

Principios de la Ventilación Mecánica y Función Pulmonar



Dra. Ximena Alegría Palazón
Prof. Adjunto U. de Valparaíso
Hospital Carlos Van Buren
Clínica Santa María
xalegria@yahoo.com

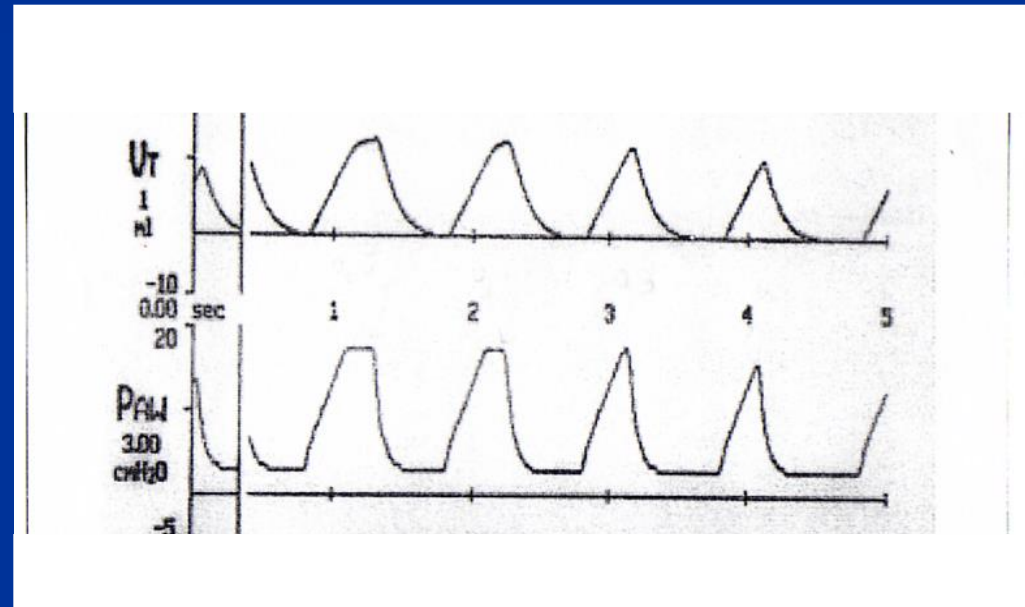
1. Conceptos básicos: R- D- Ct - Ciclo Vent.
2. Cómo programar parámetros durante SIMV
3. Precauciones
4. Volumen minuto
5. FiO₂
6. Tubo endotraqueal
7. Sensor de flujo

Ventilación Mecánica:

- Procedimiento **INVASIVO** de apoyo de la función ventilatoria.
- Se utiliza cuando **fracasa la ventilación no invasiva**.
- Riesgos:
 - Lesión pulmonar *
 - Infección
 - otras

Ciclo Ventilatorio

- Insuflación
- Meseta
- Deflación

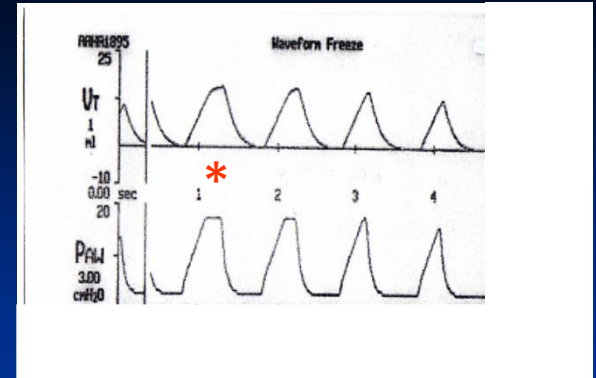


Ciclo ventilatorio

Insuflación:

- A medida que entra el gas, se genera un aumento de la presión alveolar hasta que se iguala con la existente en entrada de la vía aérea, desaparece el gradiente y finaliza la entrada de aire.

Ciclo ventilatorio:



■ Meseta:

- El gas en el pulmón es mantenido artificialmente al estar cerrada la válvula espiratoria

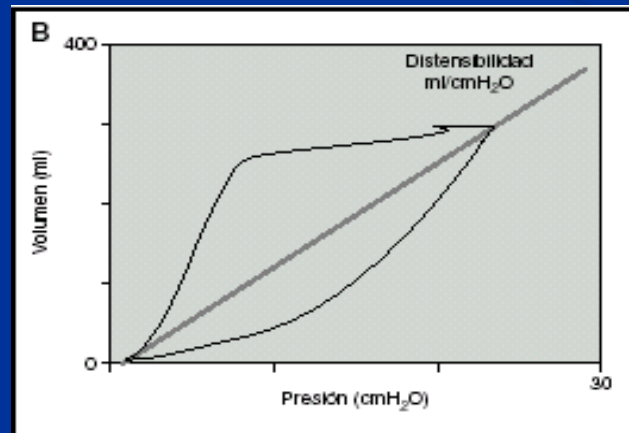
Ciclo ventilatorio:

- **Deflación:**
- **Se abre la válvula espiratoria**
 - Fenómeno pasivo
 - El gas sale del pulmón por acción de las propiedades de retracción elástica del pulmón insuflado.

Compliance o Distensibilidad (D):

- Cambio de volumen por unidad de cambio de presión
- $D = \text{Volumen pulm (L)} / \text{Pr tr.p(cm H}_2\text{O)}$

RNT normal : 2-3 ml/ cmH₂O/K (2-5)



Resistencia (R):

- Fuerza que se opone al movimiento del aire
- Refleja la presión necesaria para movilizar un flujo de gas
- Se expresa como cambio de presión por unidad de cambio de flujo.

$$\underline{R \text{ (cm H}_2\text{O/L /seg)}} = \frac{\triangle \text{ presión (cm H}_2\text{O)}}{\triangle \text{ flujo (L/seg)}}$$

Resistencia: cm H₂O/L/seg

- RNT 20-40
- RN SDR > 40
- RN con DBP > 150

Constante de tiempo (Ct):

- Tiempo necesario para alcanzar un equilibrio entre las presiones (pr. alveolar y pr de la v.a)
- Con 1 Ct la pr. alveolar logra un equilibrio de 63% de la presión entregada
- La Ct depende de dos factores Compliance y R

$$Ct \text{ (seg)} = C \text{ (l/cm H}_2\text{O)} \times R \text{ (cm/1/seg)}$$

Constante de tiempo: C_t

- La C_t permite determinar los tiempos requeridos para la inspiración y espiración

$$1C_t = 63\%$$

$$3C_t = 95\%$$

$$4C_t = 98\%$$

$$5C_t = 99\%$$

- El aumento por sobre 3 Ct es poco significativo
 - 1 Ct en RNT sano = 0.12seg (0.15)
 - 3 Ct = 0.36 - 0.45 seg
 - Los valores de Ct más altos se dan en:
 - Niños más grandes con P sanos
 - DBP, donde la Resistencia es más alta

¿Cuánto Ti usar?

- En paciente Agudo usar Ti cortos:
- Ej. Enfermedad de Membrana Hialina

Ti 0,30 - 0,35

Ct = D x R

La distensibilidad está ↓ en EMH

¿Cuánto Ti usar?

- En paciente crónico usar Ti más largos:

Ej. en Displasia Broncopulmonar

Ti 0,4 - 0,55 (0,6)

$$C_t = D_x R$$

- La R está muy \uparrow en DBP mod a sev
- En cardiópata con hiperflujo pulmonar Ti más largos *

Relación inspiración/expiration

- En respiración espontánea la relación es 1:2
- Siempre T_e más largo que T_i **
- Nunca relación I/E invertida

** Cálculo de tiempo de ciclo ventilatorio

$$\blacksquare T \text{ de ciclo} = \frac{60 \text{ seg}}{\text{FR mecánica}}$$

Ej:

RN 1000 g con EMH

en SIMV con FR 45 x min, T_i 0.33

$$\begin{aligned} T \text{ de ciclo} &= \frac{60 \text{ seg}}{45 \text{ x min}} \\ &= 1.33 \text{ seg} \end{aligned}$$

$$T_i = 0.33 \quad T_e = 1$$

Ventilación mecánica

SIMV :Ventilación Mandatoria Intermittente Sincronizada

- Los Ciclos tienen frecuencia predeterminada
- Coinciden con el inicio de la respiración del paciente (se sincroniza)
- La sincronización reduce el riesgo de: barotrauma, HIV, atrofia de la musculatura respiratoria
- Permite weaning más rápido

Cómo programar adecuadamente el Ventilador

durante SIMV

Elección de setting Ventilatorio

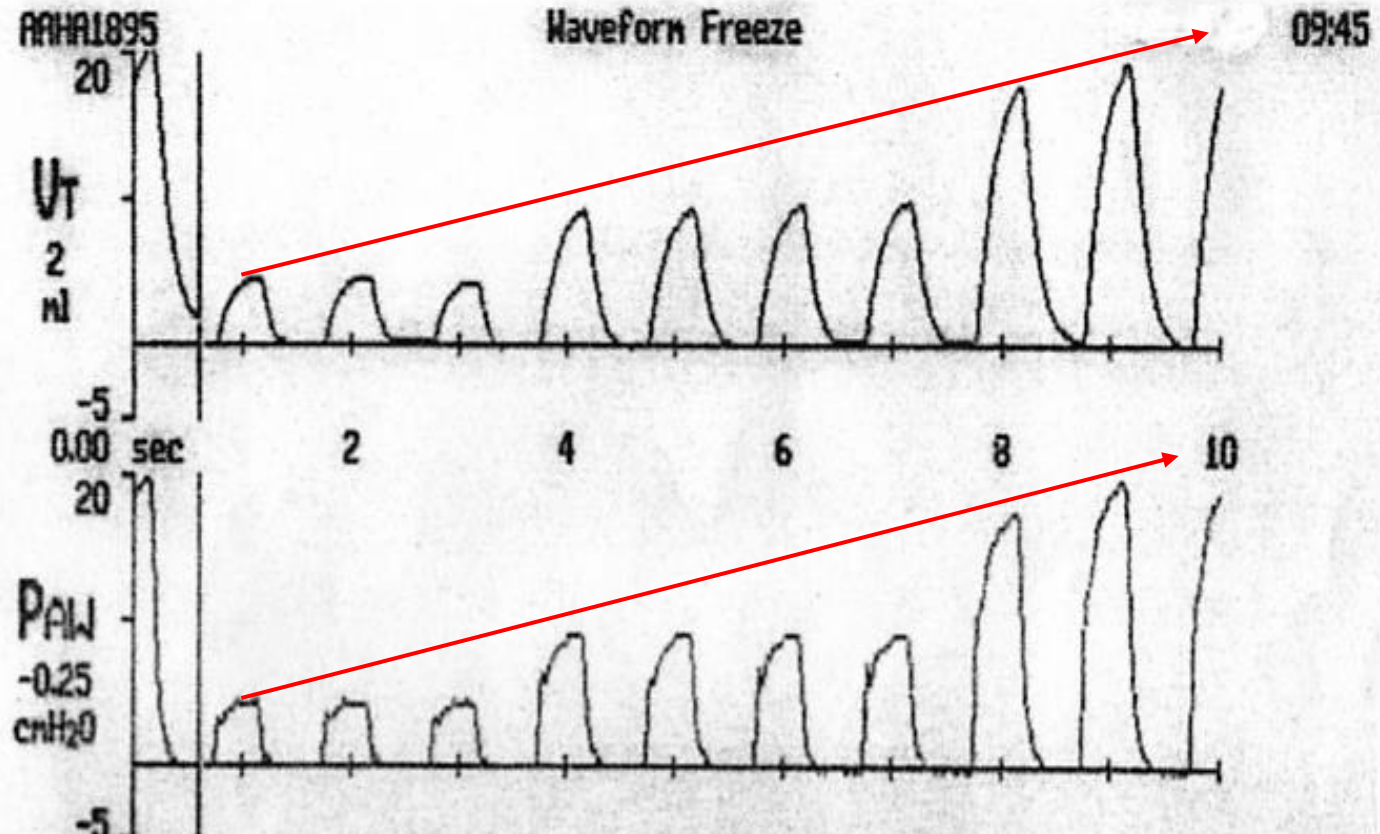
- PIM
- PEEP
- Flujo
- T_i
- T_e
- FR
- FIO₂

PIM

PIM

- **Volumen Corriente (VC) aumenta en relación al aumento de PIM**
- **La relación lineal entre VC y PIM es una situación ideal que no se observa en RN ***

VC y PIM



¿ Cuánto PIM usar?

- Usar PIM necesario para expandir adecuadamente el tórax
- VCe en prematuros 4 -7 ml x kp
- VCe en RNT 5 - 8 ml x kp
- Evitar volutrauma y atelectrauma

Vce: volumen corriente espirado

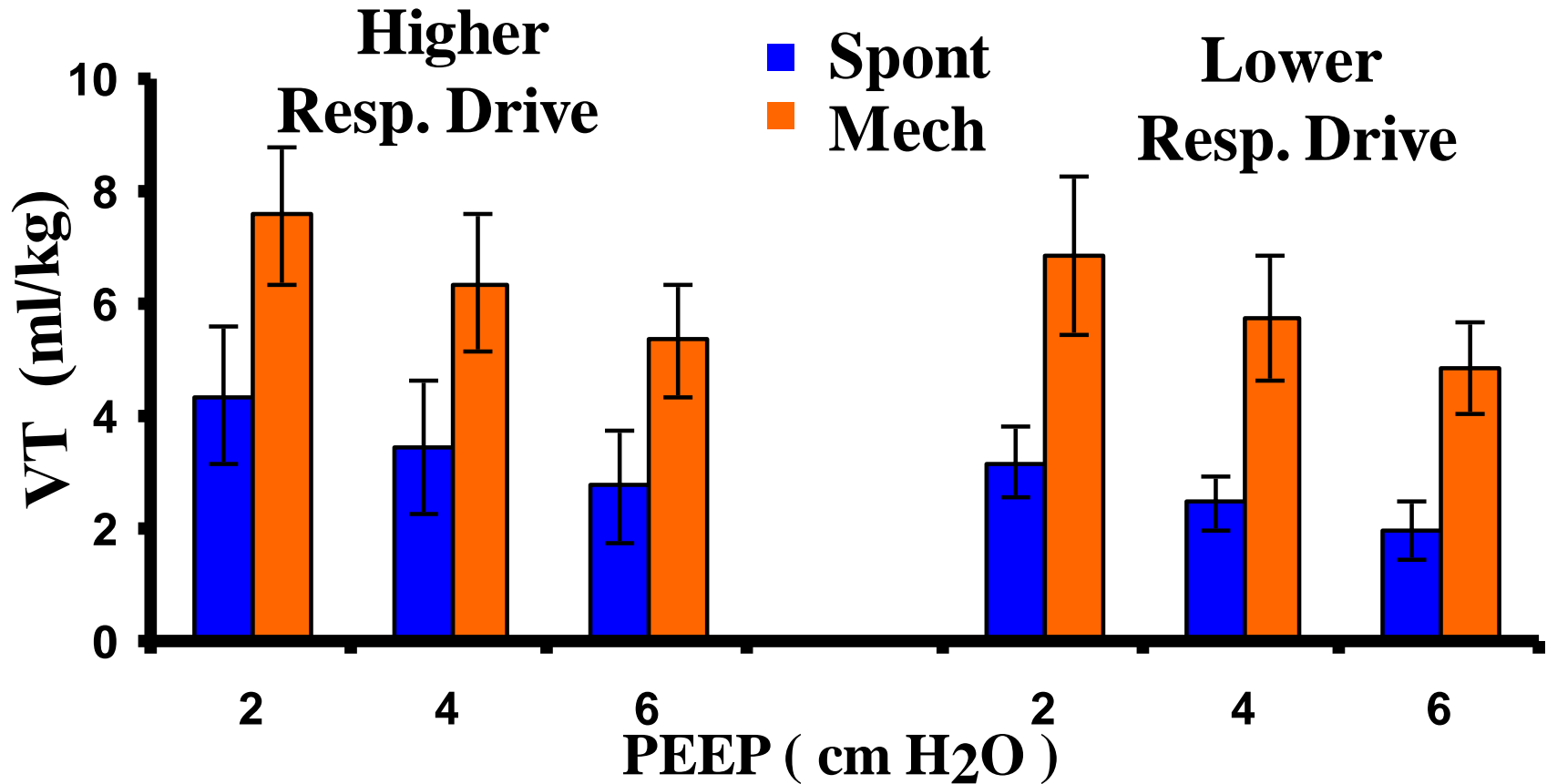
Efecto de PEEP

Pediatric Pulmonology 41:759–764 (2006)

Acute Effects of PEEP on Tidal Volume and Respiratory Center Output During Synchronized Ventilation in Preterm Infants

Ximena Alegría, MD, Nelson Claire,* Yoshirou Wada, MSc, PhD, Cristian Esquer, MD, Carmen D'Ugard, RRT, and Eduardo Bancalari, MD

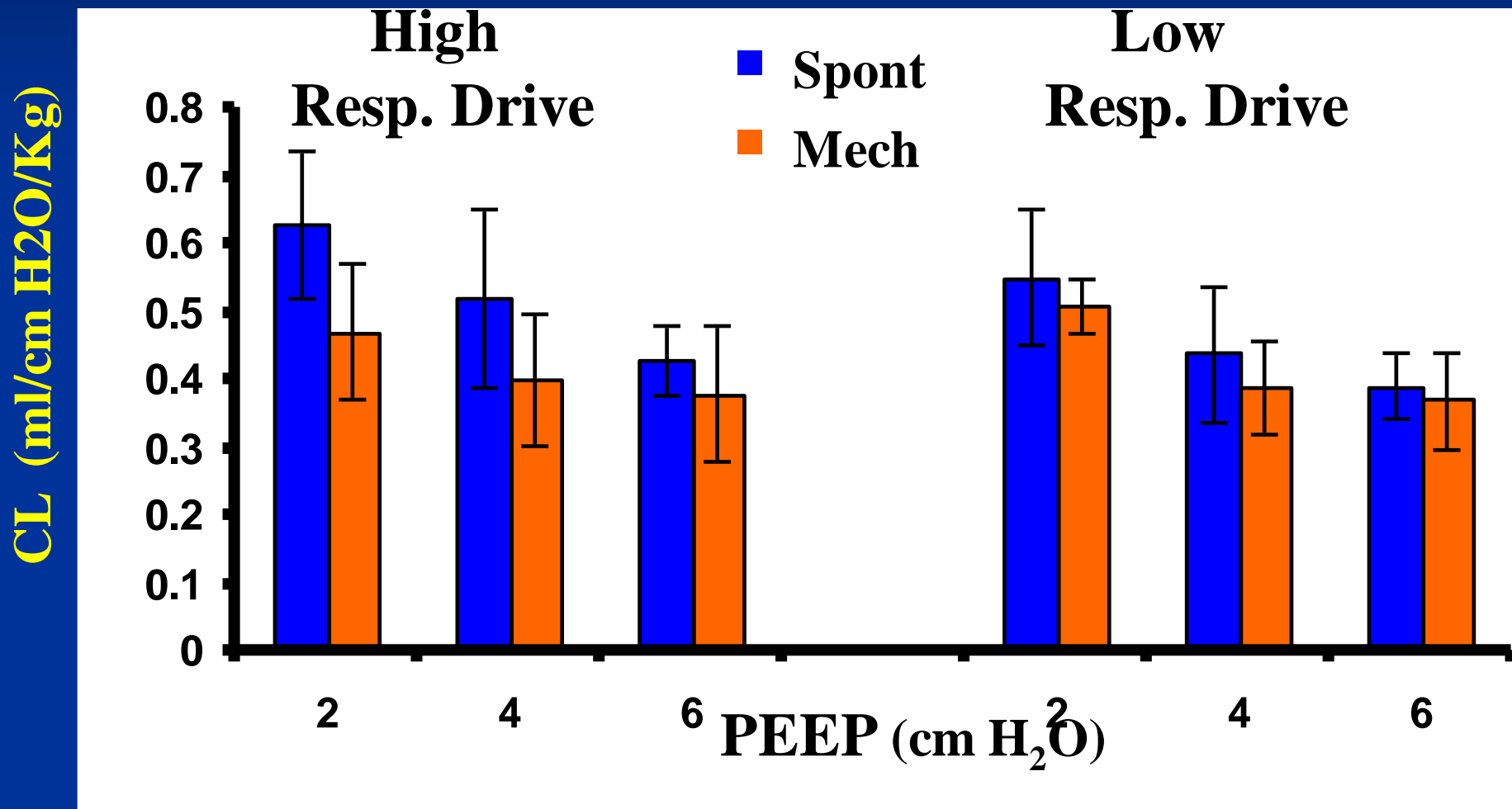
Spontaneous and Mechanical Tidal Volume



* $p < 0.05$ PEEP 6 vs 2 and 4 by one way repeated measured ANOVA

Ximena Alegría, Pediatric Pulmonology 2006

Spontaneous and Mechanical Lung Compliance



• p<0.05 PEEP 6 vs 2 and 4cm H₂O, # p<0.05 PEEP 6 vs 2cm H₂O

• Ximena Alegría, Pediatric Pulmonology 2006

Acute Effects of PEEP on Tidal Volume and Respiratory Center Output During Synchronized Ventilation in Preterm Infants

Ximena Alegría, MD, Nelson Claure,* Yoshirou Wada, MSc, PhD, Cristian Esquer, MD, Carmen D'Ugard, RRT, and Eduardo Bancalari, MD

- **PEEP excesivo reduce VC, Volumen minuto y distensibilidad**

PEEP

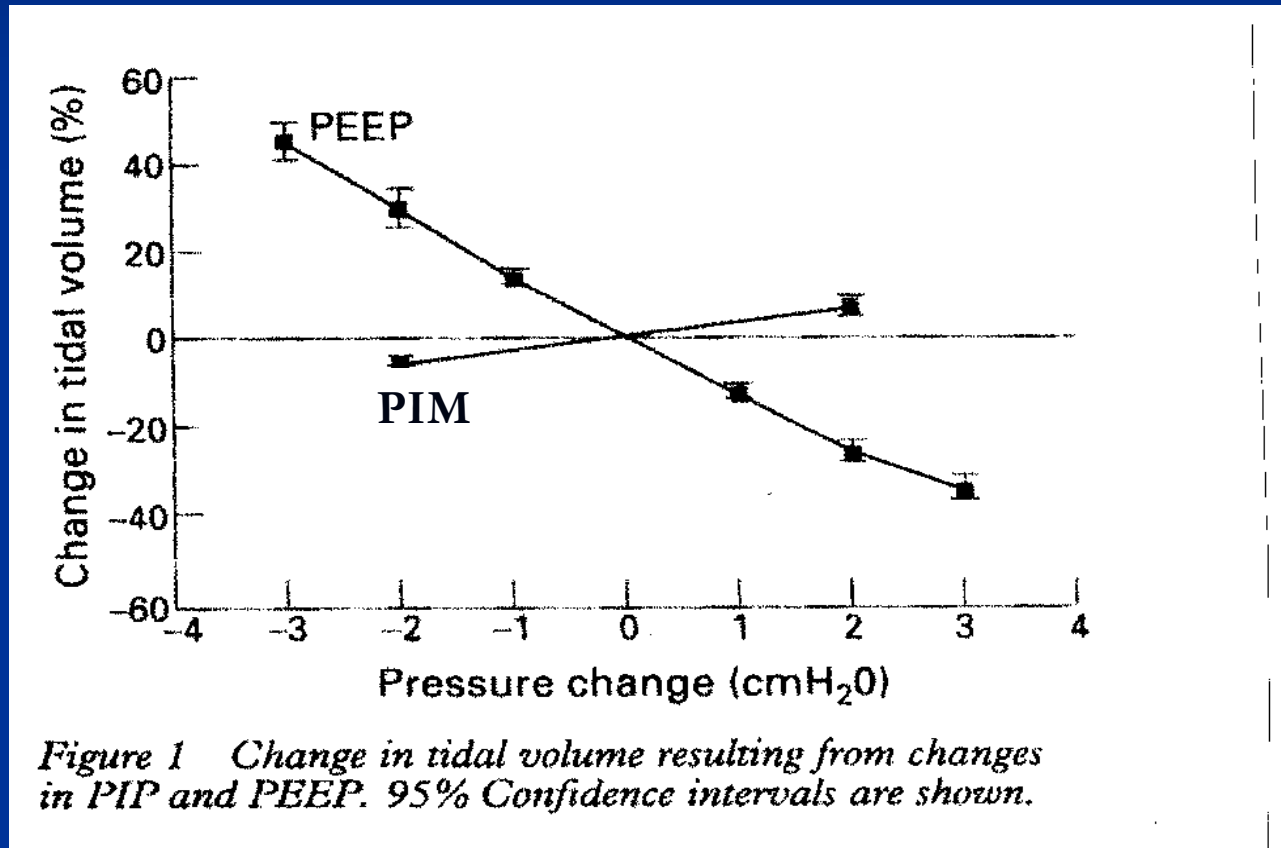
VS

PIM

PEEP vs PIM

- N: 21
- RNprt <1500 gr
- RN en VM: 19 EMH- 2 apneas
- A1 ↓ 1cm H2O PEEP: su efecto en el VC equivale a ↑ PIM en 4 cm H2O
- A1 ↑ PEEP 1cm H2O : su efecto en VC equivale a ↓ PIM en 4 cm de H2O

El efecto de PEEP vs PIM es inverso



Bartholomew, Arch Dis Child 1994

**PEEP ES 4 VECES MÁS POTENTE
QUE PIM**

Conclusión

1.- Pequeños descensos en nivel de PEEP
0.5 - 1 cm H₂O, pueden mejorar la
ventilación

2.- A veces niveles 4-5 cm H₂O de PEEP
podrían deteriorar el intercambio gaseoso
*

¿ Por qué usar PEEP?

- Aumenta la Capacidad Residual Funcional
- Permite adecuado reclutamiento alveolar

Precaución con nivel de PEEP

- No discrimina zona sana, de zona dañada
- Precaución con valores de ≥ 6 cm H₂O

¿Cuánto PEEP usar?

- Depende de la Patología de base (*)
- Momento de la evolución del SDR
- Es importante Chequear el VCe en los ventiladores que lo permiten

¿Cuánto PEEP usar?

EJ *:

- EMH : inicio – preextubación
- DBP
- DBP + Extubación accidental
- Cardiópatas con hiperflujo pulmonar: en gral PEEP altos
- Otros

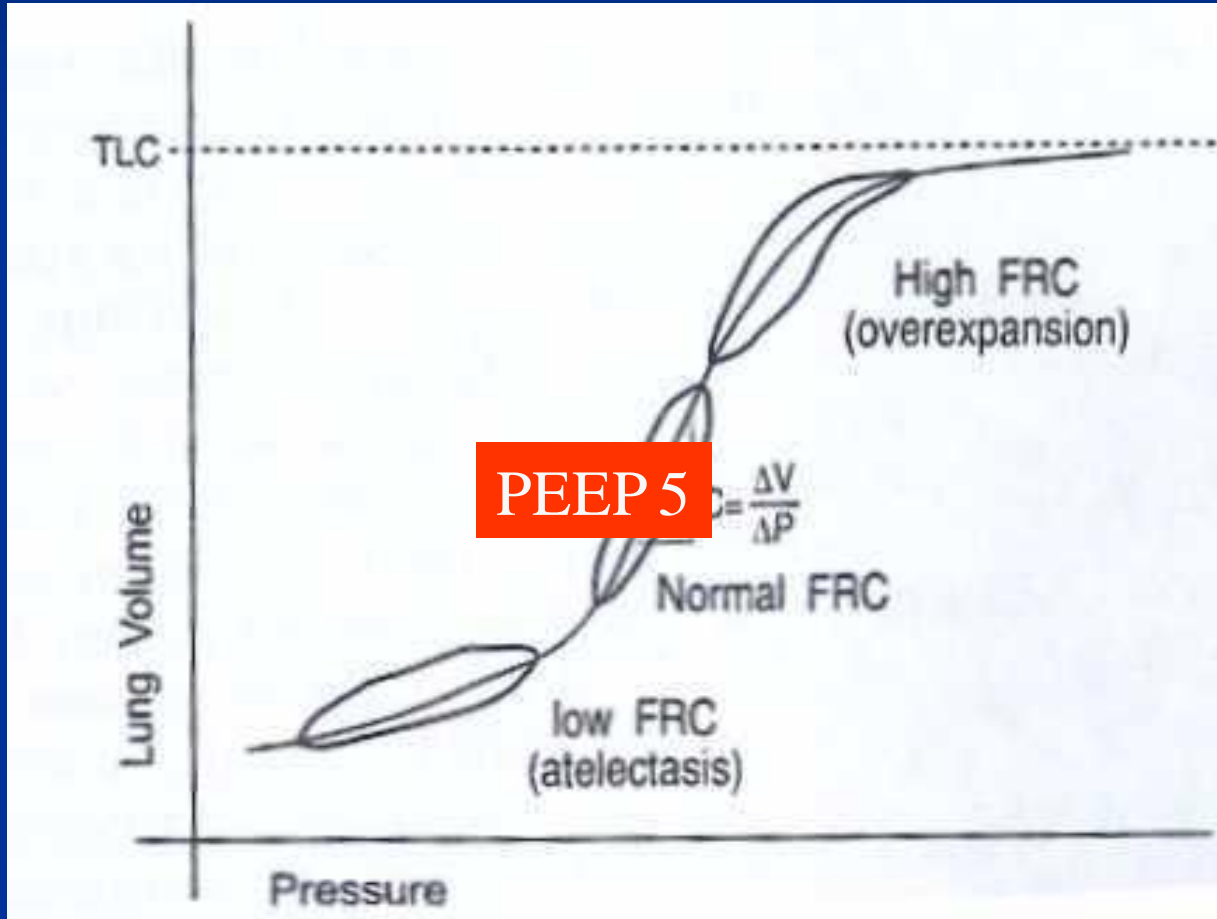
Chequear volumen corriente (VCe)

Recordar que PEEP excesivo, reduce VC

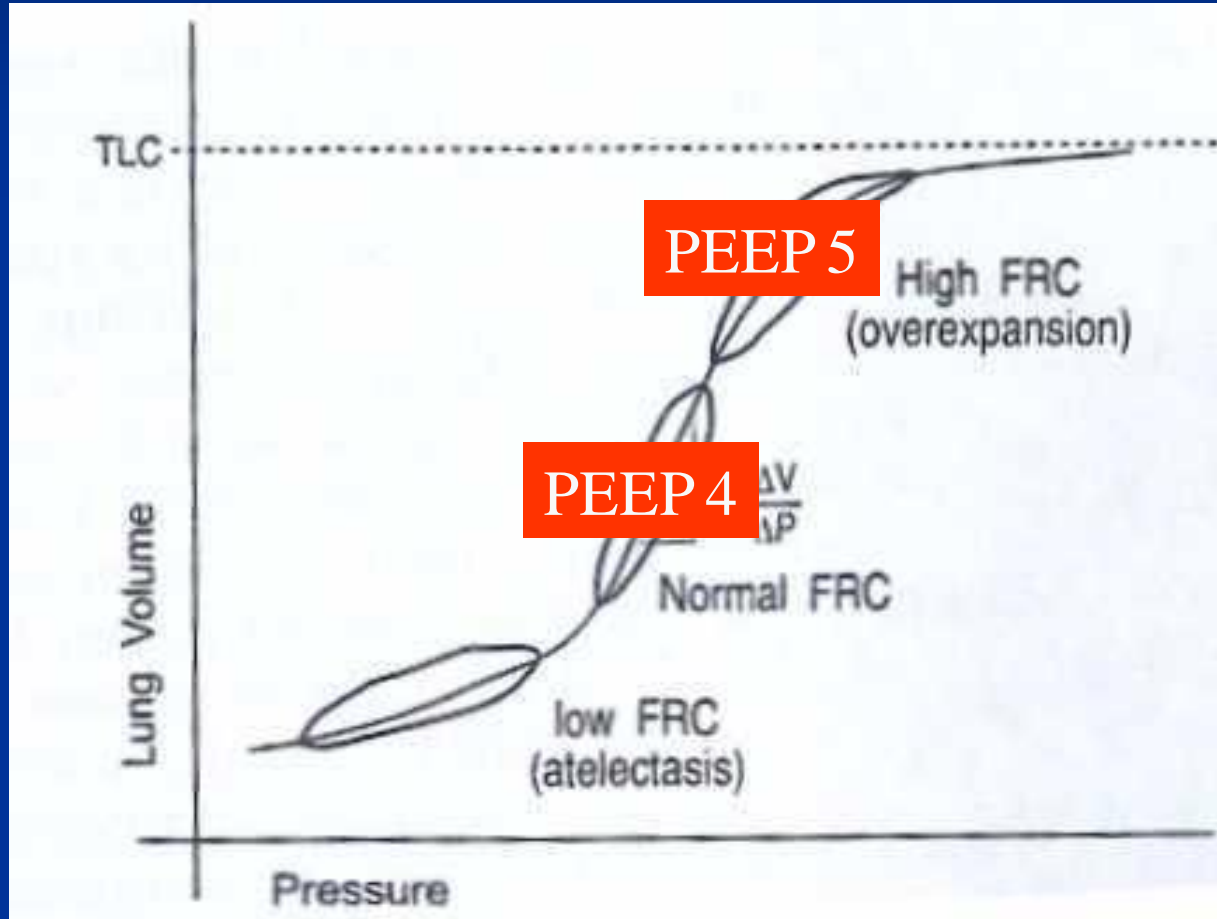
Caso 1

- RN prT EMH
- PEEP inicial de 5 cm de H₂O es suficiente el la mayoría de los casos
- PEEP previo a extubar : 4 cm de H₂O
- Chequear el VCe

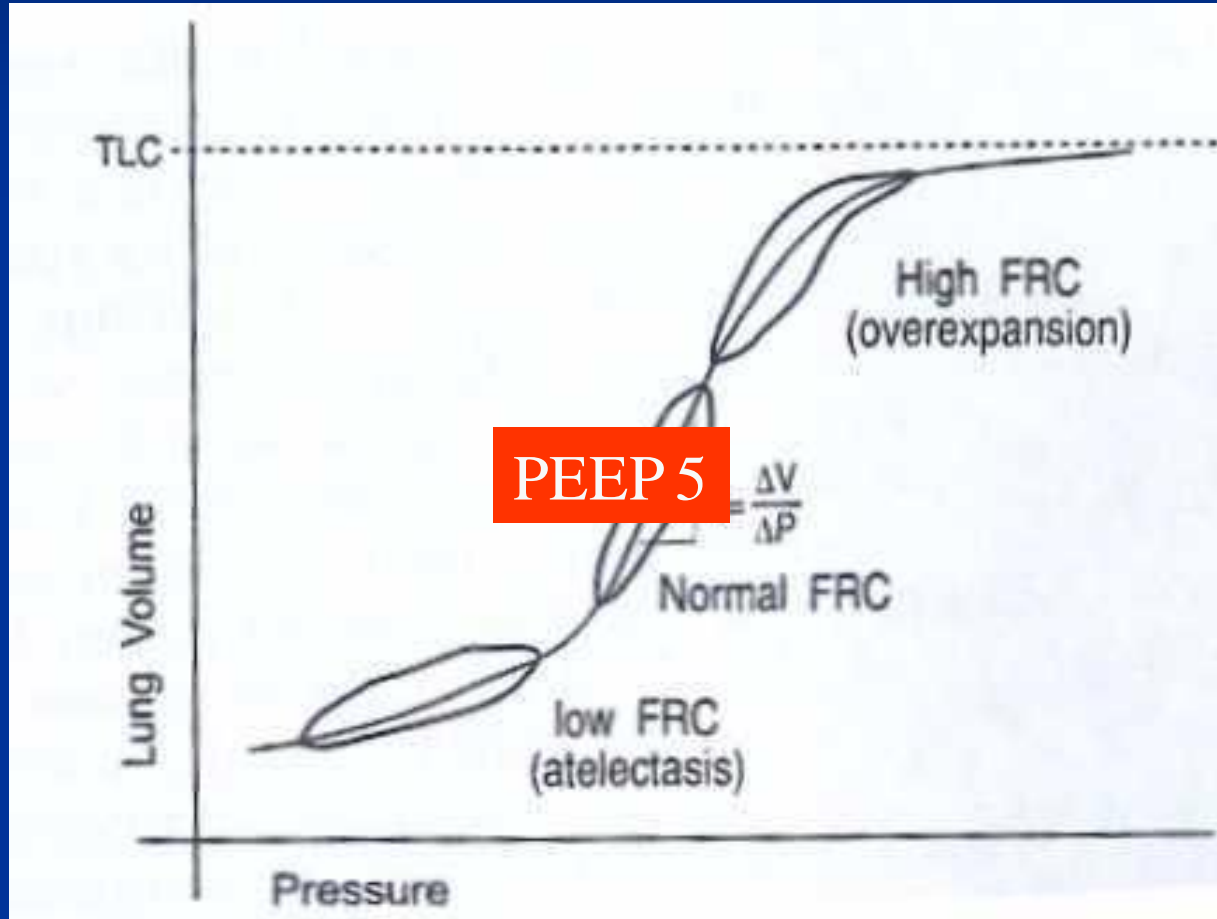
EMH inicial



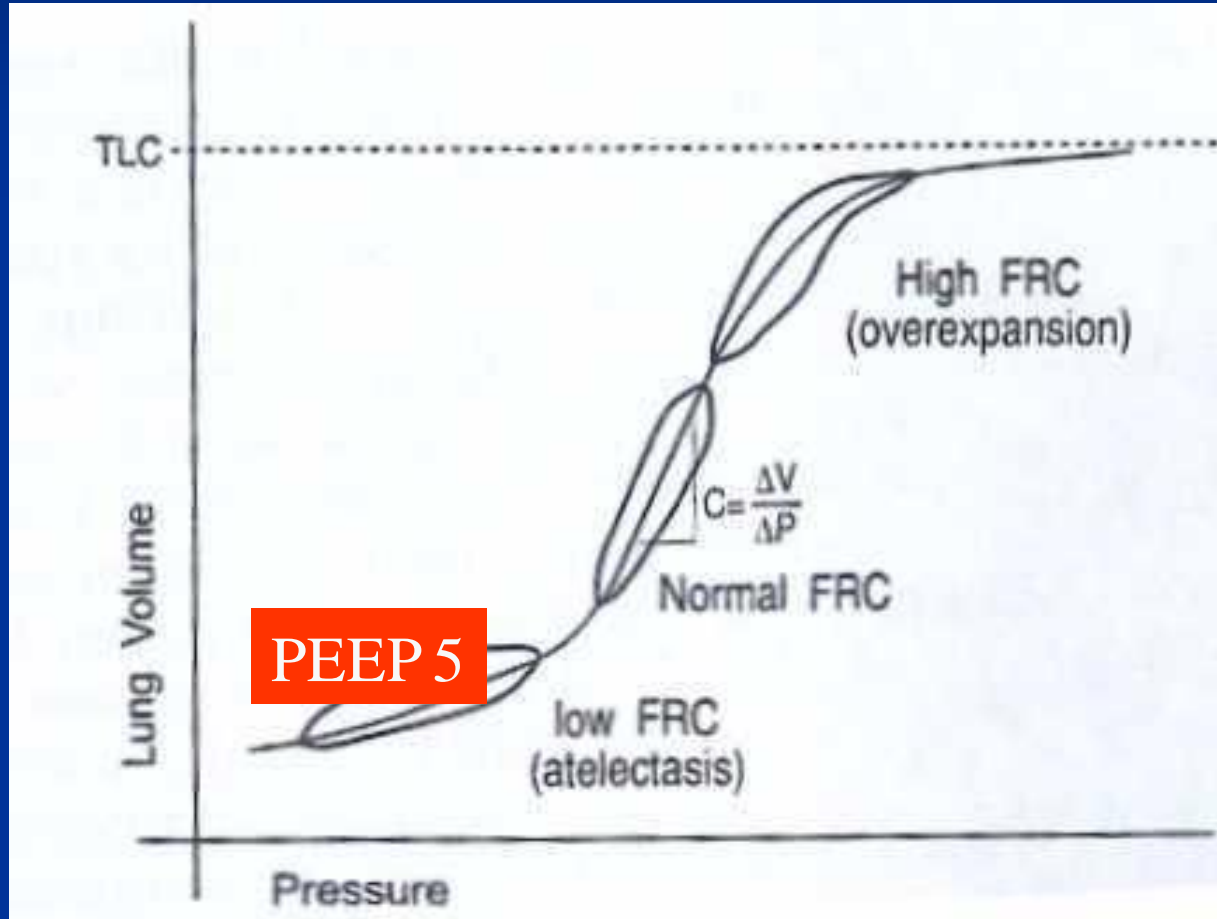
EMH postsurf y preextubacion PEEP ?



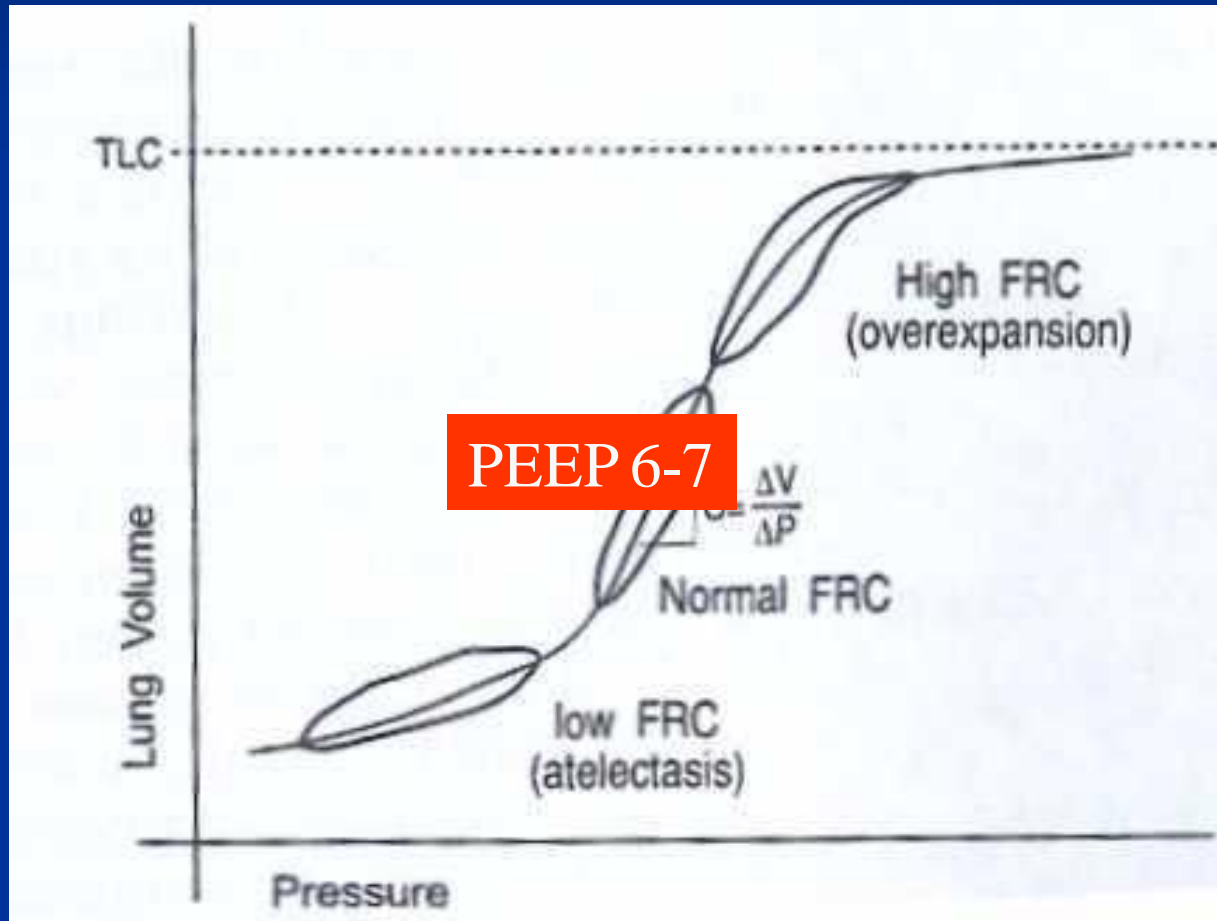
Caso 2 ej. DBP moderada



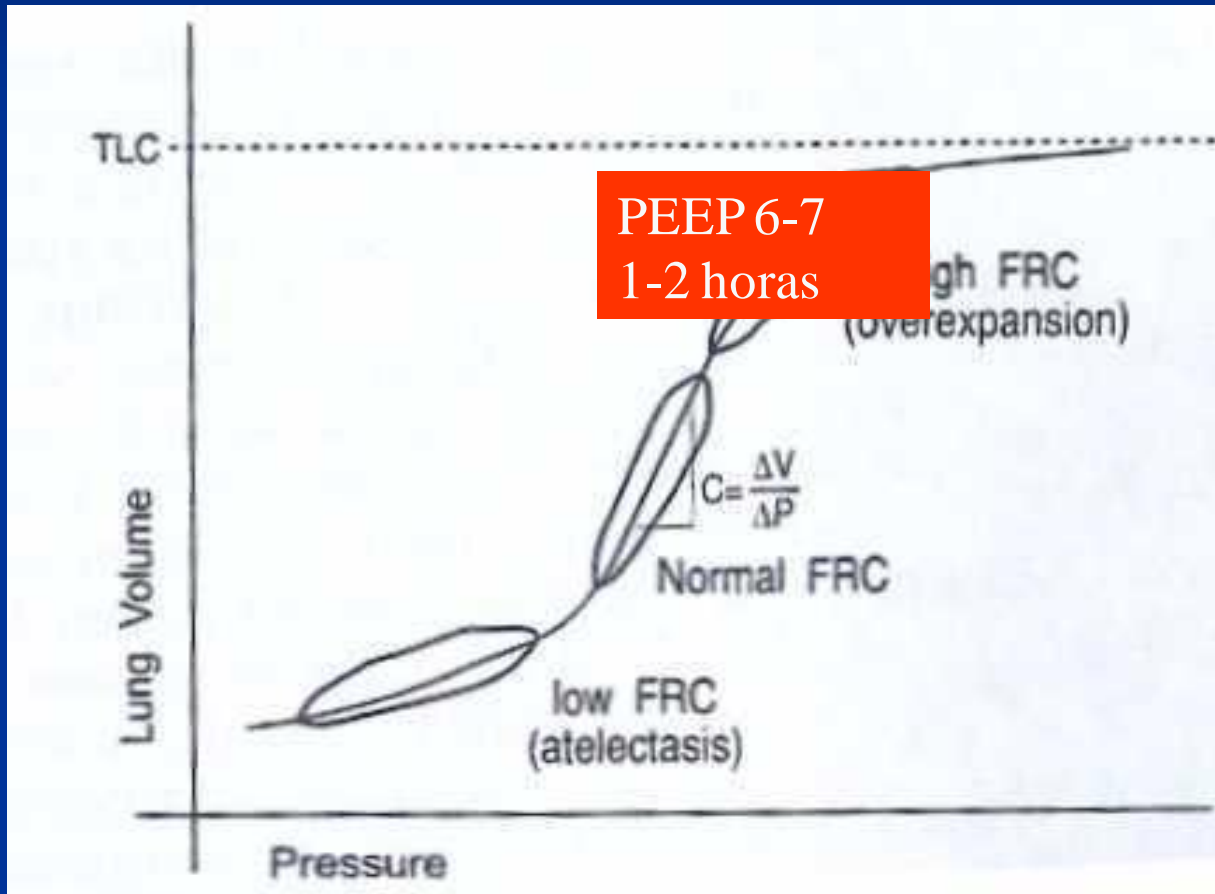
DBP + EXTUBACIÓN ACCIDENTAL



DBP+EXTUBACIÓN ACCIDENTAL

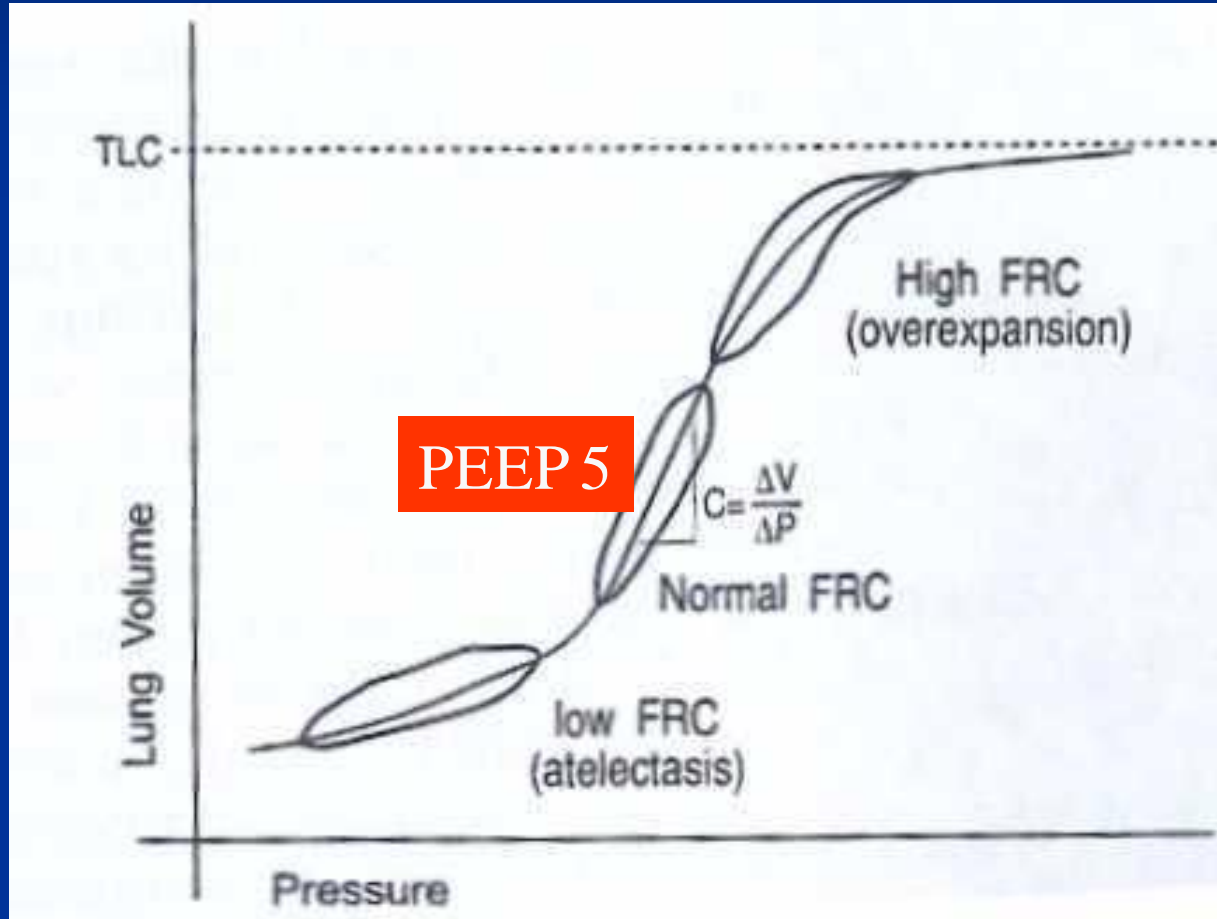


DBP+EXTUBACIÓN ACCIDENTAL



CHEQUEAR EL VCe

DBP moderada

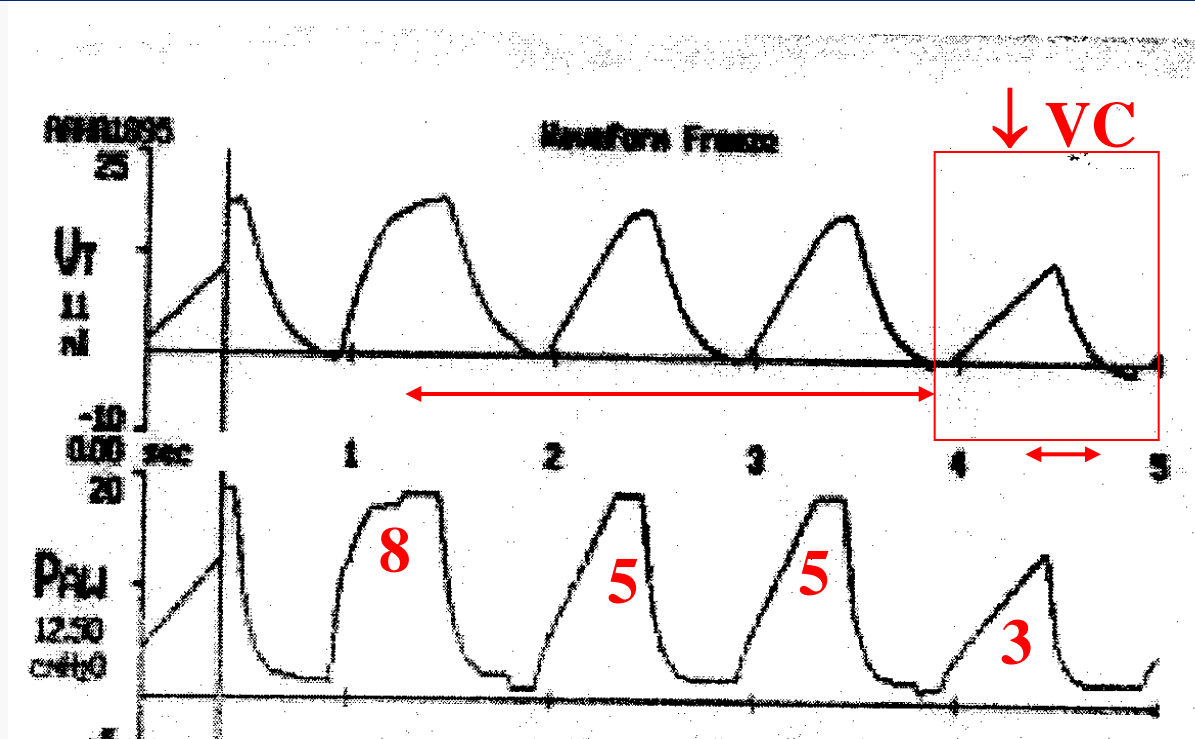


Efectos del Flujo

Efecto del Flujo

- **VC y la Paw son afectados por el Flujo del ventilador. (ver fig.)**
- **Efectos de Flujo bajo o excesivo**

Efecto de flujo

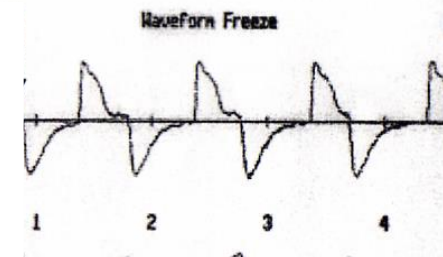
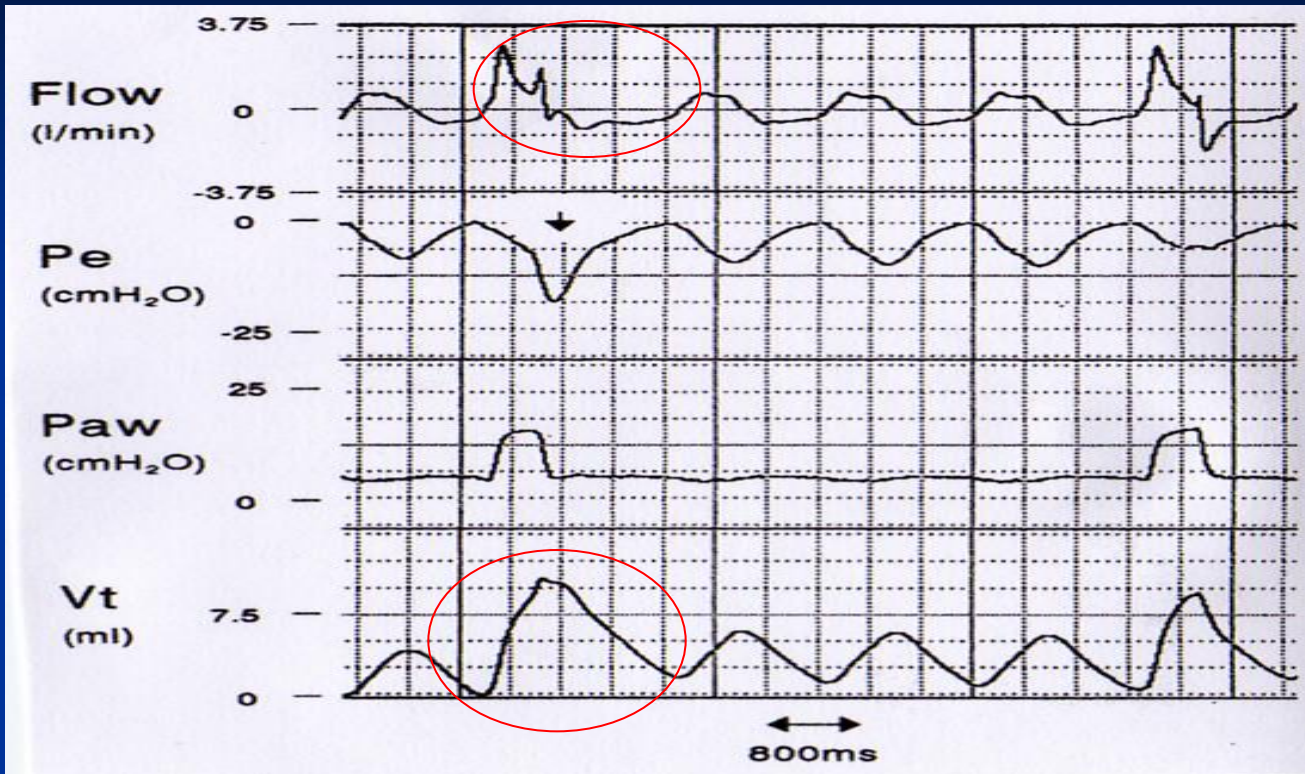


Reducción de 8 a 3 lt x min
Flujo bajo Atelect

Efecto del flujo

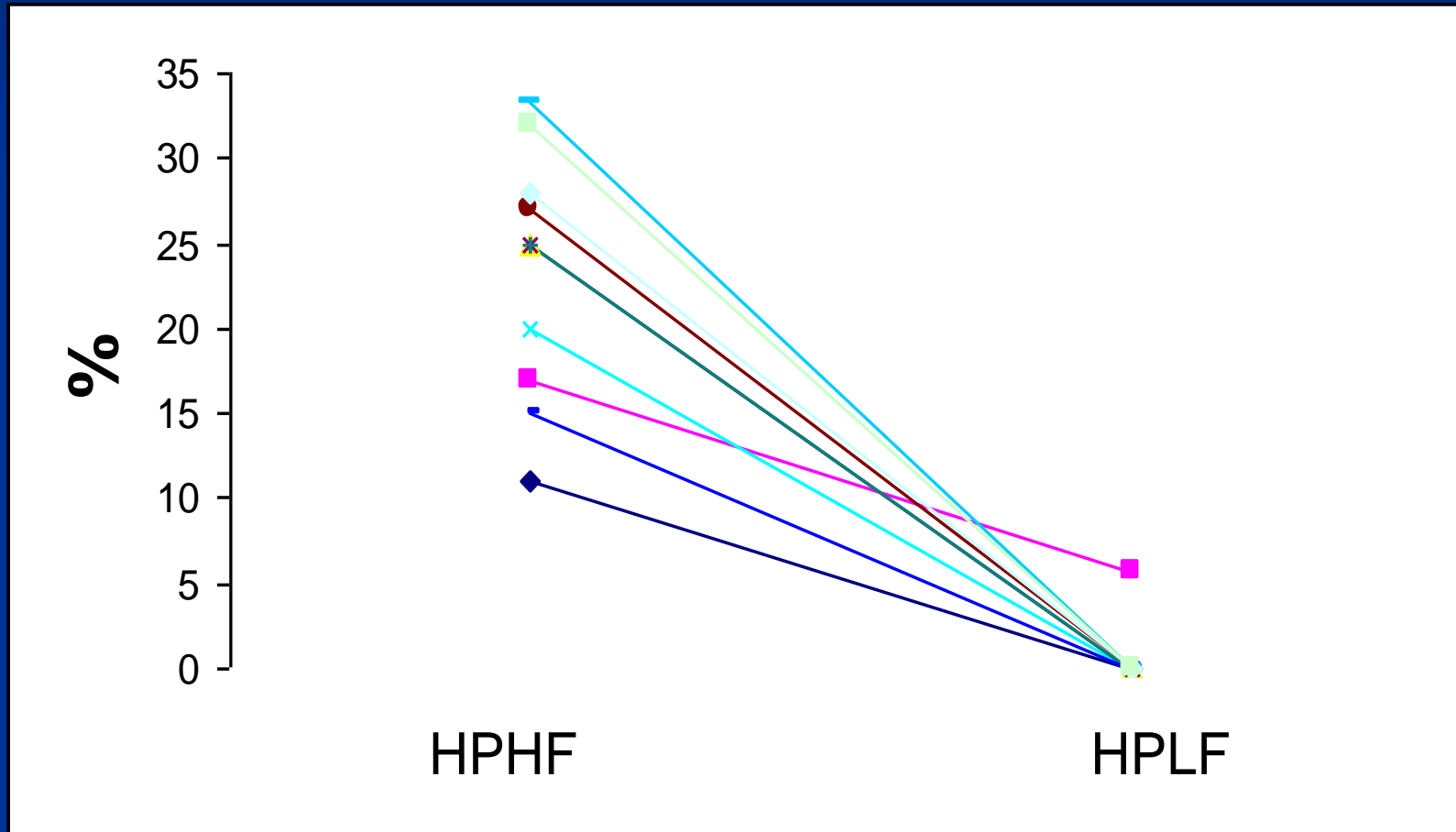
- Una reducción en el flujo resulta en un más lento aumento en P_{aw} a su peak
- En consecuencia el VC ↓
- Si el flujo es insuficiente, no se logra el nivel de PIM deseado (ej. Con 3 lt x min): riesgo de Atelectrauma

Efecto de flujos altos > 10 lt x min



Gráfica de flujo I - E

Augmented breath during Mechanical Breath at High CO2 and at different level of Flow

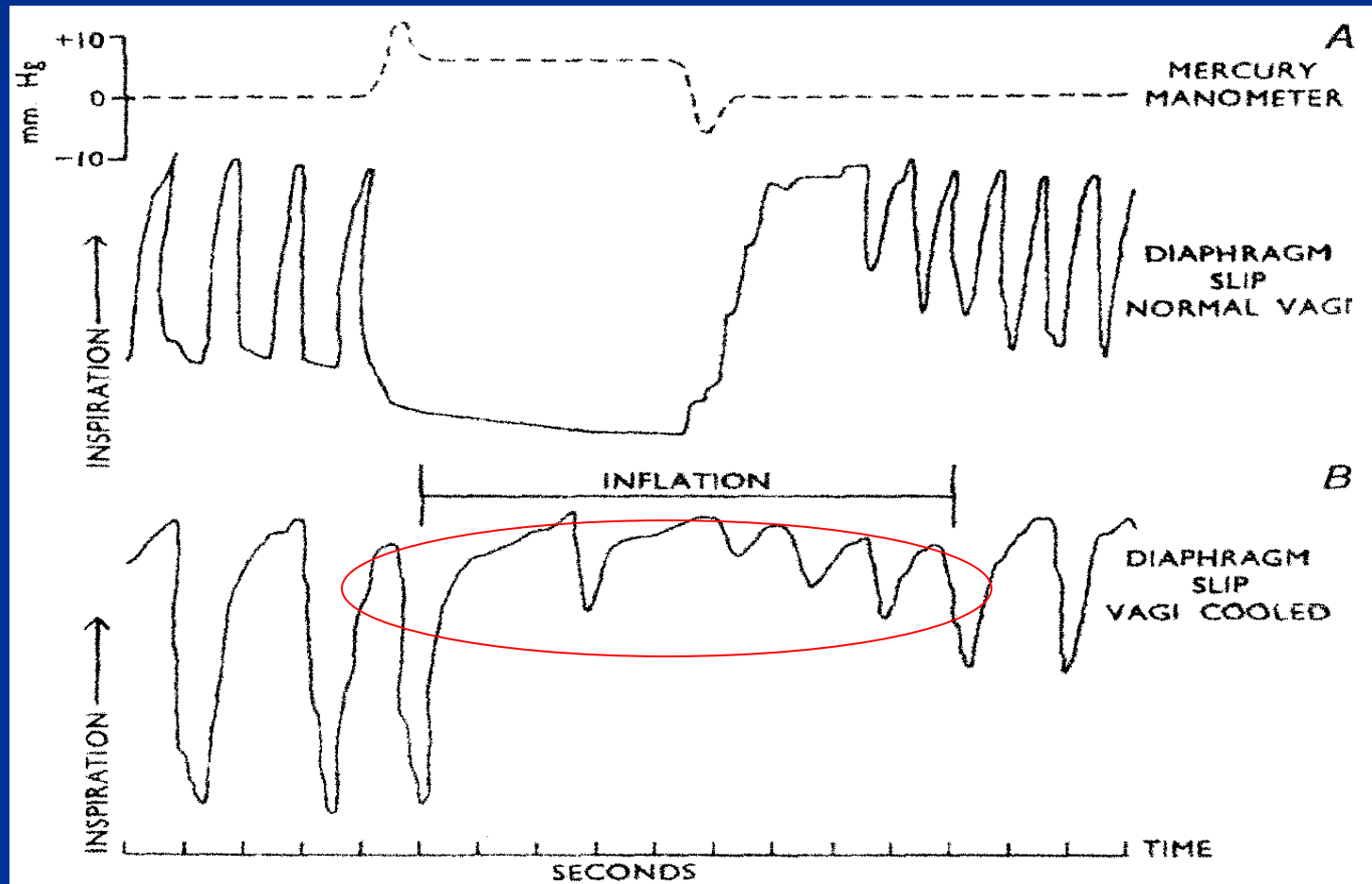


Estudio fisiológico en RNMBPN

Efecto de Flujo

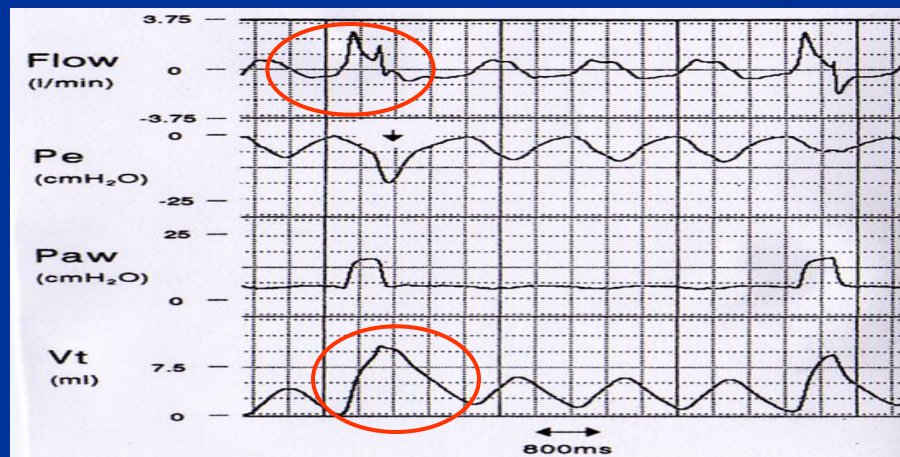
- Alto flujo (> 10 lt x min) estimula Reflejo paradójico de Head (ver fig.)

Reflejo Paradójico de Head



Efecto de Flujo

- Alto flujo (> 10 lt x min) estimula Reflejo paradójico de Head (ver fig.)
- Precaución por riesgo de escape aéreo, sobredistensión pulmonar, volutrauma



¿Cuánto Flujo usar?

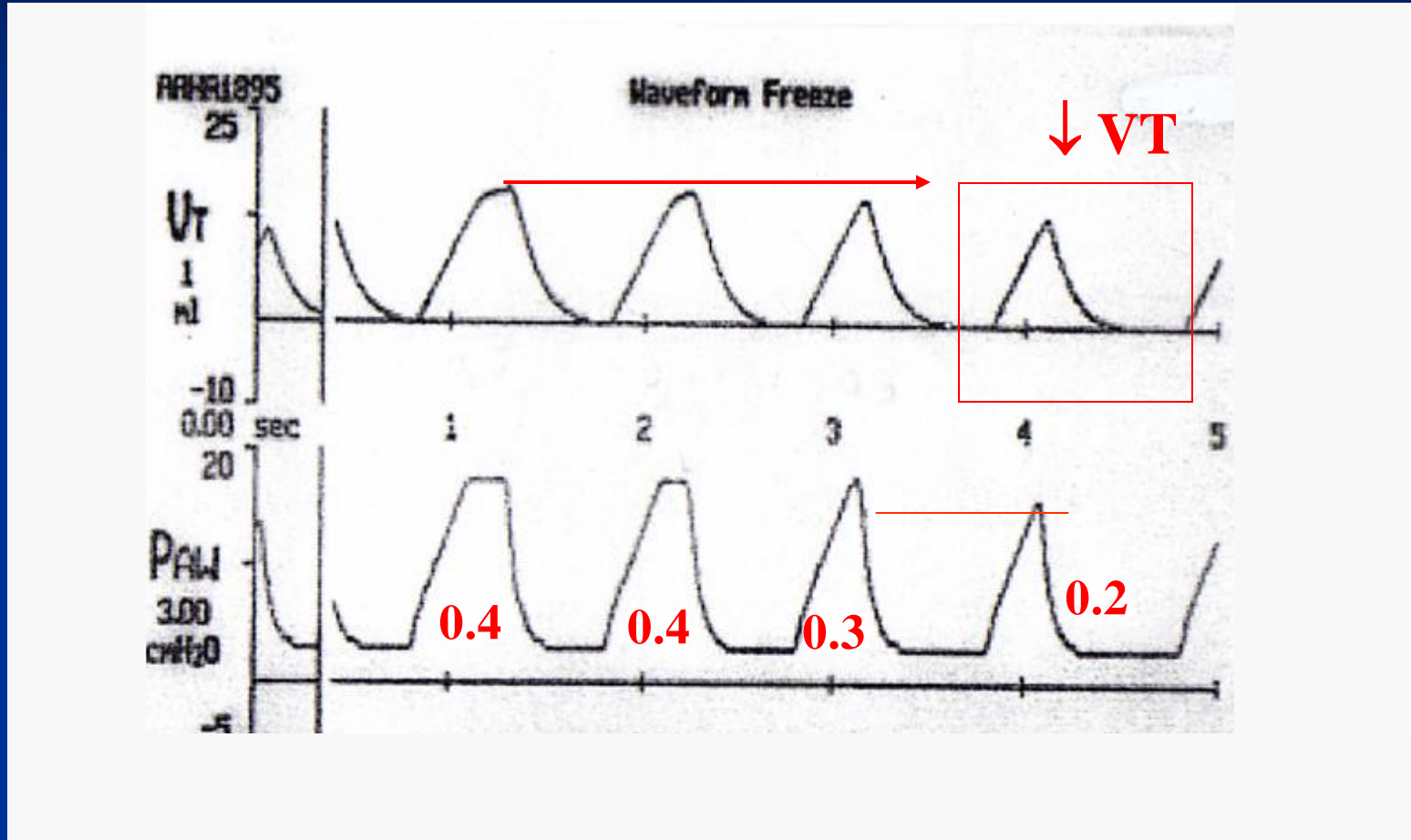
- En gral usar entre 6-8 lt x min (rangos extremos 5-10)
- No recomendable mayor a 10 lt x min: riesgo de volutrauma
- No recomendable menor a 5 lt por min: riesgo de atelectrauma

Efectos de Ti

Efecto de T_i

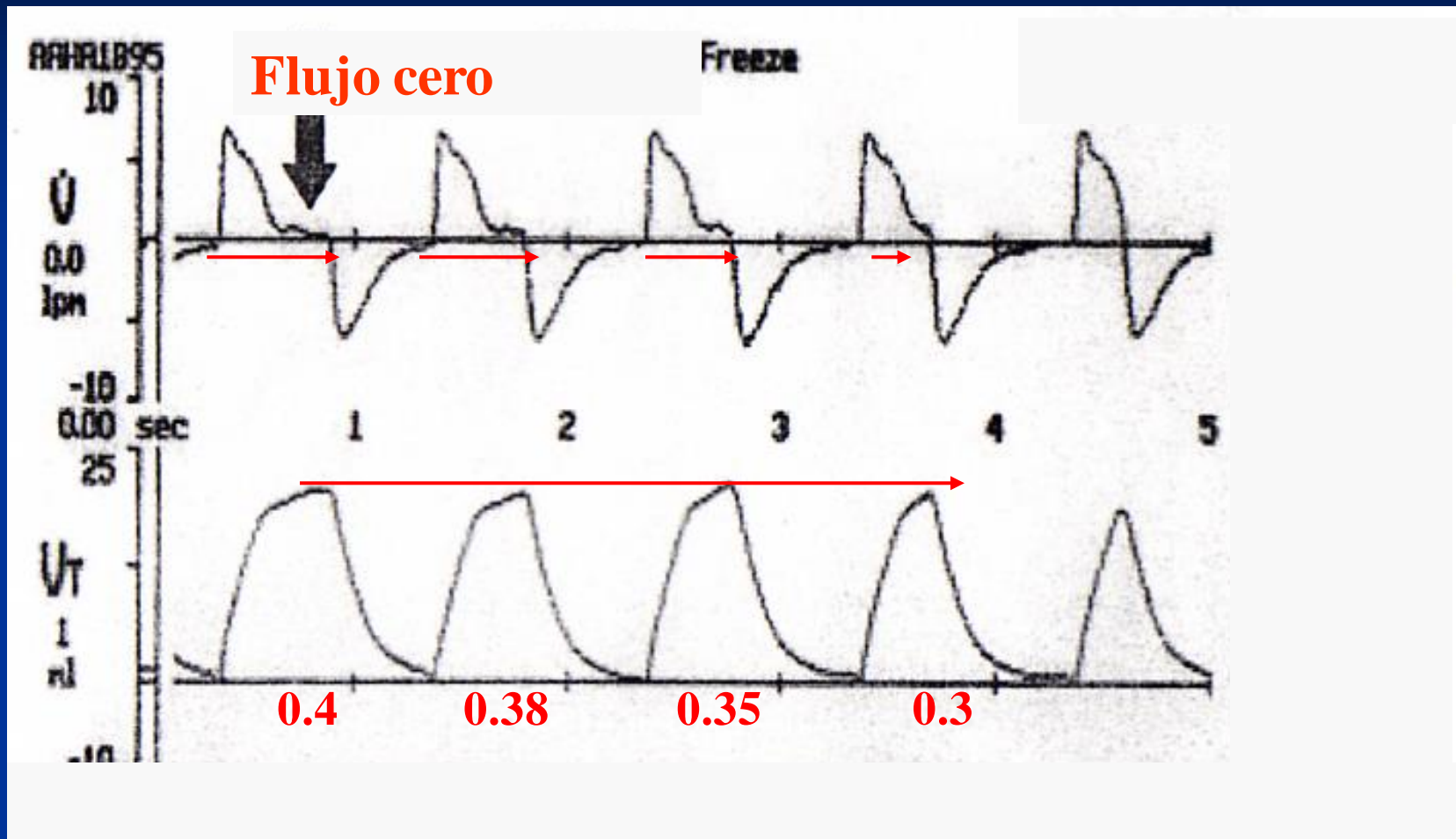
- VC y P_{aw} son afectados por la duración del T_i (ver fig.)

Efecto de T_i



En la respiración 4 el tiempo es tan corto (0.2 sec)
en alcanzar el PIM , por tanto ↓ VC

Disincronía

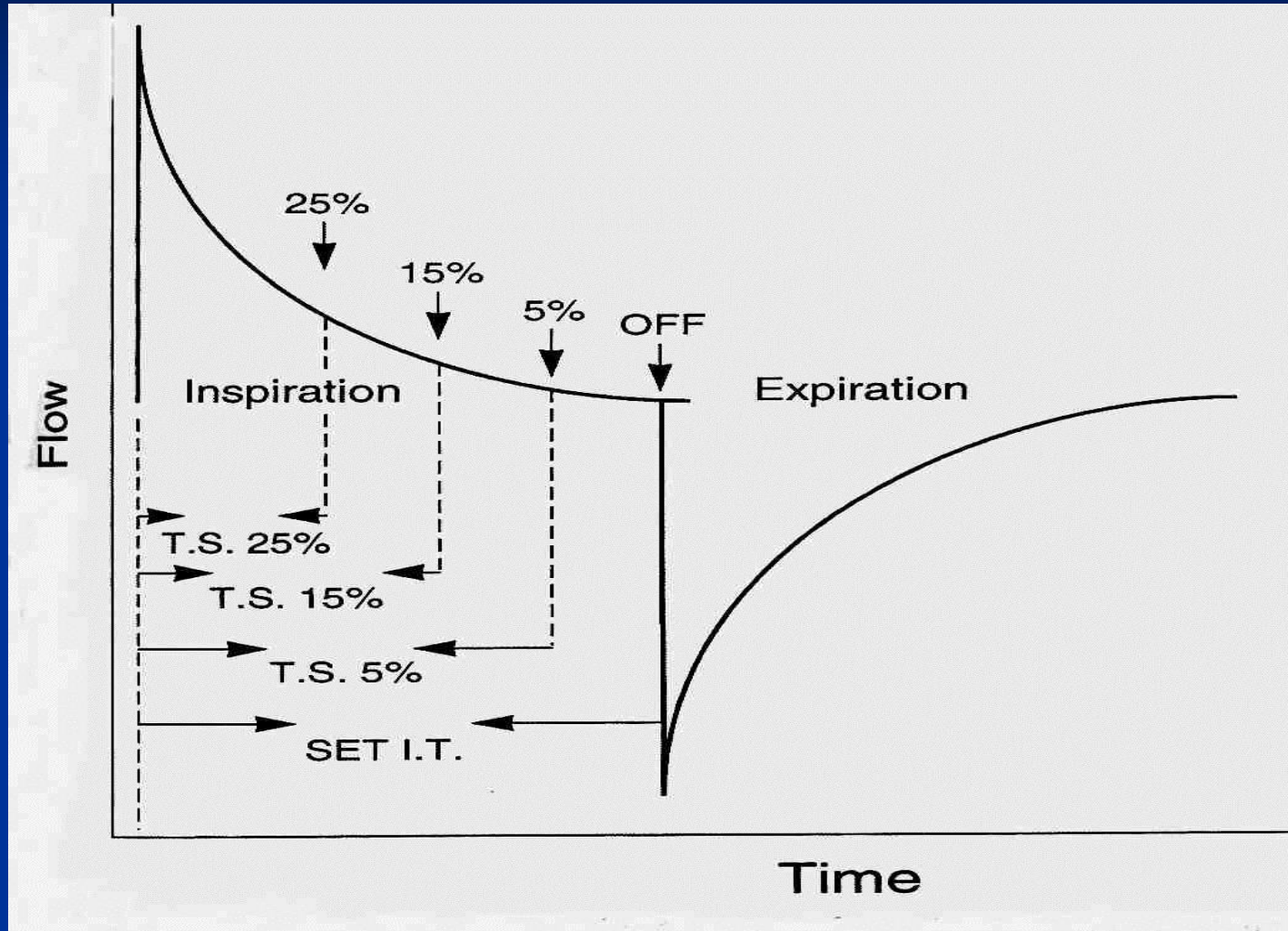


Observar que una $\downarrow T_i$ no resulta en un $< V_C$, donde la inspiración termina antes que el flujo Insp ha \downarrow a cero (resp 5)

Efectos de T_i

- T_i prolongado incrementa el riesgo de barotrauma (tiempo insuficiente para exhalación, atrap. aéreo)
- Interfiere con la sincronización de la ventilación.

Sensibilidad de Terminación



Efecto de : Sensibilidad de Terminación (ST)

- La ST ocurre a un % preseteado 5, 10, 15, 20,25
- Reduce la disincronia
- Así se puede reducir barotrauma

¿Cuánto Ti usar?

- En paciente Agudo usar Ti cortos:
- Ej. EMH Ti 0,30-0,35

$$C_t = D \times R$$

La distensibilidad está ↓ en EMH

¿Cuánto Ti usar?

- En paciente crónico usar Ti más largos: Ej. en DBP Ti 0,4-0,55 (0,6)

$$C_t = D_x R$$

- La R está muy ↑ en DBP mod a sev
- En cardiópata con hiperflujo pulmonar Ti mas largos *

- RNT SANO
- T_i 0.35 – 0.45
- Necesita 3 – 4 C_t para equilibrar presiones y permitir una inspiración completa.
- $C_t = 0,12$ seg (3 ct 95 %)
- T_i largos ≥ 0.6 DBP severa y cardiópata con hiperflujo

- En HPPN en general los Ti son cortos, porque >50% de las etiologías son patologías con Ct baja.
- SAM equivale a un 42 % de los casos (Ti largos) por Ct larga

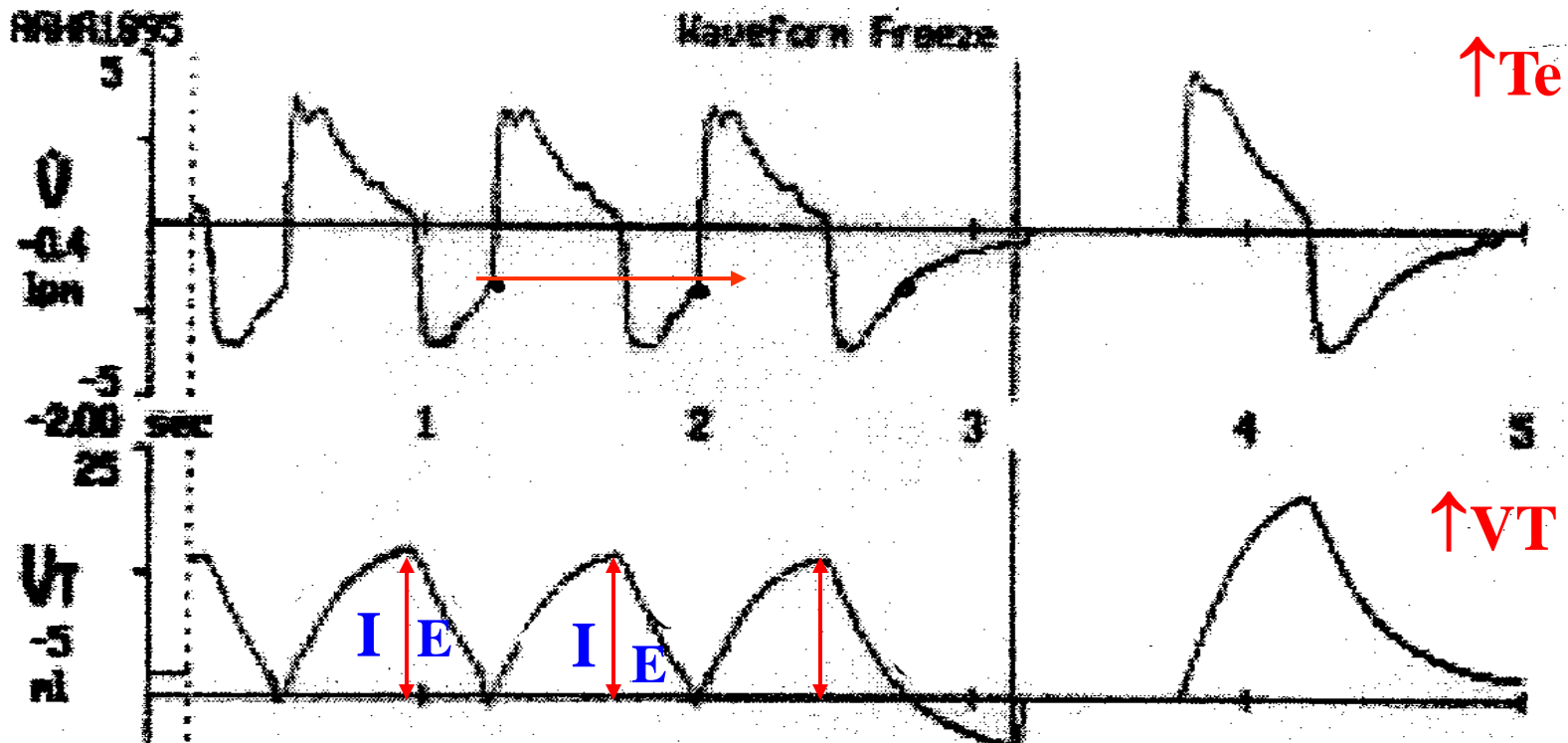
- El SAM
- Es una patología Pulmonar NO homogenea
- Depende de la gravedad y del compromiso p, asimétrico, con zonas de distintas ct.

Efectos de Te

Efecto de T_e

- Debe ser lo sufic. largo para llevar el Flujo espiratorio a cero
- Necesita ser más largo que el T_i debido a un incremento de la R de vía aérea durante la espiración vs inspiración
- Ver fig.

Te corto: Atrapamiento aéreo



Efecto de Te

- Cuando Te termina antes que el flujo sea cero: alto riesgo de atrapamiento aéreo
- Con Ti fijo y FR altas se acorta Te y produce PEEP inadvertido (precaución AC, PSV).
(auto PEEP no es lo mismo, ya que en este el flujo espiratorio si llega a cero).

Frecuencia respiratoria: FR

Frecuencia respiratoria: FR

- EMH: depende de severidad
- DBP: depende de la severidad
- **HPPN: FR altas**
- **Cardiópata con hiperfl. P: FR bajas**

F102

FIO2

- Según saturación de oxígeno
- < 37 SEMANAS , se sugiere
sat entre 90 -95 %
RNT 92-95 %

Volumen Minuto

Volumen Minuto

- Es tan importante como el VC
- Hay ventiladores que miden V Minuto
- Las Alarmas de V min deben fijarse según cálculos de valores críticos en rangos extremos p_{10} y p_{90}
- ver tabla, Buthani

Volumen Minuto normal:

Buthani

■ PESO (g)	VMin (ml x k x min)		
	p10	p 50	p90
■ 500-1000	230	400	600
■ 1000-2500	250	400	600
■ 2500-5000	170	300	500

Cálculo alarmas V Min

- Calcular alarmas según valores de rangos críticos extremos (p10 y p90)
- Calcular alarma superior de Volumen Minuto:
 - multiplicando el peso en k por el Vol Min del p90 agregando extra un 20 % (multiplicar x 1.2).

Cálculo alarmas Vol Minuto

Calcular Alarma inferior de Vol Min :

- multiplicando el peso en k por el Vol Min del p10, restando un 20 % (multiplicar x 0.8). Puede restar un 30 %.
- Si los valores están en lt, debe dividir el valor calculado x 1000.

Efecto de la Resistencia de la Vía Aérea

- Dado por TET y las características de la vía aérea del RN



- Usar TET más grande permitido según peso
- Acortar TET para reducir espacio muerto
- No recomendable usar TET número 2

Sensor de flujo

Sensor de Flujo

- Incrementa el espacio muerto en 0.5 - 0.8 ml
- Esto lleva a retención de CO₂ en RNEBPN
- Muy importante en **RN < 1000 g** : al usar VG, debe considerarlo

Técnica de leak

- Dispositivo especial para barrer CO₂
- Apertura en el conector del tubo endotraqueal 15 mm de largo, resistencia de 680 cm de H₂O x lt x seg.

Técnica de leak

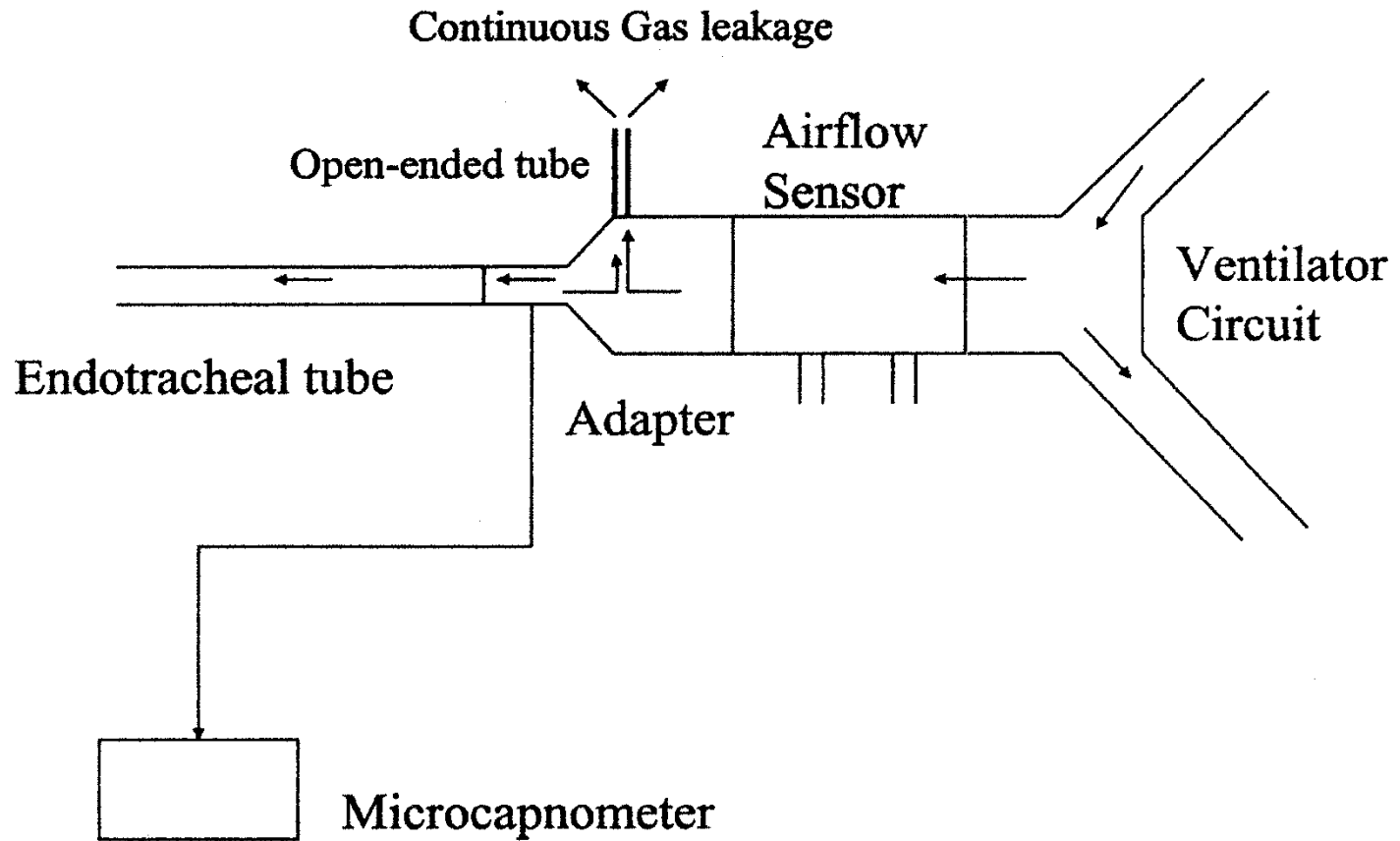


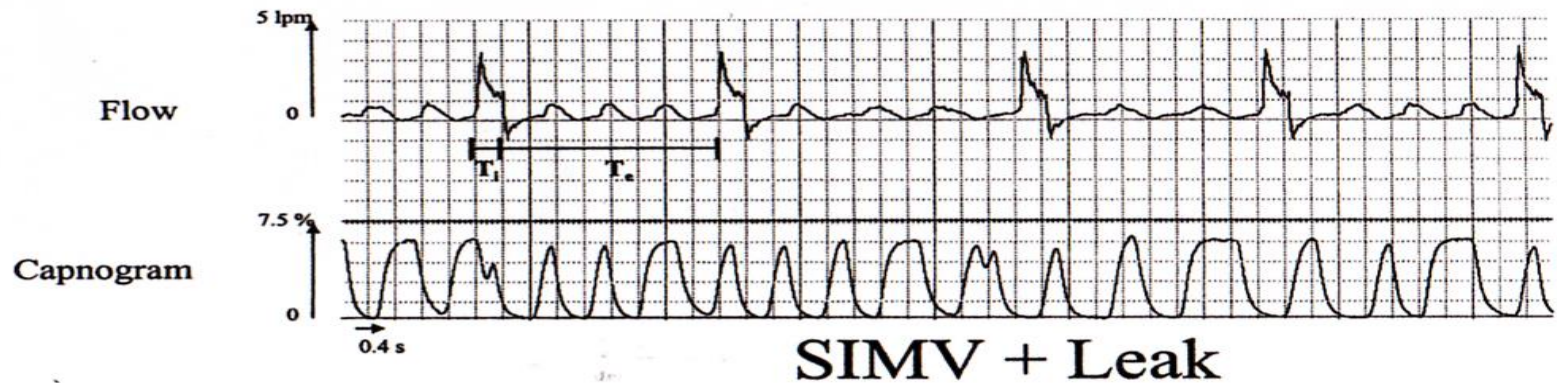
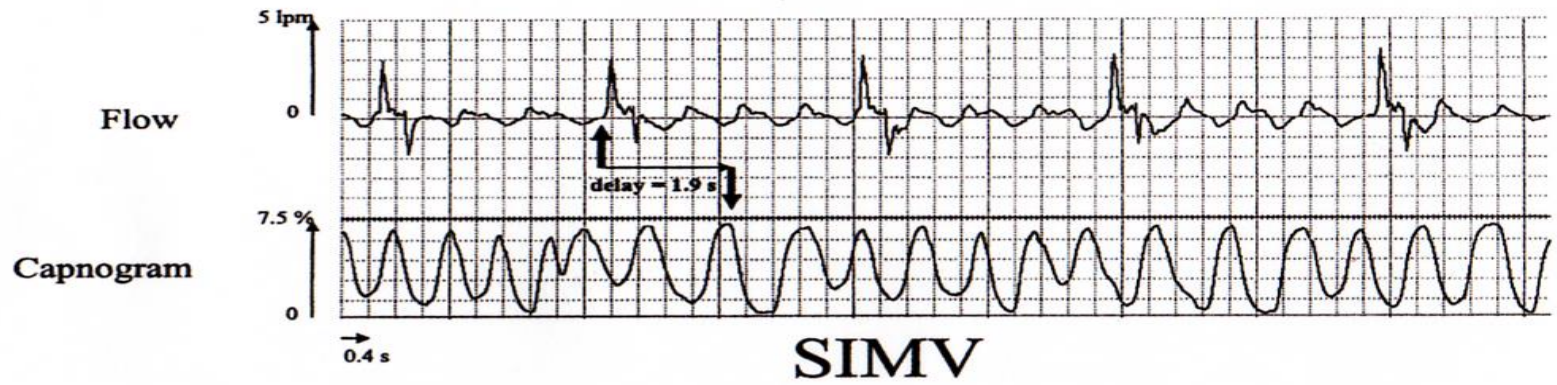
Table. Ventilation and CO₂ levels during the four study periods

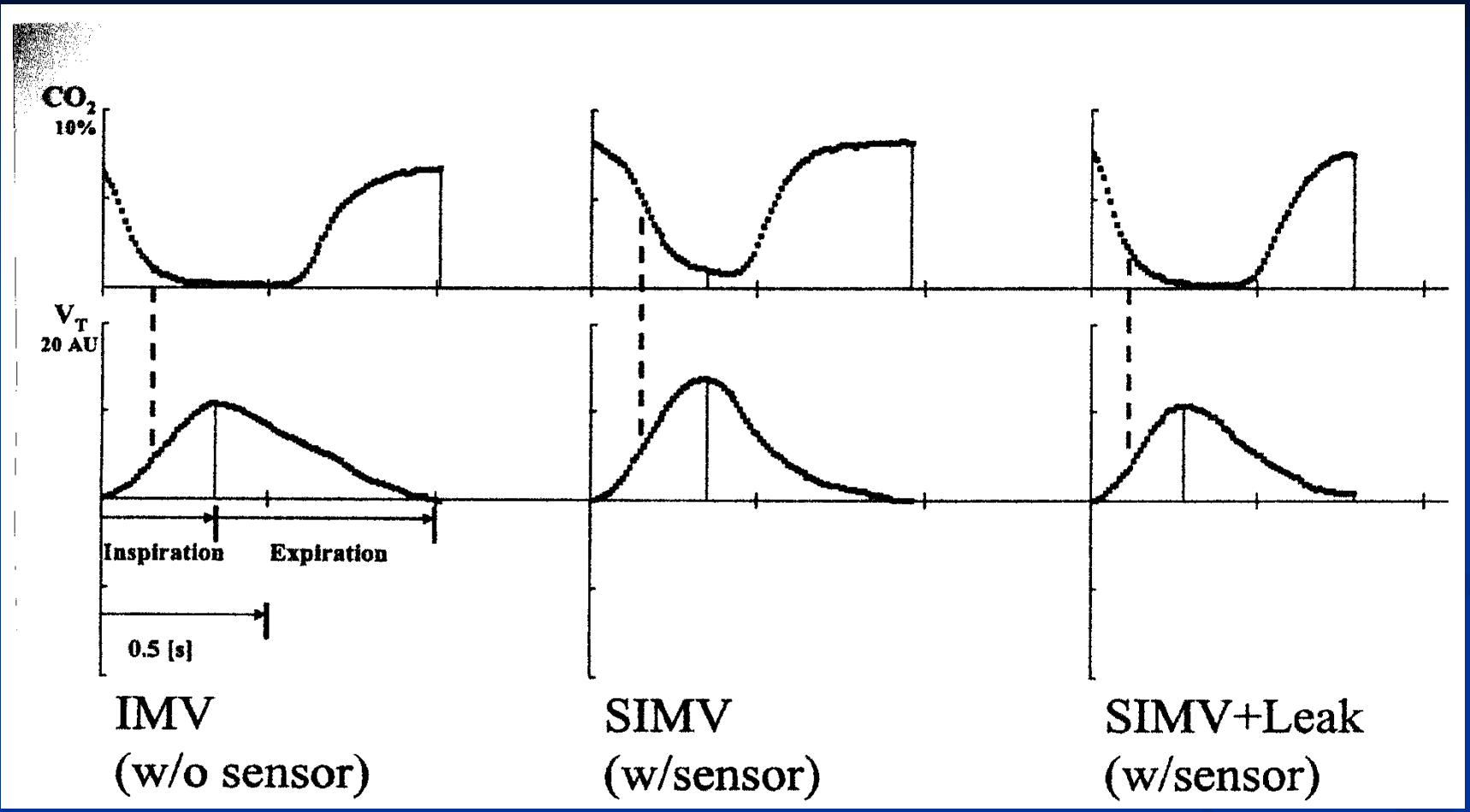
	IMV	IMV + sensor	SIMV	SIMV + leak
End-inspiratory CO ₂ (%)	0.12 ± 0.11	0.73 ± 0.38*	0.75 ± 0.39*	0.18 ± 0.20
End-expiratory CO ₂ (%)	5.88 ± 1.08	6.79 ± 1.25*	6.63 ± 1.36*	5.87 ± 1.15
TcPCO ₂ (mm Hg)	60.1 ± 13.3	64.5 ± 11.9†	64.4 ± 13.3†	59.4 ± 11.9
V _E ' (AU/min)	595 ± 86	878 ± 228*	823 ± 187*	620 ± 120
V _T (AU)	13.0 ± 1.9	16.5 ± 4.7†	15.9 ± 4.2†	13.4 ± 3.2
RR (breaths/min)	47.6 ± 8.9	54.2 ± 8.2	52.6 ± 7.8	47.6 ± 7.4

*P < .01 vs IMV and SIMV + leak.

†P < .05 vs IMV and SIMV + leak.

AU, Arbitrary units.

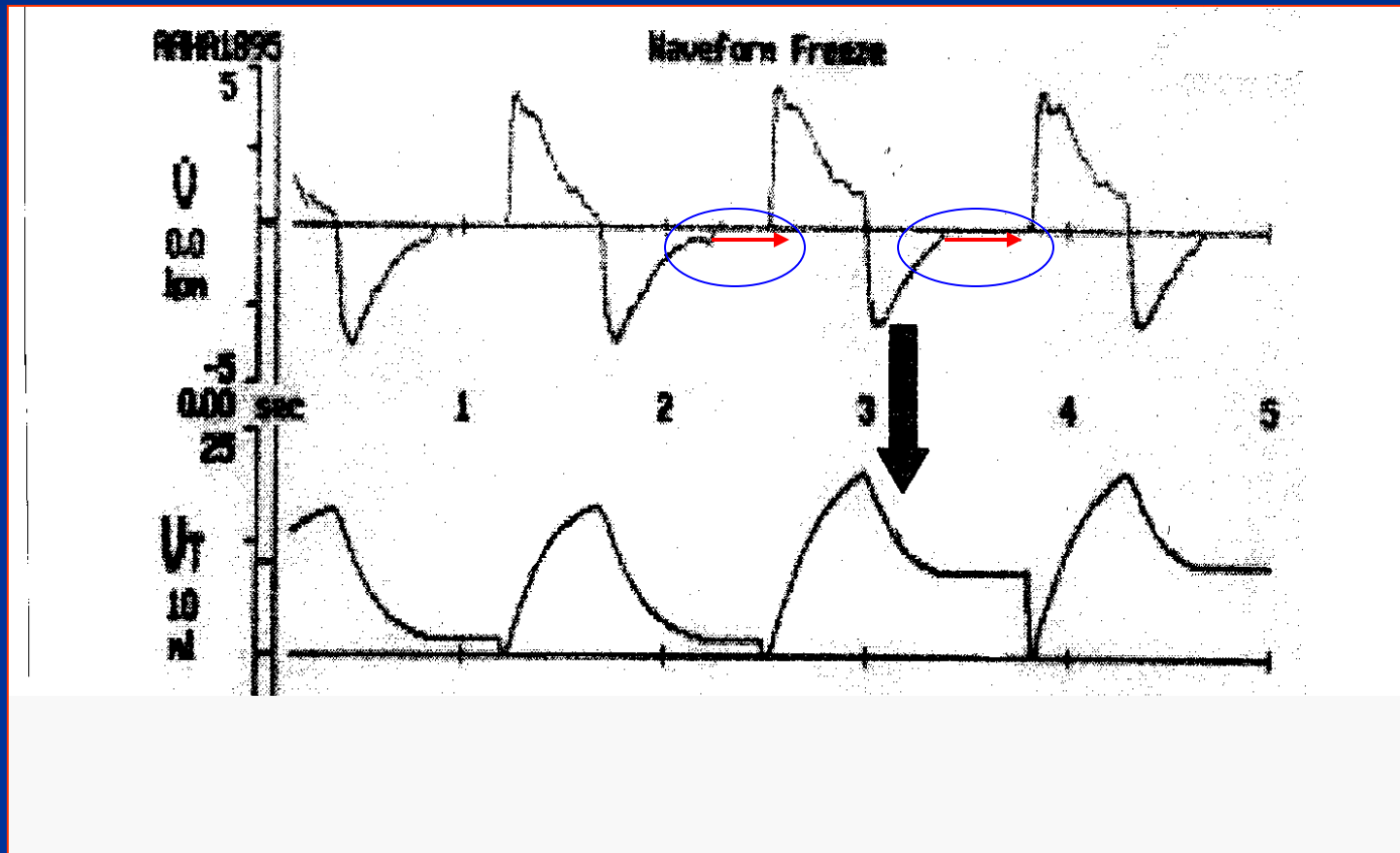




CO₂ al final de inspiracion y espiracion es mas baja con tecnica de leak

FILTRACIÓN DEL TET

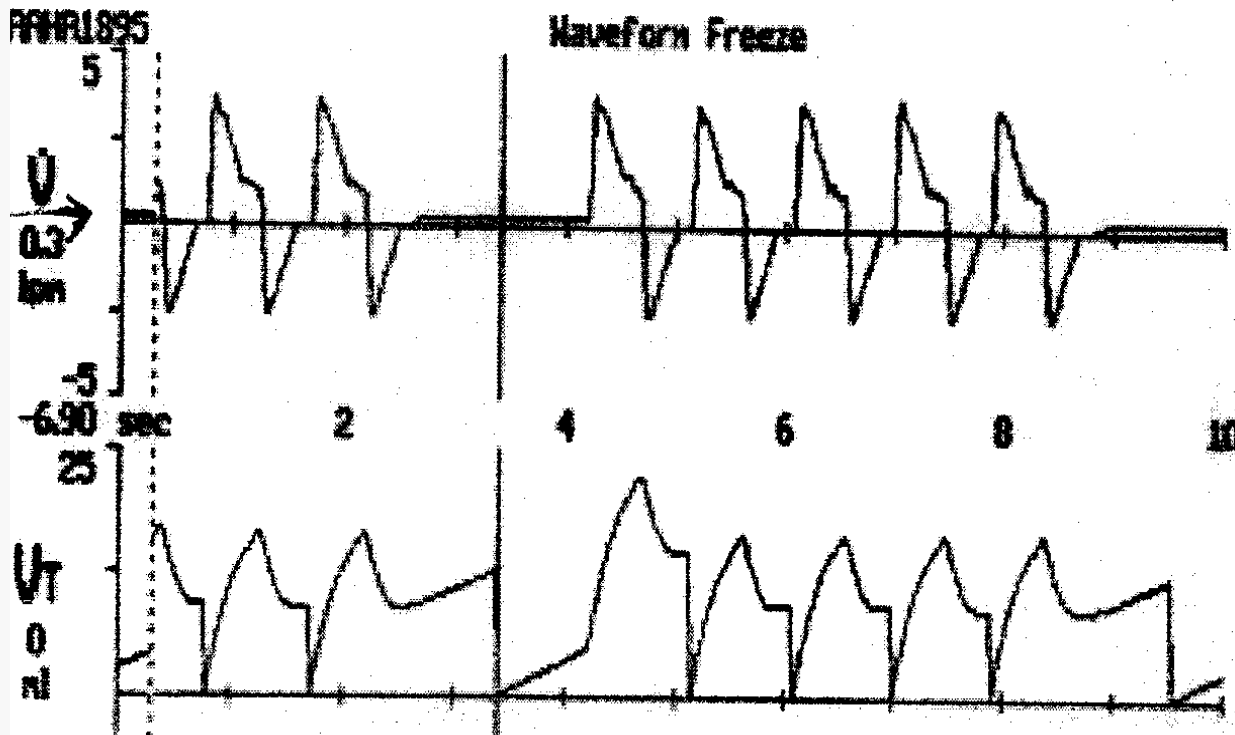
Efecto de filtración: flujo - VC



Efecto de filtración aérea

- Esta filtración se produce más durante la inspiración
- Cuando la ventilación termina ya no hay filtración porque la presión es más baja durante la espiración
- Si TET pequeño se escapará mucho flujo

Autotrigger durante SIMV por efecto de filtración



Resumen

Resumen

- Antes de conectar a VM, intentar ventilación no invasiva dado la injuria que produce el TE *
- Siempre al ventilar usar sincronización (acelera weaning, ↓ HIV, ↓ escape aéreo)
- Parámetros a fijar dependen de patología de base, EG y peso del RN

Resumen

- Acortar TET lo que sea posible *
- Chequeo permanente – fijar alarmas adecuadas
- Retiro de VM lo antes posible

GRACIAS

