

# *HFOV*

---

## Ventilación Oscilatoria de Alta Frecuencia

Revisión de

Dra. Jessica Larenas Ascui

Unidad de Neonatología  
Hospital Regional de Talca

Servicio de Pediatría  
Hospital de Cauquenes

REGION DEL MAULE



# *Ventilación de alta frecuencia*

---

Definición General :

Se refiere a la Ventilación Mecánica que usa frecuencias mayores de 150 ciclos por minuto con volúmenes corrientes menores que los volúmenes del espacio muerto.

# *Modalidades de Alta Frecuencia Oscilatoria*

---

- La característica exclusiva de la HFOV es que la ***fase espiratoria*** es activa (SensorMedics 3100A).
- Se produce un movimiento activo de gas en la vía aérea tanto en la fase inspiratoria como en la fase espiratoria del ciclo ventilatorio.

# *Ventilación de Alta Frecuencia*

---

Las diferencias claves entre la ventilación mecánica convencional (CMV) y la ventilación de alta frecuencia (HFV) son:

- Frecuencias respiratorias del ventilador mayores que las frecuencias respiratorias normales.
- Volumen corriente menor que el volumen de espacio muerto.

# *Ventilación Convencional*

---

- Un gran volumen de gas (volumen corriente) es entregado a la vía aérea mediante un flujo en masa con cada ventilación del respirador.
- Cuando este volumen llega a los alvéolos, el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{O}_2$  son intercambiados mediante difusión molecular.
- La exhalación de  $\text{CO}_2$  se inicia por retracción pasiva del pulmón y la pared torácica.
- El volumen corriente del gas entregado debe ser mayor que el espacio muerto de las vías aéreas.

# *CMV versus HFOV*

---

- **CMV:** La insuflación pulmonar es cíclica. Para eliminar el  $\text{CO}_2$  es necesario variar desde un volumen pulmonar pequeño (PEEP) a un volumen pulmonar mayor (PIP).
- **HFOV:** La insuflación pulmonar es constante con respiraciones de bajo volumen corriente. La mantención de una MAP constante (presión media de vía aérea) elimina la necesidad de grandes fluctuaciones de presión y de volumen corriente que se requieren durante la CMV.

# CMV vs. HFOV

	<u>CMV</u>	<u>HFOV</u>
<b>Frecuencias</b> (1Hz = 60 x')	0 - 150 x'	180 - 900 x'
<b>Vol. Corriente</b>	4 - 20 ml/kg	0.1 - 5 (ml/kg)
<b>Presión Alv.</b>	0 - >50 cmH <sub>2</sub> O	0.1 - 5 cmH <sub>2</sub> O
<b>Vol Final Exp</b>	Bajo	Normal

# *Ventilacion de Alta Frecuencia*

---

## **Razones para su desarrollo:**

- Disminuir el daño potencial a los pulmones de RN prematuros y niños mayores.
- Método de ventilación mecánica que permite la curación de un pulmón dañado mientras se mantiene el apoyo ventilatorio.
- Disminuir la incidencia de DBP en neonatos y EPOC en pacientes pediátricos y adultos.
- Mejorar la sobrevida de pacientes con SDRA severo.

# *Objetivos de la Ventilación Mecánica*

---

- Eliminación del Dióxido de Carbono.
- Oxigenación de la sangre.
- Disminución del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica.

# *HFOV: Intercambio Gaseoso*

---

**Oxigenación del Paciente**

# *Oxigenación durante la Ventilación Mecánica Convencional (CMV)*

---

La oxigenación se relaciona con la presión media de la vía aérea (**MAP**):

- **MAP =  $\frac{(PIP - PEEP)(T_i) \times FR}{60} + PEEP$**

- La modificación de cualquiera de estos parámetros producirá cambios en la ventilación o en la eliminación de CO<sub>2</sub> al modificar el volumen minuto.
- La eliminación de CO<sub>2</sub> y la oxigenación están inter-relacionadas.

# *Presión Media de la Vía Aérea*

---

## Ventilación Mecánica Convencional:

$$\text{MAP} = (\text{PIP} - \text{PEEP})T_i + \text{PEEP}$$

## Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria:

MAP es una medición directa.

# *Oxigenación durante HFOV*

---

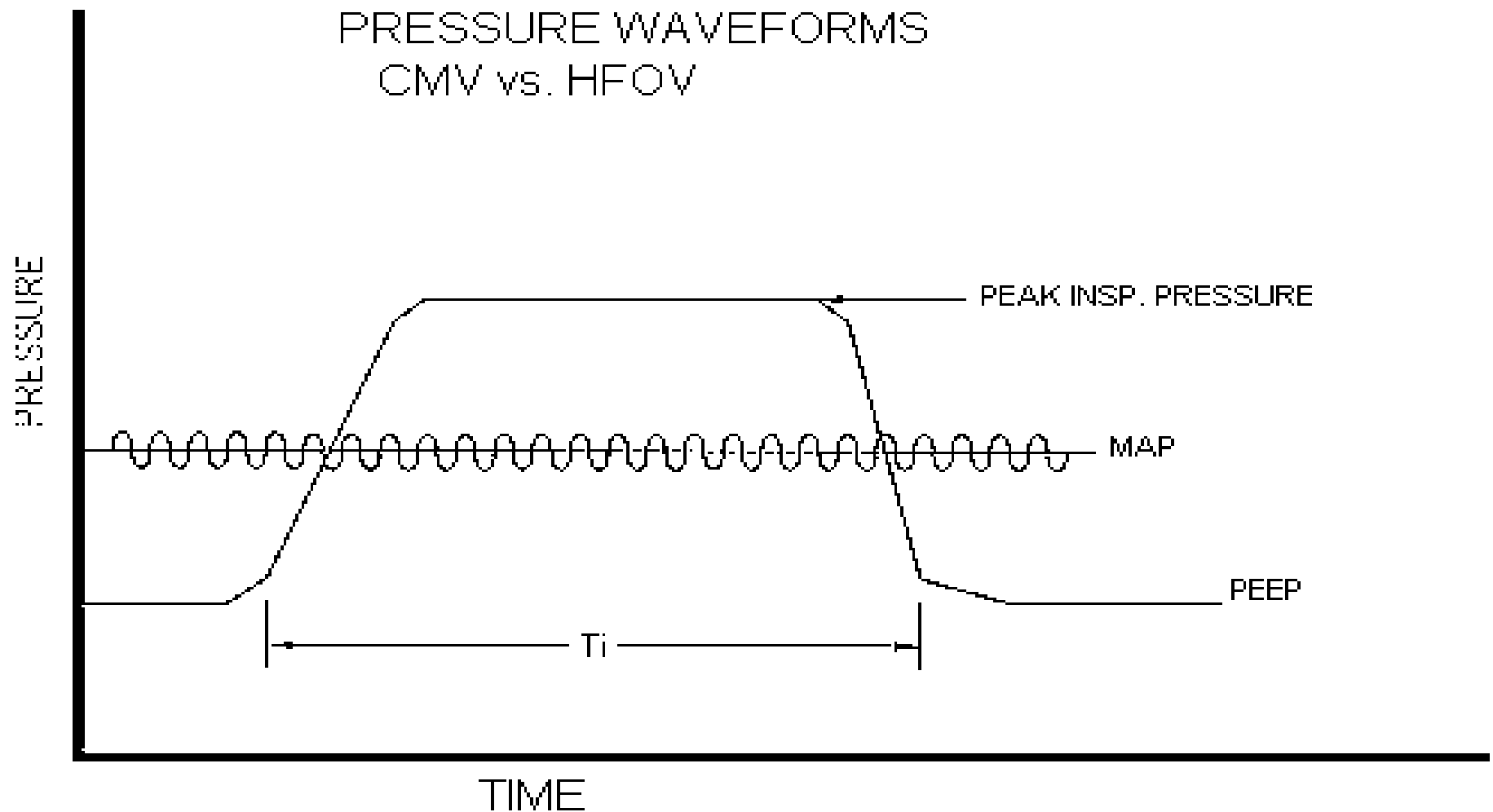
- **Presión Media de Vía Aérea (MAP):**

La presión de distensión continua es equivalente al CPAP.

- Se usa para insuflar el pulmón hasta un volumen constante óptimo, con lo que se logra el máximo de superficie pulmonar para intercambio gaseoso.
- Impide el colapso pulmonar durante el ciclo respiratorio.

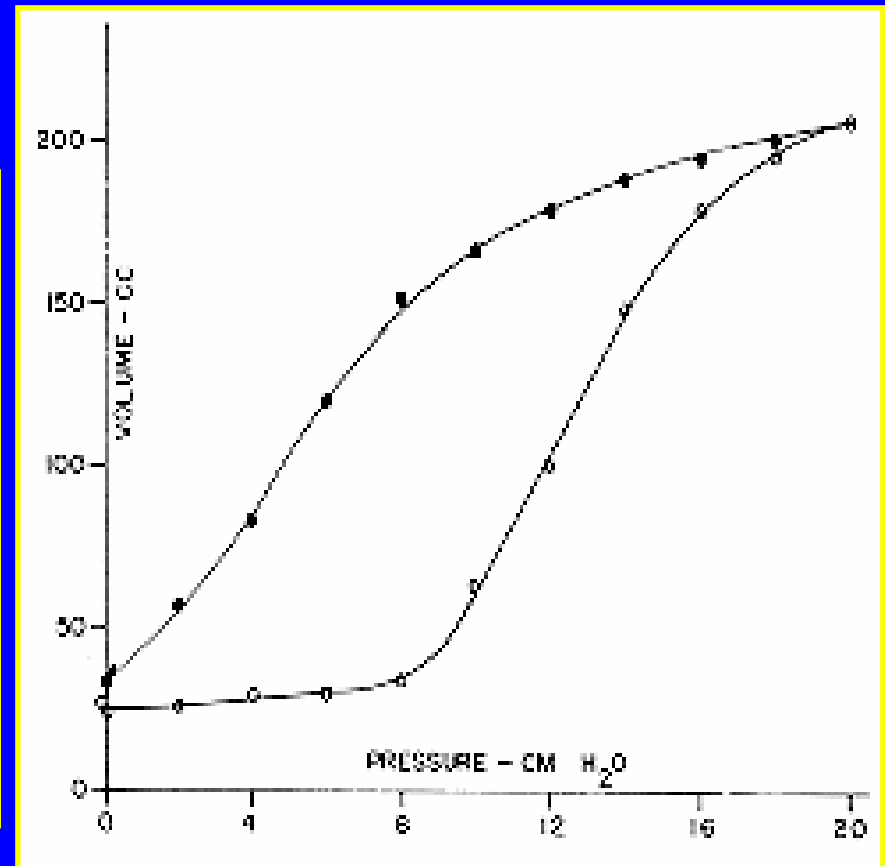
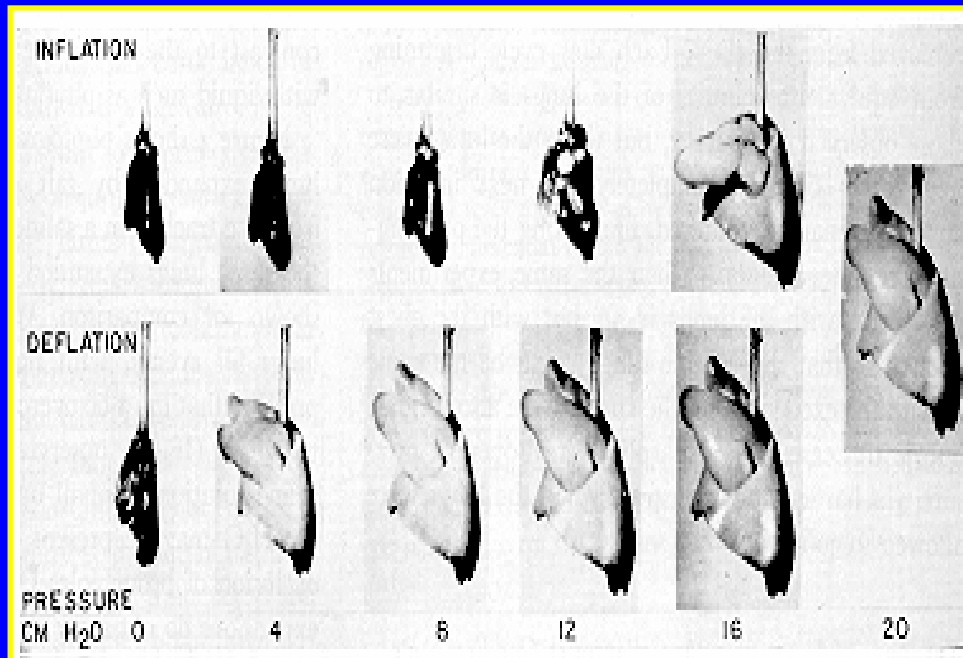
# Comparación: CMV & HFOV

---



# Oxigenación

- La MAP es usada para inflar el pulmón y optimizar el área de superficie para intercambio gaseoso.
- MAP = Volumen Pulmonar.



# *HFOV: Presión Media de la Vía Aérea*

---

↓ PaO<sub>2</sub>

↑ MAP



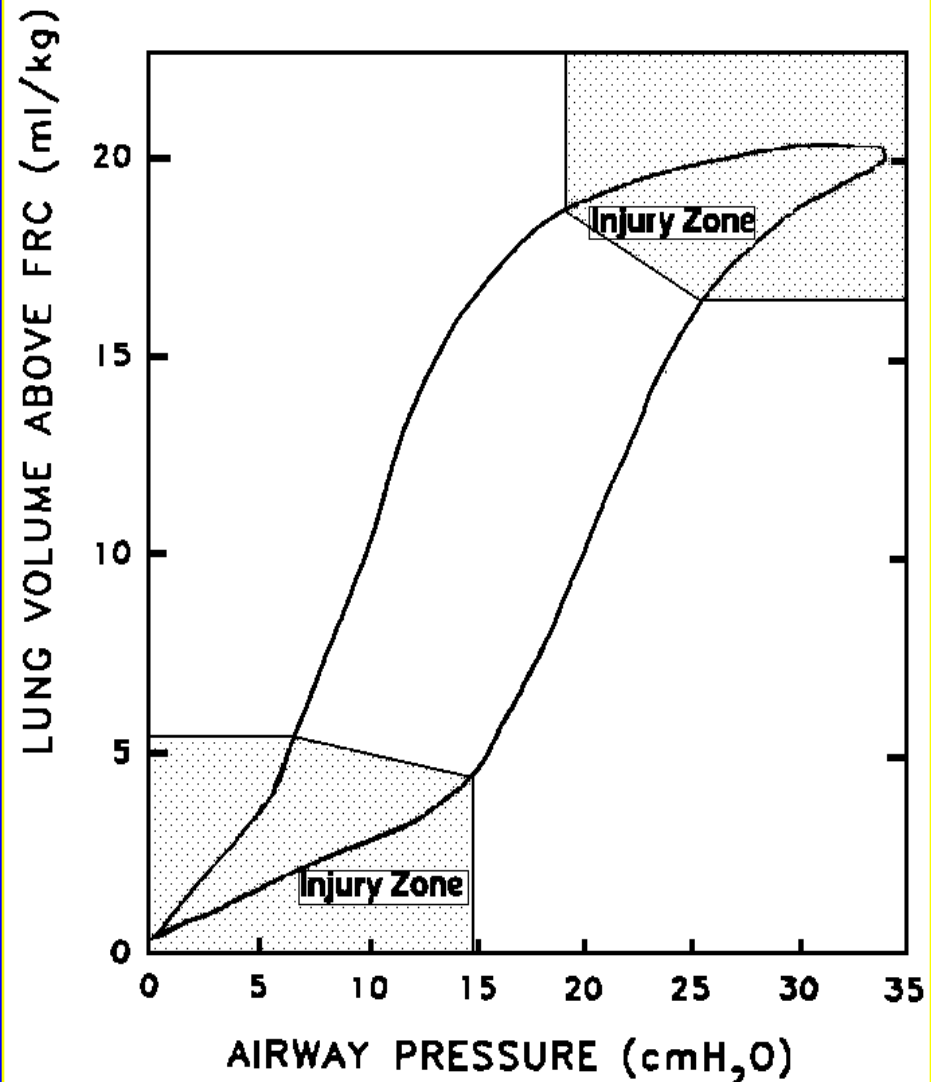
Aumentar el volumen pulmonar  
Mayor superficie aérea pulmonar

Menor cortocircuito intrapulmonar

↑ PaO<sub>2</sub>/SaO<sub>2</sub>

# *Daño Pulmonar*

- Durante la CMV el pulmón es insuflado con grandes volúmenes y se le permite desinflarse a volúmenes pulmonares extremadamente pequeños.
- Durante la HFOV es posible entregar una ventilación adecuada minimizando el riesgo de daño pulmonar.



# *Ventilación (o Eliminación de CO<sub>2</sub>)*

---

## CMV

- Volumen  
Corriente (PIP)
- Frecuencia

## HFOV

- delta P ( $\Delta P$ )
- $f$  frecuencia ( $f$ )  
(control secundario)

# Ventilación (o eliminación de CO<sub>2</sub>)

---

La eliminación de CO<sub>2</sub> está relacionada con la ventilación minuto ( $V_{\min}$ ):

- Ventilación Mecánica Convencional:

$$V_{\min} = f \times V_t$$

- HFOV:

$$V_{\min} = f \times V_t^2$$

- La entrega de un  $V_t$  es el control primario de la eliminación de CO<sub>2</sub>.

# *Ventilación (o Eliminación de CO<sub>2</sub>)*

---

- Durante la CMV la espiración es **pasiva**, dependiente de la retracción del pulmón y de la pared torácica y de la resistencia de la vía aérea.
- Durante la HFOV la espiración es **activa**. El movimiento del pistón al alejarse del paciente genera una espiración activa.

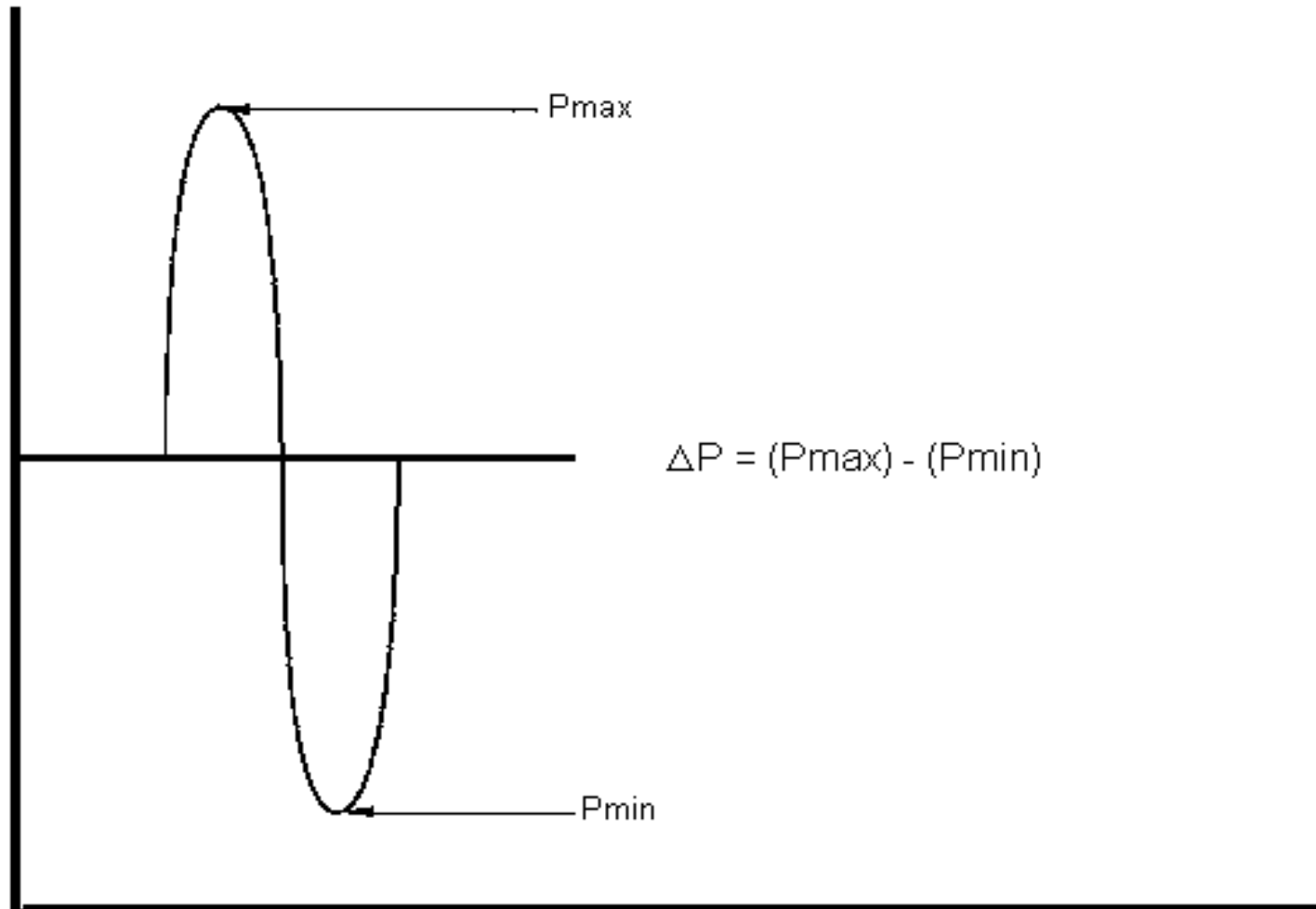
# *Ventilation: $\Delta P$*

---

- $\Delta P$  es funcionalmente equivalente al  $V_t$  durante la CMV.
- Se genera por el movimiento de retroceso y avance del pistón/diafragma del oscilador.
- La diferencia entre la presión mínima (o basal) y la presión máxima (o pico) del ciclo del oscilador.

# Definición: $\Delta P$

---



# *Ventilación y $\Delta P$*

---

- ↑ Aumentando el  $\Delta P$  se obtendrá una mayor eliminación de  $\text{CO}_2$  y una disminución de los niveles de  $\text{PaCO}_2$  .
- $\Delta P$  debiera disminuirse en respuesta a bajos niveles de  $\text{PaCO}_2$  .
- $\Delta P$  se mide en  $\text{cmH}_2\text{O}$  y los cambios deberán hacerse mediante aumentos de 3-4 $\text{cmH}_2\text{O}$  .

# *HFOV: Eliminación de CO<sub>2</sub>*

---

↑ PaCO<sub>2</sub>

Vibraciones Torácicas Disminuídas.

Vibraciones Torácicas Normales

- Rx Torax : Posible sobredistensión.

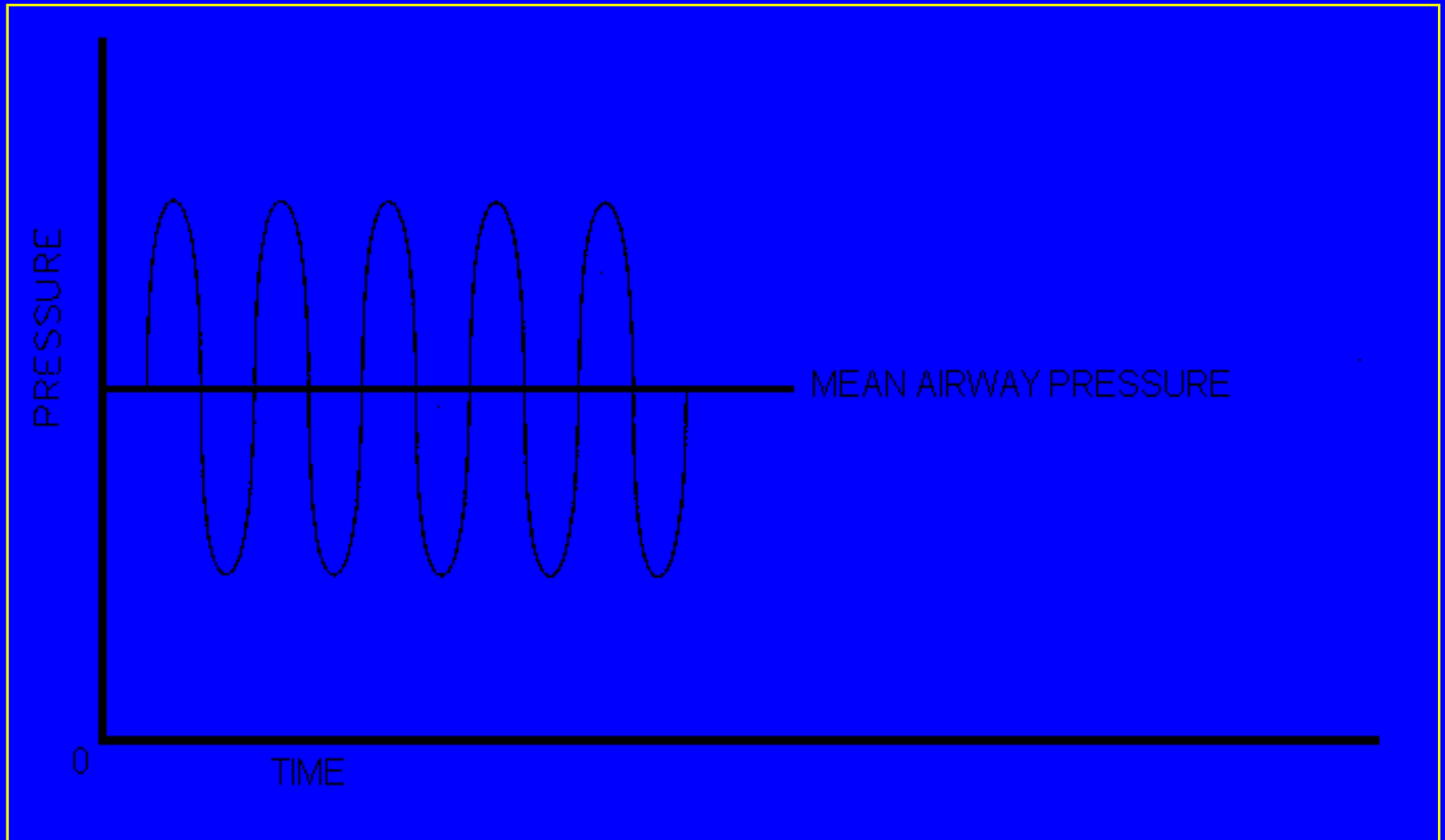
↑ΔP(3-4cmH<sub>2</sub>O)

Mejorar las vibraciones torácicas.

↓PaCO<sub>2</sub>

# *HFOV Onda de Presión*

---



# *HFOV: frecuencia*

---

- Durante la HFOV , la  $f$  juega un papel secundario en la eliminación de  $\text{CO}_2$ .
- Durante la HFOV en la medida que se aumenta la  $f$  , el volumen corriente se reduce disminuyendo la ventilación.
- Al disminuir la  $f$ , el volumen corriente aumenta así como también la ventilación.

# *HFOV: frecuencia*

---

- La *frecuencia* usada durante HFOV , se calcula de acuerdo al peso del paciente.
- Una vez que se alcanza una frecuencia óptima, la *f* no se cambia o disminuye.

# *HFOV: frecuencia*

---

- Valores Recomendados para establecer Frecuencia inicial:

(Puede ser dependiente de la enfermedad)

< 2000 gms	15 Hz
2 - 12 kg	10 Hz
13 - 20 kg	8 Hz
21 - 30 kg	7 Hz
> 30 kg	6 Hz

# *HFOV: % Tiempo Inspiratorio.*

---

- Generalmente se mantiene el Tiempo Inspiratorio en un 33% sin cambiarlo. ( **Relación I:E de 1:2**)
- Aumentando el % de Ti aumenta el riesgo de atrapamiento de gas y sobredistensión pulmonar.
- El aumentar el % de Ti sólo se usa en pacientes pediátricos grandes o adultos con hipercapnea intratable.
- El aumentar el % Ti puede aumentar la entrega de gas con eliminación de CO<sub>2</sub> .

# *HFOV Intercambio Gaseoso:*

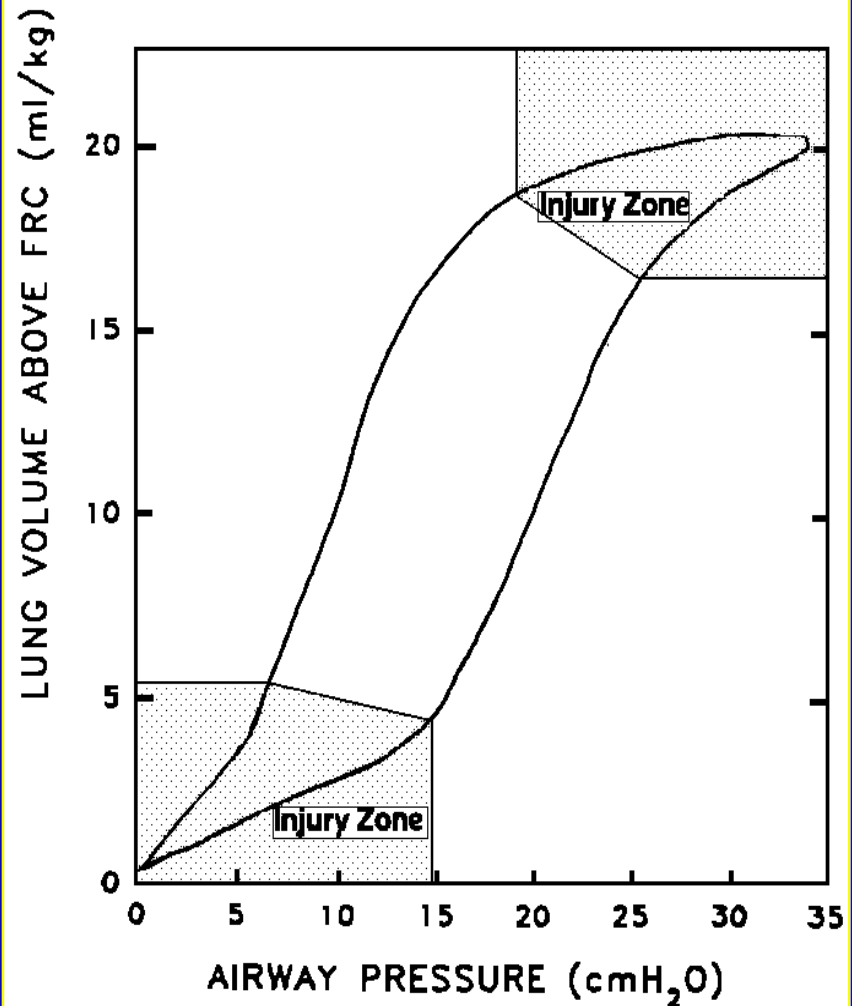
---

## *Resumen*

- *La Oxigenación* se controla mediante:  
MAP y FiO<sub>2</sub>
- *La eliminación de CO<sub>2</sub>* se controla  
mediante:  
 $\Delta P$  y  $f$

# Daño Pulmonar

- Durante la ventilación mecánica hay 2 zonas de daño :
  - Ventilación con Volumen pulmonar bajo destruye superficies de adhesión
  - Ventilación con Volumen pulmonar sobredistiende resultando en “Volutrauma”



# *Secuencia del Daño Pulmonar*

---

Ventilación Corriente

Insuflación Heterogénea y Distorsión de Vía Aérea

Ruptura de la Membrana Celular

Micro Barotrauma

Daño Epitelial - Edema Proteináceo

Formación de Membrana Hialina - Atelectasias

Aumento de Presiones

Macrobarotrauma (EPI, ALS)

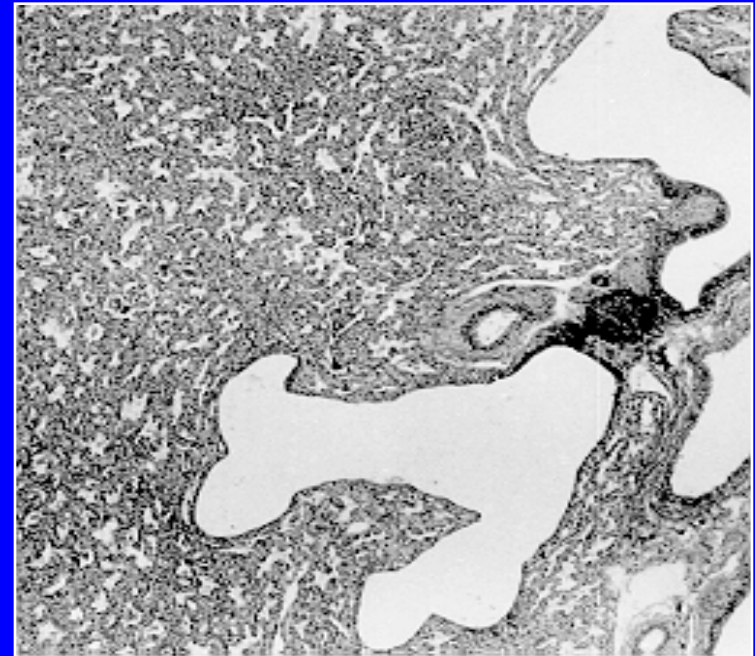
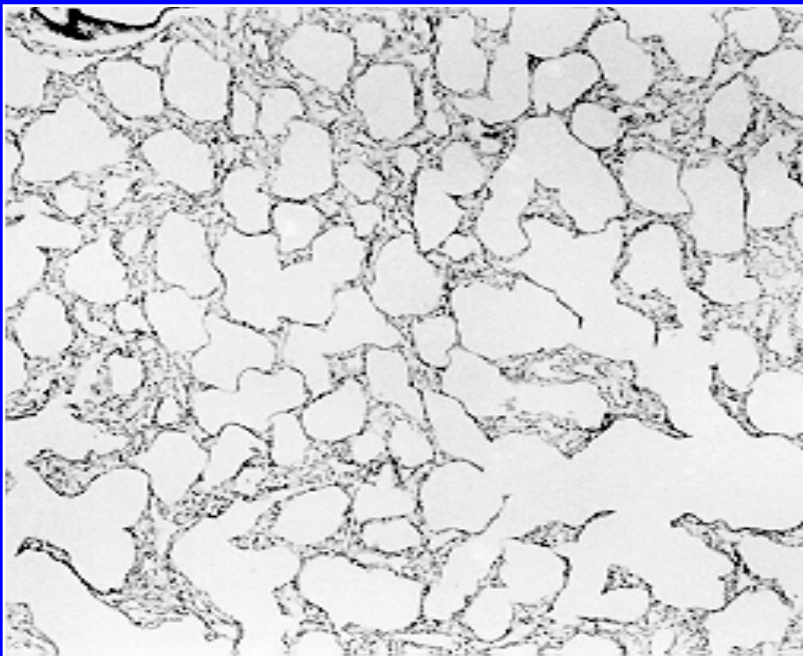
Aumento de FIO<sub>2</sub> - Daño Citotóxico

DBP

# *Daño Pulmonar*

---

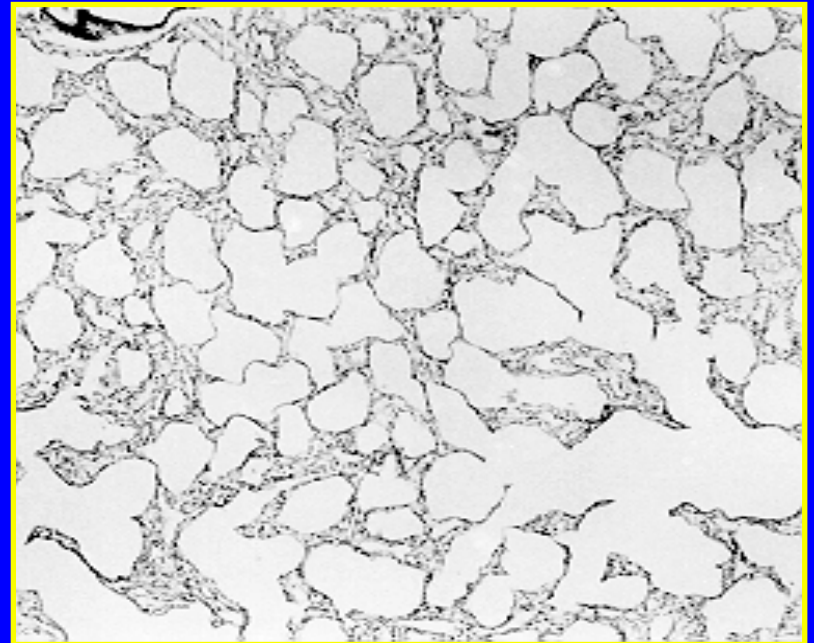
- Ventajas de la HFOV :
  - Insuflación uniforme del pulmón.
  - Mantiene la arquitectura normal de los pulmones durante la ventilación.



# Consideraciones acerca del Daño Pulmonar

- La CMV produce Consolidación, Sobredistensión y formación de Membrana Hialina.
- La HFOV permite la exposición uniforme del pulmón. Minimiza el colapso alveolar, la sobredistensión y la formación de membrana hialina.

*Coalson, J. UT San Antonio*



*Hemorragia Intraventricular y Ventilación de Alta Frecuencia: Un Meta-análisis de Ensayos Prospectivos Clínicos. Pediatrics, Dec. 1996.*

---

Determinar si los prematuros tratados con HFV están en mayor riesgo de desarrollar HIV y/o LPV que aquellos tratados con CMV.

- ◆ Se analizaron 9 ensayos clínicos.
- ◆ Las frecuencias para HIV y LPV iban entre 14%-47% y 5%-16% respectivamente.
- ◆ La HFV se asoció con un aumento del riesgo de LPV pero no HIV.

# *SensorMedics 3100A*

---

- Oscilador “Verdadero”.
- Produce una espiración activa.
- No requiere un tubo ET especial.

# *SensorMedics 3100A*

---

- 1991: Aprobación de la FDA para uso en Recién Nacidos.
- 1995: Aprobación de la FDA para uso en Pediatría. Tratamiento de pacientes pediátricos seleccionados en quienes fracasó la ventilación convencional.  
**(IO > 13 en 2 GSA consecutivos en un período de 6 horas)**
- Sin límite superior de peso.