. Cambiar a SIMV (presión) + PS o SIMV (VG) + PS.

Escenario Clínico 15

- RN de sexo masculino, 25 semanas de EG, peso 725 gr. Ingresa a la UCIN desde la sala de partos con CPAP de 6 cm H_2O.
- Se decide ingresar a VMC, con 1 hora de vida y antes de administrar surfactante.
- El RN presenta esfuerzo respiratorio mínimo y débil.
- Modalidad VMC no sincronizada: PIM 14 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 40%, SpO_2 85%.
- Gasometría: PH 7.16, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, EB -3; Bic 17 mm Hg.

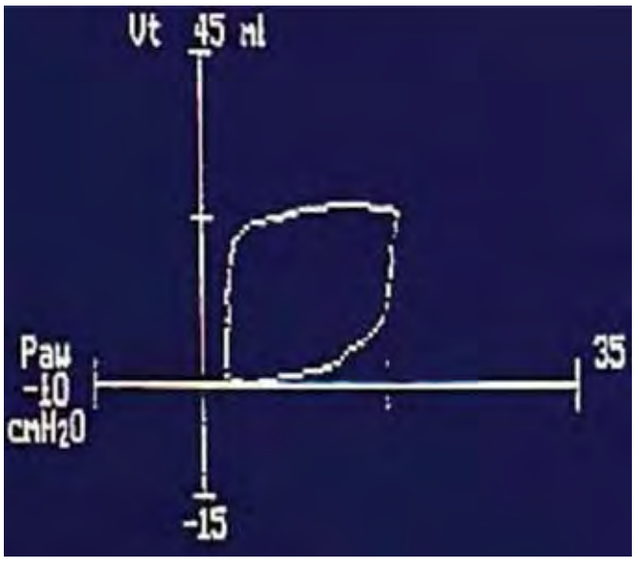
¿Qué cambios se deben realizar?

1. Aumentar la FiO_2 hasta lograr SpO_2 adecuada.
2. Aumentar PEEP 6 cm H_2O y PIM 16 cm H_2O.
3. Aumentar FR 50-60 a ciclos por minuto.
4. Cambiar a modalidad SIMV con PS.
5. Aumentar PIM a 25 cm H_2O.

Escenario Clínico 16

- RN de sexo femenino, 25 semanas de EG, peso 680 gr, ingresa a la UCIN desde la sala de partos.
- Se decide intubar y administrar 1 dosis de surfactante.
- Presenta esfuerzo respiratorio débil.
- Modalidad Ventilatoria VMC no sincronizada por presión, con PIM 16 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%, SpO_2 86%
- Gasometría: PH 7.23, $PaCO_2$ 54 mm Hg, PaO_2 44 mm Hg, EB -12, Bic 14 meq/L.

<u>Curva Presión-Volumen</u>



¿Qué ajustes deben hacerse?

1. Aumentar FiO_2 hasta que la SpO_2 mejore.
2. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O, y tal vez algo la PIM.
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. Aumentar PIM a 24 cm H_2O.
5. Dar otra dosis de surfactante.

Respuestas Correctas

Escenario Clínico 1

- RN de 4 semanas de vida, 28 de EG al nacer, peso actual 950 gr. Necesitó CPAP durante las primeras 2 semanas, pero ahora se encuentra en aire ambiente alimentándose con vía oral completa.
- Se observa que presenta episodios frecuentes de apnea acompañados de bradicardia, disminuyendo la SpO_2 durante los eventos hasta 60% a 70%.
- Se coloca en CPAP con 5 cm H_2O y los episodios continúan con más frecuencia.
- Posteriormente se coloca en VNNI con PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.4 s, FiO_2 21%, pero en los últimos 20 minutos realizo 3 episodios seguidos.
- Se decide intubar e ingresar en VMC.

¿Con que parámetros comenzaría?

1. FR moderada: 20-30 ciclos por minuto, PIM baja 12-14 cm H_2O, PEEP moderado 4-5 cm H_2O y FiO_2 25-30%.
2. FR moderada: 20-30 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP moderada 2-3 cm H_2O y FiO_2 21%.
3. **FR baja: 10-15 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O y FiO_2 21%.**
4. FR baja: 10-15 ciclos por minuto, PIM baja 10-12 cm H_2O, PEEP baja 2-3 cm H_2O y FiO_2 25-30%.

Respuesta

La **opción 3** es la correcta, ya que un RN con apneas, presenta un pulmón normal por lo tanto es fundamental utilizar presiones bajas, con frecuencias respiratorias bajas para evitar las apneas, además de usar una PEEP adecuada con el fin de reclutar, y FiO_2 de 21%, ya que la hipoxemia en estos bebes es secundaria a la hipoventilación, por lo tanto si le administramos $FiO_2 > 21\%$, cuando el RN finalice el periodo de apnea estará hiperóxico con todos los problemas (la mayoría invisibles a corto plazo) que la misma produce en los bebes prematuros.

Escenario Clínico 2

- RN prematuro de sexo masculino, 26 semanas EG al nacer, peso al nacer de 795 gr, nacido por cesárea de urgencia por preeclamsia y desprendimiento parcial de placenta (aproximadamente 50%). La madre recibió maduración pulmonar completa.
- El RN nace con esfuerzo respiratorio, se le coloca CPAP 6 cm H_2O para su estabilización requiriendo FiO_2 de 40% para lograr una SpO_2 de 90% a los 10 minutos de vida.
- Luego comienza con dificultad respiratoria creciente, con retracciones costales y requerimiento de O_2 de 60% para lograr SpO_2 de 90-92%.
- Se decide intubar (TET n° 2.5) y llevar a la UCIN.
- Se lo coloca en VMC no sincronizada, con los siguientes parámetros: PIM 20 H_2O (PAM 10), PEEP 6 cm H_2O, Ti O.4 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 8 L/minuto, FiO_2 80%.
- El RN se logra estabilizar, presentando una FR de 66 respiraciones por minuto y SpO_2 97%.

¿Está de acuerdo?

1. Si estoy de acuerdo.
2. **No estoy de acuerdo.**

- 6 horas de vida, el RN recibió 1 dosis de surfactante.
- Se encuentra en VMC no sincronizada, con los siguientes parámetros: PIM 20 cm H_2O (PAM 10), PEEP 6 cm H_2O, Ti O.4 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 8 L/minuto, FiO_2 80%.
- FR del RN 72 respiraciones por minuto, SpO_2 98%.
- Gasometría: PH 7.14, $PaCO_2$ 58 mm Hg, PaO_2 114 mm Hg, EB - 8, Bicarbonato 16 meq/L.

¿Cuál de las siguientes opciones elegiría?

1. Cambiar a VAFO con PAM de 2 cm H_2O por encima de la PAM de VMC, Delta p 20 cm H_2O, y bajar FiO_2.
2. Cambiar a AC (presión), con PIM 20 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.3 s, bajar FiO_2.
3. **Cambiar a SIMV (presión) + PS: PIM 18 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.2-0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 6 L/minuto, PS 9 cm H_2O (por encima de la PEEP), bajar FiO_2.**
4. Cambiar a SIMV (presión), con PIM 22 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 50 ciclos por minuto, Flujo 6 L/minuto, bajar FiO_2.

Respuesta

Primera parte: La **opción 2** es la más correcta. Un RN con esfuerzo respiratorio adecuado necesita una modalidad ventilatoria sincronizada y la VMC no lo es. Además, los parámetros elegidos no son los adecuados (PIM 20 H_2O con PAM 10 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti O.4 s, FR 40 ciclos por minuto, Flujo 8 L/minuto, FiO_2 80%.). La PIM parece excesiva, el Ti también, lo mismo que la FiO_2 y el flujo. El flujo de 8 L/minuto es excesivo salvo que haya perdida por el circuito, y la FiO_2 80%, es excesiva para este RN, su objetivo de SpO_2 debería ser 90-94%, y no 98% (ver geometría: PaO_2 114 mm Hg).

Segunda parte: La **opción 3** es la más correcta. Es bueno utilizar una modalidad sincronizada como SIMV ya que él bebe tiene un buen esfuerzo respiratorio, La gasometría nos muestra hipercapnia ($PaCO_2$ 58 mm Hg) con hiperoxia (PaO_2 114 mm Hg), así que seria correcto bajar algo la PIM a 18 cm H_2O, agregar PS de 9 cm H_2O por encima de la PEEP, total de PS 15 cm H_2O, que ayudara al bebe a sostener o soportar sus respiraciones espontaneas que no están sincronizadas con el ventilador (FR del RN 72 – Frecuencia del respirador 40 = 32 respiraciones para asistir con PS) y bajar FiO_2 ya que la PaO_2 es de 114 mm Hg, con SpO_2 98% y FiO_2 80%.

Escenario Clínico 3

- Nacimiento por vía vaginal de un RN de 41.3 semanas de EG, con peso al nacer de 4300 gr, con líquido amniótico meconial espeso.
- Requiere ventilación a presión positiva e intubación en sala de partos para iniciar la respiración.
- Su madre es primípara, de 23 años, embarazo controlado, inducción del parto con prostaglandinas.
- El RN es ingresado a UCIN sin TET, con FiO_2 40%, y SpO_2 94%.
- Ante dificultad respiratoria importante y en aumento (90 respiraciones x minuto, con tiraje universal), requerimientos de O_2 de 65% y radiología de tórax (compatible con aspiración de líquido meconial) se decide ingresar en VMC.

¿Está de acuerdo con la siguiente estrategia ventilatoria inicial para un RN con SALAM?

Modalidad SIMV (presión) + PS, con los siguientes parámetros: PIM: < 20-25 cm H_2O, PS: 12- 14 cm H_2O por encima de la PEEP, PEEP: 4-5 cm H_2O, Ti 0.45 s, FR 30-40 ciclos por minuto. Gasometría objetivo: pH 7.30-7.40, PaO_2 60-80 mm Hg, $PaCO_2$ 35-45 mm Hg.

1. **De acuerdo.**
2. No de acuerdo.

Respuesta

La **opción 1** es la más correcta, a la hora de ventilar un RN con SALAM hay que tratar de utilizar PIM no muy elevadas (para evitar el barotrauma), recordemos que estos RN tienen la constante de tiempo alargada por presentar resistencia elevada, por lo tanto, necesitan Ti y Te más prolongados con el fin de que el aire ingrese y pueda salir de los pulmones, evitando así el atrapamiento aéreo. Por lo tanto, se deberá utilizar FR no muy elevadas. Lo ideal sería utilizar una modalidad con VG, pero sino se dispone de la misma o el equipo no está familiarizado, la modalidad SIMV (presión) + PS es una buena opción.

Escenario Clínico 4

- Un RNT de sexo femenino de 1 hora de vida, presenta dificultad respiratoria. Nació con líquido amniótico meconial fluido.
- Su SpO_2 es baja en la mano derecha (85%) y en la extremidad inferior es 10% menor (75%).
- Se sospecha una posible HPPRN.
- Se decide intubar y colocar en Ventilación Mecánica.

¿Cuál de estas modalidades y estrategia ventilatoria de inicio elegiría para un RN con HPPRN?

1. Sedar y colocar en modalidad A/C (presión): FR 40 ciclos por minuto, PIM 20-25 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O, Ti O.35-O.4 s. Gasometría objetivo: pH 7.40-7.45, PaO_2 >100 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.
2. Sedar y colocar en modalidad VAFO de inicio: MAP > 15 cm H_2O, Delta P 40-50 cm H_2O, FiO_2 80-100 %. Gasometría objetivo: pH 7.40-7.45, PaO_2 >100 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.
3. **Colocar en modalidad SIMV (presión): FR 40 ciclos por minuto, PIM 20-25 cm H_2O, PEEP moderada 4-5 cm H_2O, Ti O.35-O.4 s. Gasometría objetivo: pH 7.35-7.45, PaO_2 70-80 mm Hg (SpO_2 preductal > 90%), $PaCO_2$ 40-50 mm Hg.**

Respuesta

La **opción 3** es la más correcta. La opción 1 no es correcta ya que la modalidad AC necesita del esfuerzo respiratorio del RN y no tiene sentido la sedación ya que inhibe el impulso respiratorio. La VAFO no es una modalidad de inicio para HPPRN, puede ser necesaria en la evolución posterior ante hipoxemia severa. No es bueno tener como objetivo una PaO_2 >100 mm Hg ya que la hiperoxia puede agravar la vasoconstricción pulmonar y la hipoxemia. La SIMV es una buena modalidad de inicio para esta patología, a veces asociada a PS para sostener o ayudar con cierto grado de presión las respiraciones espontaneas que no están sincronizadas con los ciclos del ventilador.

Escenario Clínico 5

¿Está de acuerdo con la siguiente modalidad y estrategia ventilatoria para RN con DBP severa o grave?
Se deben utilizar Vt elevados (8 - 12 ml/kg), PIM 25-30 cm H_2O, Ti prolongados: 0.5-0.7 s, FR bajas para permitir un mejor vaciado de los Vt elevados (10-20 ciclos por minuto), PEEP elevada (6-8 cm H_2O) con el fin de evitar colapso pulmonar, mantener la capacidad residual funcional y optimizar intercambio de gases.

1. **Estoy de acuerdo.**
2. No estoy de acuerdo.

Respuesta

La **opción 1** es la correcta. Estos RN se benefician con Vt elevados, Ti prolongados, FR bajas y PEEP elevados con el fin de evitar el colapso pulmonar, mantener la CRF y mejorar el intercambio de gases y poder disminuir los requerimientos de O_2. Si se opta por utilizar una estrategia de FR elevadas, Ti cortos, PEEP moderado y Vt bajos

(PIM baja), se produce una mala distribución aérea, incremento del espacio muerto, $PaCO_2$ elevada, FiO_2 elevada, atelectasia progresiva y sobredistensión regional.

Escenario Clínico 6

Se tiene que iniciar la ventilación de un RN con Hernia Diafragmática Congénita Severa (diagnóstico prenatal) y no se dispone de un ventilador con modalidades sincronizadas, ni con VAFO.
¿Está de acuerdo con la siguiente modalidad y estrategia ventilatoria?
VMC no sincronizada, con FR rápidas 40-50 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 20-25 cm H_2O, PEEP moderado 4-5 cm H_2O, Ti O.4-O.5 s. Gasometría objetivo: PH ≥ 7.25, PaO_2 50-70 mm Hg (SpO_2 preductal > 90% y posductal >70%), $PaCO_2$ 45-65 mm Hg.

1. **De acuerdo.**
2. No de acuerdo.

Respuesta

La **opción 1** es la más adecuada. Si bien es mejor utilizar modos sincronizados como SIMV (VG) + PS o AC (VG) o PSV (VG), o bien estas mismas modalidades por presión. Pero de no contar con las mismas se deberá utilizar VMC no sincronizada. La principal preocupación es la hipoplasia pulmonar, el concepto fundamental es tratar de minimizar la lesión pulmonar, evitando siempre la estrategia de ventilación agresiva con el fin de priorizar solo la oxigenación. Siempre se debe ventilar con PEEP adecuada y la mínima PIM, tratando de brindar un Vt normal o lo más bajo que se pueda, para lograr una oxigenación adecuada. El objetivo gasométrico es adecuado, estos RN tienen hipoplasia pulmonar con HPPRN, por lo tanto, retienen $PaCO_2$ y cursan con hipoxemia severa.

Escenario Clínico 7

Se tiene que iniciar la ventilación mecánica de un RN con asfixia grave (requirió RCP avanzada en sala de partos) y encefalopatía hipóxico isquémica severa.

¿Cuál de las siguientes modalidades elegiría?
1. Modalidad AC (presión) con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.
2. **Modalidad VMC no sincronizada con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.**
3. Modalidad SIMV (presión) + PS con FR 30-40 ciclos por minuto, PIM lo más bajo posible 15-25 cm H_2O, PS 70-80% de la PIM, PEEP 3-5 cm H_2O, FiO_2 para SpO_2 90-95%.
4. Modalidad VAFO con PAM 12-15 cm H_2O, delta p 30, FR 10 Hz, FiO_2 para SpO_2 95-98%.

Respuesta

La **opción 2** es la más adecuada. Estos RN presentan su centro respiratorio deprimido por la hipoxia, y por las drogas que reciben por su encefalopatía hipóxico-isquémica. El pulmón en la mayoría de los casos es más o menos normal, a menos que se presente un SALAM asociado. Las modalidades sincronizadas no tiene sentido utilizarlas, por que requieren de un impulso respiratorio adecuado (opciones 1 y 3) y la VAFO no está indicada de inicio, solo ante la presencia de hipoxemia o hipercapnia severa, luego de optimizar la VMC. La modalidad SIMV + PS sería una buena opción para cuando él bebe adquiera un impulso respiratorio adecuado luego de la fase aguda de la enfermedad.

Escenario Clínico 8

- RN de sexo masculino de 29 semanas de EG, con peso al nacer de 1250 gr, con 24 horas de vida.
- Recibió 2 dosis de surfactante.
- Se encuentra en la modalidad ventilatoria de SIMV (presión) + PS: PIM 26 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, PS 18 cm H_2O por encima de la PEEP, Ti 0.35 s, FR 30 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR espontánea 75 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.21, $PaCO_2$ 65 mm Hg, PaO_2 50 mm Hg, EB -6, Bic 20 meq/L. Vt medido: 2 a 5 ml/kg.

¿Cuál de las siguientes opciones sería la mejor?

1. No hacer ningún cambio y realizar un nuevo EAB en 2 hs.
2. Aumentar la FR a 50 ciclos por minuto, PIM a 28 cm H_2O y PEEP a 6 cm H_2O.
3. **Cambiar a la modalidad AC, con FR 40 ciclos por minuto, agregar Volumen Garantizado a Vt 4-6 ml/kg, PEEP a 6 cm H_2O, Ti de 0.30 s.**
4. Cambiar a VAFO con frecuencia de 10 Hz y ajustar amplitud hasta obtener una adecuada vibración.
5. Cambiar a modalidad PSV (por presión), con PIM 22 cm H_2O, PEEP de 6 cm H_2O, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.35 s.

Respuestas

La **opción 3** es la más adecuada. Este RN presenta una hipercapnia importante, una FR acelerada para tratar de disminuir la $PaCO_2$, requerimientos importantes de oxígeno, y Vt muy variable. Asistir todas sus respiraciones con VG, es una buena opción, ya que se le entregaría un Vt más estable, con destete de la PIM en tiempo real a medida que la compliance mejora. Si esta modalidad lo beneficia o mejora, el bebe disminuirá la FR. Si no mejora, se deberá optar por otra modalidad. En la opción 5, en la modalidad PSV, el Ti lo determina el RN (modalidad ciclada por flujo) y no el operador.

Escenario Clínico 9

- RN de sexo femenino, peso de 700 gr, 10 días de vida.
- Se halla en modo ventilatorio AC con VG, FR 40 ciclos por minuto, Ti 0.2 s, PEEP 6 cm H_2O, FiO_2 35%, FR espontánea del RN 80 respiraciones por minuto, taquipnea (volumen tidal objetivo 6 ml/kg, límite de presión máxima 28 cm H_2O).
- Las alarmas de Vt bajo y presión alta suenan.
- Gasometría: PH 7.21, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 50 mm Hg, EB -5, Bic 18 meq/L, SpO_2 93%.

¿Cuál es la mejor opción para usted?

1. Aumentar la FR a 60 ciclos por minuto.
2. Cambiar a VAFO con PAM 15 cm H_2O y ajustar amplitud hasta vibración óptima.
3. Aumentar PIM para permitir mejorar el Vt.
4. Esperar 2 hs, y sacar nuevo EAB.
5. **Aumentar el Ti a 0.3 segundos, y observar si se lograr entregar el Vt preestablecido.**

Respuesta

La **opción 5** es la más adecuada. El problema en este bebe es la entrega inadecuada del Vt (Ti muy corto para entregar el Vt objetivo), evidenciado por taquipnea, bajo Vt, alarmas de Vt bajo/presión alta, y acidosis respiratoria, La prolongación del Ti permitirá entregar el Vt en forma adecuada. En esta modalidad no se puede aumentar la PIM ni la FR. La VAFO sería una opción en caso de no mejorar la gasometría y la mecánica pulmonar.

Escenario Clínico 10

- RN de sexo masculino, 6 días de vida, 26 semanas de EG, peso 875 gr.
- Modalidad Ventilatoria SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 40%, Vt medido 4 ml/kg.
- De repente la enfermera se da cuenta que el Vt medido es de 2 ml/kg, y cae la SpO_2.

¿Cuál o cuáles son las mejores opciones?

1. **Realizar una radiología de tórax por probable neumotórax.**
2. Administrar una dosis extra de surfactante.
3. **Cambiar de modalidad a VAFO.**
4. Cambiar de modalidad a AC (presión).
5. **Mirar la curva de presión-volumen y la onda del Vt.**
6. Pedir ayuda y llamar a "alguien que sepa".

Respuestas

Las **opciones 1, 3 y 5** son las más adecuadas. Mirar el trazado del Vt y la curva o bucle de presión/volumen para comparar los volúmenes inspiratorios y espiratorios es una buena opción, el punto aquí es el Vt bajo con PIM alta, o bien el pulmón repentinamente se hizo más rígido (ej. neumotórax) o hay fuga peritubo endotraqueal de gas que no permite alcanzar los alveolos. Ante la caída repentina de la oxigenación, es una buena opción la modalidad VAFO, para mejorarla, hasta poder explicar la situación clínica. También es de buen clínico solicitar ayuda (a algún neonatólogo con más experiencia) cuando nos encontramos ante una situación clínica que no pueda resolver.

Escenario Clínico 11

- RN de sexo femenino, 27 semanas de EG, peso 935 gr, se intuba poco después de nacer e ingresa en ventilación mecánica.
- Es transferida a la UCIN y se coloca en modalidad ventilatoria SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.25 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 60%, con SpO_2 98%.
- Se administra 1 dosis de surfactante.
- Gasometría: PH 7.46, $PaCO_2$ 28 mm Hg, PaO_2 106 mm Hg, EB -7, Bic. 17 meq/L.
- Vt medido 7 ml/Kg.

¿Cuál es la mejor opción?

1. Mejoría notable de la distensibilidad.
2. Indicar disminuir PIM, FR y FiO_2.
3. Podría ser beneficioso cambiar a ventilación con VG.
4. Vt es demasiado elevado.
5. **Todas las opciones son correctas.**

Respuesta

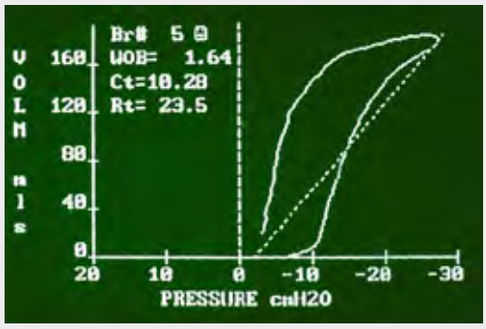
La **opción 5** es la correcta. Luego de administrar surfactante mejora la distensibilidad y está indicado en esta modalidad disminuir la PIM, FR con el fin de aumentar la $PaCO_2$ que en este RN esta baja (hipocapnia), y bajar FiO_2 para mejorar la hiperoxia. Estos RN se benefician con una modalidad con VG (SIMV o AC), ya que al mejorar la distensibilidad se produce un auto-destete de la PIM.

Escenario Clínico 12

- RN de sexo femenino, 27 semanas de EG, 7 días de vida, peso 1000 gr. Recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad Ventilatoria SIMV (presión): PIM 26 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.4 s, FR 60 ciclos por minuto, FiO_2 80%.
- El RN esta inestable, con taquicardia, TAM 22, diuresis en 6 hs de 1 ml/kg/hora.
- Gasometría: PH 7.16, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 44 mm Hg, EB -12, Bic 14 meq/L, SpO_2 88%.

Radiología

Curva de Presión-Volumen



¿Cuál opción es la más acertada?

1. Indicar una 3ra dosis de surfactante, para mejorar la distensibilidad.
2. La CRF es baja y está atrapando aire.
3. **El pulmón se encuentra sobredistendido por PIM y FR elevadas.**
4. El apoyo respiratorio es insuficiente.
5. Cambiar a modalidad VAFO.

Respuesta

La **opción 3** es la más adecuada. Este RN está recibiendo una PIM excesiva, un Ti prolongado y una FR elevada. Esto produce aumento de la presión intratorácica, con disminución del retorno venoso y caída del gasto cardiaco, la TAM y la diuresis. Se ve traducido en la radiología de tórax (hiperinsuflación) y en las curvas de presión/volumen (pico de ave). Por lo tanto, habría que disminuir el Ti, e ir disminuyendo con cuidado las presiones y la FR, y ver la respuesta clínica y la gasometría del RN.

Escenario Clínico 13

- RN de sexo femenino, 7 días de vida, 25 semanas de EG, peso 785 gr.
- Modalidad ventilatoria AC (presión): PIM 18 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 34%, Vt medido 5 ml/kg.
- La frecuencia del ventilador es de 90 ciclos por minuto y está sonando la alarma de FR "alta".

¿Cuál es la mejor opción para cuidar mejor a este bebe?

1. Sedar al bebe para que disminuya la FR y que "este" más tranquilo.
2. Indicar una placa de tórax, en busca de complicaciones.
3. Solicitar nueva gasometría.
4. Cambiar a la modalidad VAFO.
5. **Pensar en auto-ciclado y buscar la causa.**

Respuesta

La **opción 5** es las más adecuada. En RNT y prematuros hay que investigar "siempre" las FR "elevadas" ≥ 80 respiraciones por minuto ante posible "auto-ciclado" (fugas, hipo, agua en la tubuladuras por condensación). Se puede pasar brevemente a modalidad CPAP, si la FR disminuye es "auto-ciclado", pero si FR no disminuye hay que investigar otras causas.

Escenario Clínico 14

- RN de sexo masculino, 6 días de vida, 41 semanas de EG, peso 3650 gr, con SALAM.
- Modalidad Ventilatoria AC (presión): PIM 28 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.45 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%.
- FR del RN: 80 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.29, $PaCO_2$ 55 mm Hg, PaO_2 88 mm Hg, EB + 7, Bic 30 meq/L, SpO_2 94%.
- La enfermera solicita un neonatólogo a la cama del RN, porque no lo ve "bien" y tiene el tórax en forma de "tonel".

Radiología

¿Qué cambios se podrían considerar?

1. Aumentar FR.
2. Disminuir Ti.
3. Reducir PEEP.
4. Aumentar PIM.
5. **Cambiar a SIMV (presión) + PS o SIMV (VG) + PS.**

Respuesta

La **opción 5** es la más adecuada. Este RN tiene atrapamiento aéreo y está en riesgo de neumotórax. Si aumentamos la FR se agrava la situación, y además en esta modalidad la FR la determina él bebe, pero una buena opción sería cambiar la modalidad a SIMV (presión) con PS o SIMV (VG) + PS. Reducir la PEEP, o aumentar la PIM no mejoraran la situación, la reducción del Ti la podría mejorar en algo, pero como la oxigenación es buena, no mejoraría la $PaCO_2$.

Escenario Clínico 15

- RN de sexo masculino, 25 semanas de EG, peso 725 gr. Ingresa a la UCIN desde la sala de partos con CPAP de 6 cm H_2O.
- Se decide ingresar a VMC, con 1 hora de vida y antes de administrar surfactante.
- El RN presenta esfuerzo respiratorio mínimo y débil.
- Modalidad VMC no sincronizada: PIM 14 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 40%, SpO_2 85%.
- Gasometría: PH 7.16, $PaCO_2$ 60 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, EB -3, Bic 17 mm Hg.

¿Qué cambios se deben realizar?

1. Aumentar la FiO_2 hasta lograr SpO_2 adecuada.
2. **Aumentar PEEP a 6 cm H_2O y PIM a 16 cm H_2O.**
3. Aumentar FR a 50-60 ciclos por minuto.
4. Cambiar a modalidad SIMV con PS.
5. Aumentar PIM a 25 cm H_2O.

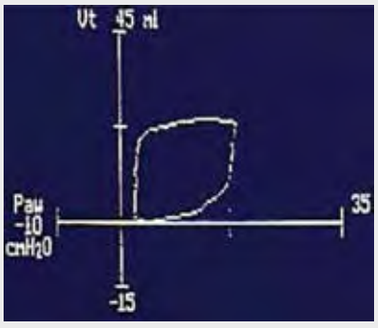
Respuesta

La **opción 2** es la más adecuada. En esta situación clínica con esfuerzo respiratorio débil no tiene sentido colocar una modalidad sincronizada como SIMV + PS. Además, la acidosis respiratoria y la hipoxemia, nos indican que hay que subirle algo la PEEP (con el fin de reclutar) y la PIM con el fin de mejorar la hipoxemia y la hipercapnia. Sería también apropiado sacar una radiología de tórax para ver posibles complicaciones (neumotórax, TET muy introducido). Además se debería tratar de administrar con rapidez el surfactante, antes de la 1-2 hs de vida.

Escenario Clínico 16

- RN de sexo femenino, 25 semanas de EG, peso 680 gr, ingresa a la UCIN desde la sala de partos.
- Se decide intubar y administrar 1 dosis de surfactante.
- Presenta esfuerzo respiratorio débil.
- Modalidad Ventilatoria VMC no sincronizada por presión, con PIM 16 cm H_2O, PEEP 4 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%, SpO_2 86%
- Gasometría: PH 7,23, $PaCO_2$ 54 mm Hg, PaO_2 44 mm Hg, EB -12, Bic 14 meq/L.

Curva Presión-Volumen



¿Qué ajustes deben hacerse?

1. Aumentar FiO_2 hasta que la SpO_2 mejore.
2. **Aumentar PEEP a 6 cm H_2O, y tal vez algo la PIM.**
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. Aumentar PIM a 24 cm H_2O.
5. Dar otra dosis de surfactante.

Respuesta

La **opción 2** es la más adecuada. Este RN presenta hipercapnia con hipoxemia, la curva de presión-volumen muestra que falta PEEP para reclutar bien el pulmón. El PEEP de 4 cm H_2O no alcanza el punto de inflexión interior (ver Figura 4, en el Capítulo 4 sobre Ventilación Mecánica Convencional), por lo tanto, se beneficiaría con la suba de la PEEP a 6 cm H_2O y tal vez algo la PIM.

Capítulo 10

Aspectos Prácticos para Ventilar Recién Nacidos

Parte 2

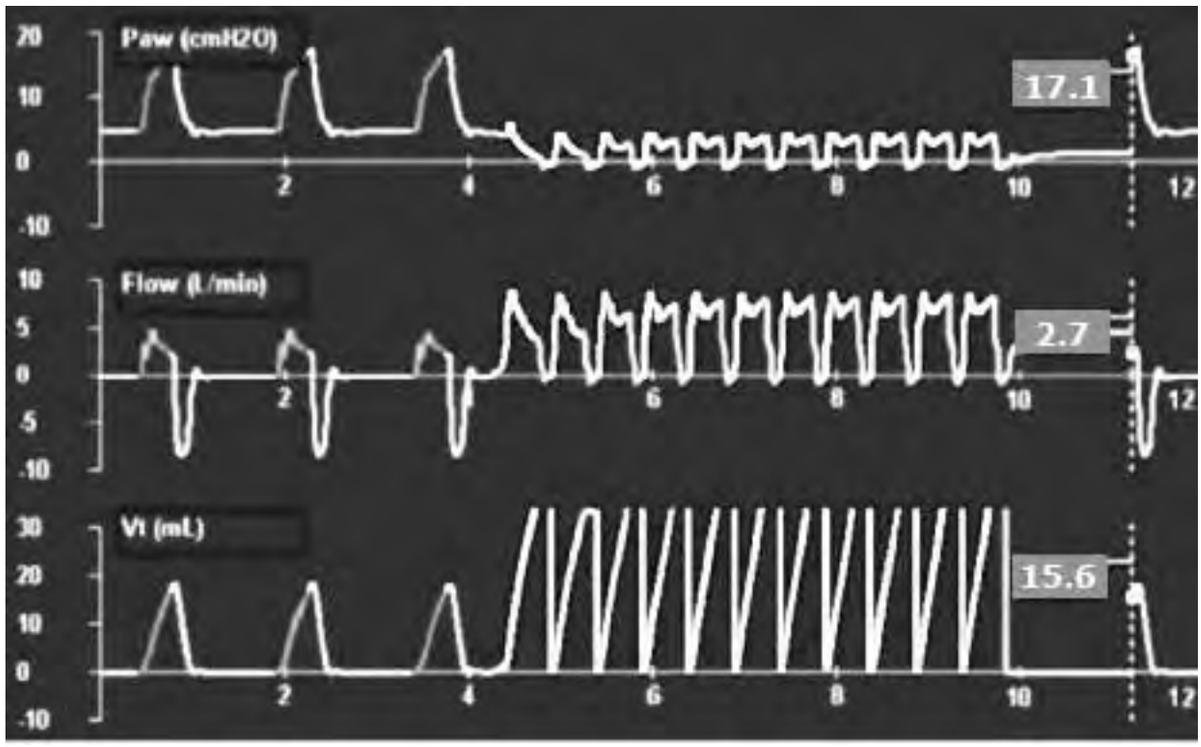
Guillermo A. Zambosco

En el presente capítulo (Parte 2) se exponen diferentes escenarios clínicos para resolver (algunos tienen diferentes posibilidades de resolución) con el fin de ayudar a ventilar mejor a los bebes enfermos. Al final de todos los escenarios clínicos, se vuelven a presentar los mismos escenarios, y se encuentra resaltado en **negrita** la opción u opciones más adecuadas con su explicación y fundamentación a criterio del autor. Es fundamental que sean resueltos con tranquilidad y a conciencia, luego de haber leído y comprendido los anteriores capítulos.

Escenario Clínico 1

- RN prematuro en VMC por SDR, está en plan de destete.
- De repente suena una alarma y la enfermera avisa al neonatólogo.
- El RN y el respirador están asincrónicos, y el ventilador cicla 120 veces por minuto.

Gráfico



¿Cuál sería la mejor explicación para este cambio repentino?

1. Neumotórax.
2. Desconexión del circuito.
3. Extubación accidental.

4. Auto ciclado.
5. Atrapamiento aéreo.

Escenario Clínico 2

- RN de sexo masculino, 30 semanas de EG, peso 945 gr.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%, SpO_2 85%.
- FR del bebe 64 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 39 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más adecuada para esa situación clínica?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Aumentar PIM a 22 cm H_2O.
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. Agregar PS a 12 cm H_2O por encima de la PEEP.
5. Cambiar a modalidad VAFO.

Escenario Clínico 3

- RN de sexo masculino, 31 semanas de EG, peso 1145 gr.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 18 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR del bebe 65 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 17 meq/L, EB -2.

¿Cuál opción es la más acertada?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Agregar PS a 13 cm H_2O por encima de la PEEP.
3. Aumentar PIM a 20 cm H_2O.
4. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
5. Agregar PS a 10 cm H_2O por encima de la PEEP.
6. Cambiar a modalidad AC por presión: PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.35 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%.

Escenario Clínico 4

- RN de sexo masculino, 26 semanas de EG, peso 745 gr. Post-surfactante.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 45%.
- FR del bebe 66 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.35, $PaCO_2$ 26 mm Hg, PaO_2 68 mm Hg, Bic 15 meq/L, EB -6.

¿Cuál opción elegir?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Descender PIM a 18 cm H_2O y descender FR a 40 ciclos por minuto.
3. Descender FR a 35 ciclos por minuto.

4. Agregar PS a 10 cm H_2O por encima PEEP, bajar PIM a 18 cm H_2O y descender FR a 40 ciclos por minuto.
5. Descender solo FiO_2.

Escenario Clínico 5

- RN de sexo femenino, 25 semanas de EG, peso 645 gr. Post-surfactante.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR del bebe 45 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 59 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -3.
- Vt medido: 2 a 5 ml/kg.

¿Cuál opción es la mas acertada?

1. Cambiar a modalidad AC (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto.
2. Disminuir PIM a 18 cm H_2O.
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. Cambiar a modalidad AC (VG): Vt 5 ml/kg, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto.
5. Agregar PS 11 cm H_2O por encima PEEP.

Escenario Clínico 6

- RN de sexo femenino, 33 semanas de EG, peso 1745 gr.
- Modalidad SIMV (presión) + PS: PIM 17 cm H_2O, PS 8 cm H_2O por encima PEEP, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.32 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR del bebe 55 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 46 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -3.
- SpO_2 91-92%.

Radiología

¿Cuál opción es la más adecuada?

1. Aumentar PIM a 19 cm H_2O, FR a 40 ciclos por minuto y PS a 10 cm H_2O por encima PEEP.
2. Aumentar PS a 14 cm H_2O por encima de PEEP.
3. Aumentar FR a 45 ciclos por minuto.
4. Pasar a VAFO con PAM 12 cm H_2O, FR 10 Hz, amplitud 30 cm H_2O.
5. Prolongar el Ti a 0.40 s.

Escenario Clínico 7

- RN de sexo masculino, 41.3 semanas de EG, peso 3850 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 12 cm H_2O, amplitud 30 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.17, $PaCO_2$ 66 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar amplitud.
2. Aumentar PAM.
3. Aumentar frecuencia.
4. Recambiar TET.
5. Cambiar a modalidad AC + VG.

Escenario Clínico 8

- RN de sexo masculino, 32.3 semanas de EG, peso 1850 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 16 cm H_2O, amplitud 25 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 50%.
- Gasometría: PH 7.14, $PaCO_2$ 67 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar amplitud.
2. Disminuir PAM y aumentar amplitud.
3. Aumentar frecuencia y disminuir PAM.
4. Aumentar amplitud y disminuir FiO_2.
5. Recambiar TET.

Escenario Clínico 9

- RN de sexo femenino, 26.3 semanas de EG, peso 750 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 12 cm H_2O, amplitud 30 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 40%.
- Gasometría: PH 7.47, $PaCO_2$ 22 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.

¿Cuál opción elegiría?

1. Aumentar amplitud y bajar FiO_2.
2. Disminuir PAM y amplitud.
3. Disminuir frecuencia, amplitud y PAM.
4. Disminuir amplitud y FiO_2.
5. Cambiar TET.

Escenario Clínico 10

- RN de sexo femenino, 37.3 semanas de EG, peso 2330 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 10 cm H_2O, amplitud 20 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.37, $PaCO_2$ 39 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la mas correcta?

1. Aumentar amplitud y bajar FiO_2.
2. Disminuir PAM y amplitud.
3. Disminuir frecuencia, amplitud y PAM.
4. Disminuir amplitud y FiO_2.
5. Cambiar a modalidad SIMV + PS.

Escenario Clínico 11

- RN de sexo femenino, 36.3 semanas de EG, peso 1930 gr.
- Modalidad AC (presión): PIM 22 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.35 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.17, $PaCO_2$ 69 mm Hg, PaO_2 127 mm Hg, Bic 17 meq/L, EB -3.
- FR del RN: 82 respiraciones por minuto.

¿Cuál opción es la mas correcta?

1. Aumentar frecuencia y bajar FiO_2.
2. Disminuir PIM.
3. Aumentar frecuencia y PIM.
4. Aumentar PIM y disminuir FiO_2.
5. Cambiar a modalidad VAFO.
6. Cambiar a modalidad SIMV + PS.

Escenario Clínico 12

- RN de sexo masculino, 37.3 semanas de EG, peso 3330 gr.
- Modalidad AC (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.40 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 40%.
- Gasometría: PH 7.47, $PaCO_2$ 22 mm Hg, PaO_2 85 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -2.
- FR del RN: 47 respiración por minuto.

¿Cuál opción elegiría?

1. Disminuir frecuencia y bajar FiO_2.
2. Disminuir PIM.
3. Disminuir Ti y frecuencia.
4. Disminuir frecuencia.
5. Cambiar a modalidad SIMV + PS.

Escenario Clínico 13

- RN de sexo femenino, 29.4 semanas de EG, peso 970 gr, 4 días de vida, recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 3 ml, PIM 10 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.27 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.18, $PaCO_2$ 69 mm Hg, PaO_2 45 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.
- FR del RN: 84 respiración por minuto.

¿Cuál opción elegiría?

1. Cambiar a modalidad SIMV (VG) + PS.
2. Cambiar a SIMV (presión) + PS.
3. Subir Vt a 4-5 ml/kg.
4. Subir FR.

Escenario Clínico 14

- RN de sexo femenino, 28.3 semanas de EG, peso 870 gr, 5 días de vida, recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 3.5 ml, PIM 8 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.27 s, FR 30 ciclos por minuto, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.25, $PaCO_2$ 45 mm Hg, PaO_2 65 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.
- FR del RN: 54 respiraciones por minuto.
- Buena mecánica pulmonar con buen esfuerzo respiratorio.

¿Cuál opción es la mas acertada?

1. Intentar extubación.
2. Cambiar a SIMV (presión) + PS.
3. Subir Vt a 5 ml/kg por que el nivel de PIM está casi igual que el nivel de PEEP.
4. Cambiar a SIMV (VG) + PS.

Escenario Clínico 15

- RN de sexo masculino, 28 semanas de EG, peso 970 gr, 2 horas de vida, se administra 1 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 4.5 ml/kg, PIM 20 cm H_2O (alarma de PIM máxima en 25 cm H_2O), PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.26 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 60%.
- Luego de administrar surfactante comienza a sonar la alarma de PIM máxima y no se puede entregar el Vt preestablecido.
- Gasometría: PH 7.12, $PaCO_2$ 65 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, Bic 14 meq/L, EB -9.
- FR del RN: 88 respiraciones por minuto.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar Vt a 5-6 ml/kg.
2. Cambiar de modalidad a SIMV (Presión) + PS.
3. Cambiar de modalidad a SIMV (VG) + PS.
4. Subir nivel de alarma máxima a 28 cm H_2O, y observar si con esa presión se logra entregar Vt preestablecido.
5. Cambiar de modalidad a VAFO.

Escenario clínico 16

- RN de sexo masculino, 29 semanas de EG. 35 días de vida, peso 1120 gr, con EPI severo.
- Antecedentes de VMC con elevadas presiones (PIM máxima 32 cm H_2O) y FiO_2 (FiO_2 máxima 100%).
- VMC no sincronizada: PIM actual 24 cm H_2O (PAM 13 cm H_2O), PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.4 s, FR 60 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.30, $PaCO_2$ 78 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, Bic 36 meq/L, EB +12.
- SpO_2 86%.

Radiología

¿Cuál opción elegiría?

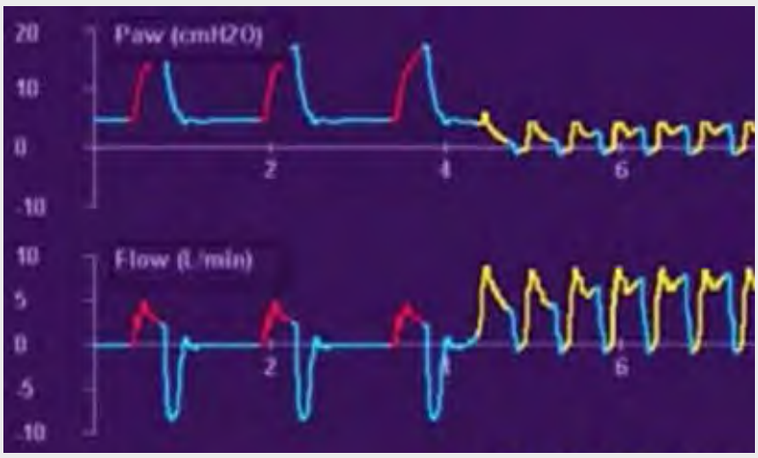
1. Ventilar con modalidad SIMV (presión) + PS: PIM 24 cm H_2O, PS 15 cm H_2O (por encima PEEP), PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto.
2. Ventilar con modalidad SIMV (VG) + PS: Vt 8-12 ml/kg, PS 70-80% de la PIM, PEEP 6-8 cm H_2O, Ti 0.5-0.7 s, FR 10-20 ciclos por minuto.
3. Ventilar con modalidad VAFO: PAM elevadas al comienzo para reclutar (comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la PAM que tenía en VMC, hasta obtener una PaO_2 o SpO_2 adecuadas), luego disminuir PAM, amplitud 40-50 cm H_2O, frecuencia 5-6 Hz.
4. Ventilar con modalidad AC (VG): Vt 6 ml/kg, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.35 s, FR 40 ciclos por minuto.

Respuestas Correctas

Escenario Clínico 1

- RN prematuro en VMC por SDR, se encuentra en plan de destete.
- De repente suena una alarma y la enfermera avisa al neonatólogo.
- El RN y el respirador están asincrónicos, y el ventilador cicla 120 veces por minuto.

Gráfico



¿Cuál sería la mejor explicación para este cambio repentino?

1. Neumotórax.
2. **Desconexión del circuito.**
3. **Extubación accidental.**
4. **Auto-ciclado**.
5. Atrapamiento aéreo.

Respuesta

Las **opciones 2, 3 y 4** son las adecuadas. En este escenario clínico en que él bebe y el respirador están asincrónicos, la desconexión del circuito o la extubación pueden conducir al auto-ciclado.

Escenario Clínico 2

- RN de sexo masculino, 30 semanas de EG, peso 945 gr.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%, SpO_2 85%.
- FR del bebe 64 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 39 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más adecuada para esa situación clínica?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Aumentar PIM a 22 cm H_2O.
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. **Agregar PS a 12 cm H_2O por encima de la PEEP.**
5. Cambiar a modalidad VAFO.

Respuesta

La **opción 4** es la más adecuada. Este RN presenta hipercapnia e hipoxemia, con elevados parámetros y requerimientos de oxígeno, por lo tanto, un primer paso podría ser agregar PS para soportar las 19 respiraciones del bebe que no están sincronizadas. Aumentar la PIM y/o la FR en esta situación no ayudaran mucho. Sino mejora, habría que cambiarlo a otra modalidad como AC (VG), o SIMV (VG) + PS, o VAFO.

Escenario Clínico 3

- RN de sexo masculino, 31 semanas de EG, peso 1145 gr.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 18 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%,

- FR del bebe 65 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 17 meq/L, EB -2.

¿Cuál opción es la más acertada?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Agregar PS a 13 cm H_2O por encima de la PEEP.
3. Aumentar PIM a 20 cm H_2O.
4. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
5. **Agregar PS a 10 cm H_2O por encima de la PEEP.**
6. Cambiar a modalidad AC por presión: PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.35 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 50%.

Respuesta

La **opción 5** es la más adecuada. Este RN presenta hipercapnia importante, un primer paso podría ser agregar PS para soportar las 20 respiraciones del bebe que no están sincronizadas, el nivel de PS de 10 cm H_2O por encima de la PEEP, parece adecuado (nivel de PS total 15 cm H_2O). Agregar un nivel de soporte mayor como 13 cm H_2O por encima de la PEEP (nivel de PS total 18 cm H_2O = al nivel de PIM), no tiene sentido clínico. Esta modalidad de PS se desarrolló para ayudar o soportar las respiraciones espontaneas del RN que no están sincronizadas con el respirador, y es útil en enfermedades con compliance baja, resistencia elevada o bien para ayudar con la resistencia del TET, etc. Aumentar algo la PEEP o la PIM no sería la primera opción en este caso, pero si él bebe no mejora la gasometría con el agregado de PS, se podría aumentar la PEEP a 7 cm H_2O (para reclutar) y/o bien la PIM a 20 cm H_2O. Sino mejora habría que cambiar o probar con otra modalidad como AC (VG) o SIMV (VG).

Escenario Clínico 4

- RN de sexo masculino, 26 semanas de EG, peso 745 gr. Post-surfactante.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 45%.
- FR del bebe 66 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.35, $PaCO_2$ 26 mm Hg, PaO_2 68 mm Hg, Bic 15 meq/L, EB -6.

¿Cuál opción elegir?

1. Aumentar PEEP a 6 cm H_2O.
2. Descender PIM a 18 cm H_2O y descender FR a 40 ciclos por minuto.
3. Descender FR a 35 ciclos por minuto.
4. **Agregar PS a 10 cm H_2O por encima PEEP, bajar PIM a 18 cm H_2O y descender FR a 40 ciclos por minuto.**
5. Descender solo FiO_2.

Respuesta

La **opción 4** es la más adecuada. Este RN luego del surfactante mejoro su distensibilidad por lo tanto habría que disminuir la PIM y algo la FR, además de agregar PS que lo ayudara a mejorar su trabajo respiratorio y a vencer la resistencia generada por el TET.
Hay que tratar siempre de evitar la hipocapnia por su asociación a leucomalacia peri-ventricular, además de otros efectos adversos.

Escenario Clínico 5

- RN de sexo femenino, 25 semanas de EG, peso 645 gr. Post-surfactante.
- Modalidad SIMV (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR del bebe 45 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 59 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -3.
- Vt medido: 2 a 5 ml /kg.

¿Cuál opción es la mas acertada?

1. Cambiar a modalidad AC (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto.
2. Disminuir PIM a 18 cm H_2O.
3. Aumentar FR a 50 ciclos por minuto.
4. **Cambiar a modalidad AC (VG): Vt 5 ml/kg, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 40 ciclos por minuto.**
5. Agregar PS 11 cm H_2O por encima PEEP.

Respuesta

La **opción 4** es las más adecuada. Este RN presenta hipercapnia, si se dispone de un ventilador con VG, sería una buena opción de agregar esta modalidad ventilatoria ya que permite entregar un Vt estable con auto-destete de la PIM a medida que la distensibilidad mejora. Agregar PS no tiene sentido ya que la FR del bebe y la del respirador son similares. Cambiar de modalidad a AC (por presión) no tiene mucho sentido ya que no mejorara la situación clínica. Si no se dispone de un ventilador con VG, habría que aumentar algo la FR a 45 ciclos por minuto, para disminuir a niveles aceptables la PCO_2 (< 50-55 mm Hg).

Escenario Clínico 6

- RN de sexo femenino, 33 semanas de EG, peso 1745 gr.
- Modalidad SIMV (presión) + PS: PIM 17 cm H_2O, PS 8 cm H_2O por encima PEEP, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.32 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 55%.
- FR del bebe 55 respiraciones por minuto.
- Gasometría: PH 7.22, $PaCO_2$ 56 mm Hg, PaO_2 46 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -3.
- SpO_2 91-92%.

Radiología

¿Cuál opción es la más adecuada?

1. **Aumentar PIM a 19 cm H_2O, FR a 40 ciclos por minuto y PS a 10 cm H_2O por encima PEEP.**
2. Aumentar PS a 14 cm H_2O por encima de PEEP.
3. Aumentar FR a 45 ciclos por minuto.
4. Pasar a VAFO con PAM 12 cm H_2O, FR 10 Hz, amplitud 30 cm H_2O.
5. Prolongar el Ti a 0.40 s.

Respuesta

La **opción 1** es las más adecuada. El RN presenta hipercapnia para un bebe de 1745 gr, si se mira la radiología de tórax, se nota algo de hiposinsuflación o hipoventilación, por lo tanto, aumentar la PIM a 19 cm H_2O y la FR 5 puntos, es una buena opción además de aumentar la PS a 10 cm H_2O por encima de la PEEP. Aumentar el Ti puede ayudar en la oxigenación, pero no ayudara con la hipercapnia. La VAFO es una opción si luego de optimizar la ventilación mecánica convencional, la gasometría no mejora.

Escenario Clínico 7

- RN de sexo masculino, 41.3 semanas de EG, peso 3850 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 12 cm H_2O, amplitud 30 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.17, $PaCO_2$ 66 mm Hg, PaO_2 58 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. **Aumentar amplitud.**
2. Aumentar PAM.
3. Aumentar frecuencia.
4. Recambiar TET.
5. Cambiar a modalidad AC + VG.

Respuesta

La **opción 1** es la adecuada. Este RN tiene un problema de ventilación (hipercapnia) y no de oxigenación. Por lo tanto, habría que aumentar la amplitud para mejorar el Vt y así disminuir la $PaCO_2$. El aumento de la frecuencia disminuye el Vt con el consiguiente aumento de la $PaCO_2$ (a diferencia de la VMC).

Escenario Clínico 8

- RN de sexo masculino, 32.3 semanas de EG, peso 1850 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 16 cm H_2O, amplitud 25 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 50%.
- Gasometría: PH 7.14, $PaCO_2$ 67 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar amplitud.
2. **Disminuir PAM y aumentar amplitud.**
3. Aumentar frecuencia y disminuir PAM.
4. Aumentar amplitud y disminuir FiO_2.
5. Recambiar TET.

Respuesta

La **opción 2** es la adecuada. Este RN presenta hipercapnia e hiperoxia. Para disminuir la $PaCO_2$ se deberá aumentar la amplitud, y para disminuir la PaO_2 se deberán disminuir la PAM, ya que la FiO_2 se encuentra en 50%. Si los requerimientos de O_2 fueran más elevados (>50-60%) antes de descender la PAM se debería descender la FiO_2.

Escenario Clínico 9

- RN de sexo femenino, 26.3 semanas de EG, peso 750 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 12 cm H_2O, amplitud 30 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 40%.
- Gasometría: PH 7.47, $PaCO_2$ 22 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.

¿Cuál opción elegiría?

1. Aumentar amplitud y bajar FiO_2.
2. **Disminuir PAM y amplitud.**
3. Disminuir frecuencia, amplitud y PAM.
4. Disminuir amplitud y FiO_2.
5. Cambiar TET.

Respuesta

La **opción 2** es la adecuada. Este RN presenta hipocapnia e hiperoxia. Para aumentar la $PaCO_2$ se deberá disminuir la amplitud, y para disminuir la PaO_2 se deberán disminuir la PAM, ya que la FiO_2 se encuentra en 40%. Si los requerimientos de O_2 fueran más elevados (>50-60%) antes de descender la PAM se debería descender la FiO_2.

Escenario Clínico 10

- RN de sexo femenino, 37.3 semanas de EG, peso 2330 gr.
- Modalidad VAFO: PAM 10 cm H_2O, amplitud 20 cm H_2O, FR 10 Hz, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.37, $PaCO_2$ 39 mm Hg, PaO_2 158 mm Hg, Bic 19 meq/L, EB -3.

¿Cuál opción es la mas correcta?

1. Aumentar amplitud y bajar FiO_2.
2. Disminuir PAM y amplitud.
3. Disminuir frecuencia, amplitud y PAM.
4. Disminuir amplitud y FiO_2.
5. **Cambiar a modalidad SIMV + PS.**

Respuesta

La **opción 5** es la adecuada. Este RN presenta $PaCO_2$ normal e hiperoxia. Con esos parámetros de VAFO estaría para intentar pasar a VMC sincronizada y la SIMV + PS es una buena posibilidad. Otros grupos intentan la extubación directamente de VAFO. Habría que también bajar la FiO_2.

Escenario Clínico 11

- RN de sexo femenino, 36.3 semanas de EG, peso 1930 gr.
- Modalidad AC (presión): PIM 22 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.35 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.17, $PaCO_2$ 69 mm Hg, PaO_2 127 mm Hg, Bic 17 meq/L, EB -3.
- FR del RN: 82 respiraciones por minuto.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar frecuencia y bajar FiO_2.
2. Disminuir PIM.
3. Aumentar frecuencia y PIM.
4. Aumentar PIM y disminuir FiO_2.
5. Cambiar a modalidad VAFO.
6. **Cambiar a modalidad SIMV + PS.**

Respuesta

La **opción 6** es la más adecuada. Este RN presenta hipercapnia severa e hiperoxia, esta modalidad de AC (por presión) no le está resultando, ya que su FR es de 82 respiraciones por minuto, con lo cual el respirador está ciclando 82 veces por minuto en respuesta al aumento de la $PaCO_2$ (la FR del bebe y la del respirador son iguales). Por lo tanto, una buena opción sería el cambiarlo de modalidad a SIMV + PS. Si con esta modalidad no mejora la gasometría, se podría cambiar a VAFO o intentar con otras modalidades como SIMV (VG) + PS, AC (VG), o PSV (VG). Inclusive se podría sedar al RN y utilizar VMC no sincronizada (sino se dispone de modalidades sincronizadas o VAF).
Aumentar la frecuencia no se puede en esta modalidad y aumentar la PIM no ayudaría (salvo que en la radiología se note una patología severa o hipoventilación).

Escenario Clínico 12

- RN de sexo masculino, 37.3 semanas de EG, peso 3330 gr.
- Modalidad AC (presión): PIM 20 cm H_2O, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.40 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 40%.
- Gasometría: PH 7.47, $PaCO_2$ 22 mm Hg, PaO_2 85 mm Hg, Bic 18 meq/L, EB -2.
- FR del RN: 47 respiración por minuto.

¿Cuál opción elegiría?

1. Disminuir frecuencia y bajar FiO_2.
2. **Disminuir PIM.**
3. Disminuir Ti y frecuencia.
4. Disminuir frecuencia.
5. Cambiar a modalidad SIMV + PS.

Respuesta

La **opción 2** es la adecuada. Este bebe presenta hipocapnia por lo tanto en esta modalidad para aumentar la $PaCO_2$ se debe disminuir la PIM, ya que la frecuencia del ventilador la determina el RN y no el operador. Recordemos en la modalidad AC, la FR del bebe y la del ventilador son iguales. La frecuencia que se le pone al ventilador es una frecuencia de back-up o respaldo ante la presencia de apneas o de esfuerzos respiratorios débiles.

Escenario Clínico 13

- RN de sexo femenino, 29.4 semanas de EG, peso 970 gr, 4 días de vida, recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 3 ml, PIM 10 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.27 s, FR 40 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.18, $PaCO_2$ 69 mm Hg, PaO_2 45 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.
- FR del RN: 84 respiración por minuto.

¿Cuál opción elegiría?

1. Cambiar a modalidad SIMV (VG) + PS.
2. Cambiar a SIMV (presión) + PS.
3. **Subir Vt a 4-5 ml/kg.**
4. Subir FR.

Respuesta

La **opción 3** es la más adecuada. Este RN presenta hipercapnia con elevados requerimientos de oxígeno, el nivel de PIM (10 cm H_2O) se acerca al nivel de PEEP (6 cm H_2O) con una FR elevada. Seguramente el Vt es "inadecuado" y "bajo", él bebe no puede sostener el Vt de 3 ml que es inferior al que requiere el RN (Vt fisiológico del RN), por lo tanto, se deberá aumentar el Vt a 4 o 5 ml/kg, observar la mecánica respiratoria y la nueva gasometría. No saber observar "adecuadamente" esta situación puede hacer fracasar la modalidad VG, siempre es más "fácil" o "cómodo" decir fracaso esta modalidad y volver a ventilar por presión.

Escenario Clínico 14

- RN de sexo femenino, 28.3 semanas de EG, peso 870 gr, 5 días de vida, recibió 2 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 3.5 ml, PIM 8 cm H_2O, PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.27 s, FR 30 ciclos por minuto, FiO_2 30%.
- Gasometría: PH 7.25, $PaCO_2$ 45 mm Hg, PaO_2 65 mm Hg, Bic 16 meq/L, EB -5.
- FR del RN: 54 respiraciones por minuto.
- Buena mecánica pulmonar con buen esfuerzo respiratorio.

¿Cuál opción es la mas acertada?

1. **Intentar extubación.**
2. Cambiar a SIMV (presión) + PS.
3. Subir Vt a 5 ml/kg por que el nivel de PIM está casi igual que el nivel de PEEP.
4. Cambiar a SIMV (VG) + PS.

Respuesta

La **opción 1** es la adecuada. Este RN tiene una gasometría aceptable con buena mecánica pulmonar y FR normal, con un nivel de PIM que se acerca al nivel de PEEP con bajos requerimientos de oxígeno. Por lo tanto, habría que intentar la extubación a un modo ventilatorio no invasivo (CPAP o VNNI).

Escenario Clínico 15

- RN de sexo masculino, 28 semanas de EG, peso 970 gr, 2 horas de vida, se administra 1 dosis de surfactante.
- Modalidad AC (VG): Vt 4.5 ml, PIM 20 cm H_2O (alarma de PIM máxima en 25 cm H_2O), PEEP 6 cm H_2O, Ti 0.26 s, FR 35 ciclos por minuto, FiO_2 60%.
- Luego de administrar surfactante comienza a sonar la alarma de PIM máxima y no se puede entregar el Vt preestablecido.
- Gasometría: PH 7.12, $PaCO_2$ 65 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, Bic 14 meq/L, EB -9.
- FR del RN: 88 respiraciones por minuto.

¿Cuál opción es la más correcta?

1. Aumentar Vt a 5-6 ml /kg.
2. Cambiar de modalidad a SIMV (presión) + PS.
3. Cambiar de modalidad a SIMV (VG) + PS
4. **Subir nivel de alarma máxima a 28 cm H_2O, y observar si con esa presión se logra entregar Vt preestablecido.**
5. Cambiar de modalidad a VAFO.

Respuesta

La **opción 4** es la más adecuada. Cuando se utiliza esta modalidad y se administra surfactante puede haber obstrucción completa, la PIM aumentar y permanecer elevada durante 30-60 minutos o por más tiempo. La configuración del PIM máxima (alarma), puede restringir la entrega del Vt objetivo y las consecuencias ser hipercapnia e hipoxemia. Por lo tanto, habría que subir el nivel de la alarma máxima para observar si se llega a entregar el Vt preestablecido. Y sino ocurre esto habría que cambiar a una modalidad por presión hasta que el surfactante se distribuya correctamente, y luego volver a la modalidad AC (VG).

Escenario clínico 16

- RN de sexo masculino, 29 semanas de EG. 35 días de vida, peso 1120 gr, con EPI severo.
- Antecedentes de VMC con elevadas presiones (PIM máxima 32 cm H_2O) y FiO_2 (FiO_2 máxima 100%).
- VMC no sincronizada: PIM actual 24 cm H_2O (PAM 13 cm H_2O), PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.4 s, FR 60 ciclos por minuto, FiO_2 70%.
- Gasometría: PH 7.30, $PaCO_2$ 78 mm Hg, PaO_2 40 mm Hg, Bic 36 meq/L, EB +12.
- SpO_2 86%.

Radiología

¿Cuál opción elegiría?

1. Ventilar con modalidad SIMV (presión) + PS: PIM 24 cm H_2O, PS 15 cm H_2O (por encima PEEP), PEEP 5 cm H_2O, Ti 0.3 s, FR 45 ciclos por minuto.
2. Ventilar con modalidad SIMV (VG) + PS: Vt 8-12 ml/kg, PS 70-80% de la PIM, PEEP 6-8 cm H_2O, Ti 0.5-0.7 s, FR 10-20 ciclos por minuto.
3. **Ventilar con modalidad VAFO: PAM elevadas al comienzo para reclutar (comenzar con 1-2 cm H_2O por encima de la PAM que tenía en VMC, hasta obtener una PaO_2 o SpO_2 adecuadas), luego disminuir PAM, amplitud 40-50 cm H_2O, frecuencia 5-6 Hz.**
4. Ventilar con modalidad AC (VG): Vt 6 ml/kg, PEEP 5 cm H_2O, Ti 0,35 s, FR 40 ciclos por minuto.

Respuesta

La **opción 3** es la correcta. Esta modalidad ventilatoria se usa ampliamente para el tratamiento del EPI grave. Ofrece la ventaja de lograr un intercambio de gases adecuado con PAM más bajas que en VMC, limitando el daño a la vía aérea pequeña distal. La estrategia utilizada en EPI, es brindar un bajo volumen pulmonar en lugar de una estrategia de volumen pulmonar elevado. Recordemos que el posicionamiento ipsi-lateral del pulmón más enfermo (del mismo lado) o la intubación selectiva bronquial ante la presencia de enfermedad unilateral severa pueden ser beneficiosos.

Este libro se terminó de imprimir
en Agosto de 2021, en los talleres gráficos de

pronto gráfica

Calle 48 # 458 entre 4 y diag.80 • (1900) La Plata
Te. 0221 427.2666 • 424.9889 • 482.4057
info@pronto-grafica.com
Buenos Aires • Argentina

FDSMI

Fundación para el Desarrollo de la Salud
Materno Infantil
"Profesor Alberto Oscar Zamboseo"