



HOSPITAL GENERAL DE AGUDOS
JUAN A. FERNANDEZ

CERVIÑO 3356 - (1425) - CAPITAL FEDERAL - ARGENTINA

Principios basicos de la VENTILACION MECANICA

Dra L.Roldan

objetivo

- *Primum non nocere*





Proportional
assist

??

PRVC

??

HFOV

SIPPV

??

VG

?

PSV

???

HFJV

Liquid ventilation

CPAP

??

??

Surfactant

Antioxidants

ITPV

SIMV

??

A/C

ECMO

??

??

???

VAPS

Nitric Oxide

Permissive
Hypercapnia

Ventilacion mecanica

La VM es un procedimiento que sustituye o ayuda temporalmente a la función ventilatoria de los músculos inspiratorios.

utilizado en Neonatología por mas de 30 años
Importante incremento en la sobrevida

controversias

Injuria Pulmonar inducida x respirador (VILI)

“Barotrauma” *Macklin & Macklin 1944*



“Volutrauma” *Dreyfuss 1985, 1988. Kolobow 1987. Carlton 1990.*



“Atelectrauma” *Muscedere & Slutsky 1994*



“Biotrauma” *Meduri 1995 ; Tremblay & Slutsky 1998*

Alteración del desarrollo pulmonar 2^o a ARM

Modelo de DBP en corderos prematuros ventilados por 4 semanas sin hiperoxia

Características histopatológicas:

- Patrones no uniformes de expansión pulmonar
- Desarrollo alveolar alterado
- Abundancia de elastina
- Muscularización de bronquiolos terminales
- Inflamación y edema

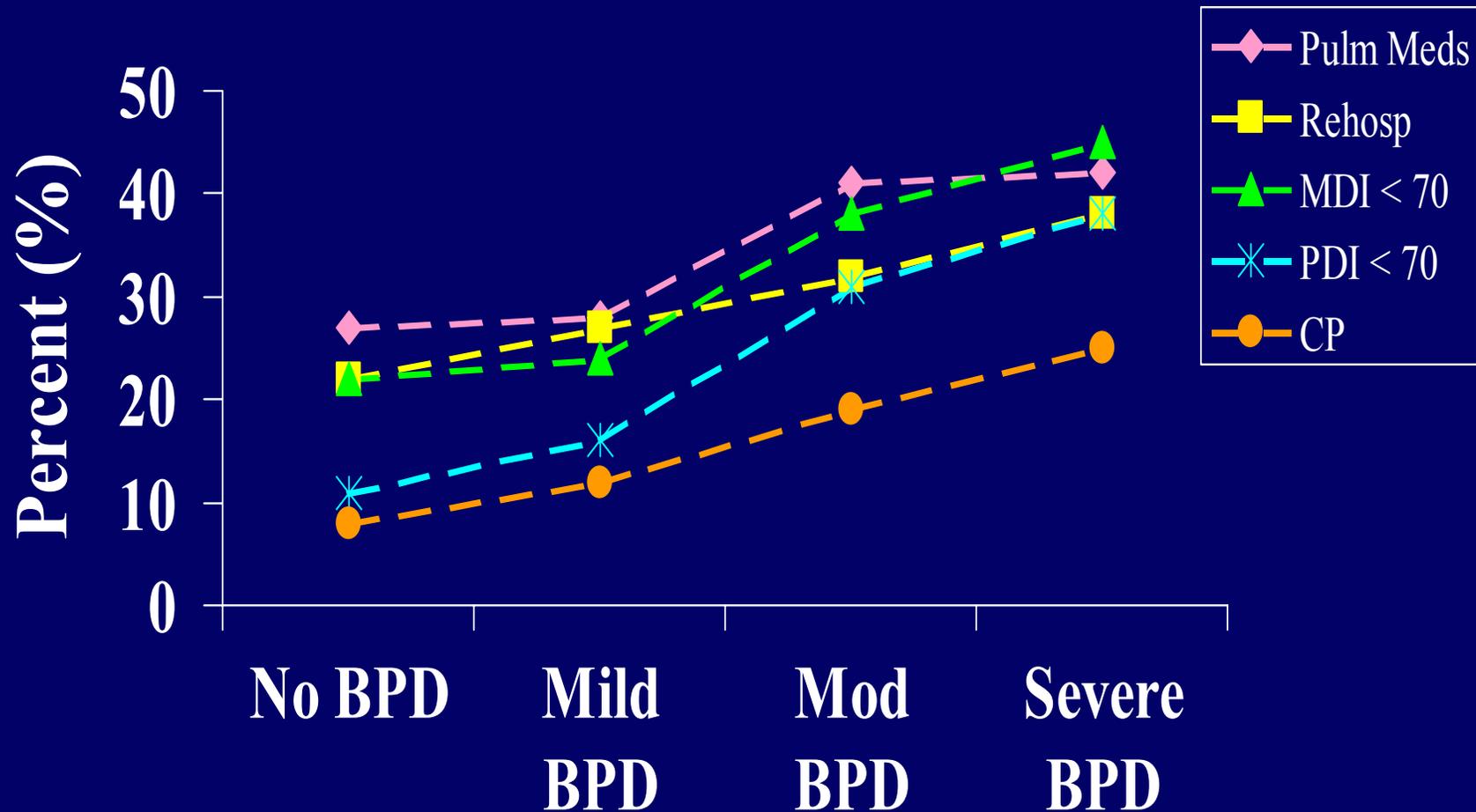
Efecto de la estrategia ventilatoria

La ventilación con V_t elevados (15cc/kg) estuvo asociada con mayor daño pulmonar que V_t bajos (6cc/kg):

- Menor formación alveolar
- Mayor elastina

Albertine KH et al. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 945-958

New BPD Definition and Outcomes



Ehrenkranz et al. Pediatr Res 49:276, 2001

Indicaciones de VM

❑ INSUFICIENCIA RESPIRATORIA.

❖ APNEAS/depresion respiratoria

❖ TRASTORNO DE INTERCAMBIO DE GASES:

- Enfermedad pulmonar primaria o de vias aereas.

¿A QUIEN INTUBAR?

Prediction of respiratory failure in late preterm infants with respiratory distress at birth Dimitriou G, Fouzas S, Giannakopoulos I, Papadopoulos VG,

Decavalas G, Mantagos S. *Eur J Pediatr.* 2010 Jul 29.

Early CPAP versus surfactant in extremely preterm infant

SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver NICHD Neonatal Research Network, Finer NN, Carlo WA, Walsh MC, Rich W, Gantz MG, Laptook AR, Yoder BA, Faix RG, Das A, Poole WK, Donovan EF, Newman NS, Ambalavanan N, Frantz ID 3rd, Buchter S, Sánchez PJ, Kennedy KA, Laroia N, Poindexter BB, Cotten CM, Van Meurs KP, Duara S, Narendran V, Sood BG, O'Shea TM, Bell EF, Bhandari V, Watterberg KL, Higgins RD. *N Engl J Med.* 2010 Jun 10;362(23):2235.

OBJETIVOS DE VENTILACION MECANICA

- **MANTENER ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO**
- **CON UN MINIMO DE INJURIA PULMONAR**
(BAROTRAUMA ,VOLUTRAUMA, ATELECTOTRAUMA, LESION OXIDATIVA)
- **CON MINIMA REPERCUSION HEMODINAMICA**
- **EVITANDO OTROS EFECTOS ADVERSOS**
INMEDIATOS /MEDIATOS (NEUROLOG, PULMONARES)
- **MINIMO TRABAJO RESPIRATORIO**

Redefinir ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO

niveles deseados de PaO₂

Toxicidad pulmonar por O₂

EVIDENCIA DE DAÑO OXIDATIVO

- Los bebés expuestos a **altos niveles de oxígeno** suplementario para lograr una mayor saturación de oxígeno desarrollaron **más enfermedad pulmonar persistente** ((STOP-ROP Trial, BOOST Trial)

Redefinir ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO

hipoxemia :vc pulmonar y daño tisular

- La mayoría de los datos actuales sugieren que SAT O2 **en el bajo 90** es suficiente para RNPRET
- Se necesitan más ensayos para determinar los límites inferiores de SAT O2 aceptable
- se recomienda **evaluación fisiológica** de la "necesidad" de oxígeno

Redefinir ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO

- **niveles deseados de PaCO₂**

Hipercapnia severa, con riesgo de HIC,
ROP, HPP

Hipocapnia, con riesgo de isquemia
cerebral, LPV

Hipercapnia permisiva

- Estrategia ventilatoria

niveles relativamente altos de PaCO_2 para evitar volúmenes corrientes elevados, sobredistensión pulmonar, e hipocapnia, reduciendo potencialmente el daño pulmonar

sobre-ventilación VS gases arteriales “normales”

- *Co2 deseada*: hasta 55 con ph no inferior a 7,20

- MENOR DURACION ARM

- MENOR DAÑO PULMONAR

- MENOR EFECTOS ADVERSOS X HIPOCARBIA

OBJETIVOS DE VENTILACION MECANICA

- **MANTENER ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO**
- **CON UN MINIMO DE INJURIA PULMONAR**
(BAROTRAUMA ,VOLUTRAUMA, ATELECTOTRAUMA, LESION OXIDATIVA)
- **CON MINIMA REPERCUSION HEMODINAMICA**
- **EVITANDO OTROS EFECTOS ADVERSOS**
INMEDIATOS /MEDIATOS (NEUROLOG, PULMONARES)
- **MINIMO TRABAJO RESPIRATORIO**

"... protección pulmonar durante la ventilación asistida para la enfermedad pulmonar neonatal es totalmente dependiente de las estrategias que se individualizan en la fisiopatología primaria o de base. "

Clark, Slutsky & Gerstmann Pediatrics Jan 2000

ESTRATEGIA VENTILATORIA

- ANALISIS FISIOPATOLOGICO
- HIPOTESIS DE TRATAMIENTO
- INPLEMENTACION
- EVALUACION DE RESPUESTA

niveles óptimos de ventilación alveolar

volumen pulmonar/ Volumen Tidal/
Volumen Minuto

VOLUMEN PULMONAR OPTIMO

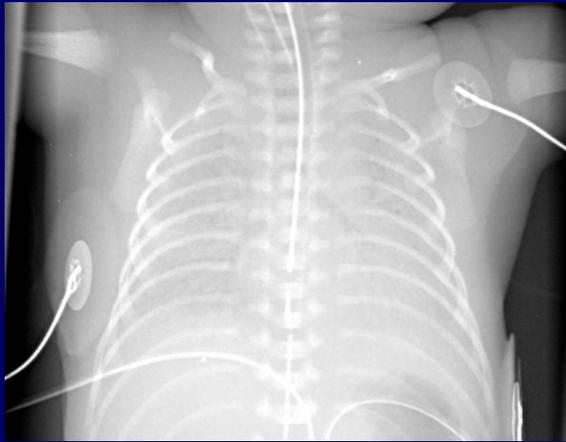
Reclutamiento de alvéolos y segmentos
pulmonares atelectasiados- **reclutables**

"... la ventilación mecánica per se de los animales nacidos prematuros sin exposición a la alta concentración de oxígeno inspirado afecta los resultados en cuanto a lesión pulmonar (Albertina et al.), y volutrauma es el mayor culpable(Dreyfuss et al.)

Volumen pulmonar maximo

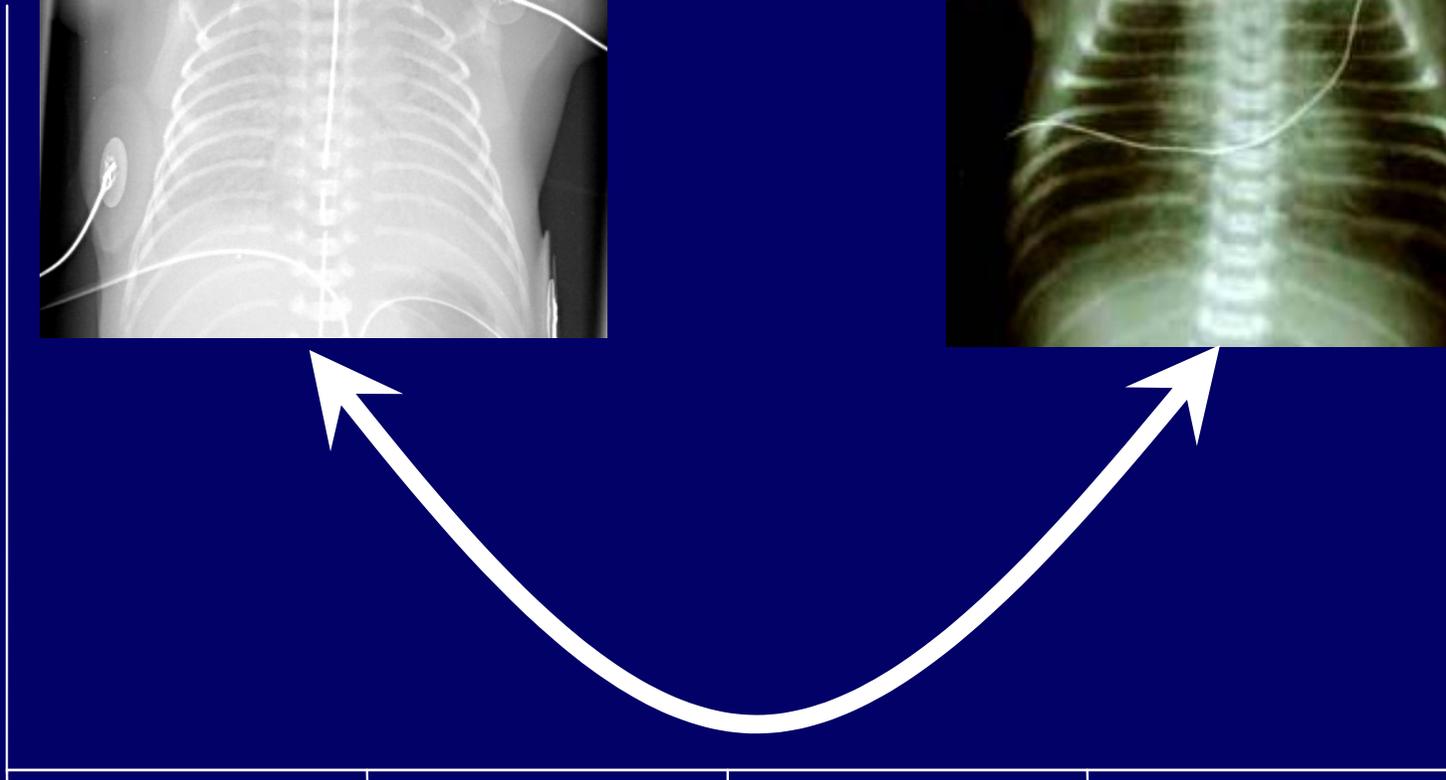
- DISMINUCIÓN DEL EXCURSIÓN TORÁCICA
- AUSCULTACIÓN PULMONAR
- SOBRE-EXPANSIÓN EN RX DE TÓRAX
- EAB RETENCIÓN DE CO₂ CON PAO₂ N O ELEVADA
- DEPRESIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIOVASCULAR : PVC, TA, ACIDOSIS METABÓLICA, EDEMA PERIFÉRICO
- INHIBICIÓN DE REFLEJOS RESPIRATORIOS
- MONITOREO (FR /VOL T)

RVP con vol pulmonar bajo y sobre FRC



PVR

Volumen pulmonar



OBJETIVOS DE VENTILACION MECANICA

- **MANTENER ADECUADO INTERCAMBIO GASEOSO**
- **CON UN MINIMO DE INJURIA PULMONAR**
(BAROTRAUMA , VOLUTRAUMA, ATELECTOTRAUMA, LESION OXIDATIVA)
- **CON MINIMA REPERCUSION HEMODINAMICA**
- **EVITANDO OTROS EFECTOS ADVERSOS**
INMEDIATOS /MEDIATOS (NEUROLOG, PULMONARES)
- **MINIMO TRABAJO RESPIRATORIO**

- Reducir el trabajo respiratorio y anticiparse a la fatiga muscular

Lucha /sedacion/sincronizacion
/MODALIDADES

- Evitar Depresión del centro respiratorio

hiperventilacion /sedacion

- Evitar aumento de la resistencia de la vía aérea

TET apropiado / manejo d secreciones/

INSPIRACION ESPONTANEA

**CAMBIO DE VOLUMEN
PULMONAR**

```
graph TD; A[CAMBIO DE VOLUMEN PULMONAR] --> B[DELTA DE PRESION]; B --> C[FLUJO DE GAS];
```

DELTA DE PRESION

FLUJO DE GAS

VENTILACION MECANICA

PRESION POSITIVA

```
graph TD; A[PRESION POSITIVA] --> B[FLUJO DE GAS]; B --> C[CAMBIO DE VOLUMEN PULMONAR];
```

FLUJO DE GAS

**CAMBIO DE VOLUMEN
PULMONAR**

MODOS VENTILATORIOS

- **GATILLO**

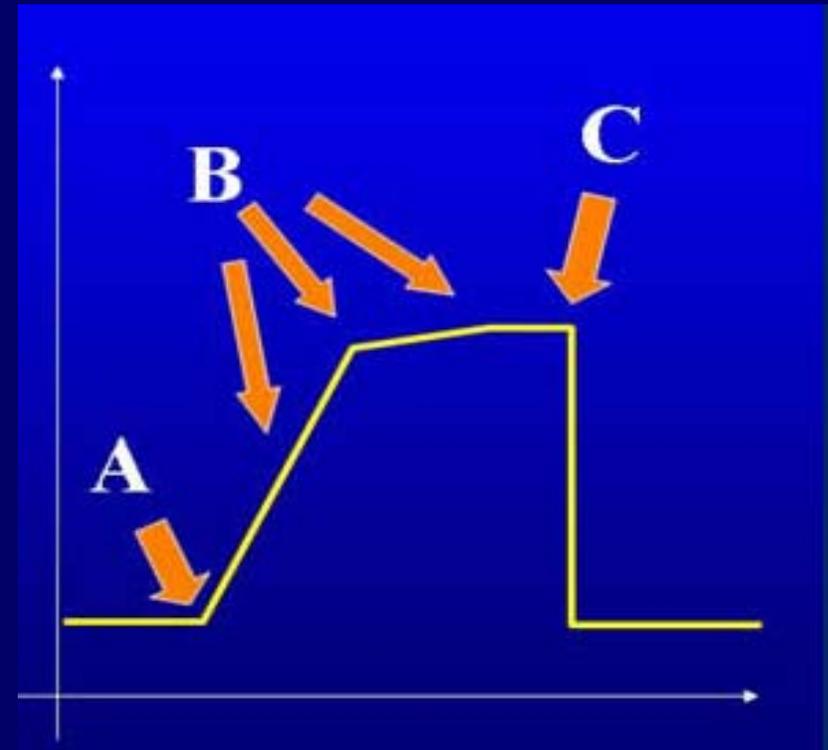
¿Qué causa el inicio de la respiración?

- **CONTROL**

¿Qué regula el flujo de gas durante la ventilación?

- **CICLADO**

¿Qué causa la transición insp/esp?



MODOS

1. GATILLO

por tiempo

por el paciente

Controlados

Asistidos AC/ SIMV/PS

2. VARIABLE CONTROL

presion

volumen

3. CICLADO

tiempo

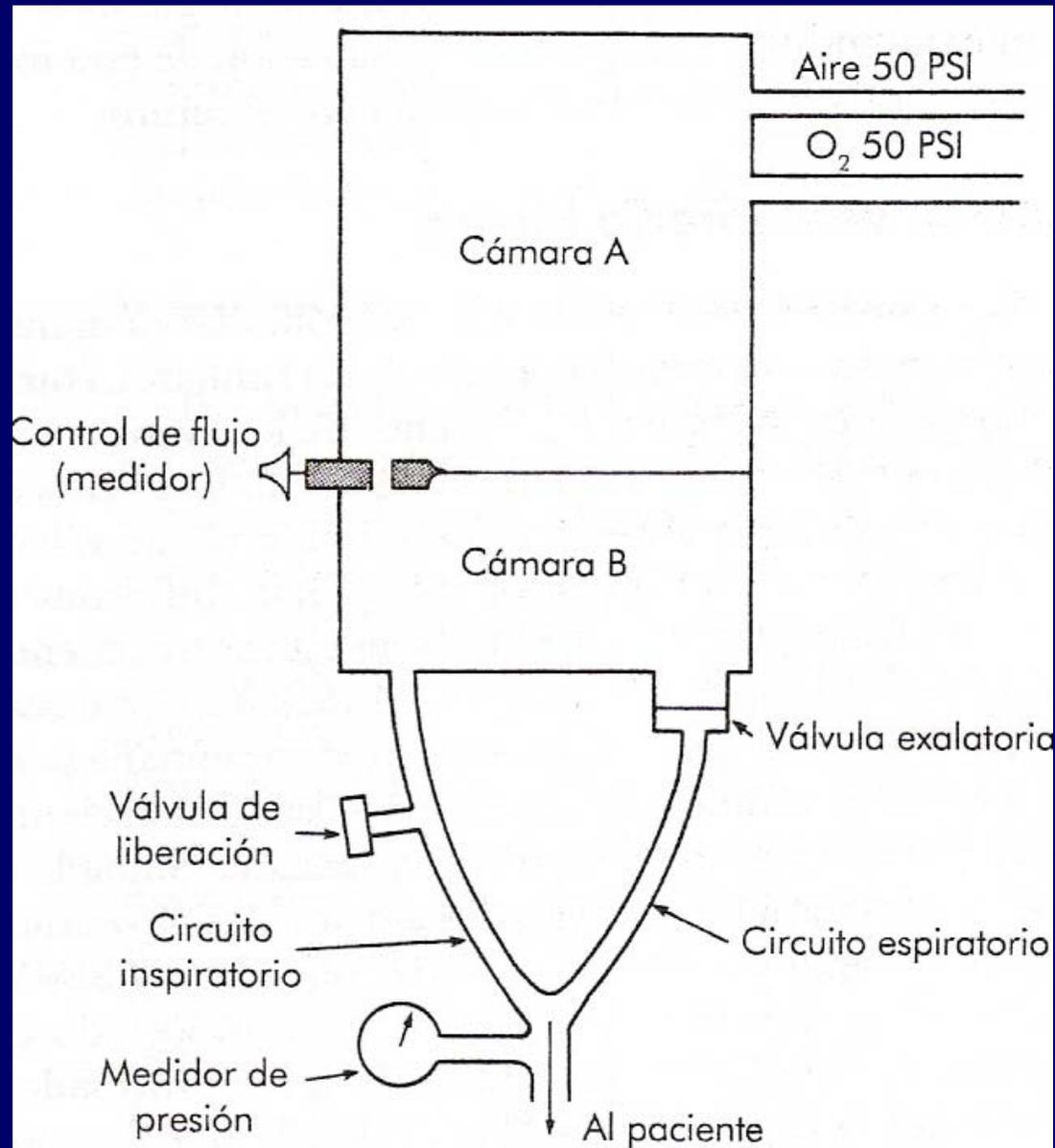
flujo

volumen

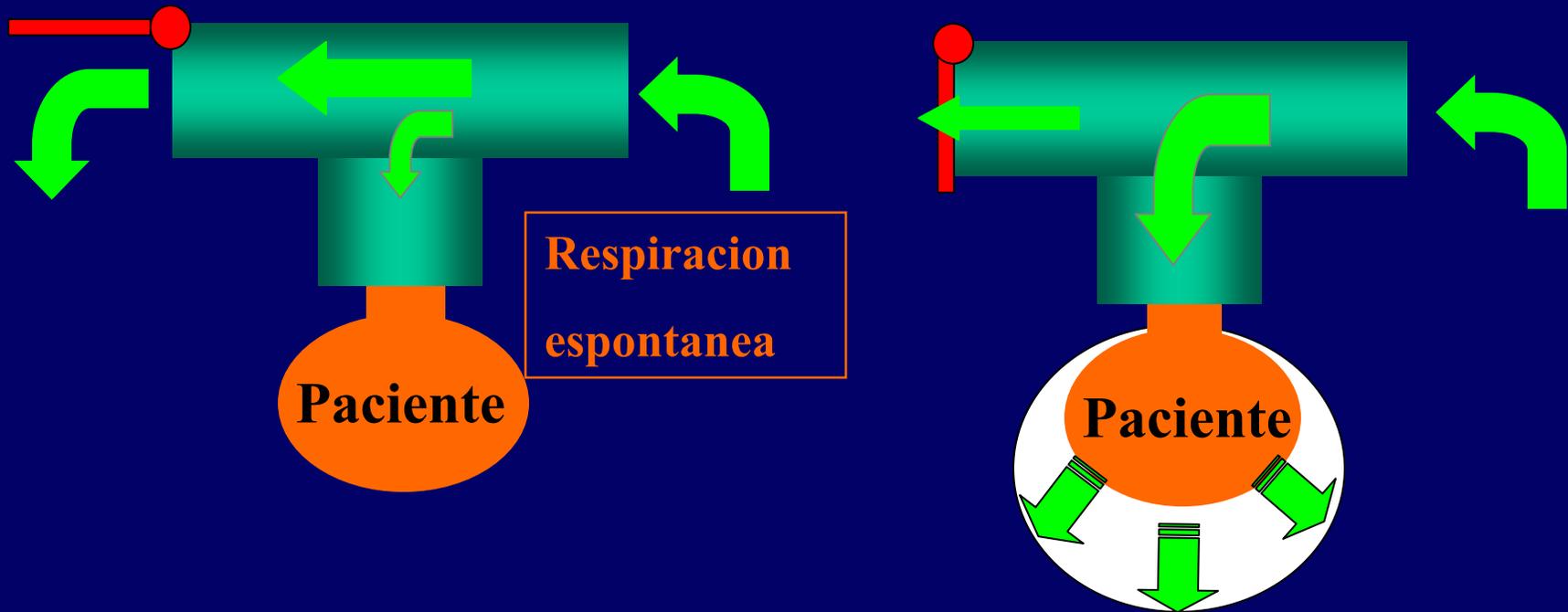
modos hibridos

Ventilacion Mecanica Convencional

IMV -IPPV -(1970)



LIMITADO POR PRESION CMV



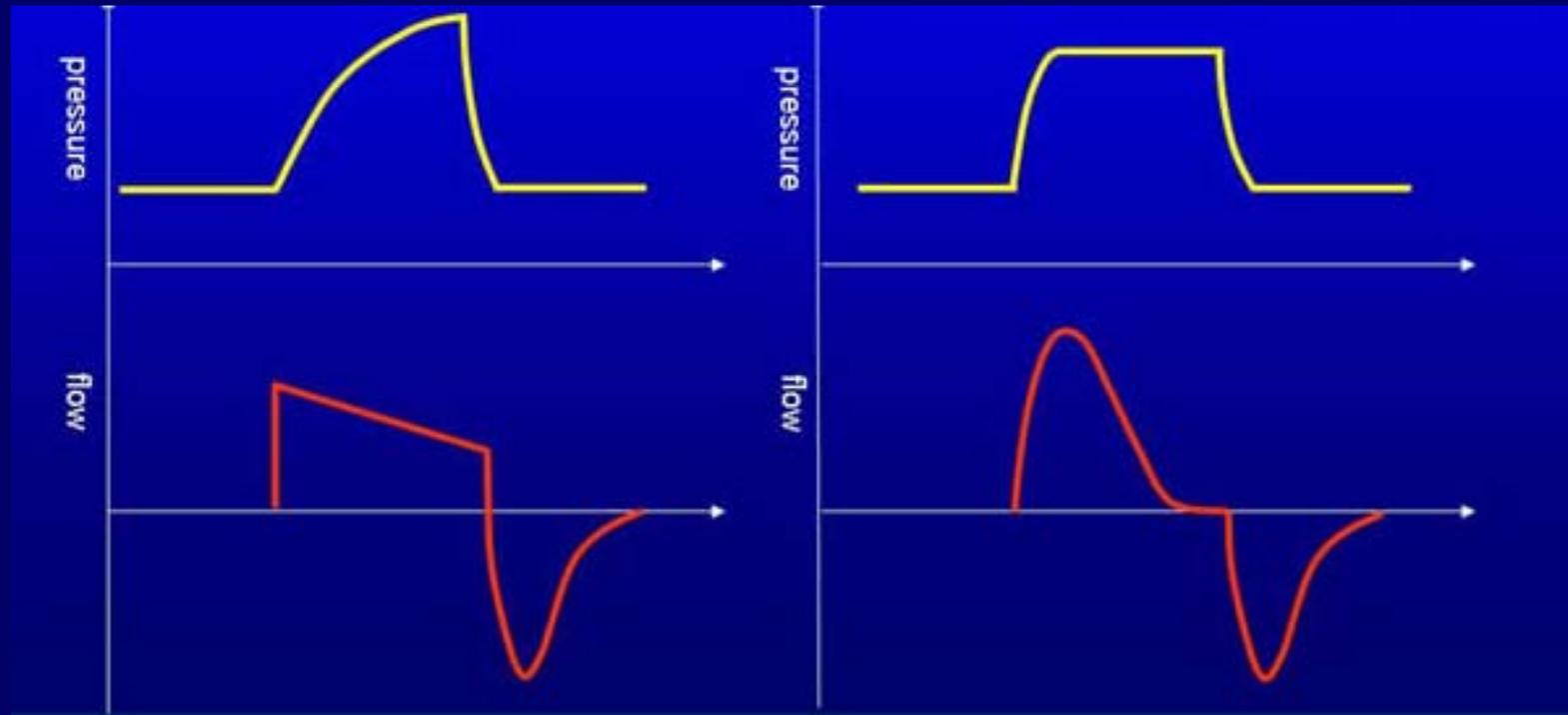
Variable de control PRESION /VOLUMEN

Resp. generada x Flujo

- CONTROL FLUJO
- CICLO FINALIZA AL ALCANZAR EL VOLUMEN
- PRESION ES PASIVA

Resp. generada x Presión

- CONTROL PRESION
- CICLO FINALIZA AL ALCANZAR LA PRESION
- VOLUMEN DEPENDE DE LA COMPLIANCE

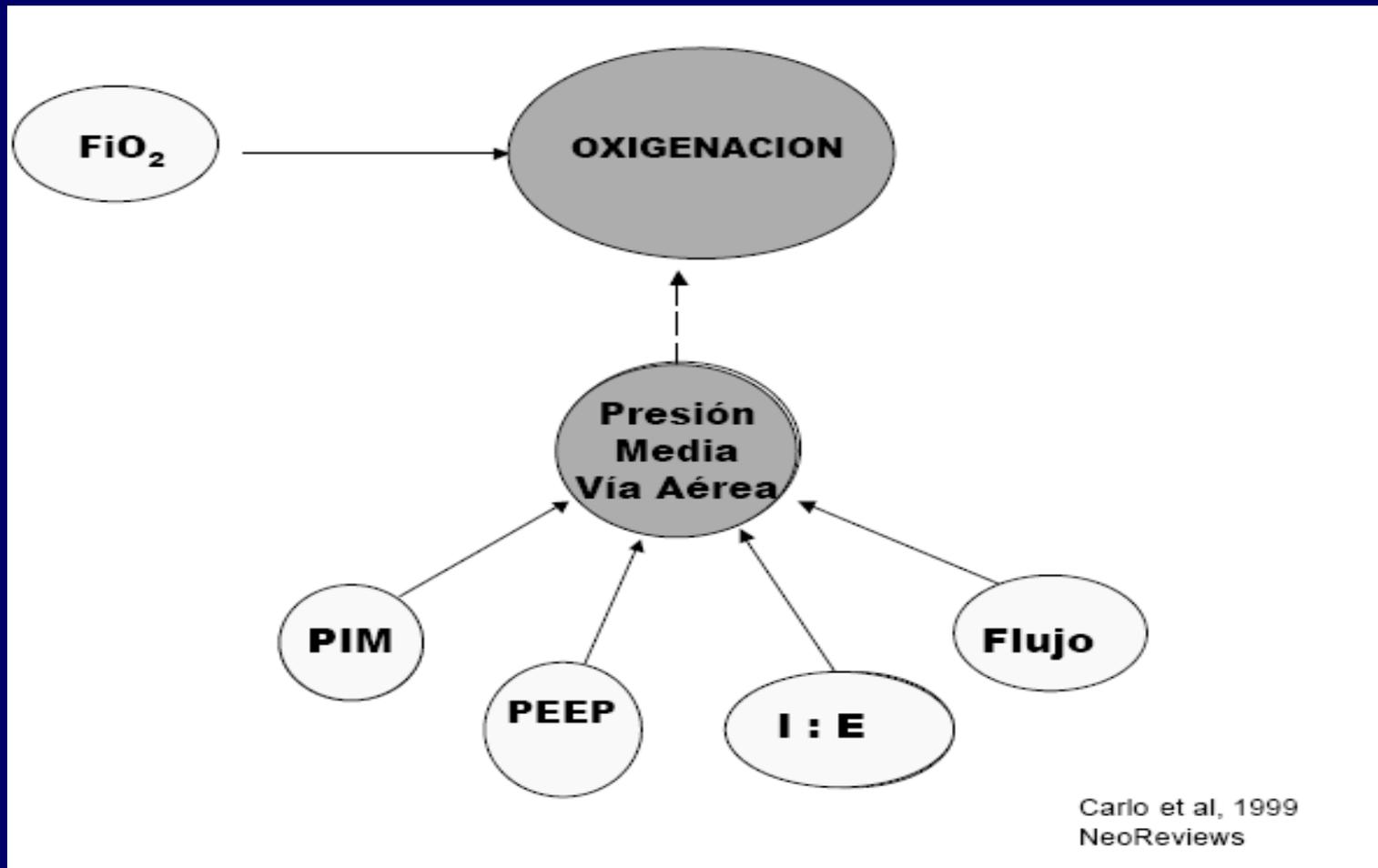


Ventilación presión limitada ciclada por tiempo con flujo continuo (VMI)

Ventajas:

- ❑ control directo de Presión máxima en pulmón.
- ❑ Vol tidal menos afectado por fuga TET
- ❑ Flujo continuo permite respiración espontánea
- ❑ Flujo continuo evita pérdida PEEP por fuga TET
- ❑ Flujo desacelerado ayuda a distribuir volumen de gas .

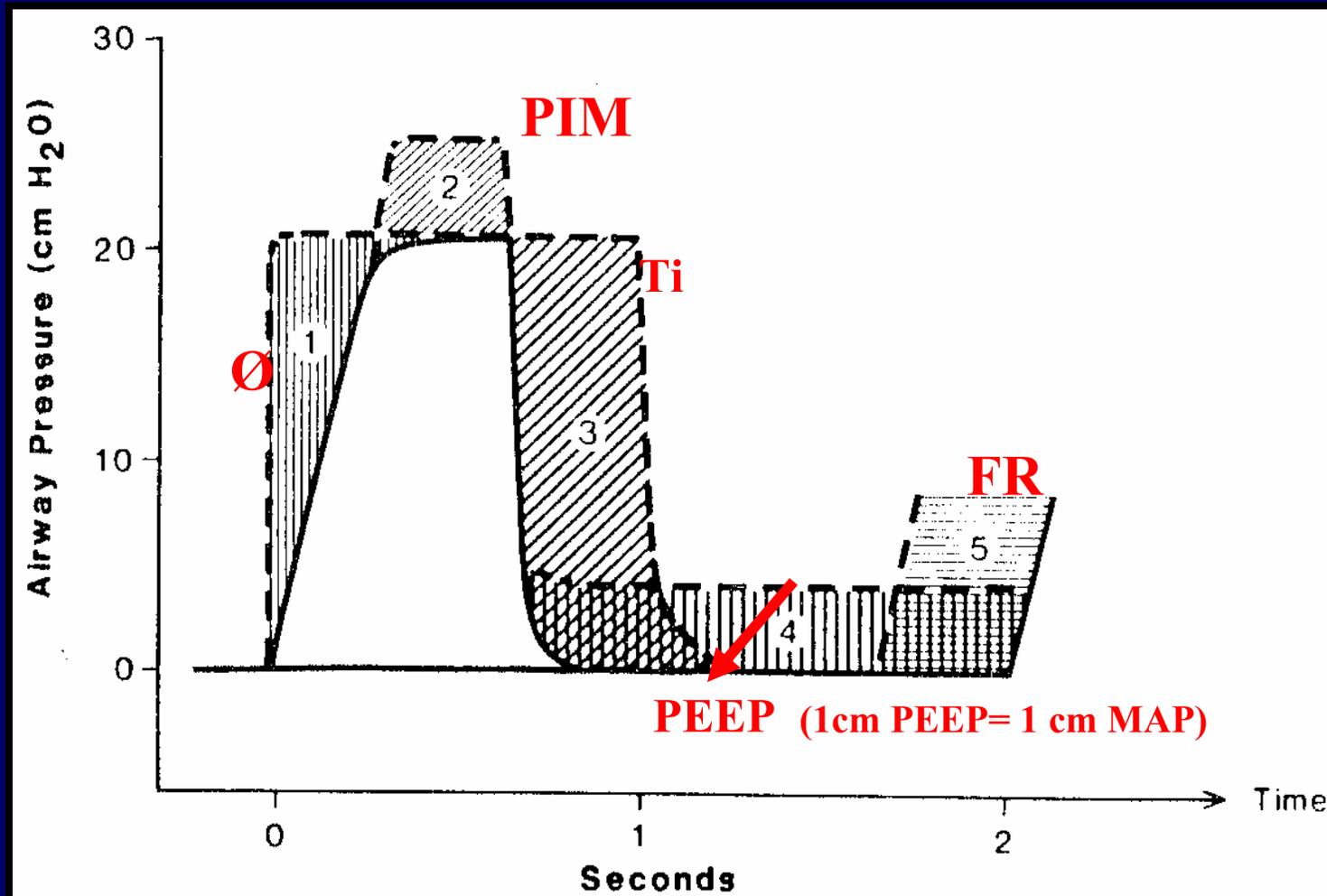
INTERCAMBIO GASEOSO



Ciclo respiratorio en ARM

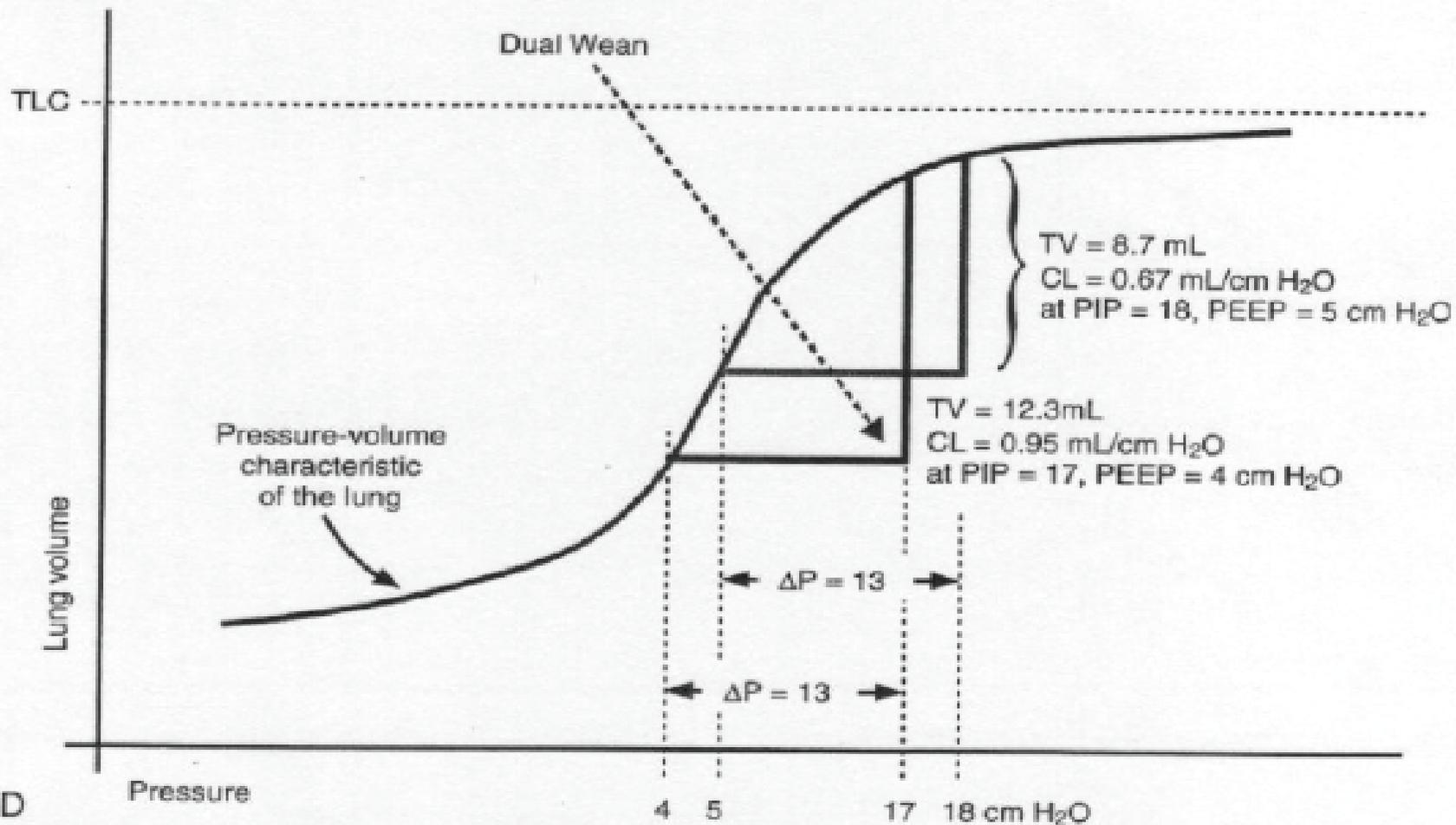
Diferentes formas de modificar la MAP

Área bajo la curva

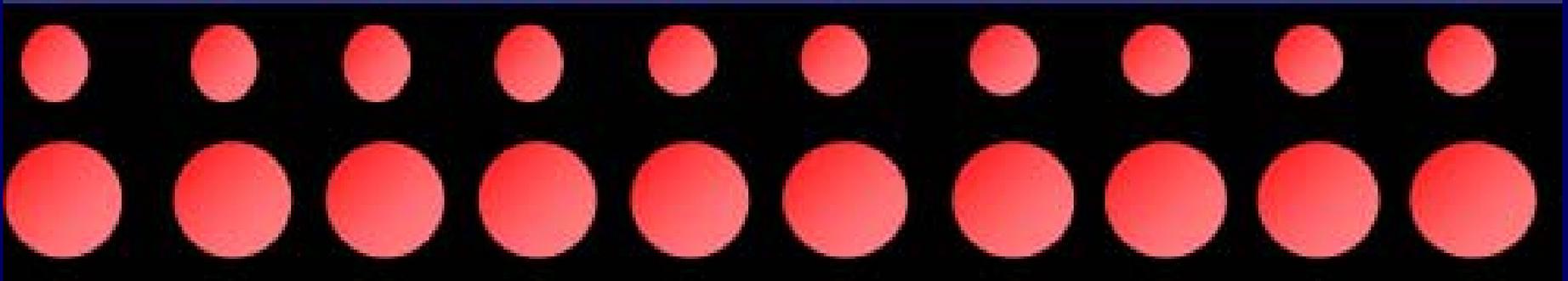


VOLUMEN TIDAL respiradores limitados por presión el VT está vinculado a la diferencia entre PIM y PEEP, y en menor grado al Ti

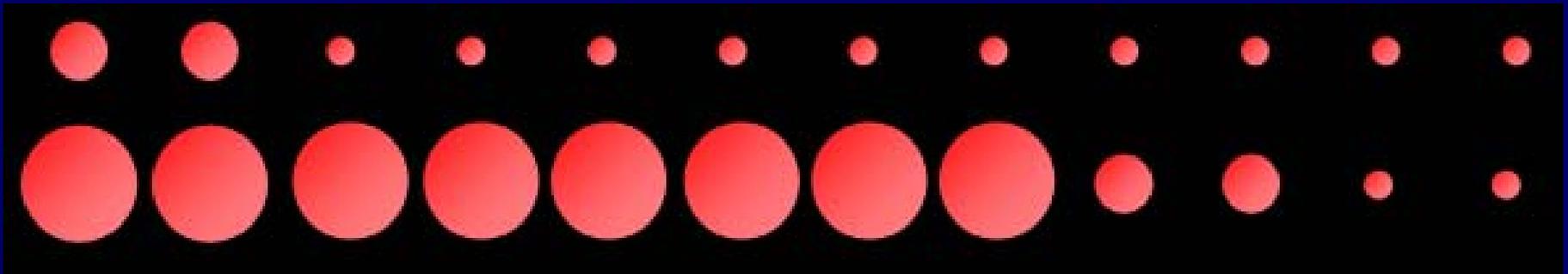
$$VOL_t = (PIM - PEEP) \times \text{distensibilidad}$$



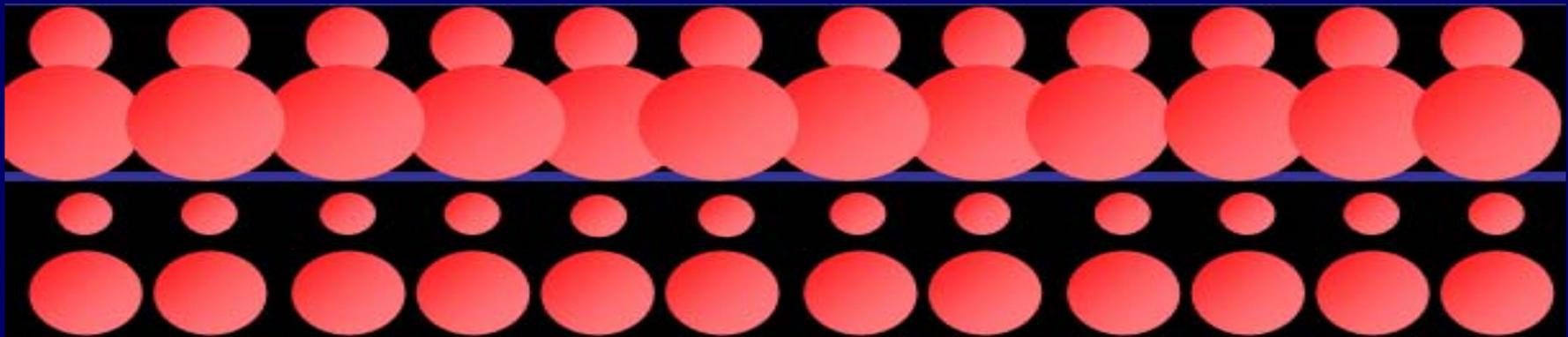
Ventilacion estable



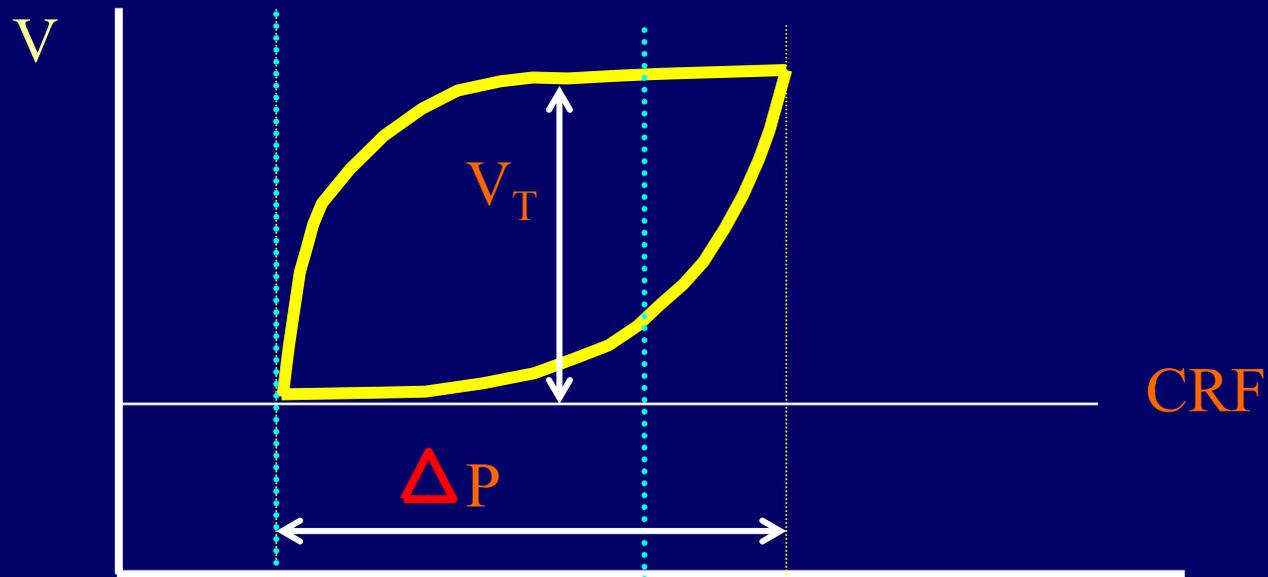
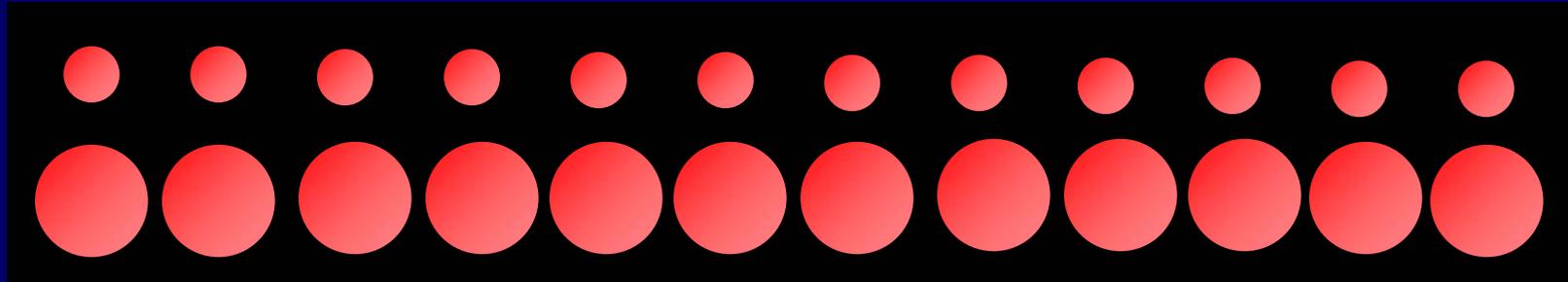
Ventilacion inestable



sobredistencion

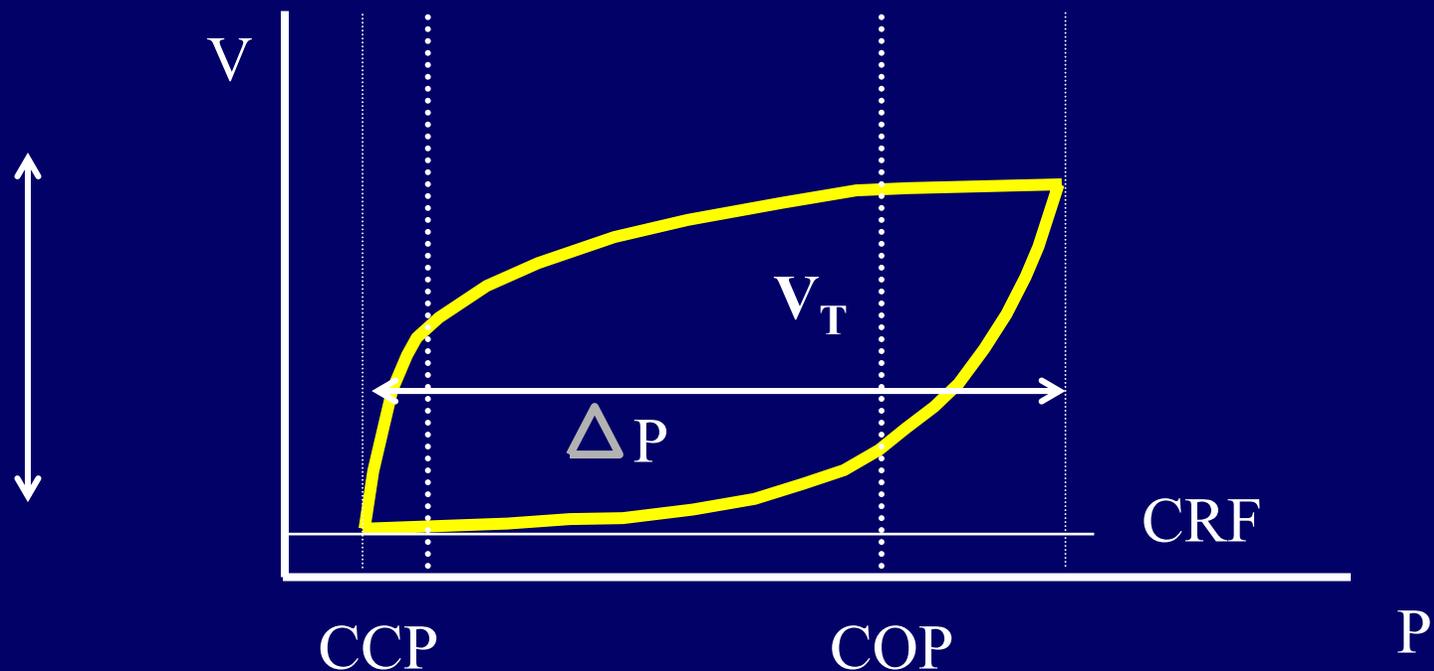
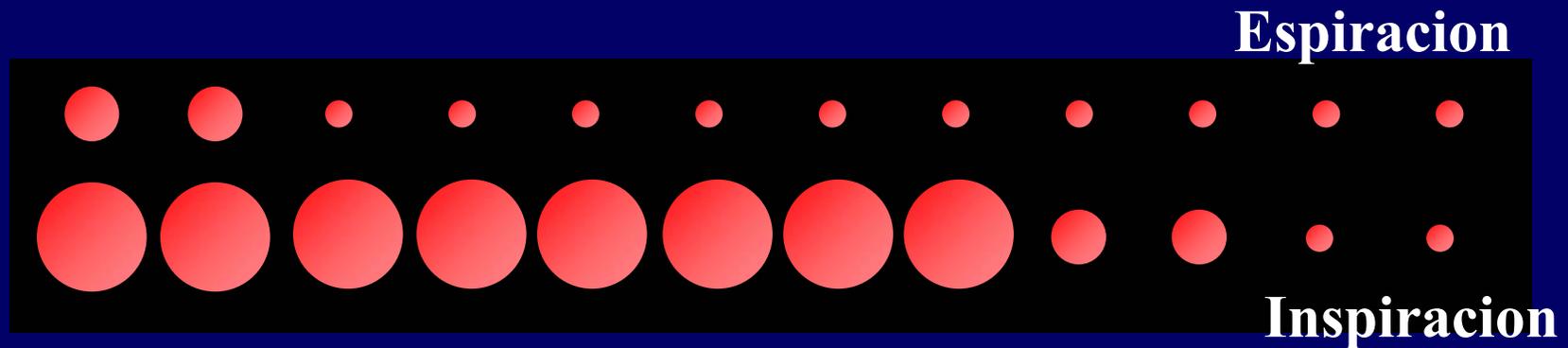


Adecuado PIP, Adecuado PEEP



Buena oxigenacion, menor alteracion V/Q. mas baja FiO₂, P
menor injuria pulmonar

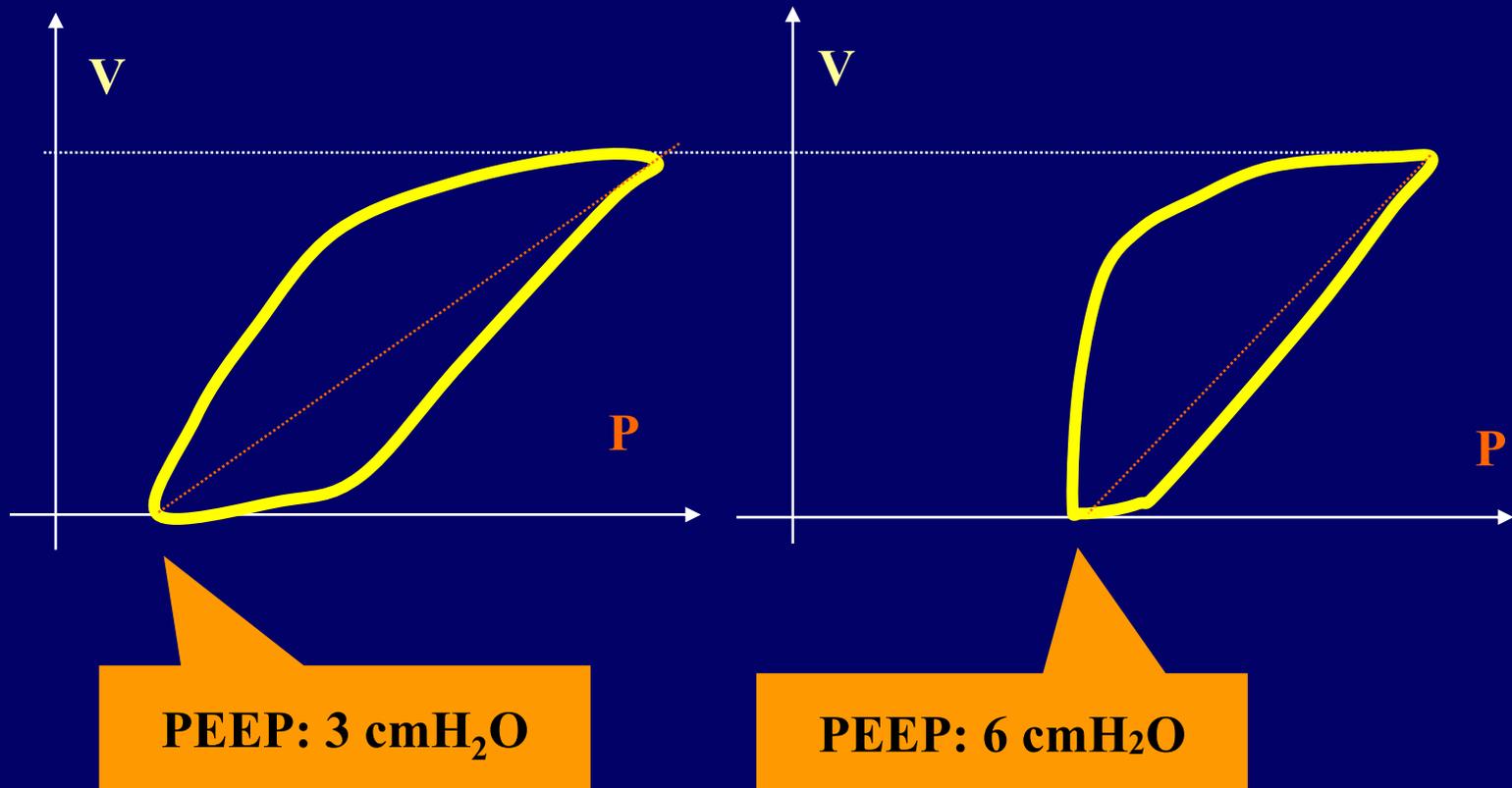
Adecuado PIM PEEP Insuficiente

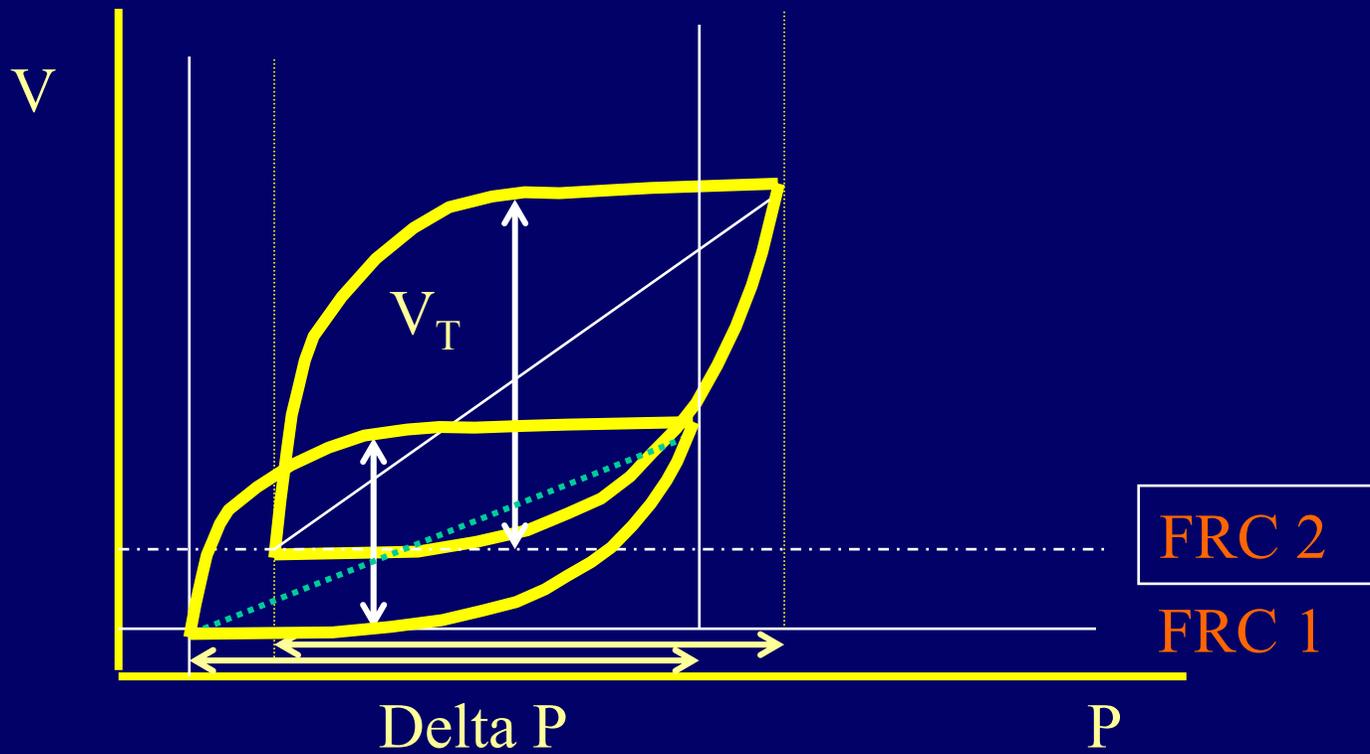
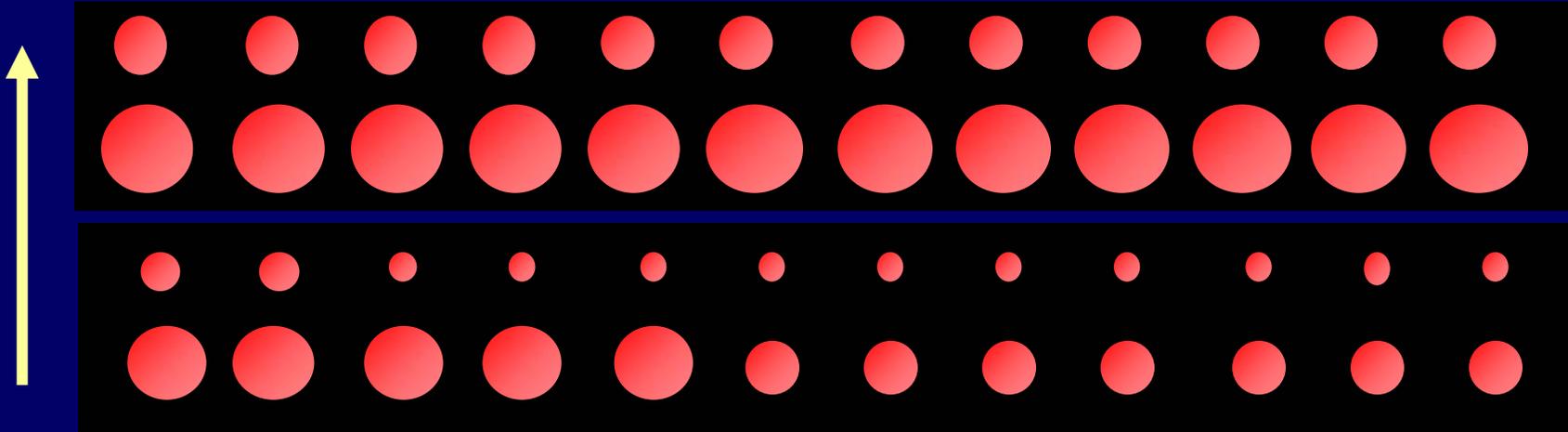


alto delta P, inactivacion de surfactante

Keszler, M. Neoreviews 2006;7:e250-e257

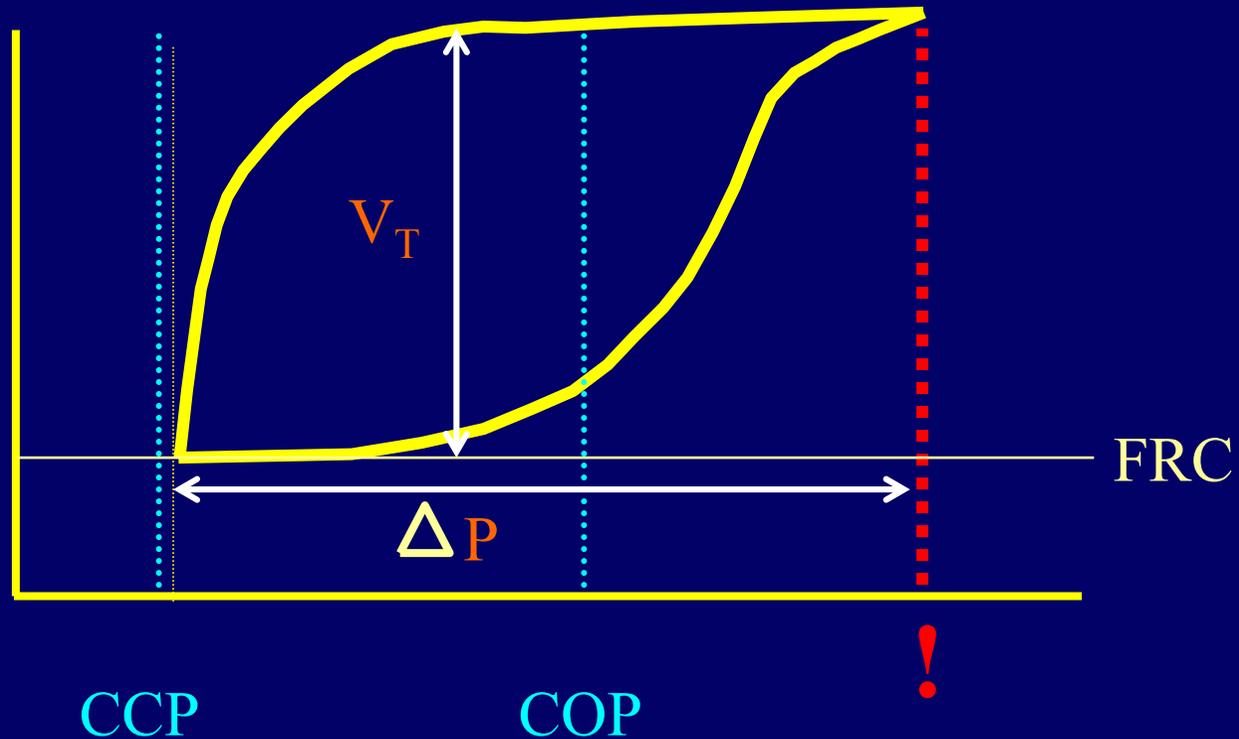
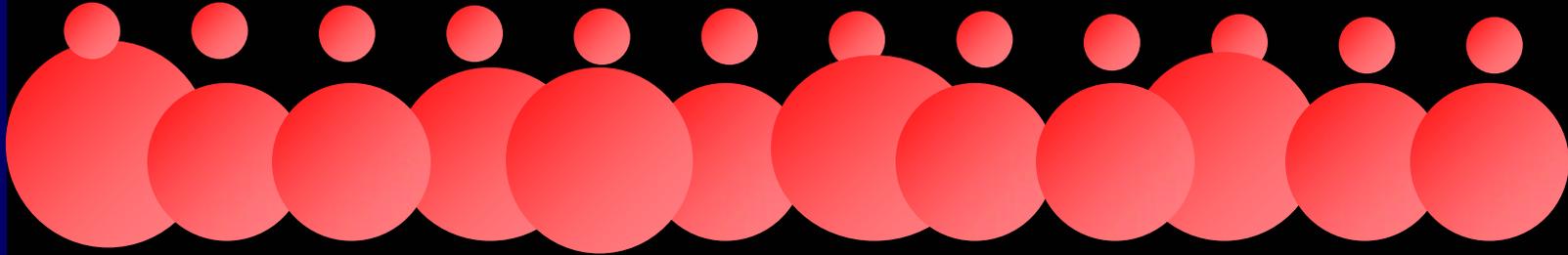
Optimizando el PEEP



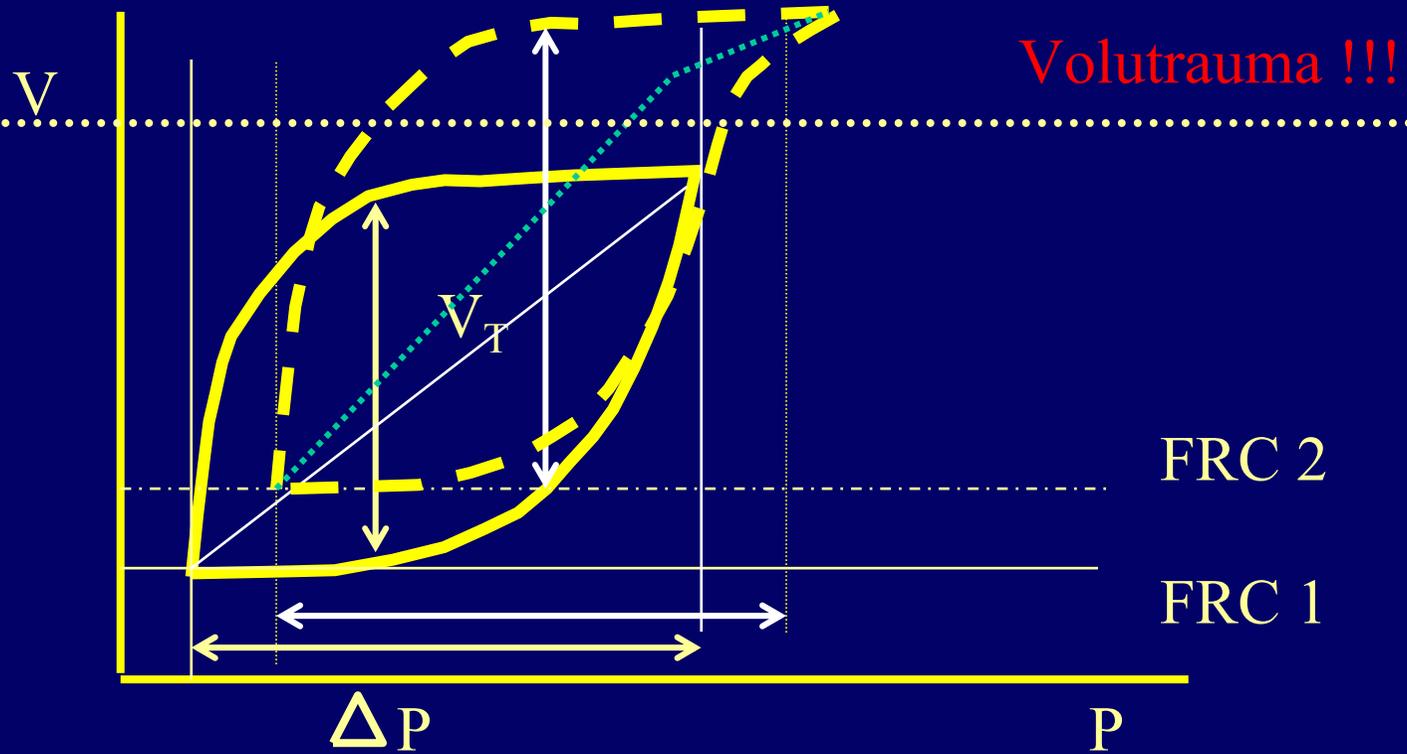
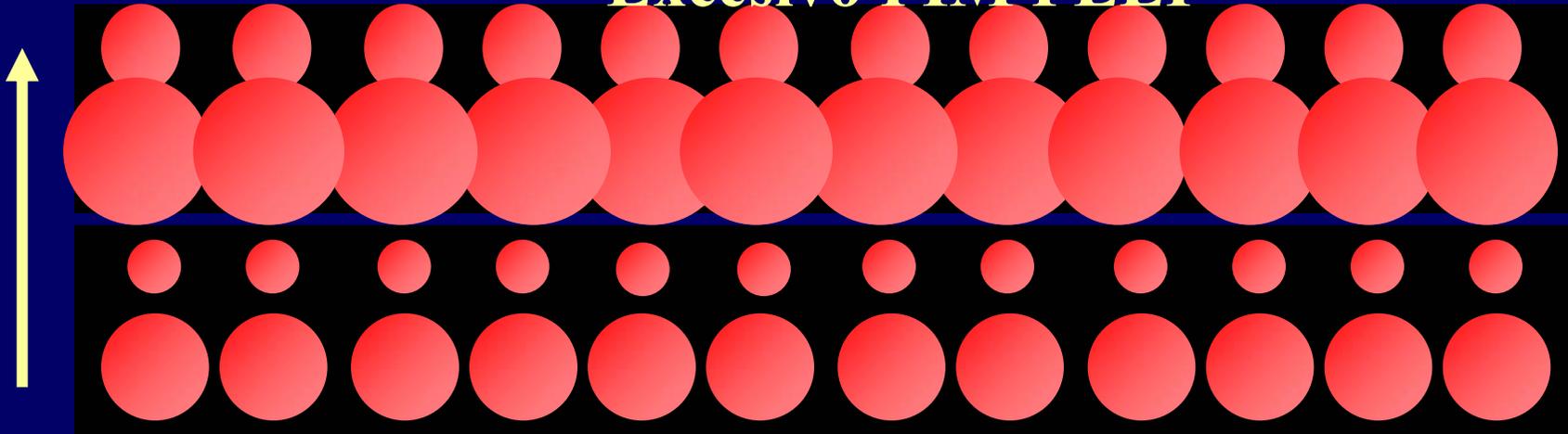


Excesivo PIM, PEEP Adecuado

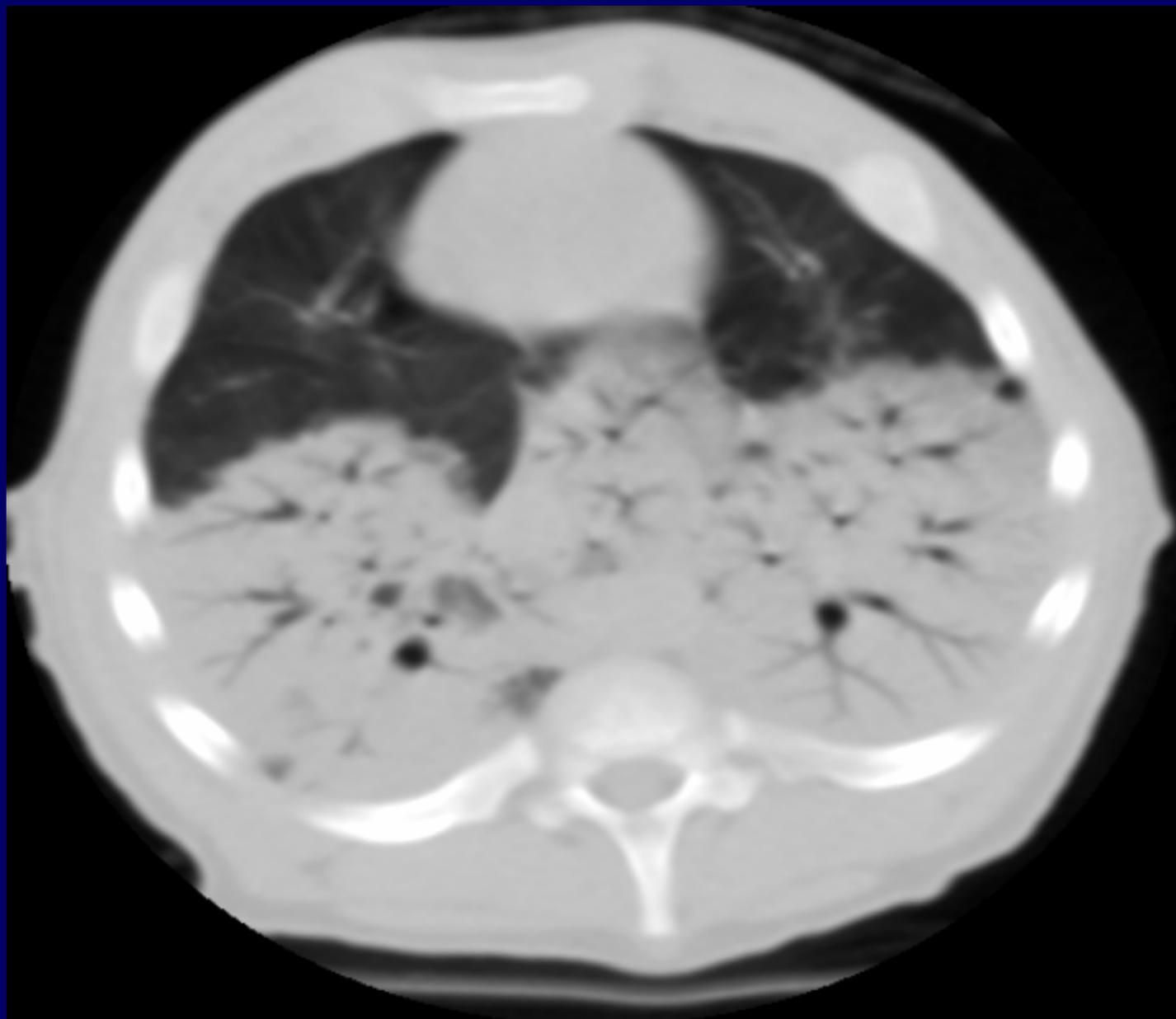
E
I



Excesivo PIM PEEP



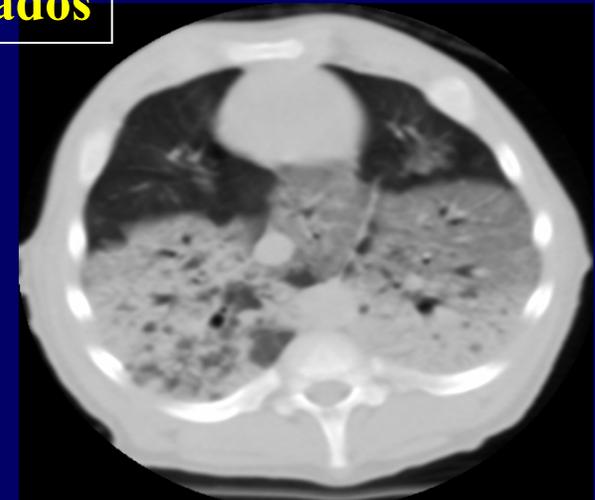
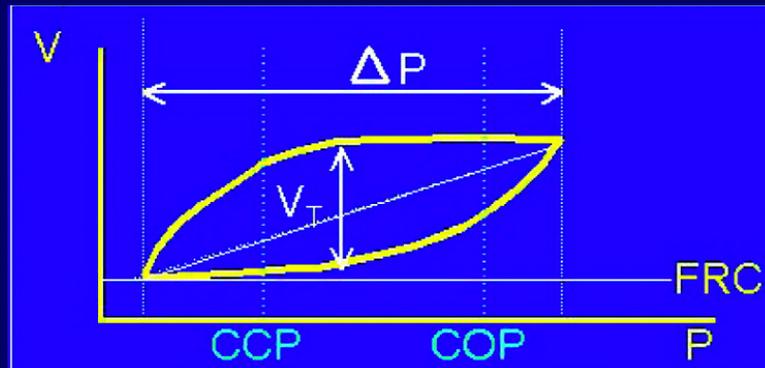
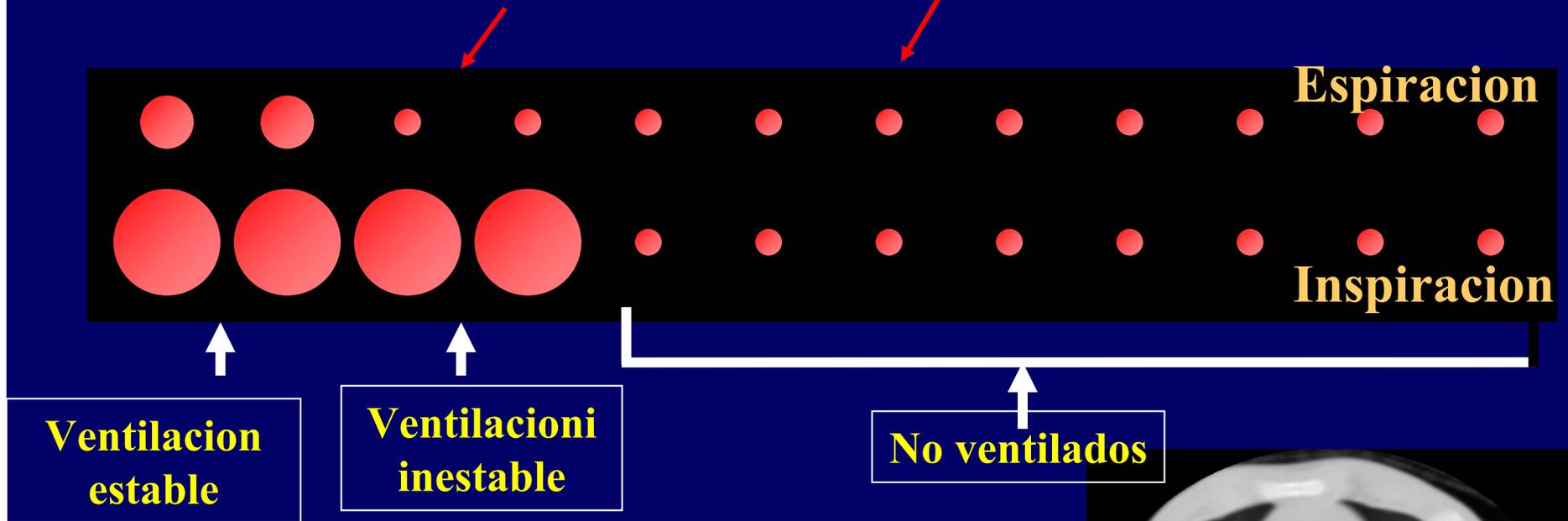




AIREACION NO HOMOGENEA EN SDR

injuria por Reclutamiento/
desreclutamiento

“Atelectotrauma”



Presión Inspiratoria Máxima (PIM)

NO relacionada al peso de nacimiento

La utilización de PIM muy altas puede aumentar el riesgo de barotrauma, escapes de gas y DBP

Greenough et al, 1986

Presión Positiva al final de la espiración (PEEP)

Un nivel de PEEP adecuado previene el colapso alveolar, mantiene el volumen pulmonar al final de la espiración y mejora la V/Q *Carlo et al, 1994*

Efecto opuesto a la PIM con respecto a la eliminación de CO₂ La ventilación con valores de PEEP por debajo del punto de inflexión provoca un aumento del Daño pulmonar *Muscedere JG et al: Am J Respir Crit Care Med 1994; 149: 1327*

CRF /evita el colapso / y la reexpansion

El uso de PEEP elevados previene la caída de la compliance pulmonar asociada con ventilación con volúmenes corrientes bajos

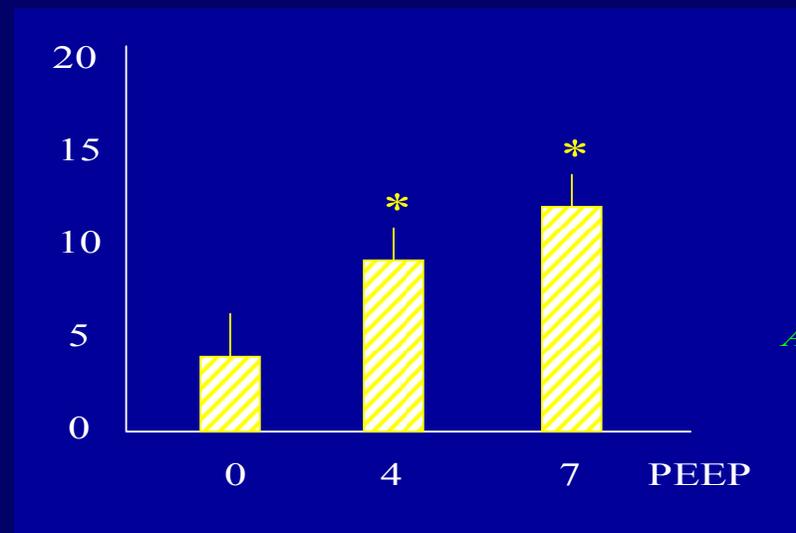
Cereda M et al: Chest 1996; 109: 480

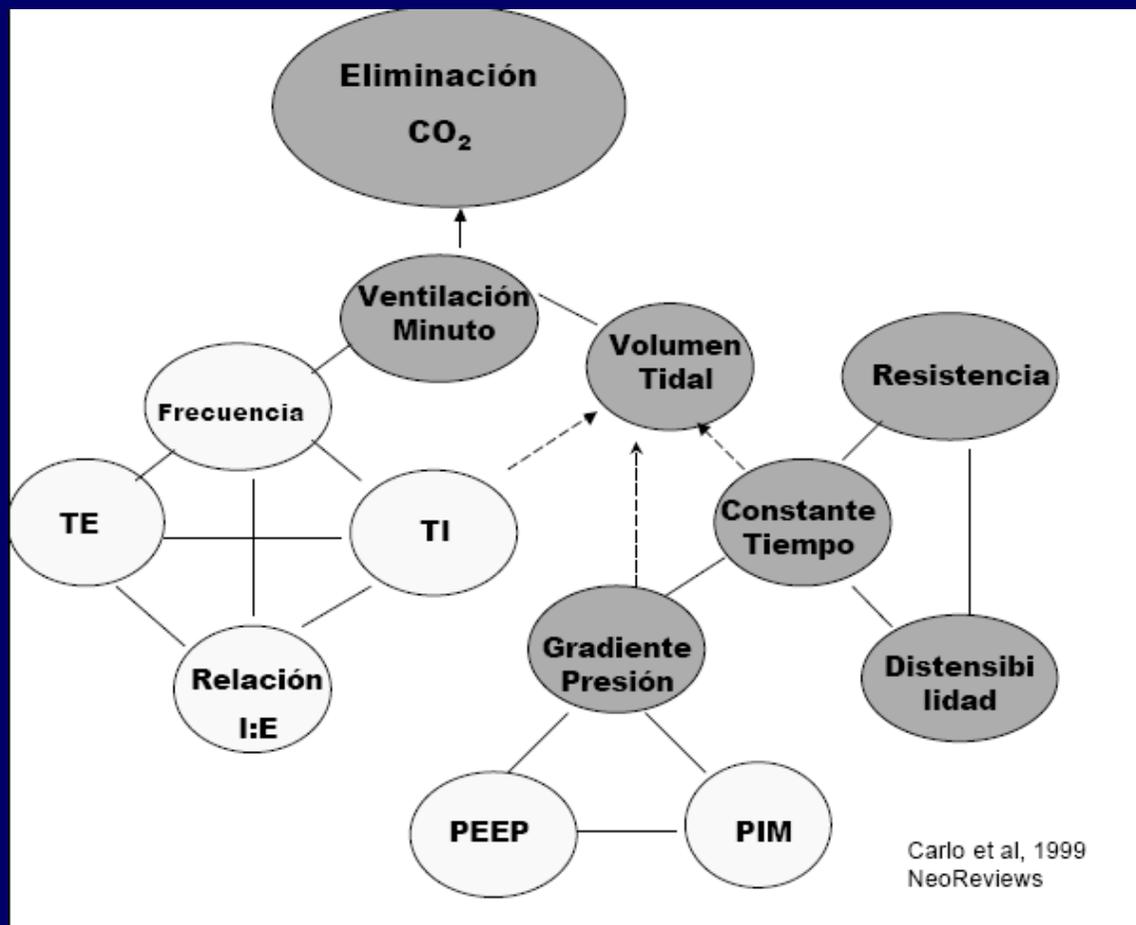
PEEP excesivos no producen gran beneficio en la oxigenación puede disminuir el retorno venoso y precarga del VI disminuyendo gasto cardíaco

Efecto del nivel de PEEP en la respuesta al surfactante

- Niveles crecientes de PEEP (0 - 4 - 7) resultaron en mejoría de oxigenación y compliance, y previnieron la pérdida de función de surfactante asociada a ventilación mecánica (V_t constantes)

LA Pool Size (umol/k)





Volumen tidal / Volumen corriente

- Volumen de gas que ingresa en el pulmón con cada inspiración

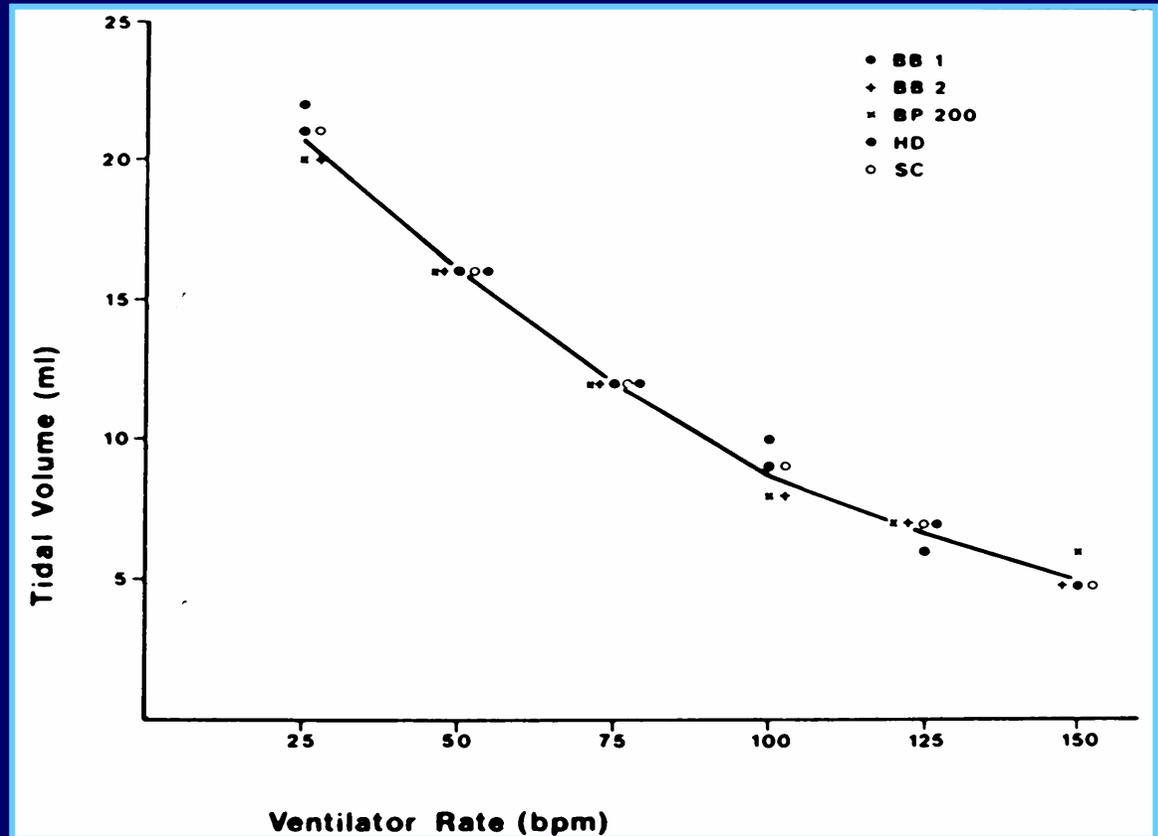
Valor normal: 5-7 ml/kg

- **VENTILACION POR PRESION**

$$V_t = \frac{\text{compliance}}{\text{resistencia}}$$

Frecuencia

Con respiradores de presión la ventilación minuto no es una función lineal de la FR, y alcanza una meseta por sobre cierto nivel de FR



Boros SJ et al. Pediatrics 74:487, 1984

$$\text{Volumen minuto} \Rightarrow V_t \times \text{FR}$$

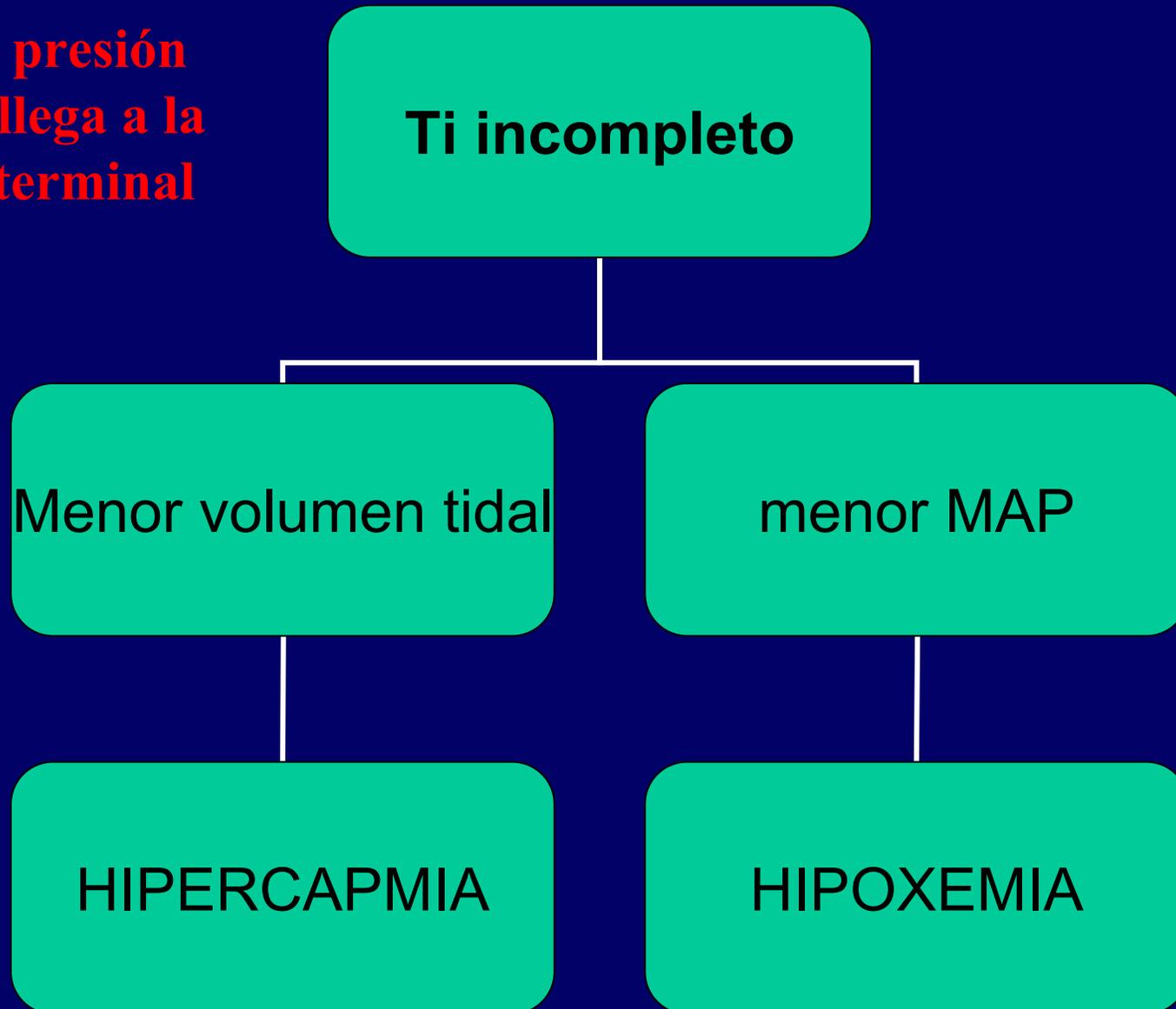
$$V_{\text{min}} \Rightarrow = 300 \text{ ml /kg (5 ml x 60 rpm)}$$

Cambios en la FR (hasta cierto punto) modifican la ventilación minuto, y por consiguiente la PaCO_2

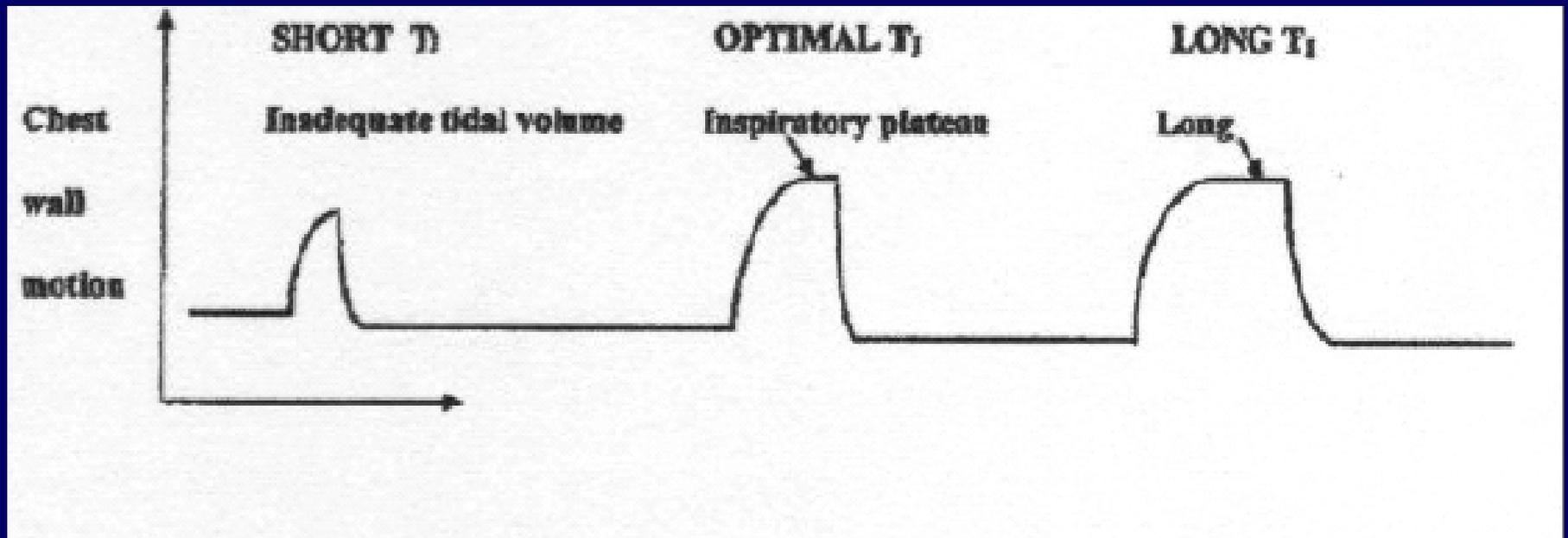
- Una parte importante de la ventilación se pierde al ventilar espacio muerto (VD)
- prematureo relación VD/VT mayor que el RNT

CONSTANTE DE TIEMPO t_{insp}

no toda la presión
generada llega a la
vía aérea terminal



Ti



Relacion I: E volumen corriente efectivo

Ti excesivo

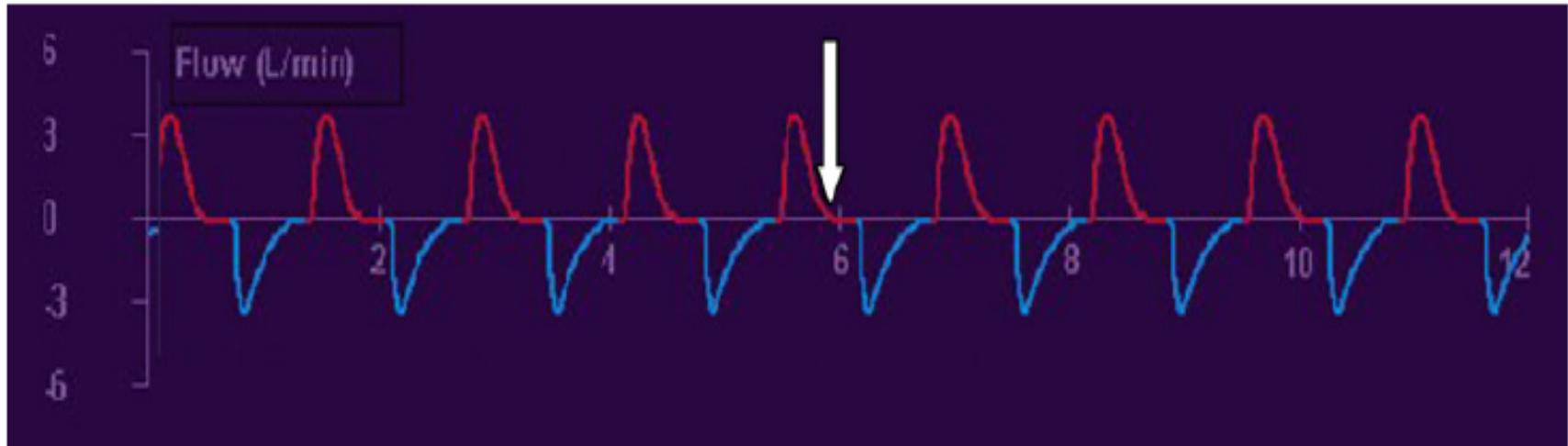


Fig. 25. Time-cycled ventilation. Note how the decelerating portion of the inspiratory flow wave form comes down all the way to the baseline (*arrow*).

Becker M Donn S Clin Perin 34 (2007 ,1- 17)

Te insuficiente

**atrapamiento y puede
generar PEEP
inadvertido**

Disminucion de la
compliance

Menor volumen
tidal

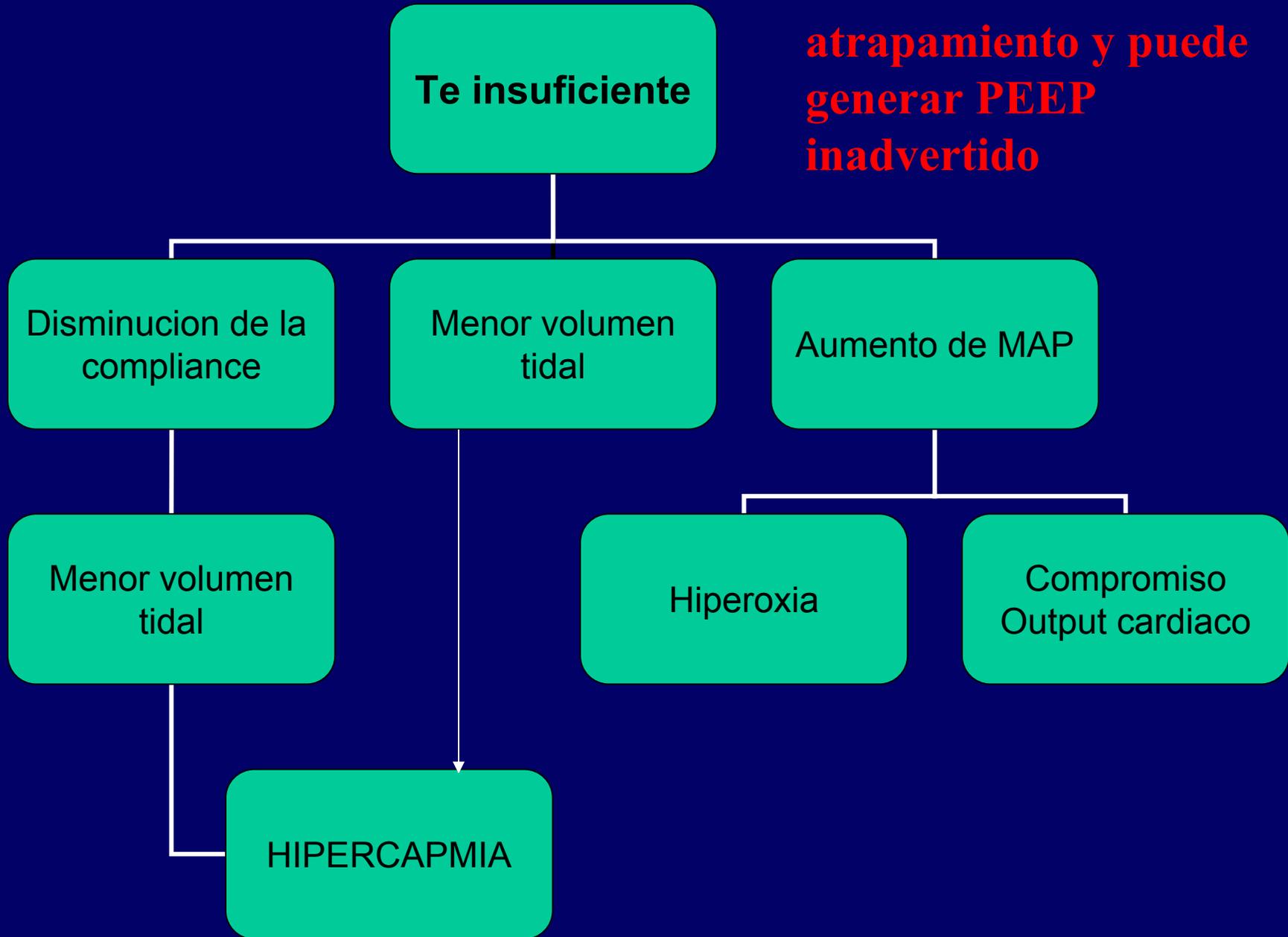
Aumento de MAP

Menor volumen
tidal

Hiperoxia

Compromiso
Output cardiaco

HIPERCAPMIA

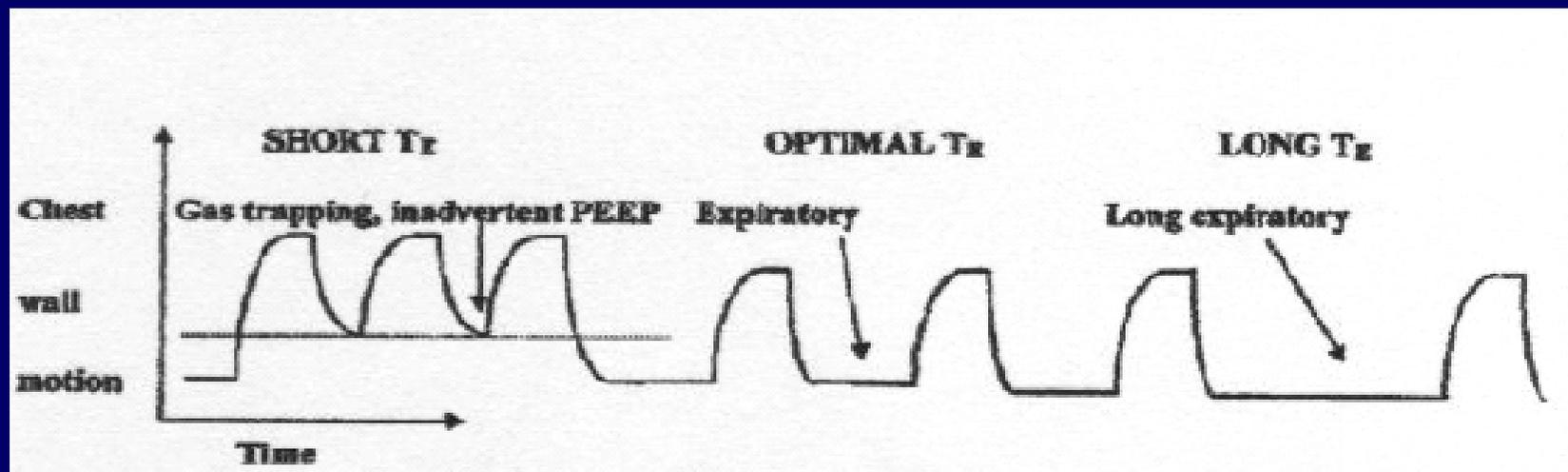


Tiempo inspiratorio excesivo

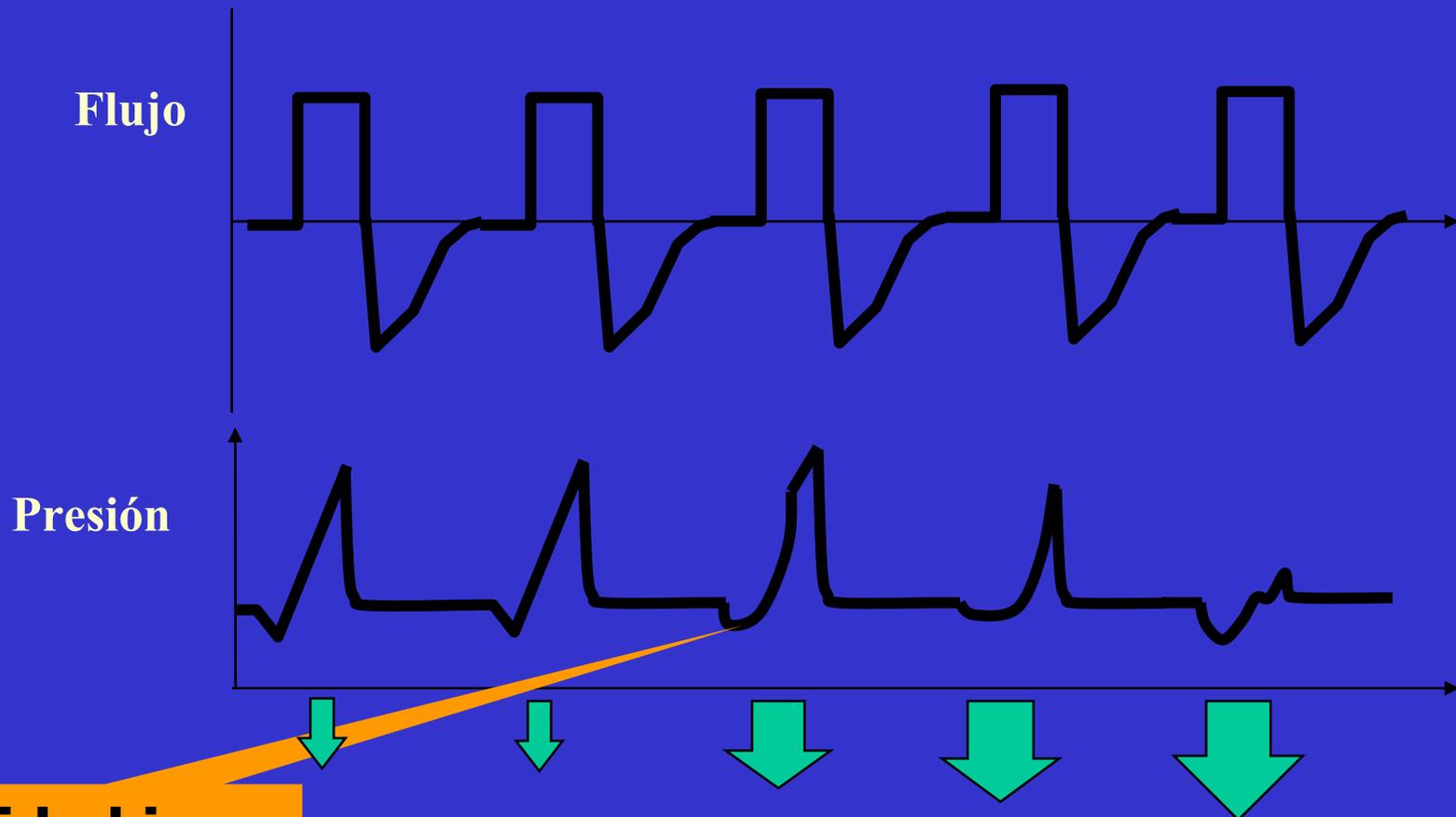
Ocurre con un T_i que excede 3 Ct del pulmón o al haber espiración activa

- Presencia de meseta inspiratoria
- Puede aumentar el TR (“Lucha”)
- Puede aumentar la presión intratorácica, con compromiso del estado hemodinámico
- Puede generar un T_e insuficiente y atrapamiento aéreo

T_e

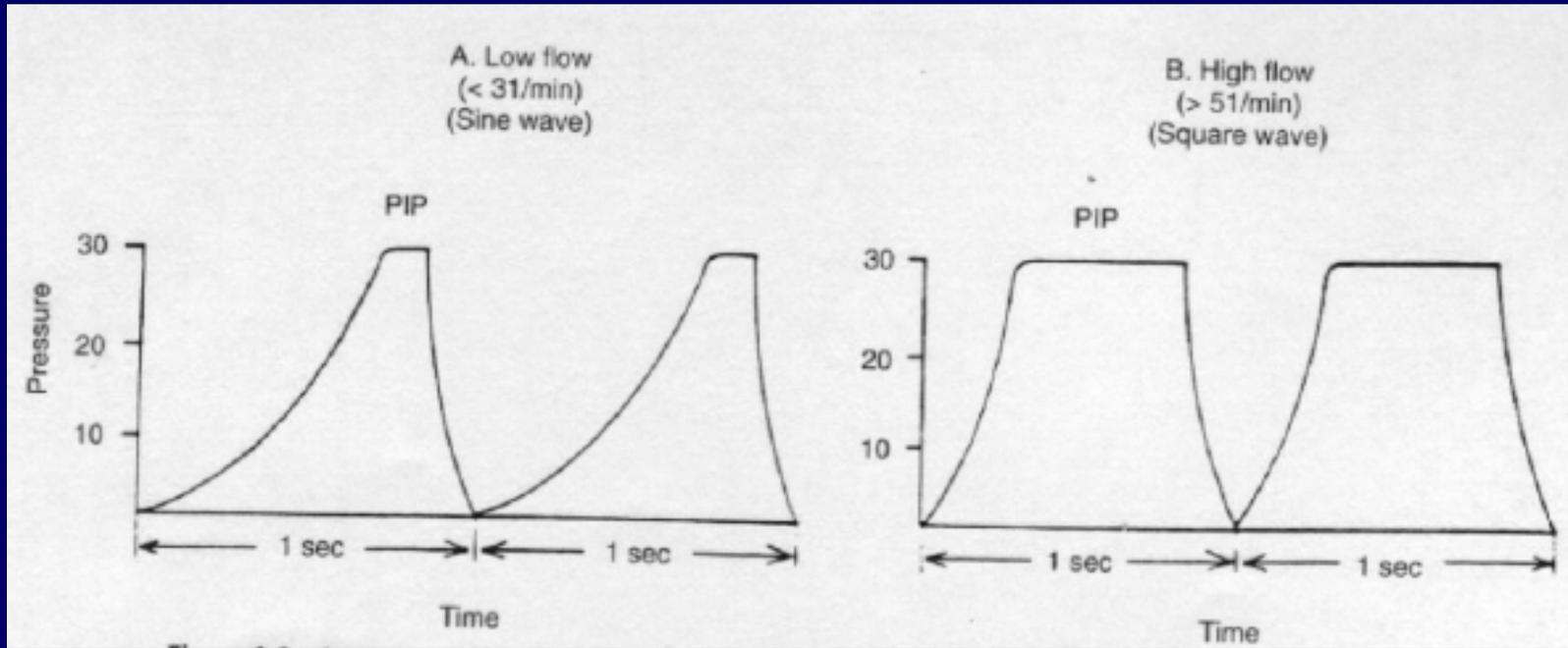


Flujo inspiratorio inadecuado



**Actividad insp.
espontánea**

Influencia del flujo tipo de ondas



HF/ CMV

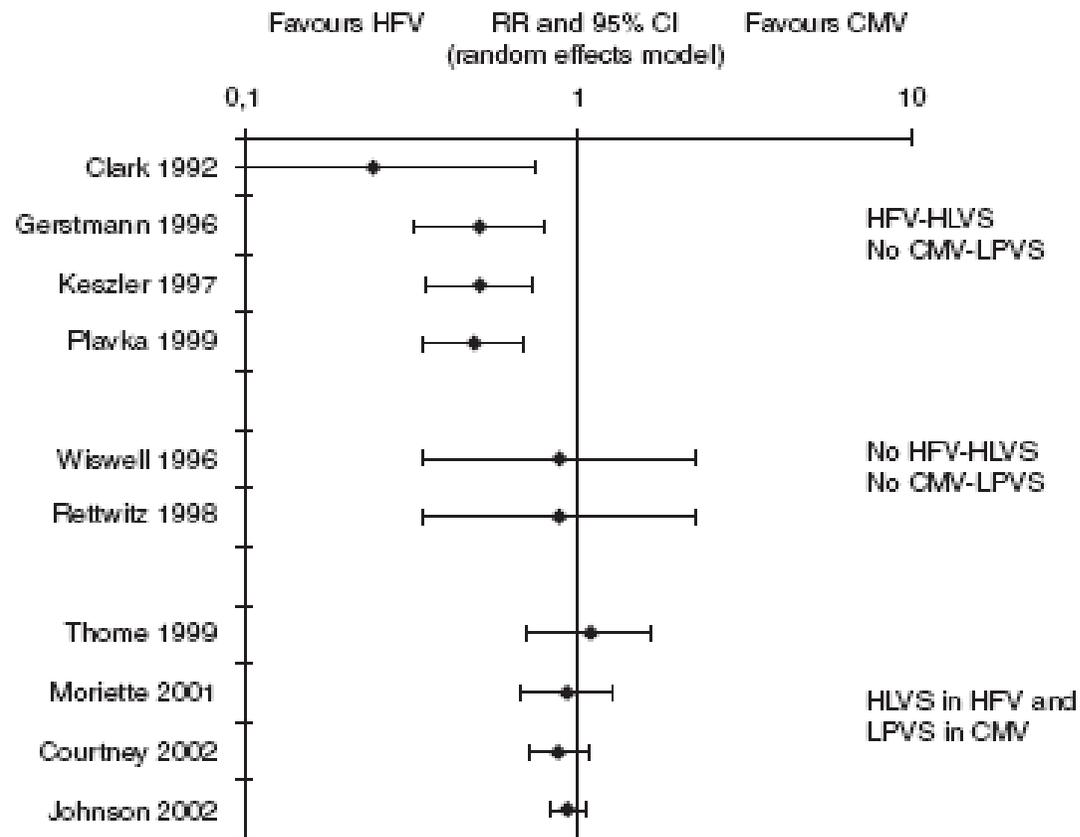


Figure 1 High-frequency ventilation vs conventional mechanical ventilation with and without lung protective ventilatory strategies and bronchopulmonary dysplasia.
*Reproduced with permission from Bollen *et al.*¹⁵

HF/ CMV

CON ESTRATEGIA DE VOLUMEN PULMONAR OPTIMO

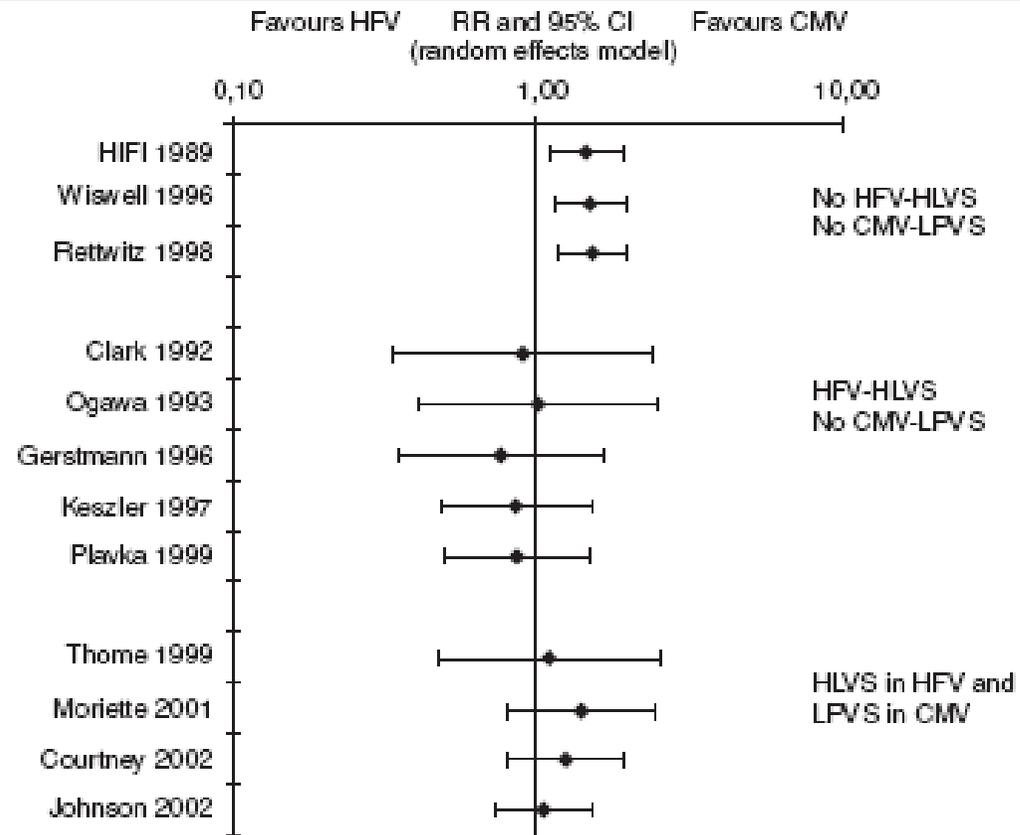


Figure 2 High-frequency ventilation vs conventional mechanical ventilation with and without lung protective ventilatory strategies and intraventricular hemorrhage.

*Reproduced with permission from Bollen *et al.*¹⁵

"La cuestión más importante no es el modo específico de ventilador o el ventilador específicos utilizados, sino más bien una matching de una estrategia del ventilador a la fisiología subyacente del paciente."

Clark, Slutsky & Gerstmann Pediatrics Jan 2000

MUCHAS GRACIAS

Mi agradecimiento

Dr M Keszler

Dr M Sanchez Luna

Dr N Vain