



# CONCEPTOS DE MECÁNICA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Dr. Antonio Padilla Serrano  
Alcázar de San Juan, 4 de Abril de 2019

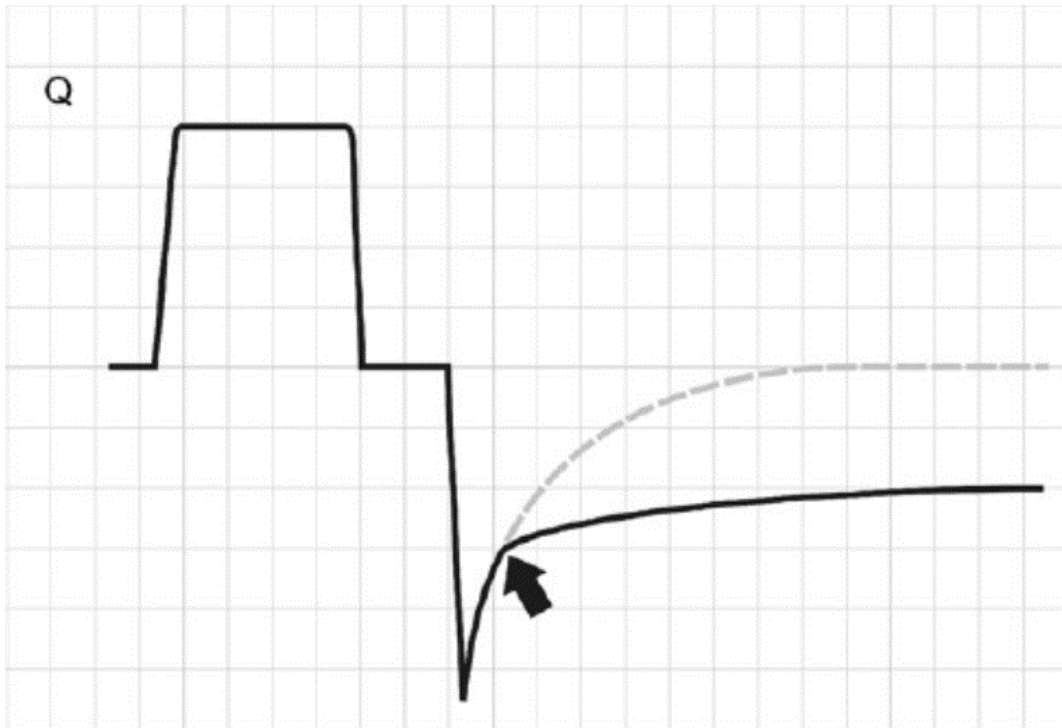


## ÍNDICE

- Limitación del flujo espiratorio.
- Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca).
- *Compliance* o distensibilidad.
- Resistencia.
- Interacción paciente-ventilador: asincronías.

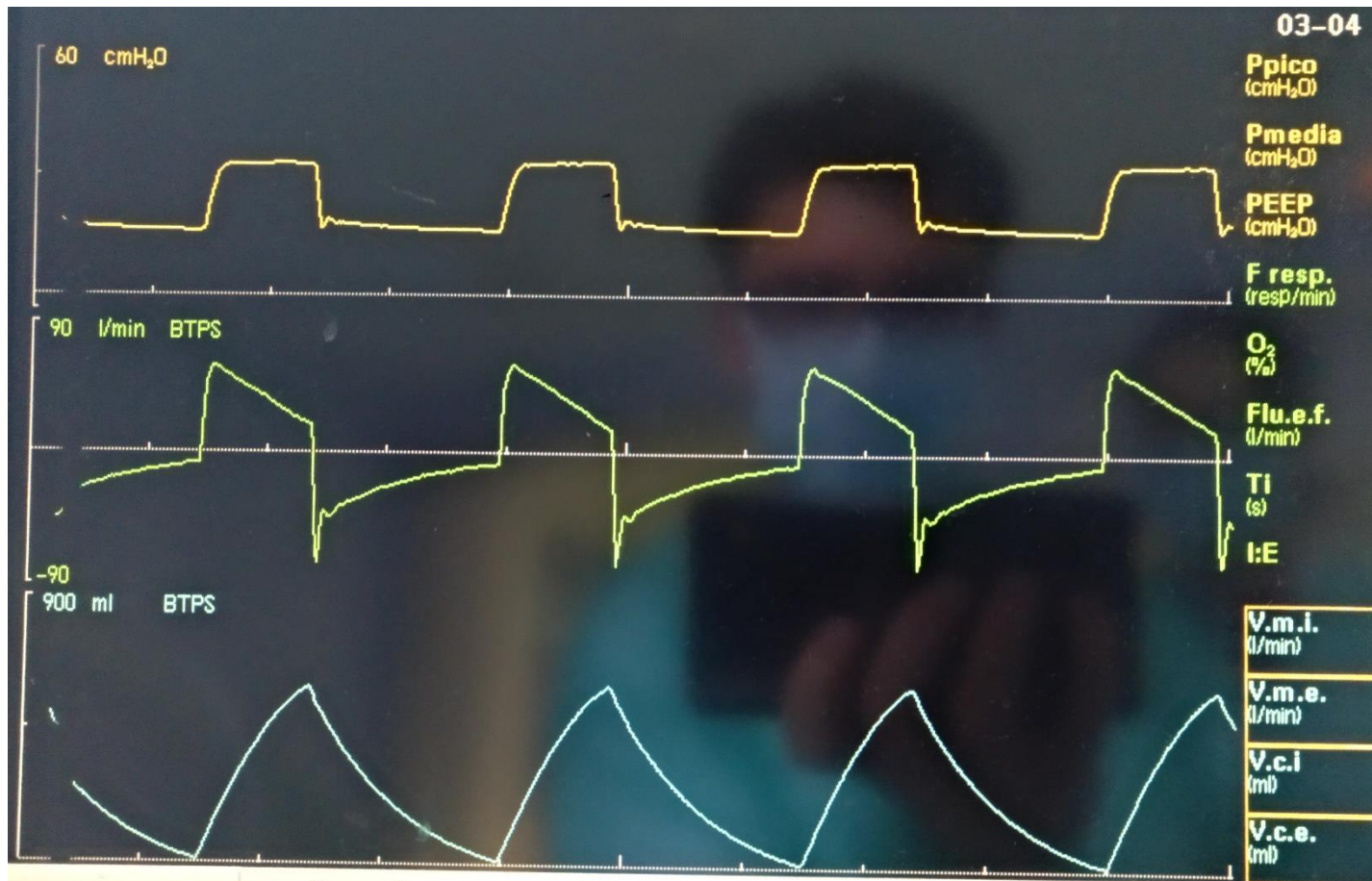
## Limitación del flujo espiratorio

En los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la destrucción de la trama del parénquima hace que la vía aérea, rodeada de alveolos con presión, presente colapso dinámico durante la exhalación.



La imposición de PEEP funciona como un stent y el punto de cierre se traslada progresivamente hacia volúmenes pulmonares menores.

# Limitación del flujo espiratorio

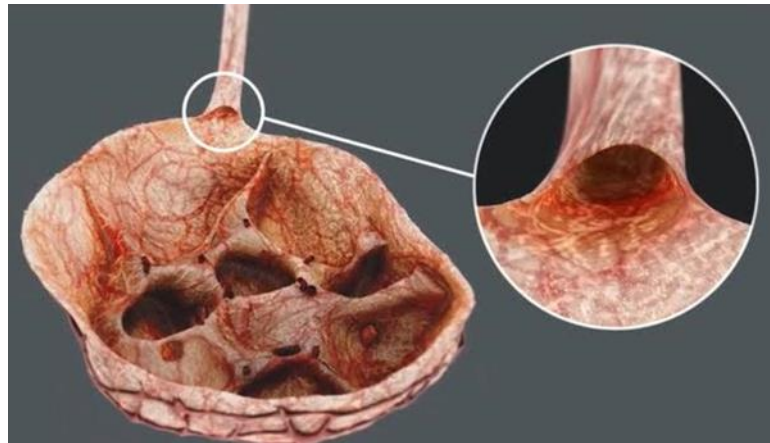


# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

La espiración se produce porque la presión alveolar ( $P_{alv}$ ) es mayor que la presión en la vía aérea ( $P_{aw}$ ) lo que genera un flujo ( $Q$ ) contra la resistencia espiratoria ( $R$ ).

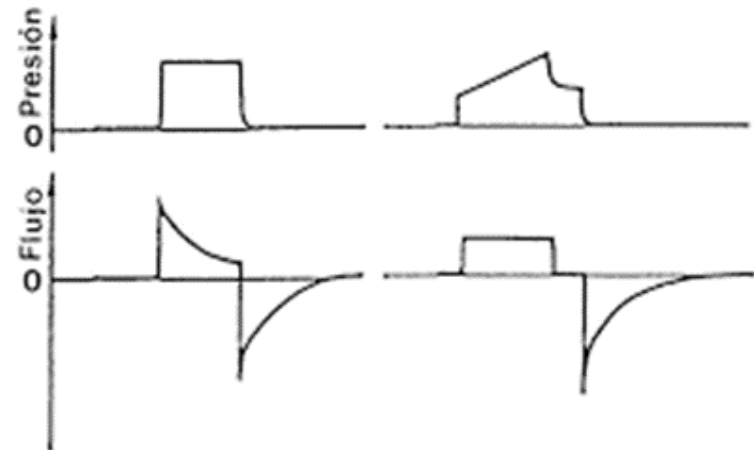
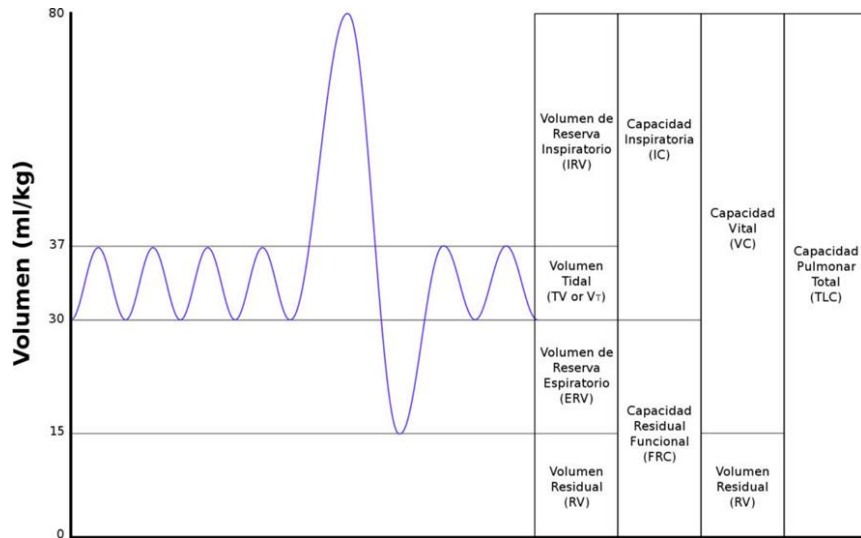
$$Q = \frac{P_{alv} - P_{aw}}{R}$$



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

## Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

Normalmente, al final de una espiración tranquila, el sistema respiratorio ha llegado a la capacidad residual funcional (CRF).



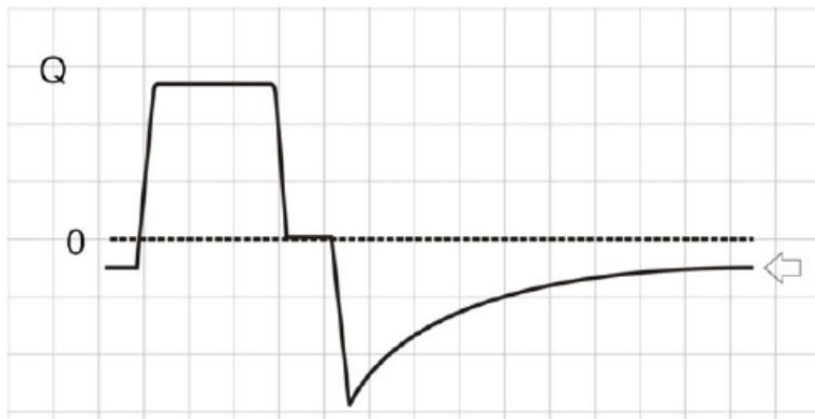
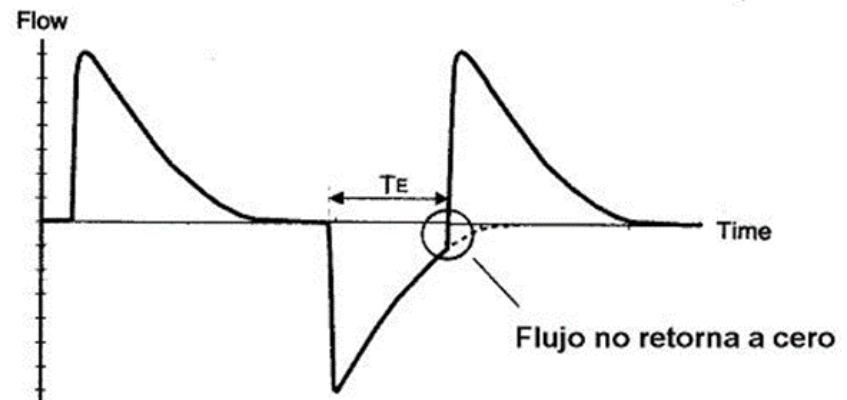
Sin embargo, si el sistema espiratorio no llega a CRF, ese volumen atrapado determina la aparición de Auto-PEEP.

# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

Cómo evaluar la presencia de auto-PEEP.

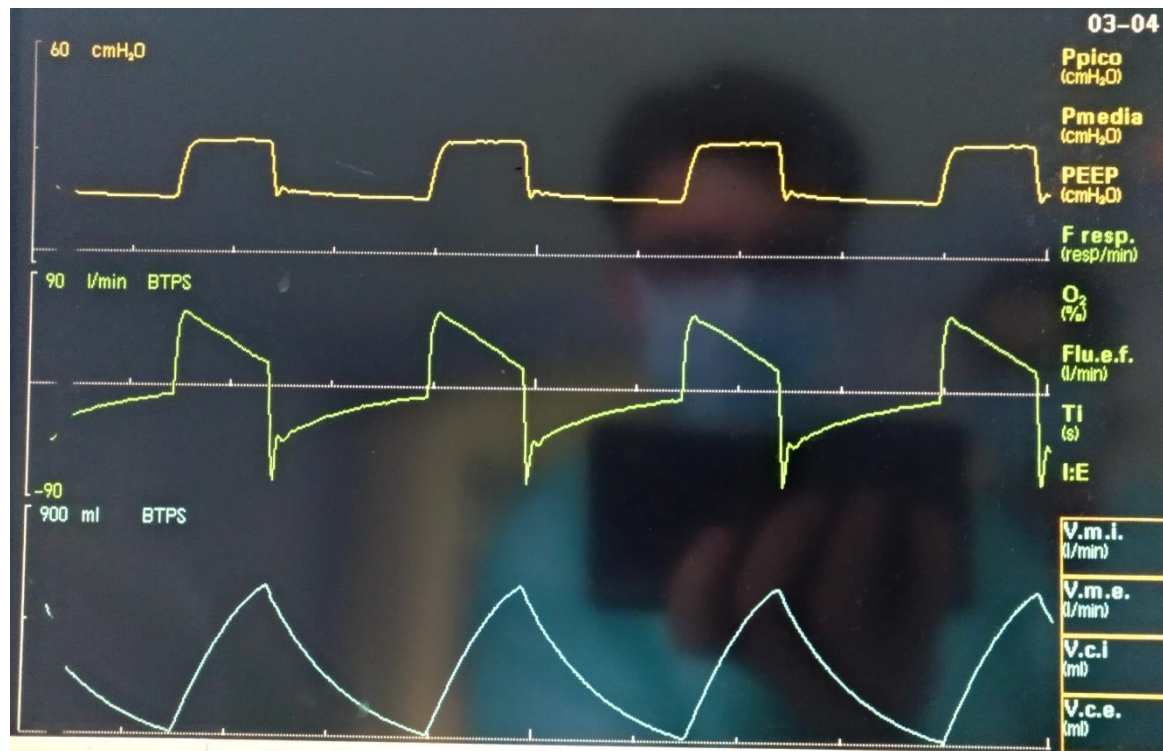
En las curvas flujo/tiempo vemos que la inspiración comienza antes de que el flujo espiratorio llegue a 0.



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

Cómo evaluar la presencia de auto-PEEP.





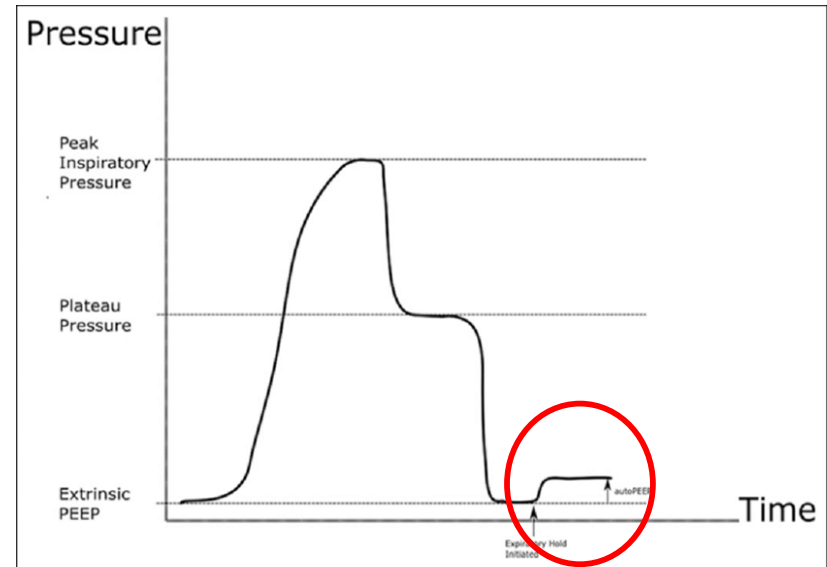
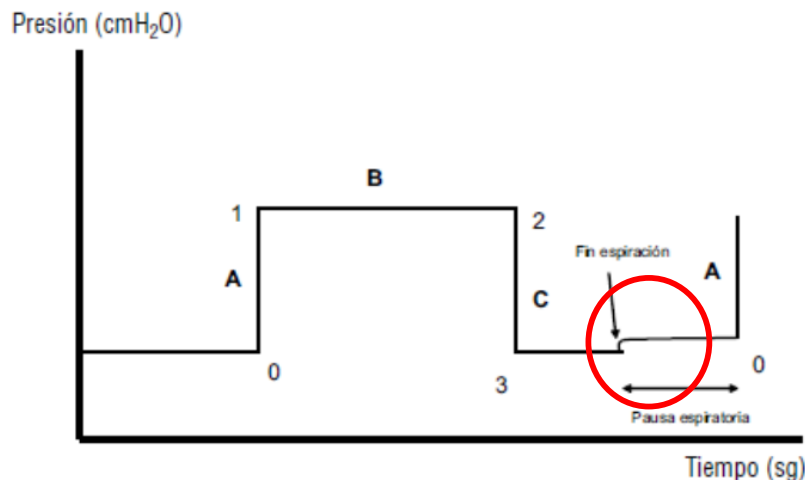


# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

Cómo evaluar la presencia de auto-PEEP.

Medida mediante una pausa espiratoria prolongada.





# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

## Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

### Qué tener en cuenta para su medición:

- Se debe mantener al paciente sedado y adaptado al respirador. La medición exige que el paciente no interfiera con la respiración del aparato.
- Tras una inspiración, producir una pausa espiratoria prolongada, de 2 a 3 segundos, hasta que se estabilice la línea base.



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

**Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)**

## Causas más frecuentes de generación de auto-PEEP:

- El volumen corriente es excesivo.
- La frecuencia respiratoria es elevada.
- Relación I/E muy corta.
- Impedancia del circuito muy elevada.
- Obstrucción de la vía aérea



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

## Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

### Formas de presentarse:

#### 1. Sin sobredistensión pulmonar: el volumen pulmonar puede ser normal o estar disminuido.

- Existe una espiración activa que influye sobre la presión alveolar al final de la espiración y genera un gradiente entre los alvéolos y la presión atmosférica sin sobredistensión pulmonar.

#### 2. Hiperinsuflación dinámica sin limitación del flujo aéreo.

- Ocurre cuando la frecuencia respiratoria o el volumen corriente son relativamente altos y el tiempo espiratorio es relativamente corto para las propiedades del sistema respiratorio (resistencia y compliance).

#### 3. Hiperinsuflación con limitación del flujo aéreo.

- La obstrucción al flujo ocurre durante una deflación pasiva si la presión pleural se vuelve más positiva que la presión en la pequeña vía aérea (colapso dinámico).



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

## Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

### Consecuencias clínicas:

- Aumento del trabajo respiratorio.
- Hipotensión arterial.
- Interpretación errónea de parámetros hemodinámicos (por ejemplo, la presión capilar pulmonar).
- Dificultad para la adaptación al respirador, por fallos en la activación del trigger que necesita de mayor nivel de presión negativa para ser activado.
- Fenómenos de barotrauma.



# Curso básico de monitorización respiratoria: *interpretación de las gráficas del respirador*

## Auto-presión espiratoria al final de la espiración (auto-PEEP) o presión espiratoria al final de la espiración intrínseca (PEEP intrínseca)

### Cómo la podemos resolver

#### 1. En pacientes con tiempo espiratorio corto

- Se puede alargar el tiempo espiratorio, ajustando la frecuencia respiratoria, el flujo inspiratorio y la relación I/E.

#### 2. En el caso de colapso dinámico de la vía aérea.

- Aumentar la PEEP externa hasta aproximadamente el 80% de la PEEPi puede mejorar el atrapamiento al mantener la vía aérea abierta.

## Compliance o distensibilidad

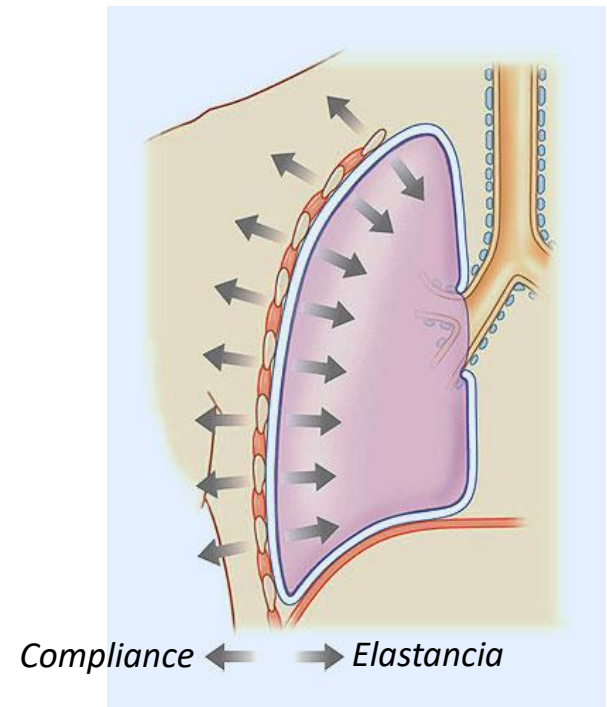
**Compliance:** es la relación que existe entre el cambio de volumen de gas intrapulmonar y el incremento de presión ( $\Delta P$ ) necesario para producir este cambio de volumen ( $\Delta V$ ).

$$D = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

La inversa matemática de la distensibilidad es la **elastancia**, es decir, el cambio de presión requerido para cambiar el volumen pulmonar.

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Se expresa en ml/cm H<sub>2</sub>O.



## *Compliance* o distensibilidad

### Cómo la medimos

*Compliance* estática: mide solo la distensibilidad toracopulmonar.

$$Crs = \frac{Vt}{P_{plateau} - PEEP}$$

Normalmente el valor de la Crs es 100 ml/cmH2O.

*Compliance* dinámica: no valora solamente la resultante del pulmón y de la caja torácica, sino también la resistencia de la vía aérea.

$$Cd = \frac{Vt}{P_{pico} - PEEP}$$

Suele ser de un 10 a un 20% menor que la estática.



# *Compliance* o distensibilidad

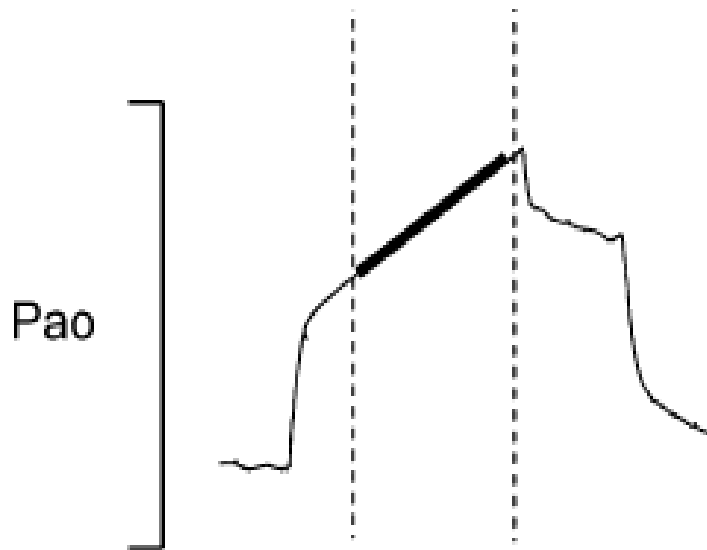
Su medición puede ser útil para:

- Caracterizar el tipo de alteración pulmonar (obstructiva o restrictiva).
- Cuantificar la evolución clínica del paciente y los cambios inducidos por el tratamiento ventilatorio.
- Indicar la posibilidad de extubación.
- Analizar los patrones de la curva P/T y su implicación clínica.

## *Compliance* o distensibilidad

Las curvas de P/T, cuando se ventila con flujo inspiratorio constante, permiten analizar ciertos patrones que nos permiten evaluar de modo no invasivo los efectos del volumen circulante y de la PEEP sobre el reclutamiento y la sobredistensión del parénquima pulmonar.

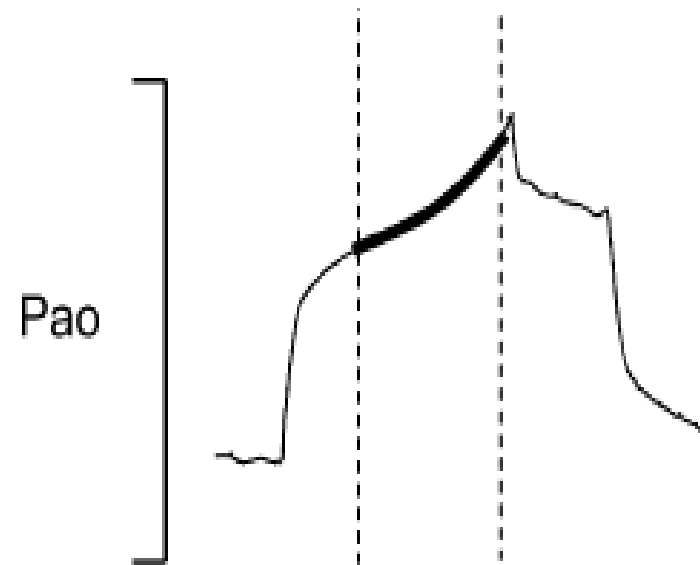
1. No sobredistensión ni reclutamiento: pendiente de ascenso de  $P_{aw}$  de tipo lineal.



## *Compliance* o distensibilidad

Las curvas de P/T, cuando se ventila con flujo inspiratorio constante, permiten analizar ciertos patrones que nos permiten evaluar de modo no invasivo los efectos del volumen circulante y de la PEEP sobre el reclutamiento y la sobredistensión del parénquima pulmonar.

2. Sobredistensión: se produce un curva cóncava hacia arriba de la  $P_{aw}$ .

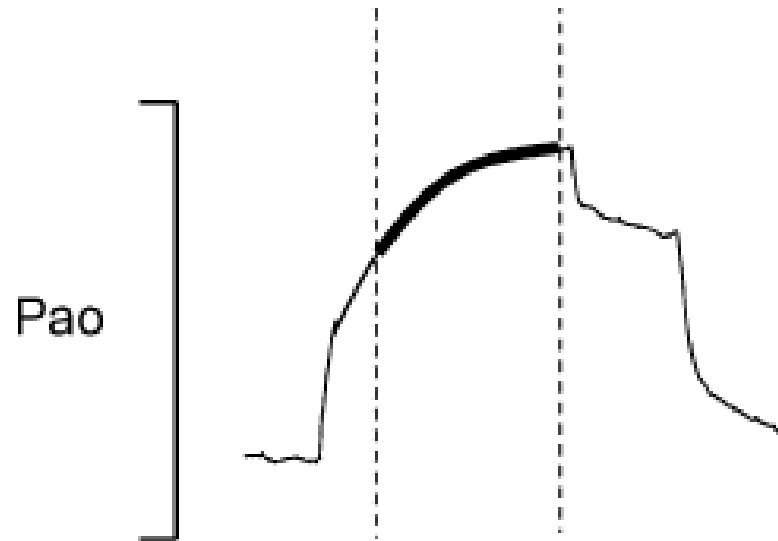




## *Compliance* o distensibilidad

Las curvas de P/T, cuando se ventila con flujo inspiratorio constante, permiten analizar ciertos patrones que nos permiten evaluar de modo no invasivo los efectos del volumen circulante y de la PEEP sobre el reclutamiento y la sobredistensión del parénquima pulmonar.

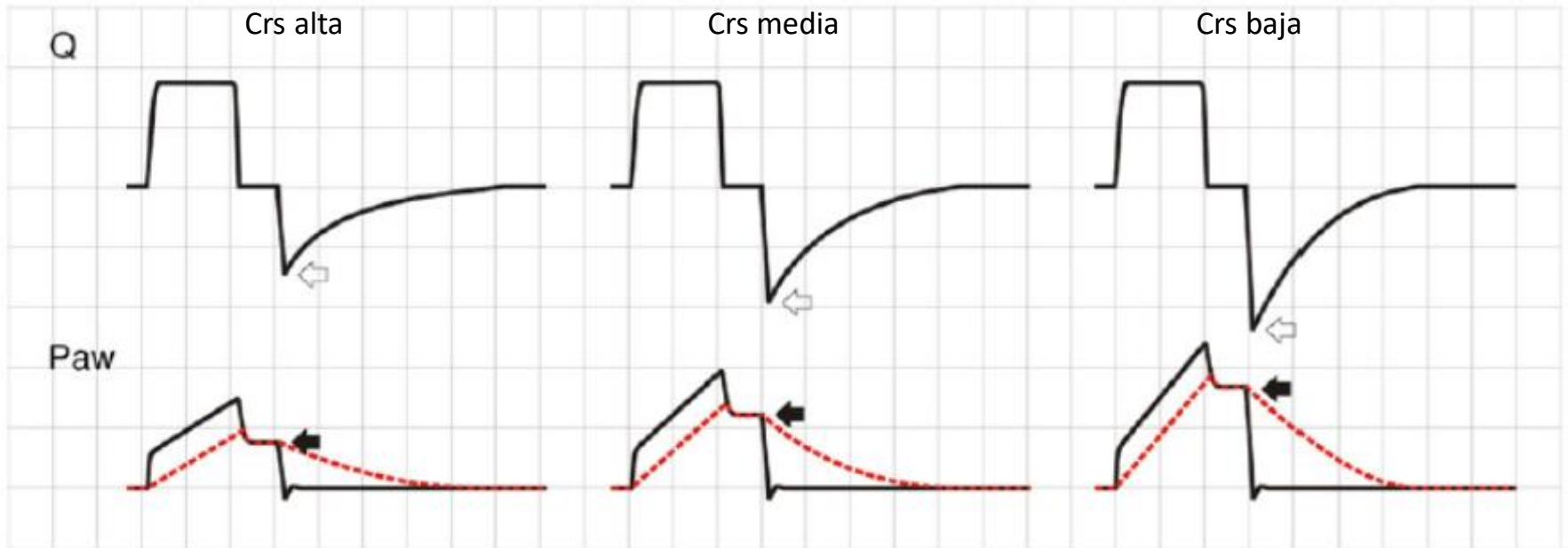
3. Posibilidad de reclutamiento: concavidad hacia abajo de la curva de  $P_{aw}$ .





## *Compliance* o distensibilidad

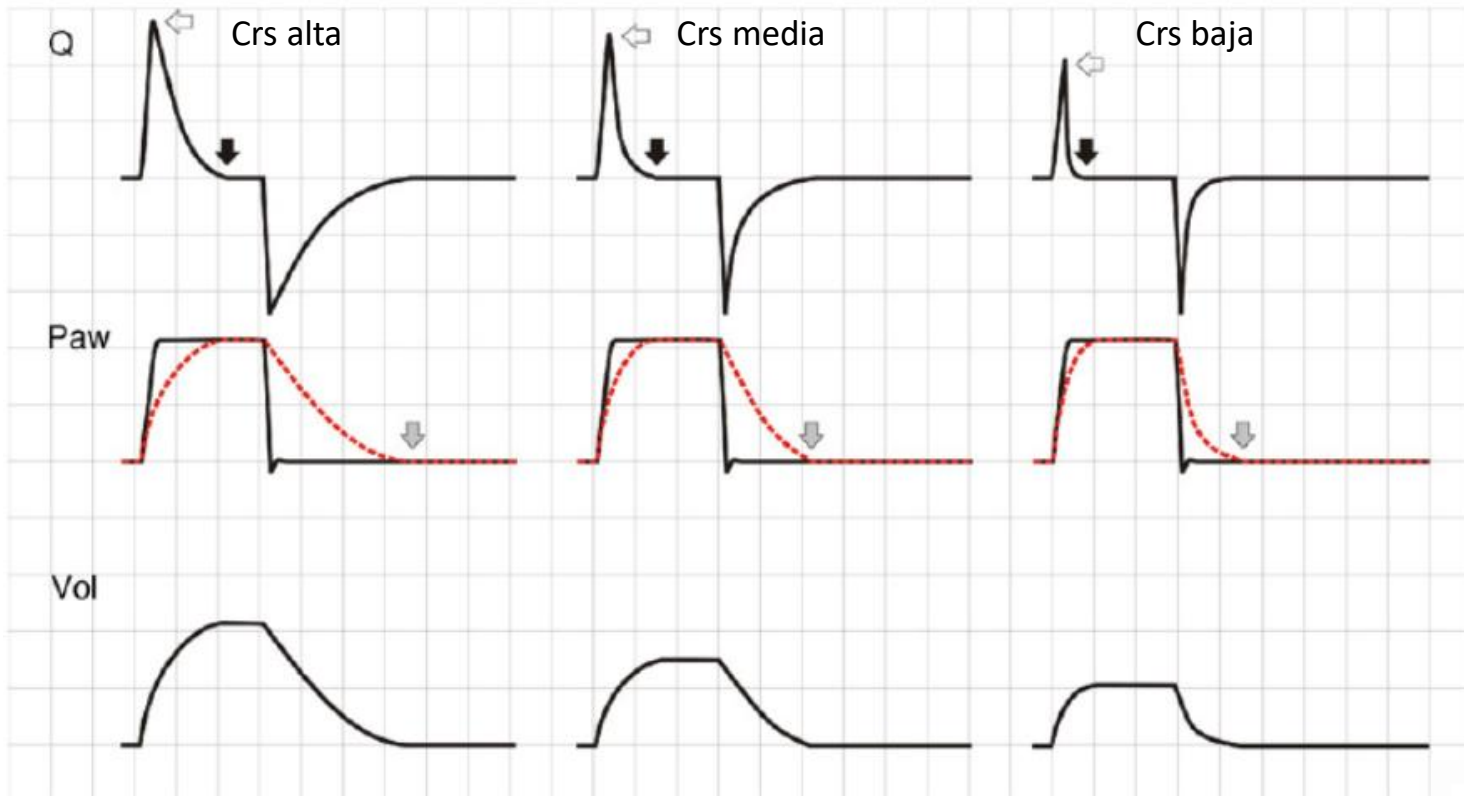
Cómo se expresan los cambios en la *compliance* en los modos controlados por volumen





## Compliance o distensibilidad

Cómo se expresan los cambios en la *compliance* en los modos controlados por presión



## Resistencia

Por resistencia (R) entendemos la relación entre diferencia de presión (P) y un flujo (F) determinado.

Se expresa en cmH<sub>2</sub>O/L/s.

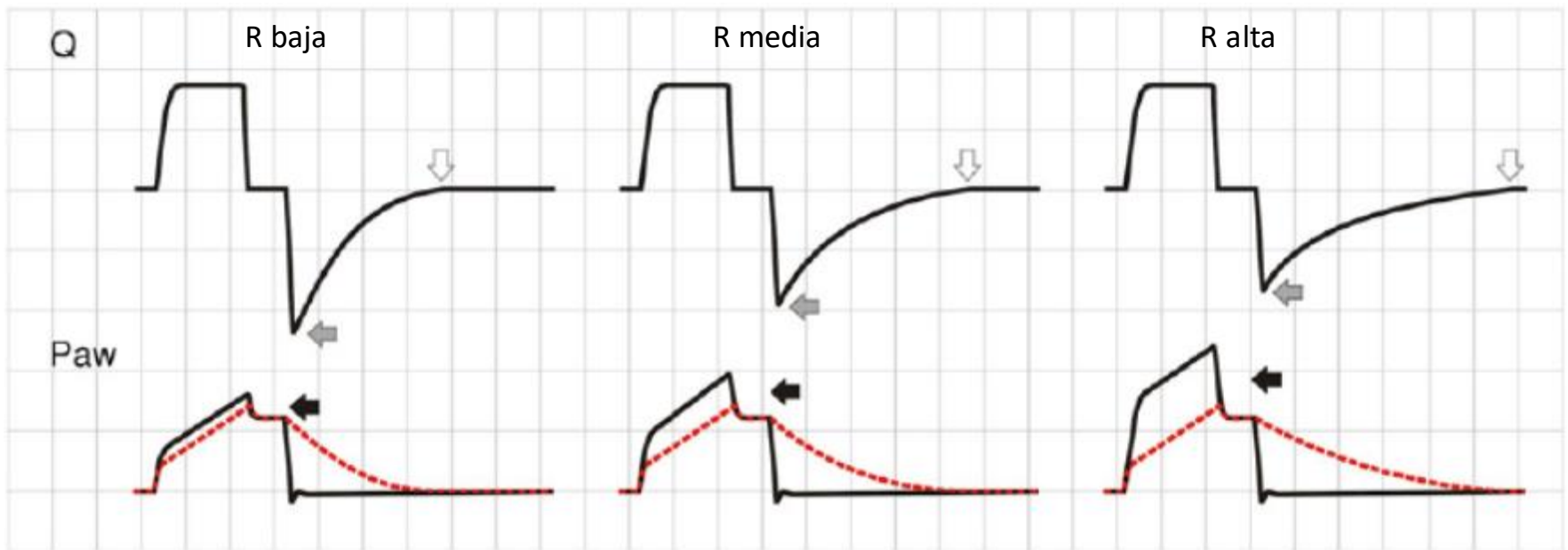
$$R_{m\acute{a}x} = \frac{P_{pico} - P_{meseta}}{F}$$

Los valores normales de R en sujetos sanos son de alrededor de 2,5 cmH<sub>2</sub>O/l/s.

La R<sub>máx</sub> incluye la resistencia de las vías aéreas propiamente dichas (Raw), la resistencia del tubo endotraqueal y los equipos de medición y la resistencia del tejido pulmonar y de la caja torácica.

# Resistencia

Cómo se expresan los cambios en la resistencia en los modos controlados por volumen

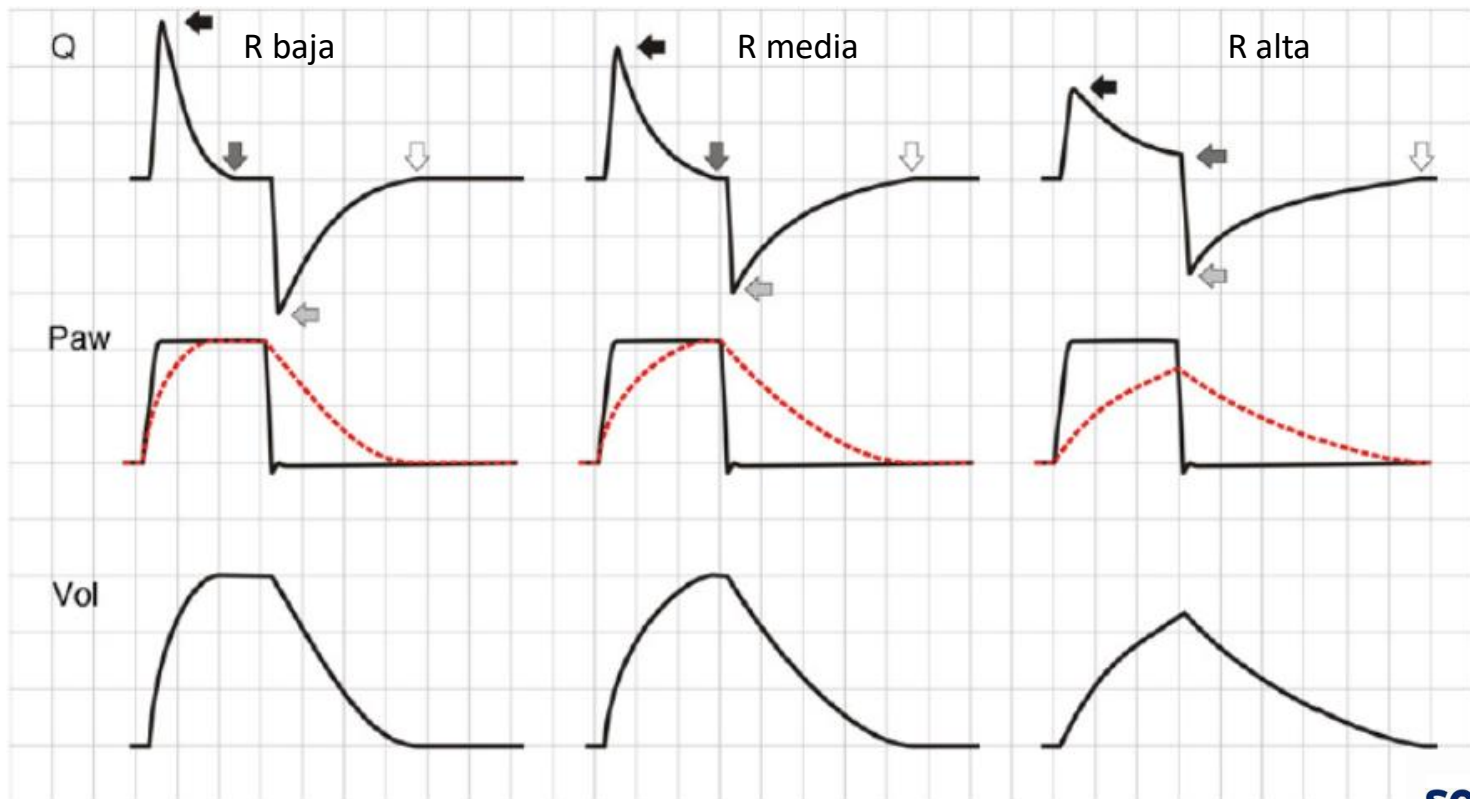






## Resistencia

Cómo se expresan los cambios en la resistencia en los modos controlados por presión





## Interacción paciente-ventilador: asincronías

Definición



Ausencia de una correcta adaptación entre el ventilador y las necesidades ventilatorias del paciente

# Interacción paciente-ventilador: asincronías





## Interacción paciente-ventilador: asincronías

### Efectos fisiopatológicos:

- Sobrecarga muscular con un mayor consumo de oxígeno y lesión muscular diafragmática
- Aumento de las necesidades de sedación
- Ventilación más prolongada
- Deterioro del sueño
- Fracaso en la retirada del respirador
- Se generan altas presiones intratorácicas con efectos hemodinámicos adversos.



## Interacción paciente-ventilador: asincronías

### Consecuencias clínicas:

- Aumento de la morbimortalidad
- Aumento de la estancia en UCI y hospitalaria

