



VENTILACION MECANICA

Francisca Vergara – Residente 2 Pediatría
USS- HPM

DEFINICIÓN

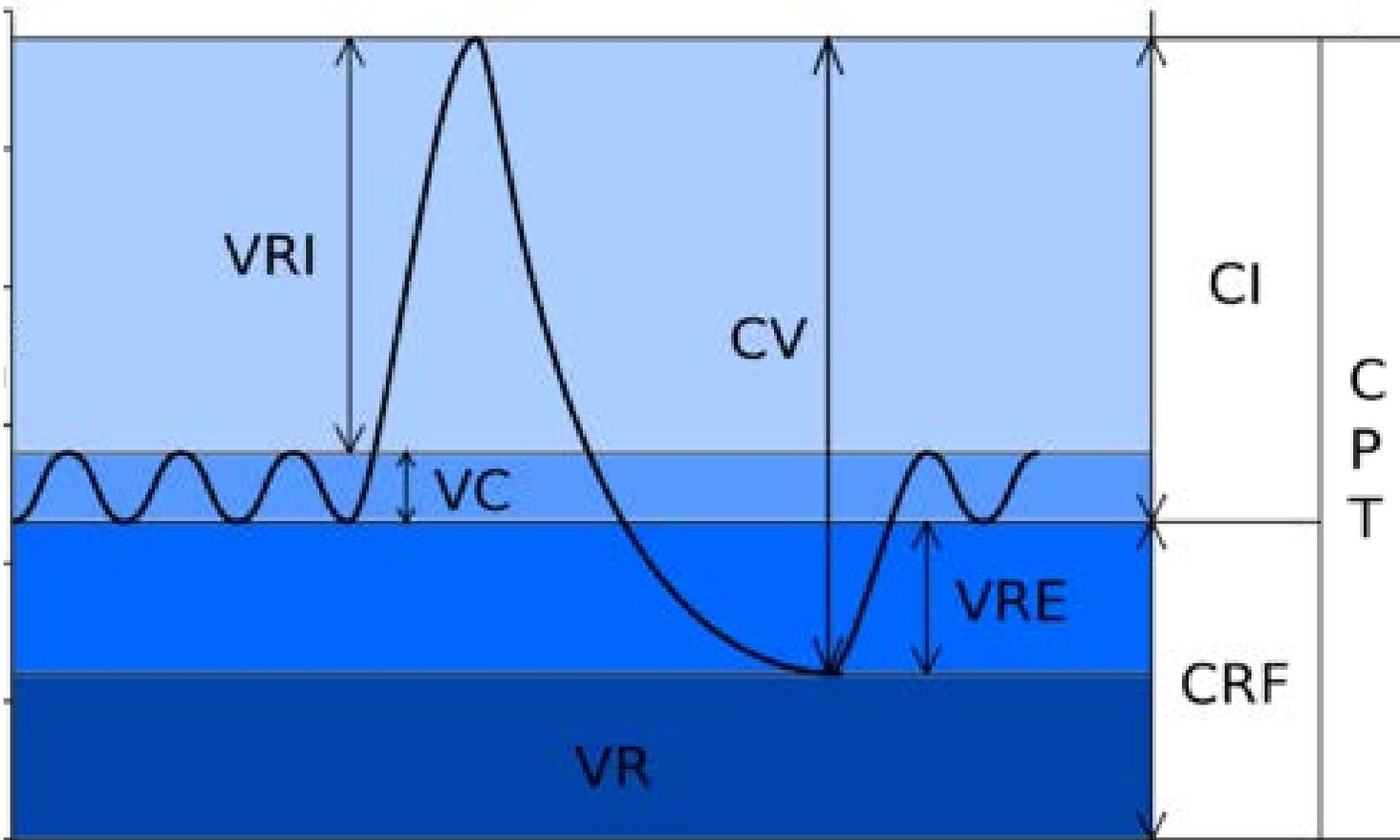
Procedimiento de soporte de la función respiratoria cuyo objetivo final es mantener un adecuado intercambio gaseoso



Por medio del control de la oxigenación y la ventilación (eliminación de CO₂)



Una adecuada selección de estrategia ventilatoria debe considerar los aspectos de la mecánica pulmonar involucrados en la enfermedad.



- Capacidad pulmonar total
- Capacidad vital
- Volumen tidal
- Volumen residual funcional
- Volumen inspirado forzado
- Volumen espirado forzado
- Volumen residual

- El volumen pulmonar del RN es desproporcionadamente bajo en relación a la demanda metabólica
- Alto riesgo de desarrollar insuficiencia respiratoria

VOLUMENES PULMONARES

VOLUMEN PULMONAR TOTAL

Maxima cantidad
de gas que el
pulmón puede
admitir



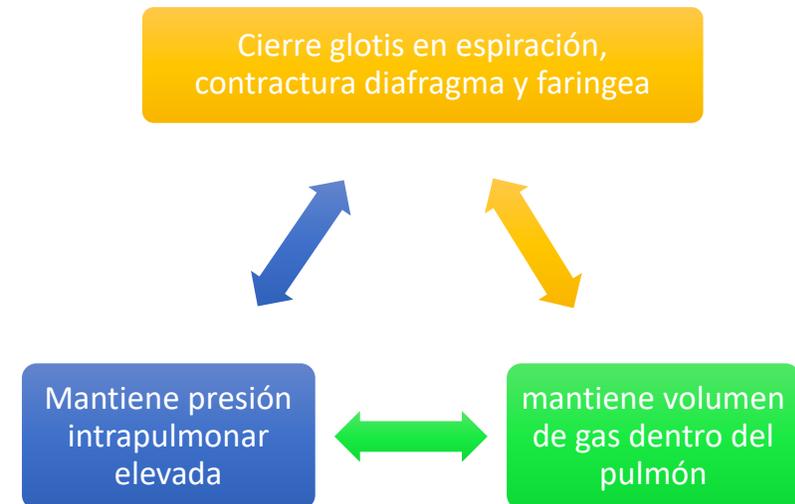
43-52 ml/kg → RNT



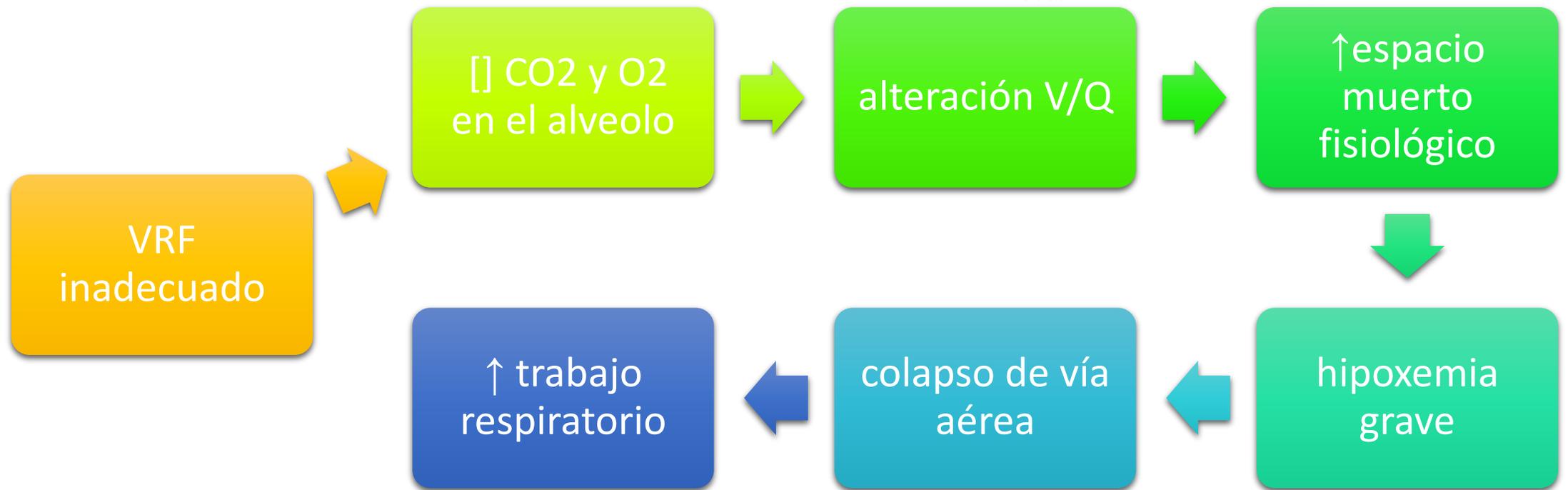
19 ml/kg → RNPT
con SDR a las 10
horas de vida

VOLUMEN RESIDUAL FUNCIONAL

- Volumen que queda dentro del pulmón después de una espiración
- Establece progresivamente desde el nacimiento
- Se alcanza tras 2-6 horas tras el nacimiento
- RNT 30 ml/kg → RNT
- 19 ml/kg → RNPT



VOLUMEN RESIDUAL FUNCIONAL



VOLUMEN TIDAL

VT medido en respiración espontánea en RN sano es variable → 5-7 ml /kg RNT

RNPT 32 sem en CPAP → 4,4 ml/kg (2,6 – 7,2)

RNPTMBPN → 3 ml/kg

Volumenes > 8,5 ml/kg → sobre distensión y daño pulmonar

Objetivo → mínimo VT necesario para adecuado volumen /minuto. Ideal programar VM según VT deseado

ESPACIO MUERTO

Espacio muerto fisiológico → $1/3 V_T$ (1,5 -2 ml /kg)

2 componentes:

- ANATOMICO: Vol en vía aérea de conducción y no de intercambio
- ALVEOLAR: % de gas alveolar que no interviene en el intercambio gaseoso (muy ↑ en ruptura pulmonar y pulmón con escasa perfusión)

Medición con capnografía volumétrica

VOLUMEN MINUTO

Expresa la suma de los volúmenes tidal durante un minuto

$(V_T - V_D) \times$ Frecuencia respiratoria (FR). Los respiradores lo miden como $V_T \times FR$

240-360 ml /kg/min o 320 a 480 ml/min RNT

COMPLIANCE o DISTENSIBILIDAD (CI)

$$\frac{\text{Incremento de volumen (ml)}}{\text{Incremento de presión (cmH}_2\text{O)}} = \text{ml/cmH}_2\text{O}$$

Disminuye en:

- Déficit de surfactante.
- Edema pulmonar.
- Fibrosis pulmonar.
- Sobredistensión pulmonar.

Elasticidad o adaptabilidad del tejido pulmonar, expresada como cambios de volumen producidos por los cambios de presión determinados.

RNT → 3-6 ml/cmH₂O de presión

RNPT con SDR → hasta 0.5-1 ml/cmH₂O

Con una CL normal, se necesitan sólo pequeños cambios de presión para movilizar grandes volúmenes.

Con una CL baja se necesitan grandes cambios de presión para movilizar pequeños volúmenes.

RESISTENCIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO (R)

$$\frac{\text{Incrementos de presión (cmH}_2\text{O)}}{\text{Incrementos de flujo (l/seg)}} = \text{cmH}_2\text{O/l/seg}$$

Aumenta con:

- SAM
- DBP
- Secreciones que obstruyen vía aérea y tubo endotraqueal (TET).

La dificultad que encuentra el gas al pasar por la vía respiratoria.

Roce o incremento de presión que se origina ante el paso de un volumen determinado de gas en un tiempo determinado.

La R se debe a las paredes de la propia vía respiratoria (R de las vías respiratorias) más las resistencias viscosas del tejido pulmonar circundante a ellas (R tisular).

Se expresa: incrementos de presión producidos x incrementos de flujo de gas x unidad de tiempo.

RN normal y fase inicial SD → 20-40 cmH₂O/l/seg.

SAM o DBP → 50-400 cmH₂O/l/seg.

TET → 50-80 cmH₂O/l/seg, según el calibre del tubo, aunque su pulmón sea normal.

CONSTANTE DE TIEMPO (KT)

$$K_t (\text{seg}) = C_L (\text{l/cmH}_2\text{O}) \times R (\text{cmH}_2\text{O/l/seg})$$

1 Kt = 63% (P° alveolar alcance % de la P°vía respiratoria).

3 Kt = 95% (mínimo este objetivo)

4 Kt = 98%

5 Kt = 99%

Tiempo necesario para que la presión alveolar alcance el 63 % del cambio en la presión de las vías respiratorias.

Existe un equilibrio entre las presiones del sistema → de 3 a 5 Kt.

Eso quiere decir que tanto la fase inspiratoria como la espiratoria del ciclo respiratorio se habrán completado (igualdad de presiones y ausencia de flujo) cuando hayan transcurrido 5 Kt para cada una de las fases.

Este concepto es muy importante en ventilación mecánica neonatal. Cuando se utiliza un número de ciclos elevado en el respirador, el tiempo espiratorio puede ser insuficiente para permitir un vaciado alveolar completo, lo que produce sobredistensión y escape aéreo.

CONSTANTE DE TIEMPO (Kt)

1 Kt en RNT sano = 0,12 seg (0,15 seg)

3 Kt = 0,36 – 0,45 seg.

¿Cuanto Tiempo de Inspiración (Ti) utilizar? Ejemplos:

- EDS → Tiempos cortos (agudos) 0,30 – 0,35 seg. → Disminuida Compliance.
- DBP → Tiempos mas largos (crónico) 0,40 – 0,55 seg.(0,6 seg) → Resistencia elevada.

Por lo tanto Kt será > cuanto más elástico sea el pulmón.

ÍNDICES DE OXIGENACIÓN Y VENTILACIÓN

- $IO = PMVA \times FiO_2 \times 100 / PaO_2$
- $IV = PMVA \times FR$

TABLA 1. Índices de oxigenación y ventilación

Índices de oxigenación:		
Diferencia alveoloarterial de oxígeno: $A-aDO_2 = [(713^* \times FiO_2) - (PaCO_2/0,8)] - PaO_2$		
Cociente arterial/alveolar de oxígeno: $a/ADO_2 = PaO_2 / [(713^* \times FiO_2) - (PaCO_2/0,8)]$		
Índices ventilatorios:		
Índice ventilatorio (IV): $MAP \times FR$		
Índice de oxigenación (IO): $MAP \times FiO_2 \times 100 / PaO_2$		
Índices	IO	a/ADO ₂
SDR leve	< 10	> 0,22
SDR moderado	> 10 < 25	> 0,1 < 0,22
SDR grave	> 25	≤ 0,1

*Presión barométrica–presión vapor de agua = 760–47 mmHg a nivel del mar.

INDICACIONES GENÉRICAS DE LA (VMC)

1. Hipoxemia y/o hipercapnia (véase objetivos gasométricos) que persisten tras administración de oxígeno y desobstrucción de la vía respiratoria.



2. Situaciones clínicas de origen pulmonar o extrapulmonar en las que existe trabajo respiratorio muy aumentado, con riesgo de fatiga y apnea.



3. Intercambio gaseoso comprometido por falta de estímulo central o capacidad muscular disminuida.

REGLAS DE ORO

1. Intentar que las medidas sean lo menos agresivas posible.

2. Mantenerlas el mínimo tiempo necesario.

No existe una pauta de ventilación concreta ideal. Distintas técnicas y métodos pueden ser aplicables a un mismo niño, persiguiendo todas el mismo fin: conseguir una oxigenación y ventilación adecuadas con los mínimos efectos secundarios. La mayoría de recomendaciones razonadas pueden usarse como guía, pero nunca deben seguirse a ciegas.

OBJETIVOS GASOMÉTRICOS

1. Recién nacido pretérmino:

- a) PaO₂ 50-60 mmHg.
- b) SaO₂ 86-92 %.
- c) PaCO₂ 50-55 mmHg. Considerar “hipercapnia permisiva” (valores más elevados de PaCO₂ con pH > 7,25) en fase crónica de la enfermedad pulmonar.

2. Recién nacido a término:

- a) PaO₂ 50-70 mmHg.
- b) SaO₂ 92-95 %.
- c) PaCO₂ 45-55 mmHg. Considerar también “hipercapnia permisiva”.

PRINCIPIOS DE VM CONVENCIONAL

- Término que hace referencia a la administración de un volumen corriente o volumen tidal, mediante la generación de diferencia de presión positiva entre la vía aérea proximal y el alveolo.

PARÁMETROS DE VM

PIM (presión inspiratoria máx)

- cambios afectan oxigenación (aumento PMA)
- ventilación (aumento V_t)
- ventilación minuto alveolar.
- Siempre emplear el mínimo necesario (volutrauma).
- Ajustar según V_t 4-6 ml/kg deseado.

PEEP (presión positiva final de espiración)

- Previene colapso alveolar
- mantiene volumen pulmonar al final de espiración
- mejora relación V/Q (recluta unidades alveolares).
- Aumenta PMA mejorando oxigenación.
- Incrementos > 6 cmH₂O pueden disminuir el retorno venoso y aumentar la resistencia vascular pulmonar.
- Aumentar la PEEP disminuye el V_t y el V_m , pudiendo provocar una menor eliminación de CO₂.

PMA (presión media vía aérea)

- Al mantener el volumen pulmonar puede mejorar oxigenación.
- Pero para mismo PMA aumentos de PIM y PEEP son más eficaces que cambios en T_i (tiempo inspiratorio)

FR (frecuencia respiratoria)

- Cambios afectan volumen minuto
- influye en la eliminación de CO₂ y PaCO₂.
- FR elevadas se usan para menor PIM y conseguir V_m altos y así reducir el volutrauma.

PARÁMETROS DE VM

Tiempos inspiratorios (Ti) y espiratorios (Te)

- Están determinados por las constantes de tiempo pulmonar y directamente relacionadas con distensibilidad y resistencia de la vía aérea.
- En RNPT (C baja) emplear Ti cortos (0,25 y 0,35 s), Ti prolongado aumenta riesgo neumotórax.
- Ti demasiado cortos disminuyen Vt. Te demasiado cortos un atrapamiento de gas alveolar en la espiración.
- Se aconseja mantener una relación inspiración:espiración de 1:2 a 1:5 según patologías.
- No es recomendable relaciones inversas ($Ti > Te$)

FiO2

- Cambios afectan presión alveolar de oxígeno.

Flujo

- Cuando se emplean respiradores con flujo continuo, se debe utilizar el flujo óptimo para asegurar un Vt adecuado (sobre todo FR altas y Ti cortos), pero usar flujo elevado con TET pequeños genera turbulencia en vía aérea y disminución del Vt.

Modos de VM convencional: estrategias



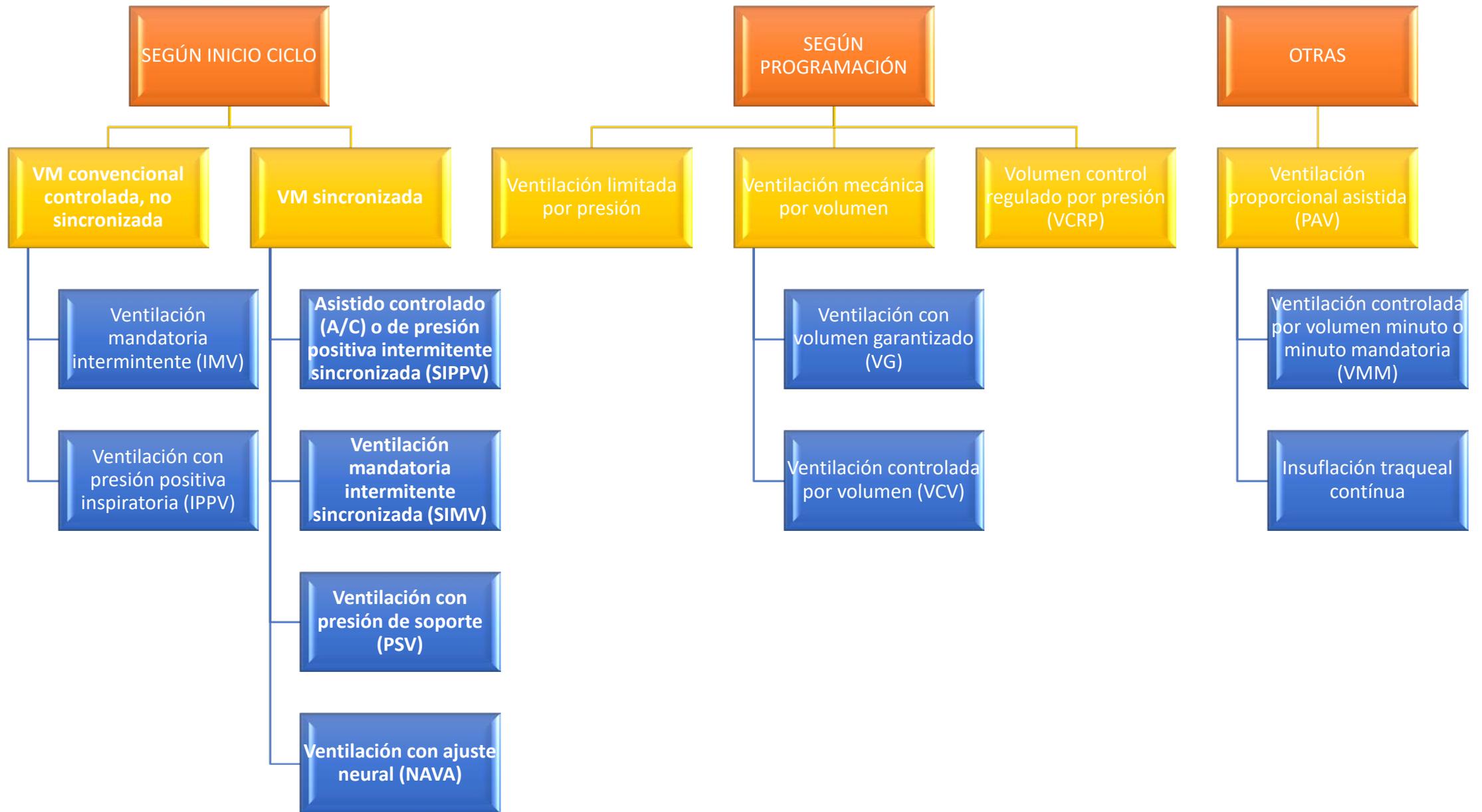


Tabla 1. Efectos en los gases sanguíneos de cambios en los parámetros del respirador.

Cambio en parámetro	PaCO ₂	PaO ₂
↑ PIP	↓	↑
↑ Vt	↓	↑
↑ PEEP	↑	↑
↑ FR	↓	No o ↑
↑ Flujo	No o ↓	No o ↑
↑ FiO ₂	No	↑

PIP: presión inspiratoria máxima; Vt: volumen corriente; PEEP: presión espiratoria final positiva; FR: frecuencia respiratoria.

Tabla 2. Modificación de parámetros ventilatorios para mejorar la oxigenación y/o la ventilación.

Oxigenación	↑ PMA (evitar sobredistensión) – ↑ PEEP (reclutar) – ↑ PIP ↑ FiO ₂
Eliminación de CO ₂	↑ Volumen minuto: – ↑ Volumen corriente: ↑ PIP – ↑ Frecuencia

PMA: presión media en la vía aérea; PIP: presión inspiratoria pico; PEEP: presión positiva al final de la inspiración.



METODOS DE VENTILACIÓN

PRESIÓN POSITIVA CONTINUA (PPC O CPAP)

- Se emplea con respiración espontánea, aplicando en el circuito conectado al niño una presión positiva y un flujo de gas constantes, manteniéndolos a lo largo de todo el ciclo respiratorio. Aumenta la capacidad residual funcional evitando el colapso alveolar (atelectasias) y mejora el cociente ventilación/perfusión y oxigenación, disminuyendo el trabajo respiratorio. Estimula además los reflejos pulmonares que activan el centro respiratorio.
- Indicaciones
 1. SDR (en fase temprana para evitar intubación, o tras extubación, después de la administrar surfactante).
 2. Tras extubación en < 1.000-1.250 g, y/o intubación prolongada, más de 7 días.
 3. Apneas recurrentes que no responden al tratamiento farmacológico.
 4. Traqueomalacia y/o broncomalacia u otras obstrucciones de la vía respiratoria.
 5. Edema pulmonar leve y moderado.
 6. Eventración diafragmática o parálisis frénica.
 7. Se ha señalado su utilidad, aplicada de modo profiláctico desde la sala de partos, en los primeros minutos de vida en < 1.500-1.250 g, para evitar el colapso alveolar y la necesidad posterior de VMC.

PRESIÓN POSITIVA CONTINUA (PPC O CPAP)

- Complicaciones
- 1. Obstrucción de sondas, piezas o tubos por secreciones.
- 2. Distensión gástrica y aspiración por reflujo (minimizan con una sonda orogástrica abierta, por lo menos intermitentemente).
- 3. Lesión de la mucosa nasal o nasofaríngea.
- 4. Retención de CO₂, que suele ser discreta a presiones < 10 cmH₂O. La causa más probable es la sobredistensión pulmonar, que reduce la distensibilidad, el retorno venoso y el gasto cardíaco y aumenta las resistencias vasculares pulmonares.

MODALIDADES DE VMC

- **Controlada (PPI o IMV).** Es la forma básica de VMC. El ritmo es automático y continuo, marcado por el respirador e independiente del niño. Suele requerir sedación, al menos en fases iniciales, para evitar desacoplamiento respirador/niño.
- **Asistida o sincronizada/controlada (A/C).** El respirador garantiza un ritmo mínimo programado por el operador, para impedir que la falta de estímulo o esfuerzo del niño produzcan apnea. El inicio de la inspiración del niño es detectado por sensores de flujo o presión, poniendo en marcha cada ciclo del respirador. Cuando la frecuencia espontánea es superior a la programada, y la sensibilidad del respirador está bien acoplada a su esfuerzo, el respirador asiste todas y cada una de las inspiraciones del niño. El niño puede activar el respirador en cualquier momento del ciclo, pasados los 0,20-0,25 seg mínimos de T_e , y siempre que su inspiración supere la sensibilidad programada.

MODALIDADES DE VMC

- **Ventilación intermitente mandatoria asistida o sincronizada (SIMV)** El respirador asiste de forma sincronizada al paciente con un número de ciclos por minuto fijo seleccionado por el operador. Si la frecuencia respiratoria espontánea del paciente es superior a la marcada en el respirador, se intercalarán respiraciones espontáneas con volumen inspirado y espirado generado por el propio paciente. Es el método actualmente más utilizado.
- **Ventilación con volumen garantizado (VG)** En esta modalidad se selecciona un VT, habitualmente 3-6 ml/kg y un límite máximo de presión inspiratoria. Cada ciclo mantiene fijo el volumen asignado, generándose la presión necesaria, que puede variar según la CL y R de cada momento. Si no se consigue el volumen seleccionado o son necesarias presiones superiores al límite máximo señalado, se produce una alarma para revisar la situación.

MODALIDADES DE VMC

- **Ventilación con soporte de presión (PSV)**
- En esta modalidad, el niño es ayudado en sus respiraciones con un soporte de presión predeterminado.
- Se diferencia de la modalidad A/C en que el niño controla el inicio y el final de la inspiración (el trigger espiratorio se desencadena cuando el flujo inspiratorio desciende a un porcentaje asignado respecto al pico máximo de flujo), regulándose así el T_i en cada ciclo.
- Existe muy poca experiencia clínica y sólo publicaciones con casos aislados.

MODALIDAD VM

- En este gráfico se ve de una forma visual tres tipos de ventilación mecánica:
- IMV: ventilación mandatoria intermitente (no sincronizada)
- SIMV: ventilación mandatoria intermitente sincronizada
- AC: ventilación asistida controlada

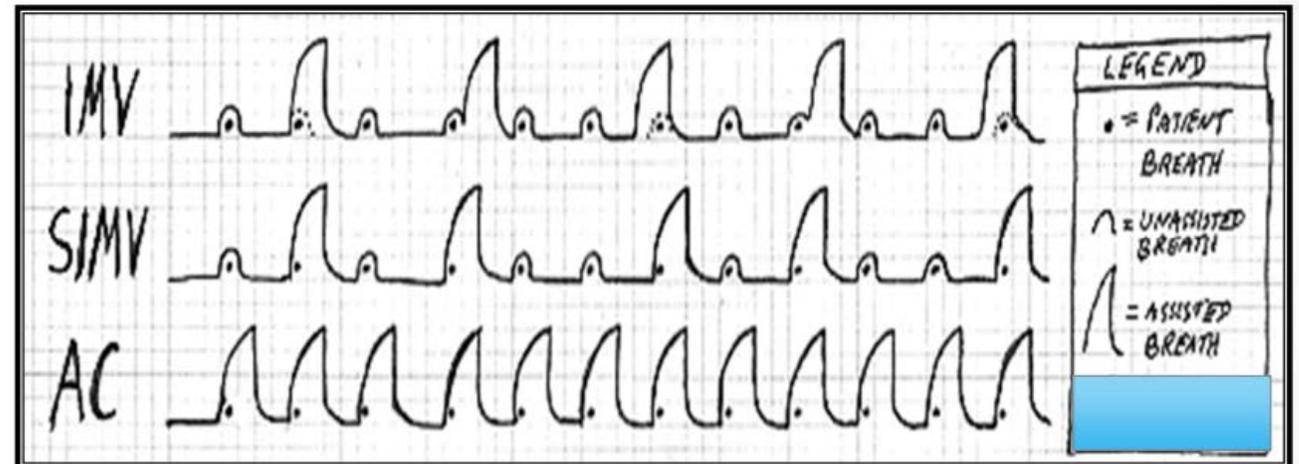


Tabla 3. Control de la asistencia administrada por el respirador/paciente. Sincronización.

Modalidad	Inicio	Frecuencia respiratoria	Pico de presión	Ciclado
CMV/IMV	Respirador	Respirador	Respirador	Respirador
SIMV	Paciente/respirador	Respirador	Respirador	Respirador
A/C-SIPPV	Paciente/respirador	Paciente	Respirador	Respirador
PSV	Paciente	Paciente	Respirador	Paciente
SIMV + VG	Paciente/respirador	Respirador	Paciente	Respirador
A/C - SIPPV + VG	Paciente/respirador	Paciente	Paciente	Respirador
PV+VG	Paciente	Paciente	Paciente	Paciente

IMV: ventilación mandatoria intermitente; CMV: ventilación mandatoria controlada; SIMV: ventilación mandatoria intermitente sincronizada; A/C: asistida/controlada; SIPPV: ventilación con presión positiva intermitente sincronizada; PSV: ventilación con presión de soporte; VG: volumen garantizado.

PARÁMETROS VENTILATORIOS

1. Pulmón normal. Iniciales (orientativos)

– Modalidad: SIMV. Ondas: sinusoidales.

– FiO₂: necesaria para mantener SaO₂ adecuada.

– PIP: 10-15 cmH₂O.

– PEEP: 2-3 cmH₂O.

– FR: 10-40 cpm.

– Ti: 0,3-0,4 seg.

– I/E: 1/2 , 1/5.

PARÁMETROS VENTILATORIOS

2. Procesos con alteración predominante de la CL.

– Modalidad: asistida/controlada o SIMV. Pueden elegirse FR altas.

– FiO₂: ajustar según PaO₂/SaO₂/PtcO₂ y estado clínico. Aumentar el 10 % de FiO₂ previa.

– PIP: 15-20 cmH₂O, según movimientos torácicos y auscultación. Valorar VT.

– PEEP: 3-5 cmH₂O.

– FR: 50-60 cpm.

– Ti: 0,3 seg.

– I/E: 1/1,3 o menor.

– Flujo: 6 l/min en < 1 kg, y 8 l/min en > 1 kg.

PARÁMETROS VENTILATORIOS

3. Procesos con predominio de alteración de la R.

– Modalidad: SIMV. Pueden usarse “ondas cuadradas” y FR bajas.

– FiO₂: aumentar el 10 % respecto a valor previo a intubación y ajustar para mantener la oxigenación.

– PIP: 20-25 cmH₂O, según movimientos torácicos y auscultación. Valorar VT.

– PEEP: 2-4 cmH₂O.

– FR: 30-50 cpm.

– Ti: 0,4-0,5 seg.

– I/E: 1/1,5 o menor.

TABLA 2. Modificaciones de los parámetros ventilatorios según los gases

Alteración gasométrica		Modificaciones precisas				
PaO ₂	PaCO ₂	FiO ₂	PEEP	PIP	FR	
↓ ↓	↓ ↓	↑ ↑	↑ ↑	Disminuir	Ídem	
↓ ↓	↑ ↑	↑ ↑*	—	↑ ↑**	↑ ↑ *	
↑ ↑	↑ ↑	↓ ↓	↓ ↓*	—	↑ ↑ **	
↑ ↑	↓ ↓	↓ ↓*	—	↓ ↓*	↓ ↓ **	

*Primera medida realizada; **segunda medida.

VENTILACIÓN DE ALTA FRECUENCIA

Surge a finales de los años 70 como una nueva técnica de VM definida por el uso de V_t inferiores al espacio muerto ($<2,7\text{ml/kg}$) entregados a FR suprafisiológicas, mediante un circuito que mantiene una presión continua de distensión sobre la vía aérea.

Por lo tanto VAF emplea 2 conceptos:

Uso de volumen inferior al EMA (infratidal)

Frecuencias suprafisiológicas

Demostró ser capaz de conseguir un adecuado intercambio gaseoso con valores inferiores de PIM alveolar y mínimas variaciones en las presiones y volúmenes alveolares.

Por lo tanto minimizando los efectos de volutrauma, barotrauma y atelectrauma.

Además ha demostrado ser mucho más eficiente que la VMC en el lavado alveolar de CO_2 .

VENTILACIÓN DE ALTA FRECUENCIA

Existen 3 tipos de VAF:

- Oscilador
 - Pistón: Dufor
 - Diafragma: Sensor Medics 3 100 A y Babylog 8000
- Jet
- Interrupción de Flujo

VAF utiliza V_t muy bajos, iguales o inferiores al espacio muerto (1-2 ml/kg) con FR suprafisiológicas.

Efectos: Intercambio gaseoso con $< PIM$

Volumenes y PMVA mas estables y distribución de gas estable y uniforme con menor volutrauma.

El ventilador de alta frecuencia oscilatoria (VAFO), proporciona un volumen de gas a través de un pistón o diafragma que comprime y luego libera la mezcla de gas en el circuito del ventilador

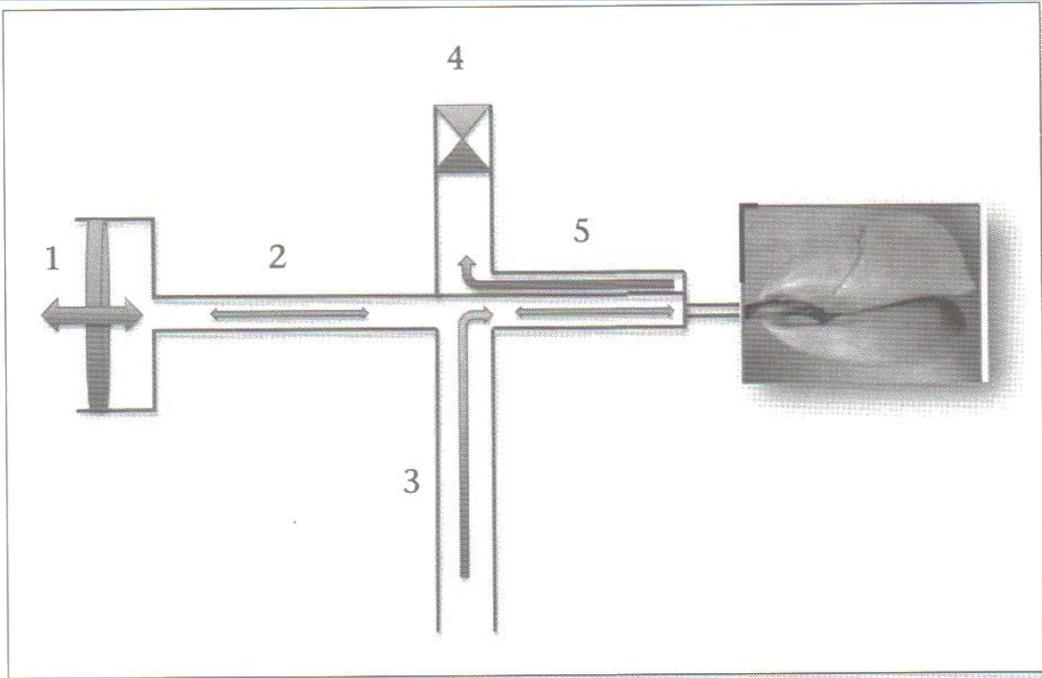


Figura 1. Esquema de funcionamiento de un oscilador de alta frecuencia: 1) Membrana de oscilación. 2) Transmisión de las ondas de oscilación. 3) Flujo continuo generador de la presión continua de distensión. 4) Válvula espiratoria. 5) Asa espiratoria.

Tabla 1. Características de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO).

- Volumen tidal de alta frecuencia inferior al espacio muerto anatómico
- Frecuencias suprafisiológicas
- Presión continua de distensión sobre la vía aérea
- Onda de presión sinusoidal alrededor de la presión media de distensión
- Presión alveolar menor que la presión en la vía aérea
- Inspiración y espiración activas

VENTILACIÓN DE ALTA FRECUENCIA OSCILATORIA (VAFO)

Alternativa en el tratamiento de diversas formas de falla respiratoria ante el fracaso de la VMC

Aparatos consisten en un diafragma que oscila gracias a una fuerza electromagnética, a frecuencias de 180 a 900 ciclos por minuto o de 3 a 15 Hertz (1 Hertz = 1 ciclo/ seg), creando ondas de presión en un circuito que tiene una vía inspiratoria y otra espiratoria.

El manejo ventilatorio es lograr el reclutamiento y mantención del volumen pulmonar óptimo, esto es, una estrategia de apertura pulmonar (“open lung”)

Emplea pequeños V_t con rápidas FR, reduciendo las presiones máximas y el riesgo de volutrauma en un intento de reclutar pulmón atelectásico y limitar el volutrauma y atelectrauma.

Existe consenso en que los pacientes que se benefician de VAFO son aquellos con enfermedades con daño pulmonar difuso, ocupación alveolar, escape aéreo y disminución de volumen pulmonar.

INDICACIONES

El mejor parámetro para decidir el cambio a VAFO es el incremento del índice de oxigenación (IO) ($IO = (MAP \times FiO_2) / PaO_2$).

Integra las mediciones de oxigenación (PaO_2 , FiO_2) y el costo de lograrla (MAP).

Este índice aporta una visión más amplia de la funcionalidad del pulmón y una idea de la evolución de la enfermedad y su relación con el ventilador.

INDICACIONES

1. Considerar índices en Ventilación Mecánica Convencional (VMC)

- Índice de oxigenación > 20 en RNT > 2.000 grs. y mayor de 15 en el < 1.500 grs.
- PIM $>$ de 30 cm de H₂O en el RNT > 2.000 grs. y PIM $>$ de 20 cm de H₂O en el RN Pret < 1.500 grs.

2. Membrana hialina que fracasa con VM y surfactante.

3. Enfisema intersticial (de elección).

4. Fístula broncopleural (de elección).

5. Hipoplasia pulmonar (en fracaso de VMC).

6. Hernia diafragmática (en fracaso de VMC).

7. Síndrome aspirativo meconial (en fracaso de VMC).

8. Hipertensión pulmonar (en fracaso de VMC).

9. Bronconeumonía (en fracaso de VMC).

PARAMETROS A FIJAR

- **Delta P o Amplitud:** regula la diferencia entre la presión máxima y mínima de los ciclos.
- Se usa la amplitud necesaria para conseguir un Vt adecuado (1,5 a 2 ml /kg)
- **Frecuencia:** Banda óptima entre 5-10 hz, hasta 12 en RNPT extremos (4 -15 Hz)
- RN de muy bajo peso (< 1 500 gr) iniciar con 15 Hz (900 ciclos por minuto) y en los de mayor peso con 10 Hz (600 ciclos por minuto). En los RN de mayor peso y con pulmón sano, es decir, con distensibilidad normal, cuya constante de tiempo es elevada, también se recomienda iniciar con frecuencias más bajas, 7 a 10 Hz.
- Durante la VMC el aumento de la frecuencia normalmente produce mayor eliminación de CO₂, a diferencia de lo ocurre en la VAF, que es al revés.

PARAMETROS A FIJAR

- **FiO2** según oxemias.
- **MAP** según volumen pulmonar, oxemias y dependiendo de MAP de VMC. Subir la MAP de 2 en 2 hasta lograr oxigenación óptima.
- **TIM** 0,33 (33.3%) o 0,5 o 50%, para lograr una relación 1:2 o 1:1. Dependiendo del tipo de ventilador (0,33 en Sensormedics).
- **Flujo** de 8-10 litro x min. y 20 lt x min en Sensormedics.

Oxigenación

Depende de la FiO_2 y de la presión media de vía aérea (MAP)

La MAP óptima → la necesaria para superar la presión de cierre alveolar y conseguir reclutar el mayor número posible de alvéolos, aumentando así el máximo de la superficie pulmonar para realizar el intercambio gaseoso, sin incrementar la resistencia vascular pulmonar o disminuir el gasto cardíaco.

Esta insuflación pulmonar mantenida y estable es alcanzada por medio de una MAP de base.

Se utiliza la radiología para comprobar que no existe sobredistensión pulmonar.

Se vigilará el compromiso cardiovascular con la medición indirecta del gasto cardíaco (normalidad de FC, PA estable, llene capilar, buena oxigenación).

Para mejorar la oxigenación:

- Aumentar la FiO_2 .
- Aumentar la MAP (Hasta que la pO_2 mejore o aparezca compromiso vascular)

Ventilación

La eliminación de CO₂ depende del volumen corriente o tidal (VC o VT), el cual depende de la amplitud de la oscilación y de la frecuencia.

El VT se ajusta variando la amplitud o delta P, en una escala de 0 a 100%, que regula la diferencia de presiones.

Para disminuir la PaCO₂ hay que elevar la amplitud o delta P (diferencia de presión oscilatoria que determina el volumen corriente), sin embargo a diferencia de la VMC el aumento de la frecuencia respiratoria no produce disminución de la PaCO₂. Esto que parece un contrasentido se explica por las características propias del equipo, en que a medida que aumenta la frecuencia disminuye la amplitud (delta P), produciendo volúmenes corrientes menores, o a la inversa, al disminuir la frecuencia se producen VC mayores.

La eliminación de CO₂ se afecta poco o nada por el nivel de MAP que apliquemos

Para disminuir la pCO₂:

- Subir la amplitud para subir el volumen tidal.
- Bajar la frecuencia para mejorar el rendimiento del oscilador.

PARAMETROS A FIJAR

Control de la oxigenación

- La oxigenación de un paciente en VAF depende de la PMVA y de la FiO₂. El control de ésta se realiza a través de gases arteriales y la oximetría de pulso, manteniendo los valores dentro de los rangos fisiológicos.

Control de la ventilación

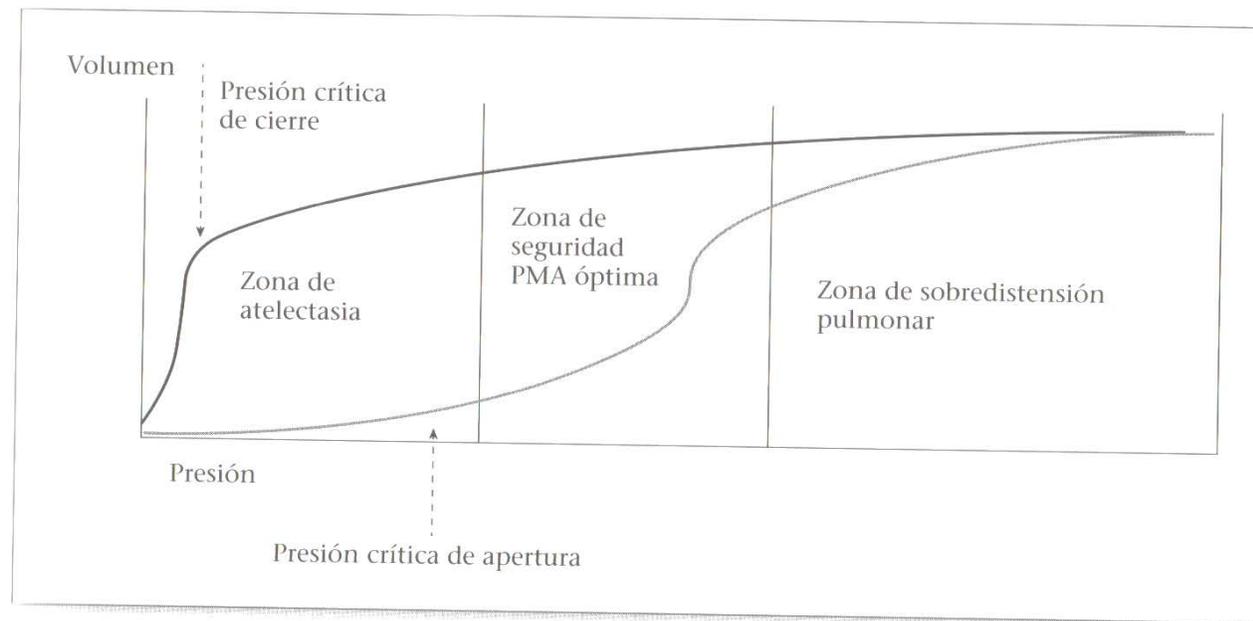
- La ventilación en la VAF está dada por la amplitud oscilatoria, que determina el volumen corriente entregado al paciente. El control de ésta se efectúa fundamentalmente a través de los gases arteriales seriados, tratando de mantener una PaCO₂ entre 40-55 mmHg (hipercapnia permisiva).

Tabla 2. Estrategias en VAF para modificar la oxigenación y ventilación.

Oxigenación ($\uparrow pO_2$)	Ventilación ($\downarrow pCO_2$)	
	VG Off:	VG On:
\uparrow PMA	$\uparrow \Delta Phf$	$\uparrow VThf$
$\uparrow FiO_2$	\downarrow Frecuencia	\uparrow Frecuencia

Maniobras para mejorar la oxigenación y ventilación en VAF, con (VG On) y sin (VG Off) volumen garantizado. PMA: presión media en la vía aérea; FiO_2 : fracción inspiratoria de oxígeno; ΔPhf : delta de presión; $VThf$: volumen tidal de alta frecuencia.

Curva presión volumen



CUIDADOS Y MONITOREO DEL RN EN VAFO

Medidas generales:

- Ambiente termoneutro.
- Estímulos mínimos.

Sedación y analgesia siempre.

Paralización puede emplearse en caso de HTPP o movimientos que no permita ventilación adecuada, en las primeras 24-48 hrs en RN críticos.

Posición del paciente:

- Cabecera levantada 30-45°.
- TET y cara levemente más alto que las mangueras del ventilador.

Monitoreo invasivo y buena fijación para evitar salida de vías

Estabilizar hemodinamia antes de instalar VAFO.

Evaluación periódica gases sanguíneos antes, 30 minutos después de conexión y según respuesta.

Tabla 3. Objetivos gasométricos en VAF.

Gases sanguíneos arteriales	EG < 32 sem y/o PRN < 1.500 g: <ul style="list-style-type: none">• pH 7,25-7,45• PaO₂ 50-60 mmHg• PaCO₂ 40-55 mmHg	EG > 32 sem y/o PRN > 1.500 g: <ul style="list-style-type: none">• pH 7,30-7,45• PaO₂ 50-70 mmHg• PaCO₂ 40-55 mmHg
Gases sanguíneos capilares arterializados	PCO ₂ 40-55 mmHg	
Gases sanguíneos venosos	PCO ₂ 45-60 mmHg	
Objetivos de gases sanguíneos en función de la edad gestacional (EG) y el peso del recién nacido (PRN).		

PARAMETROS

Parámetros iniciales →
dependen de la
patología basal del RN

PMVA igual o superior a
2 cm H₂O

Frecuencias entre 10 a
15 Hz (600 a 900 ciclos
por minuto)

Tiempo inspiratorio
inferior al espiratorio

Amplitud de oscilación
(AP) basada en una
visualización adecuada
del movimiento o
vibración torácica

Ajustes pertinentes en
la oxigenación mediante
la PMVA y/o FiO₂ y en la
ventilación por medio
del AP.

PARAMETROS

Membrana hialina:

- a. MAP: Iniciar con 2 cm H₂O mayor que la VMC (lograr 8-9 espacios intercostales).
- b. Amplitud: Lograr vibraciones torácicas (iniciar 25 y ajustar)
- c. Frecuencia : depende del peso < 2000 grs. Usar 12 Hz > 2000 grs. Usar 10 Hz

Enfisema intersticial:

- a. MAP: Igual o menor a la de la VMC
- b. Amplitud: mínima para lograr mínima vibraciones (iniciar 25)
- c. Frecuencia: 12-15 Hz.

Escape aéreo con volumen pulmonar disminuido:

- a. MAP: 1 cm H₂O sobre MAP de VMC
- b. Amplitud: Lograr buena vibración torácica (iniciar 25)
- c. Frecuencia: 10-15 Hz. según el peso.

PARAMETROS

Bronconeumonía focal:

- a. MAP: 1 cm H₂O sobre la MAP de VMC.
- b. Amplitud Lograr buena vibración torácica.
- c. Frecuencia: 8-10 Hz.

Síndrome aspirativo meconial (con atrapamiento aéreo):

- a. MAP: Igual a la MAP de la VMC.
- b. Amplitud: Lograr buena vibración torácica (iniciar 25).
- c. Frecuencia: 10 Hz. Si retiene CO₂ se podría bajar la FR a 8-6 Hz.

S. aspirativo meconial (con compromiso difuso parenquimatoso)

- a. MAP: 2-4 cm H₂O sobre la MAP de VMC.
- b. Amplitud: Lograr buena vibración torácica.
- c. Frecuencia: 10 Hz.

HPP:

- a. MAP: Igual a la MAP de VMC.
- b. Amplitud: lograr buena vibración torácica (iniciar 25).
- c. Frecuencia: 10 Hz.

COMPLICACIONES

- Hemorragia Intracraneana (HIC) y la leucomalacia periventricular en los recién nacidos prematuros.
- El estudio HIFI con un gran número de pacientes reveló un aumento de HIC en los RN tratados con VAF, sin embargo, este trabajo colaborativo presentó sustanciales diferencias en la incidencia de HIC entre los diversos centros participantes, siendo la menor de un 6% y la mayor de 44%, diferencia que pudiera haberse debido a la estrategia de ventilación utilizada (bajo volumen pulmonar), o a un diferente nivel de experiencia en el manejo de la VAF entre los centros, creando un margen de duda en la interpretación de los resultados.
- Posteriormente, la mayoría de los estudios realizados no han mostrado un aumento de la HIC o de leucomalacia

Tabla 4. Parámetros iniciales a programar en VAF neonatal.

	Dräger Babylog VN500®	Sensor Medics 3100 A®
FiO ₂	= VMC	= VMC
PMA	1-2 cmH ₂ O > VMC	1-2 cmH ₂ O > VMC
Frecuencia (<i>f</i>)	PRN: < 1.000 g: 11 Hz 1.000-1.500 g: 10 Hz 1.500-2.000 g: 9-10 Hz > 2.000 g: 8-9 Hz	PRN: < 1.500 g: 15 Hz > 1.500 g: 10 Hz
ΔPhf	El necesario para conseguir un <i>V_{thf}</i> 1,5-2 ml/kg	20-30 cmH ₂ O para conseguir una oscilación torácica simétrica, hasta el ombligo
<i>V_{thf}</i>	1,5-2 ml/kg	No lo mide
Tiempo inspiratorio	<i>I:E</i> 1:2 (33%) si <i>f</i> ≤ 15 Hz <i>I:E</i> 1:1 (50%) si <i>f</i> > 15 Hz	33%

VMC: ventilación mecánica convencional; PAM: presión media en la vía aérea; PRN: peso del recién nacido; ΔPhf: cambio de presión en alta frecuencia; *V_{thf}*: volumen tidal de alta frecuencia.

ORIGINAL ARTICLE

Using very high frequencies with very low lung volumes during high-frequency oscillatory ventilation to protect the immature lung. A pilot study

N González-Pacheco, M Sánchez-Luna, C Ramos-Navarro, N Navarro-Patiño and AR-S de la Blanca

OBJECTIVE: High-frequency oscillatory ventilation (HFOV) has been described as a rescue therapy in severe respiratory distress syndrome (RDS) with a potential protective effect in immature lungs. In recent times, HFOV combined with the use of volume guarantee (VG) strategy has demonstrated an independent effect of the frequency on tidal volume to increase carbon-dioxide (CO₂) elimination. The aim of this study was to demonstrate the feasibility of using the lowest tidal volume on HFOV+VG to prevent lung damage, maintaining a constant CO₂ elimination by increasing the frequency.

STUDY DESIGN: Newborn infants with RDS on HFOV were prospectively included. After adequate and stable ventilation using a standard HFOV strategy, the tidal volume was fixed using VG and decreased while the frequency was increased to the highest possible to maintain a constant CO₂ elimination. Pre- and post-PCO₂, delta pressure and tidal volume obtained in each situation were compared.

RESULT: Twenty-three newborn infants were included. It was possible to increase the frequency while decreasing the tidal volume in all patients, maintaining a similar CO₂ elimination, with a tendency to a lower mean PCO₂ after reaching the highest frequency. High-frequency tidal volume was significantly lower, 2.20 ml kg⁻¹ before vs 1.59 ml kg⁻¹ at the highest frequency.

CONCLUSION: It is possible to use lower delivered tidal volumes during HFOV combined with VG and higher frequencies with adequate ventilation to allow minimizing lung injury.

Journal of Perinatology advance online publication, 7 January 2016; doi:10.1038/jp.2015.197

New Ventilator Strategies: High-Frequency Oscillatory Ventilation Combined with Volume Guarantee

M. Sánchez-Luna, MD, PhD¹ N. González-Pacheco, MD¹ J. Belik, MD² M. Santos, DVM, PhD³
F. Tendillo, DVM, PhD³

Am J Perinatol 2018;35:545–548.

Abstract

Keywords

- ▶ high-frequency oscillatory ventilation
- ▶ volume guarantee ventilation
- ▶ gas exchange
- ▶ newborn ventilation
- ▶ respiratory distress syndrome

High-frequency oscillatory ventilation (HFOV) has been proposed as an alternative method of invasive ventilation in immature infants to prevent ventilator lung injury. To better control the size of the high-frequency tidal volume and to prevent large tidal volumes, a new strategy of controlling the tidal volume during HFOV (VThf) has been developed, HFOV–volume guarantee (VG). Data from preclinical, neonatal animal studies in normal and surfactant-depleted lungs have demonstrated the feasibility of this technique to directly control the VThf in the normal compliance and low compliance situations. Different I:E ratios also can modify the effect of CO₂ washout during HFOV combined with VG in a different way as without the VG modality. Finally, clinical use of this technique in newborn infants has demonstrated the possibility of using very high frequency combined with constant very low VThf to decrease the risk of lung trauma related to the ventilator.

Bibliografía

- Recomendaciones sobre ventiloterapia convencional neonatal
- Grupo Respiratorio Neonatal de la Sociedad Española de Neonatología
- (An Esp Pediatr 2001; 55: 244-250)
- Pendiente....