

PARÁMETROS MONITORIZADOS POR HAMILTON C1

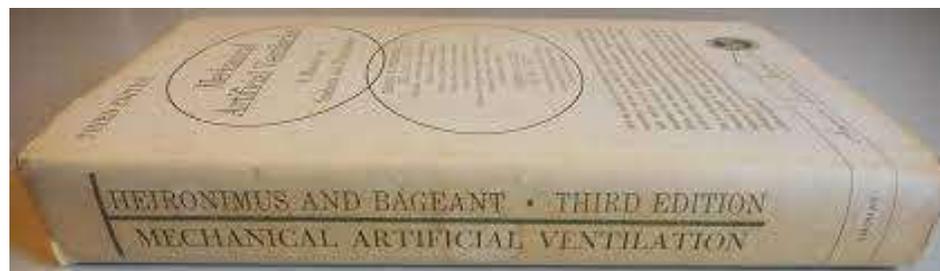
Logroño, 20 de julio de 2023

Pedro Marco Aguilar
Coordinador de Urgencias

Tribulaciones de Robert A. Bageant

Su esposa, cansada del poco tiempo que le dedicaba a ella, durante la confección del libro, le recriminaba: **¿cómo puedes dedicar tanto tiempo a un proceso tan simple como la respiración? Todo consiste en coger el aire bueno, y expulsar el aire malo.**

Robert A. Bageant. Mechanical Artificial Ventilation (prólogo)

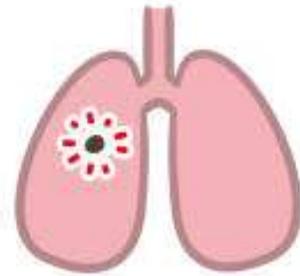
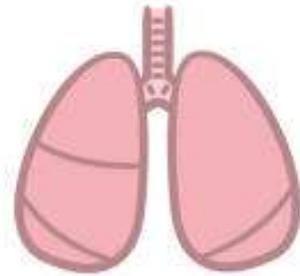
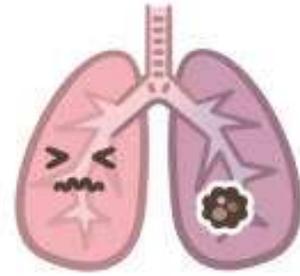
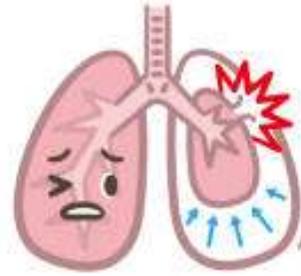
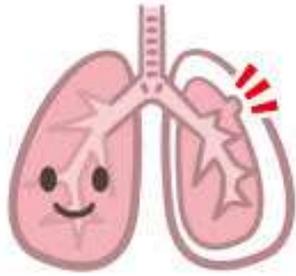
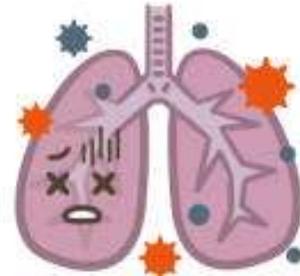
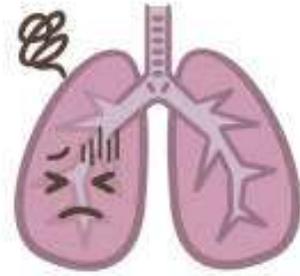
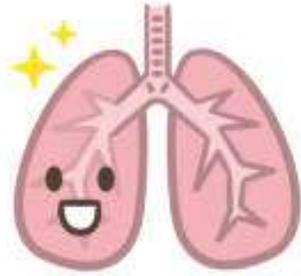
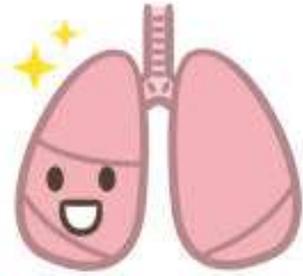


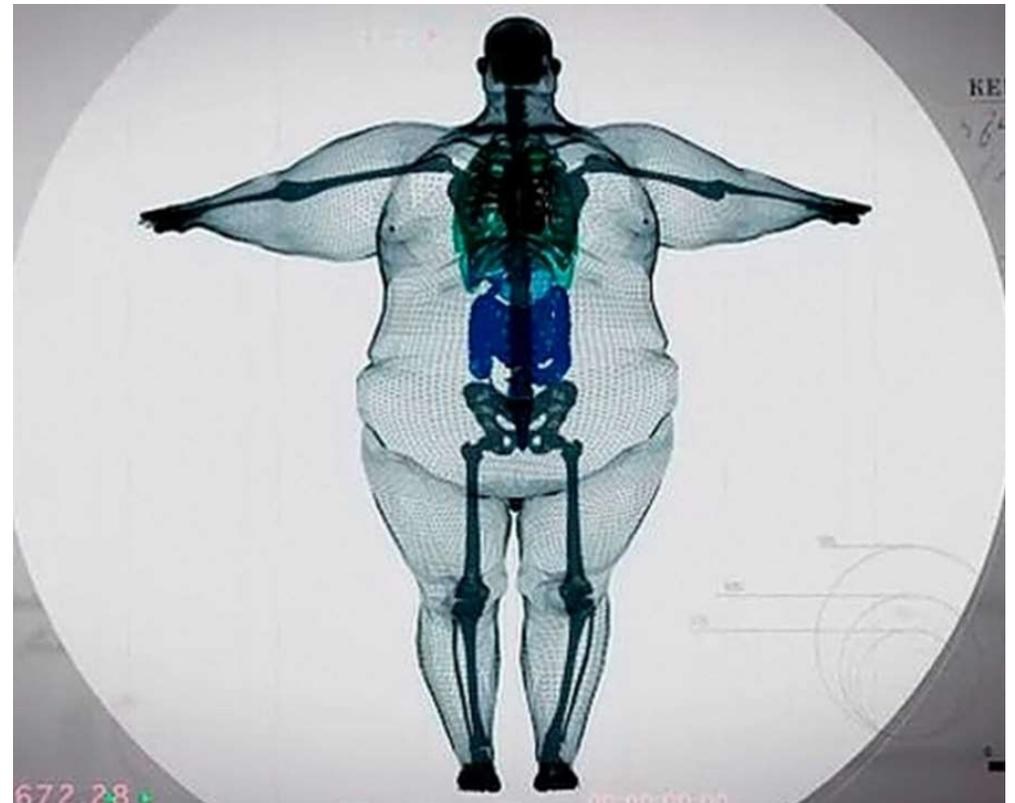
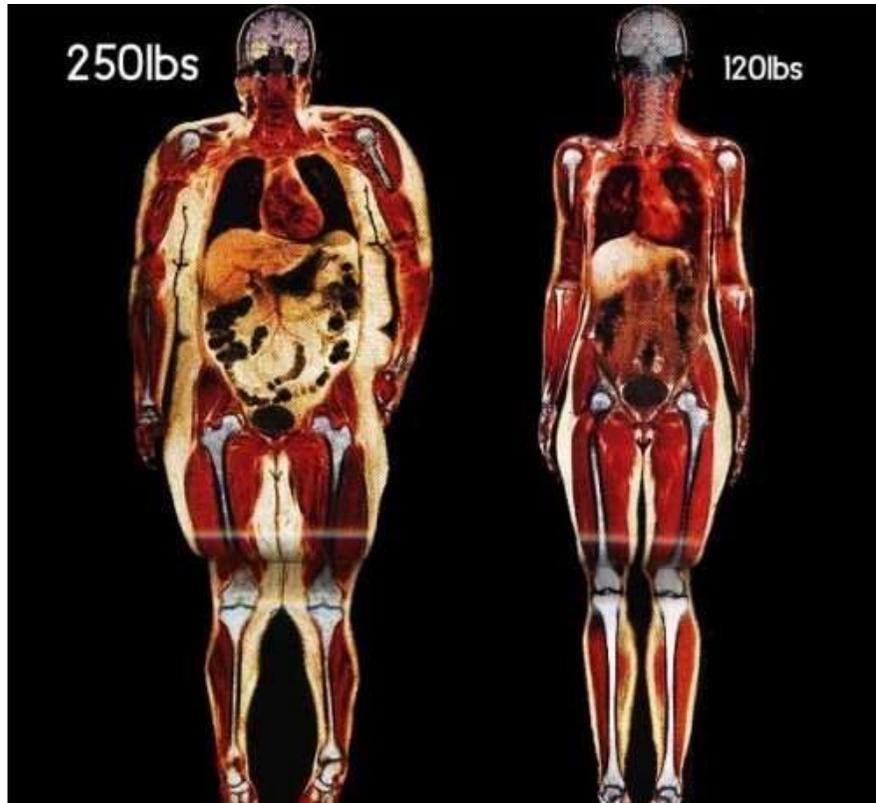


Vale, pero dime qué botón tengo que apretar



SALIDA



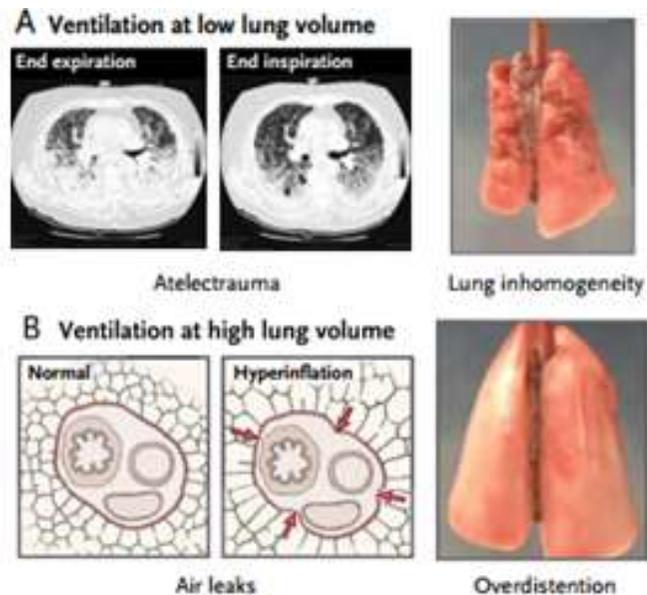


Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica*

Mechanical ventilation induced lung injury

F. GORDO VIDAL¹, C. DELGADO ARNAIZ², E. CALVO HERRANZ²

¹ Área de Anestesia, Reanimación y Cuidados Críticos, Fundación Hospital Alcorcón, Alcorcón, Madrid, España.



Determinants and Prevention of Ventilator-Induced Lung Injury

Francesco Vasques MD, Eleonora Duscio MD, Francesco Cipulli MD, Federica Romitti MD, Michael Quintel MD, Luciano Gattinoni MD

<https://doi.org/10.1186/s13054-020-02963-x>

Critical Care

RESEARCH

Open Access

Effect of mechanical power on intensive care mortality in ARDS patients

Silvia Coppola^{1,2}, Alessio Caccioppola^{1,2}, Sara Frolo¹, Paolo Formenti¹, Valentina De Giorgis^{1,2}, Valentina Galanti^{1,2}, Dario Consonni³ and Davide Chiumello^{1,2,4,5}

Abstract

Background: In ARDS patients, mechanical ventilation should minimize ventilator-induced lung injury. The mechanical power which is the energy per unit time released to the respiratory system according to the applied tidal volume, PEEP, respiratory rate, and flow should reflect the ventilator-induced lung injury. However, similar levels of mechanical power applied in different lung sizes could be associated to different effects. The aim of this study was to assess the role both of the mechanical power and of the transpulmonary mechanical power, normalized to predicted body weight, respiratory system compliance, lung volume, and amount of aerated tissue on intensive care mortality.

Methods: Retrospective analysis of ARDS patients previously enrolled in seven published studies. All patients were sedated, paralyzed, and mechanically ventilated.

After 20 min from a recruitment maneuver, partitioned respiratory mechanics measurements and blood gas analyses were performed with a PEEP of 5 cmH₂O while the remaining setting was maintained unchanged from the baseline. A whole lung CT scan at 5 cmH₂O of PEEP was performed to estimate the lung gas volume and the amount of well-inflated tissue.

Univariate and multivariable Poisson regression models with robust standard error were used to calculate risk ratios and 95% confidence intervals of ICU mortality.

Results: Two hundred twenty-two ARDS patients were included; 88 (40%) died in ICU. Mechanical power was not different between survivors and non-survivors 14.97 [11.51–18.44] vs. 15.46 [12.33–21.45] J/min and did not affect intensive care mortality. The multivariable robust regression models showed that the mechanical power normalized to well-inflated tissue (RR 2.69 [95% CI 1.10–6.56], $p = 0.029$) and the mechanical power normalized to respiratory system compliance (RR 1.79 [95% CI 1.16–2.76], $p = 0.008$) were independently associated with intensive care mortality after adjusting for age, SAPS II, and ARDS severity. Also, transpulmonary mechanical power normalized to respiratory system compliance and to well-inflated tissue significantly increased intensive care mortality (RR 1.74 [1.11–2.70], $p = 0.015$; RR 3.01 [1.15–7.91], $p = 0.025$).

(Continued on next page)

COMPLICACIONES DE LA VENTILACION MECANICA

RELACIONADAS CON LA INTUBACION

- DURANTE LA INTUBACION TRABUAL SE PUEDEN PRODUCIR
- LESIONES EN LA OROFARINGE
 - ALTERACIONES REFLEJAS POR ESTIMULACION DEL SN. SIMPATICO
 - BRONCOESPASMO
 - CAMBIOS EN RITMO CARDIACO Y CAMBIOS EN P/A

- RIESGO DE HIPOXEMIA
- BRONCOASPIRACION DE CONTENIDO GASTRICO
- INTUBACION SELECTIVA DE UN BRONQUIO O EXTUBACION ACCIDENTAL DEL PACIENTE.
- OBSTRUCCION DEL TUBO
- LESIONES LOCALES EN TRAQUEA
 - ↳ DE EROSIONES HASTA FISTULAS O GRANULOMAS.

HEMODINAMICAS

- ↓ RETORNO VENOSO Y LLENADO DEL VENTRICULO D^º
 - ↓ PRECARGA Y GASTO CARDIACO (VO)
 - ↑ RESISTENCIA VASCULAR PULMONAR
 - ↑ POSTCARGA (VO)
- EL VD PUEDE DILATARSE DESPLAZANDO N. SEPTO INTER-VENTRICULAR A LA "J" AFECTANDO EL GC DEL VI

RESULTADO
↓ GC QUE PUEDE PROVOCAR
HIPTENSION

INFECCIOSAS

- ↑ RIESGO DE NEUMONIA, TRABEO BRONQUITIS Y SINUSITIS

COMPLICACIONES PULMONARES

LA VM PUEDE PROVOCAR O AGRAVAR LA LESION PULMONAR

LESION INDUCIDA POR VENTILADOR VILI = VENTILATOR INDUCED LUNG INJURY



- * ENFISEMA INICISTICIAL
- * ENFISEMA SUBCUTANEO
- * ENFISEMA MEDIASTINICO
- * NEUMOPERICARDIO
- * NEUMOPERITONEO
- * NEUMOTORAX
- * TOXICIDAD POR OXIGENO

RENALES

- * INSUFICIENCIA RENAL AGUDA

GASTROINTESTINALES

- POR EL USO DE SEDANTES
- HIPOMOTILIDAD INTESTINAL

POR ↓ DE LA PERFUSION
↑ RIESGO ULCERAS DE ESTRES EN LA MUCOSA GI.
DISFUNCION HEPATICA

NEUROLOGICAS

- * LA PRESION POSITIVA ↑ PRESION INTRACRANEAL
- * ENTREMEDAD NEUROMUSCULAR (POLINEUROPATIA O MIOPATIA)

OTRAS

- ANSIEDAD, DEPRESION, DELIRIO
- ↳ POR LA DEPRIVACION DE SUEÑO, EL DOLOR, DIFICULTAD PARA COMUNICARSE O USO DE DETERMINADOS FARMACOS

© NEONATOLOGIA EN ESCUELAS





Vale, pero
dime qué
botón tengo
que apretar

NO
APRIETES EL
BOTON! #2

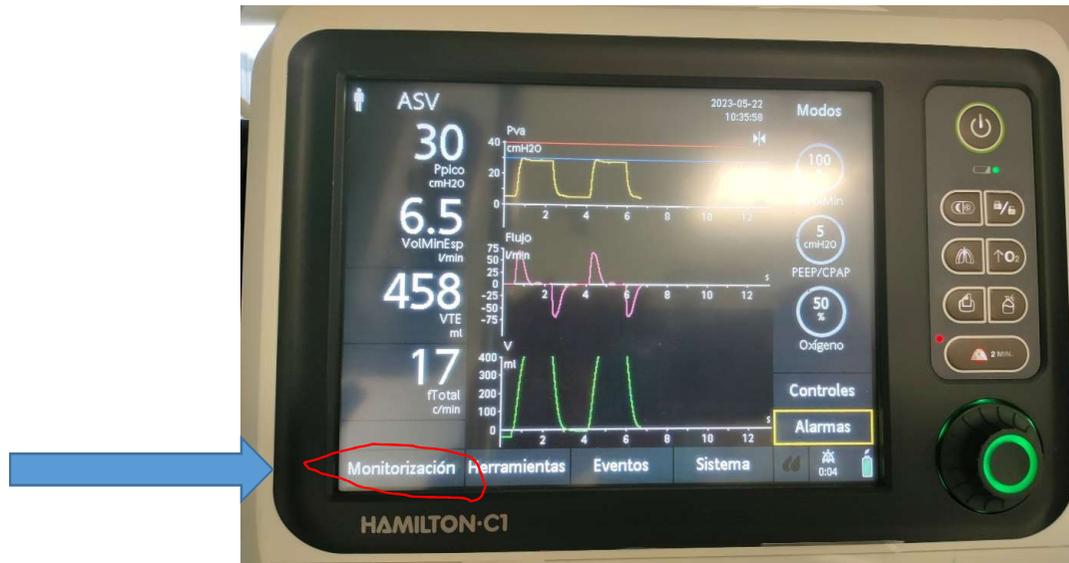




La monitorización es necesaria para...

- Analizar la fisiopatología del proceso
- Detectar cambios en el curso clínico
- Optimizar la estrategia ventilatoria
- Evitar complicaciones o yatrogenia
- Tomar las medidas terapéuticas pertinentes
- Valorar la respuesta a la terapia administrada



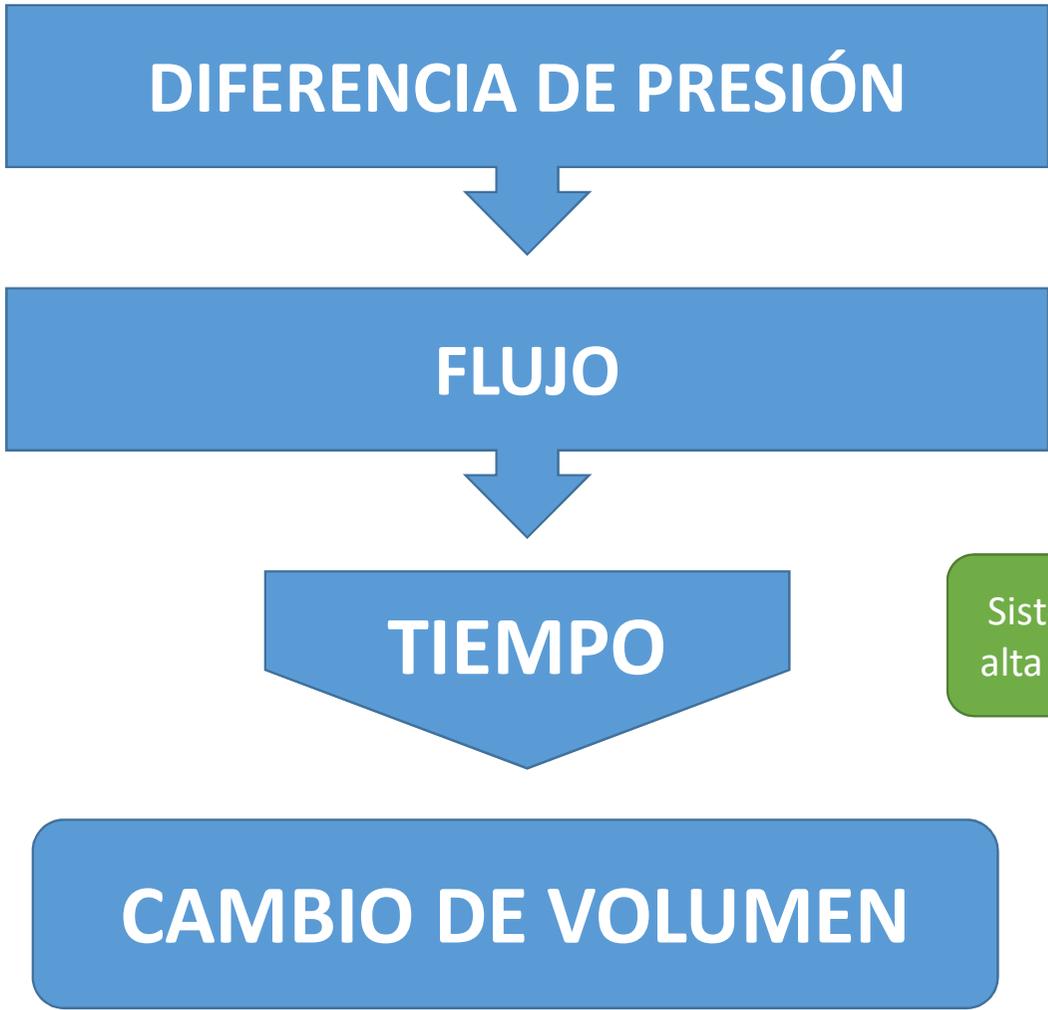




Mide automáticamente durante las respiraciones (espontáneas y obligatorias)

- Resistencia inspiratoria (R_{insp})
- Compliance (C_{estát})
- AutoPEEP

Para obtener mediciones precisas, es necesario que el paciente esté totalmente relajado



MODOS VENTILATORIOS

VOLUMEN

PRESIÓN

ASISTIDA/CONTROLADA

MANDATORIA
INTERMITENTE

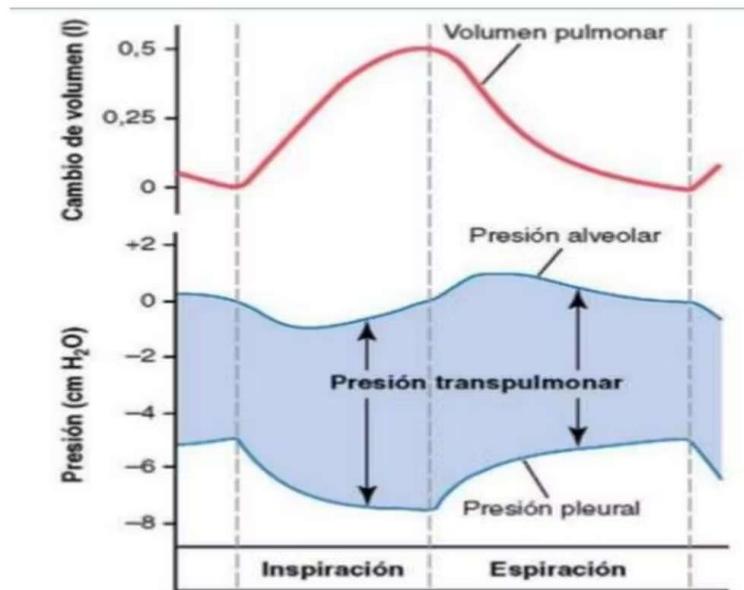
PRESIÓN SOPORTE

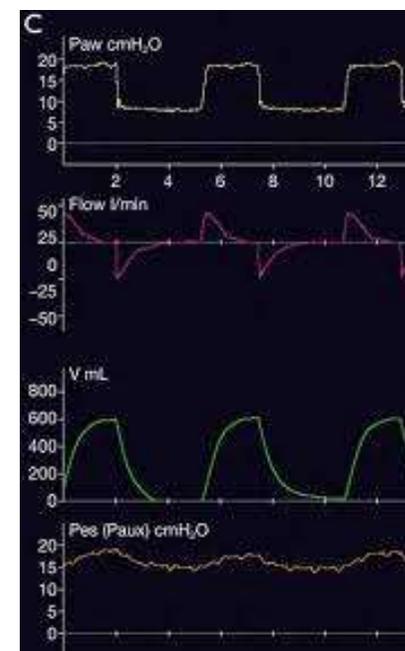
MANDATORIA
(Ventilador)

ASISTIDA
(Gatillada por paciente)

ESPONTÁNEA

SOPORTADA
(espontánea + soporte)

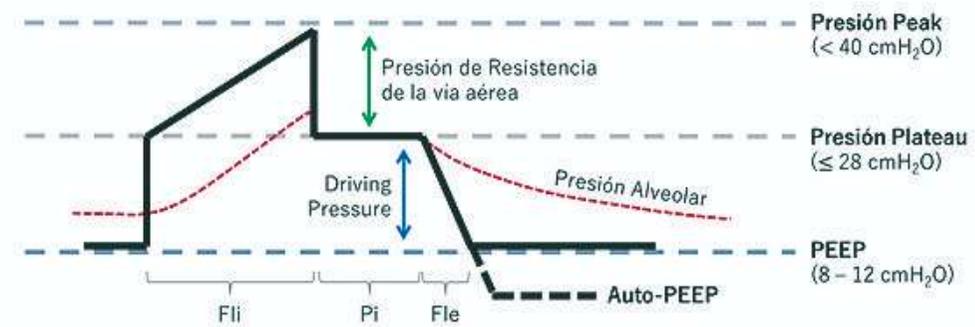




COMPONENTE RESISTIVO (VÍA AÉREA)

COMPONENTE ELÁSTICO (PULMONAR Y TORÁCICO)

Curva Presión versus Tiempo
Ventilación controlada por volumen



TRABAJO VENTILADOR MECÁNICO (PRESIÓN): CARGA RESISTIVA + CARGA ELÁSTICA

Vía respiratoria superior

Cavidad nasal

Faringe

Laringe

Vía respiratoria inferior

Tráquea

Bronquio principal

Pulmón



Carga resistiva: Resistencia (cmH₂O/L/s) x flujo (L/s)

Carga elástica: Volumen (ml)/Distensibilidad (ml/cmH₂O)



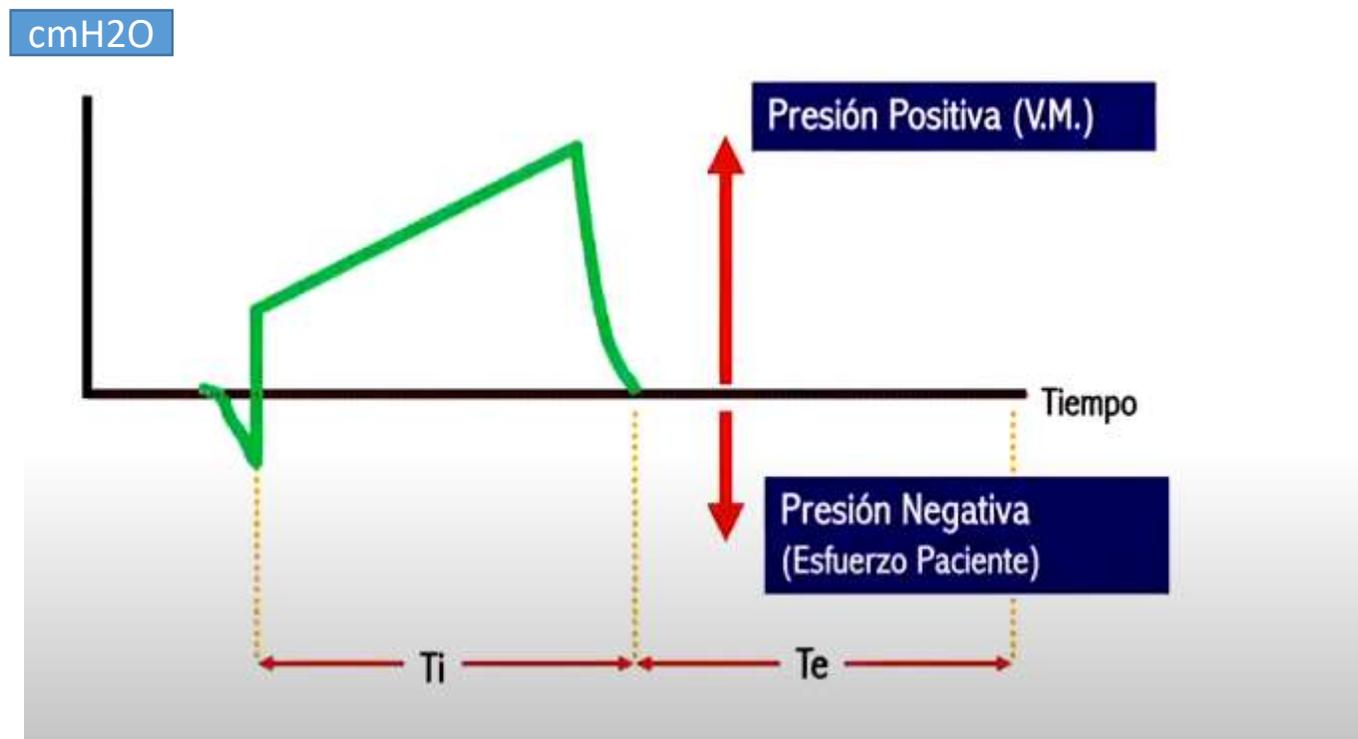
CHICLES

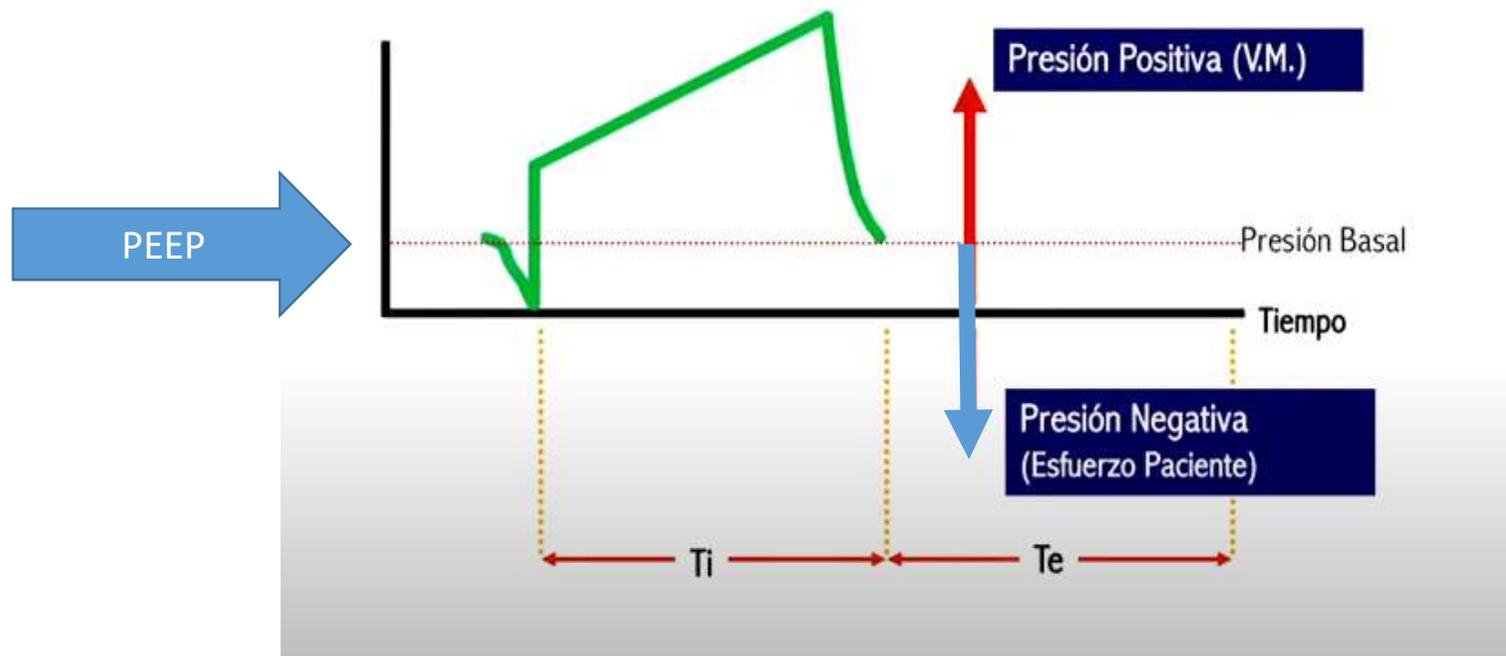
Alta distensibilidad
Baja elasticidad



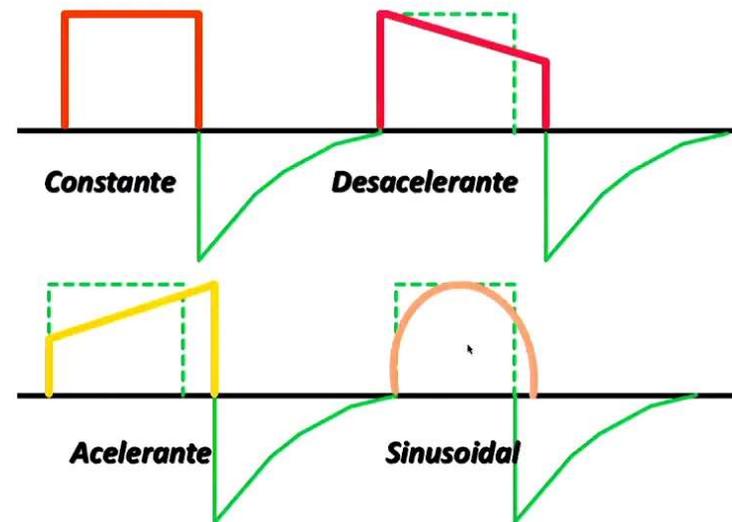
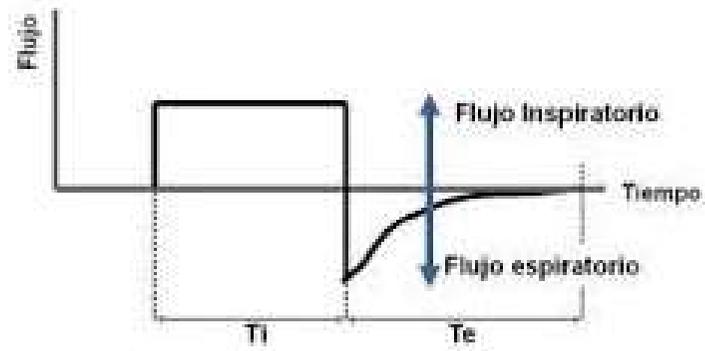
Baja distensibilidad
Alta elasticidad

PRESIÓN

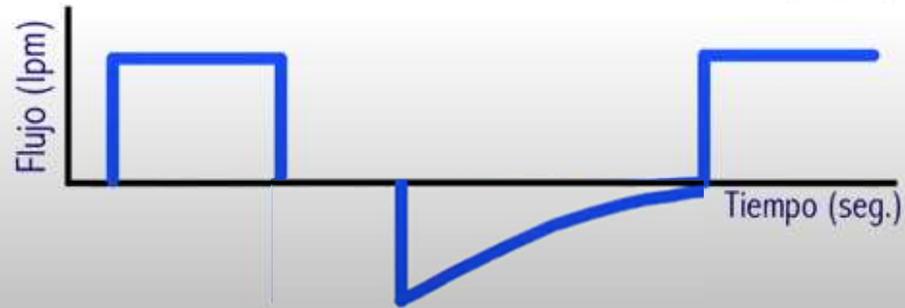
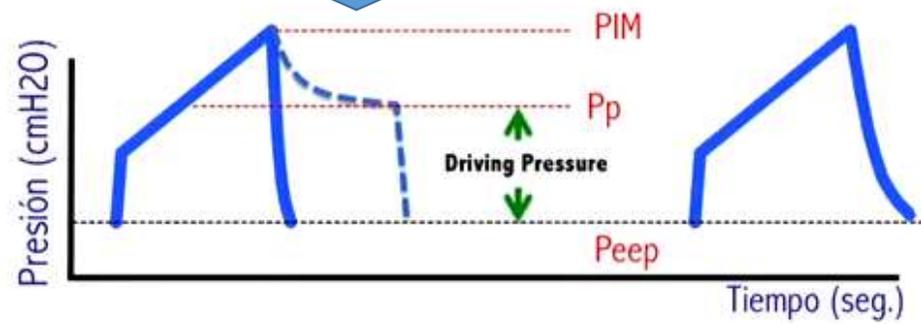




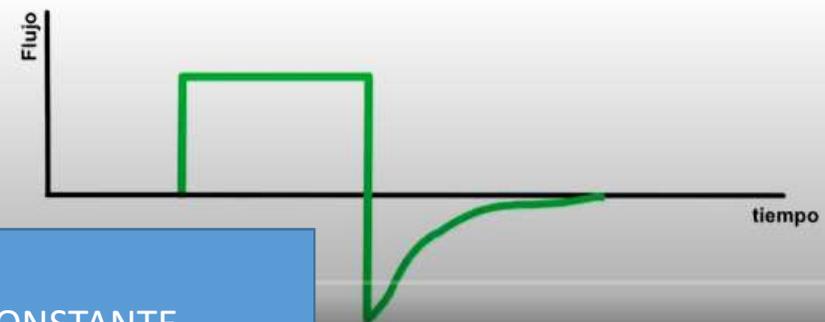
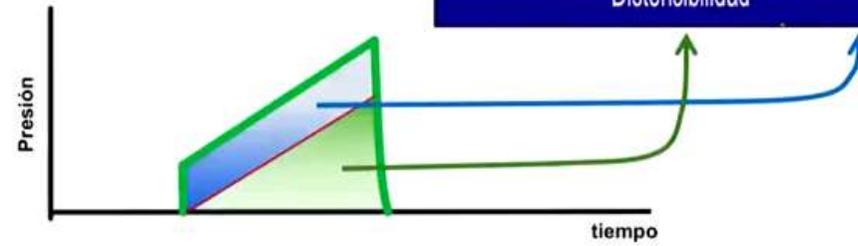
FLUJO = VELOCIDAD



Resistencias
elásticas



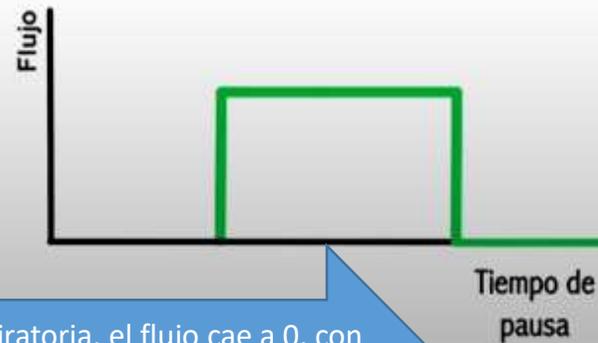
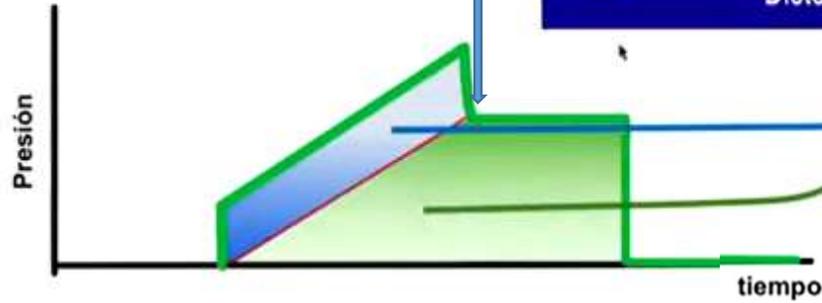
$$\text{Presión} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Distensibilidad}} + \text{Resistencia} \times \text{Flujo}$$



FLUJO CONSTANTE

PRESIÓN DE PAUSA

$$\text{Presión} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Distensibilidad}} + \text{Resistencia} \times \text{Flujo}$$

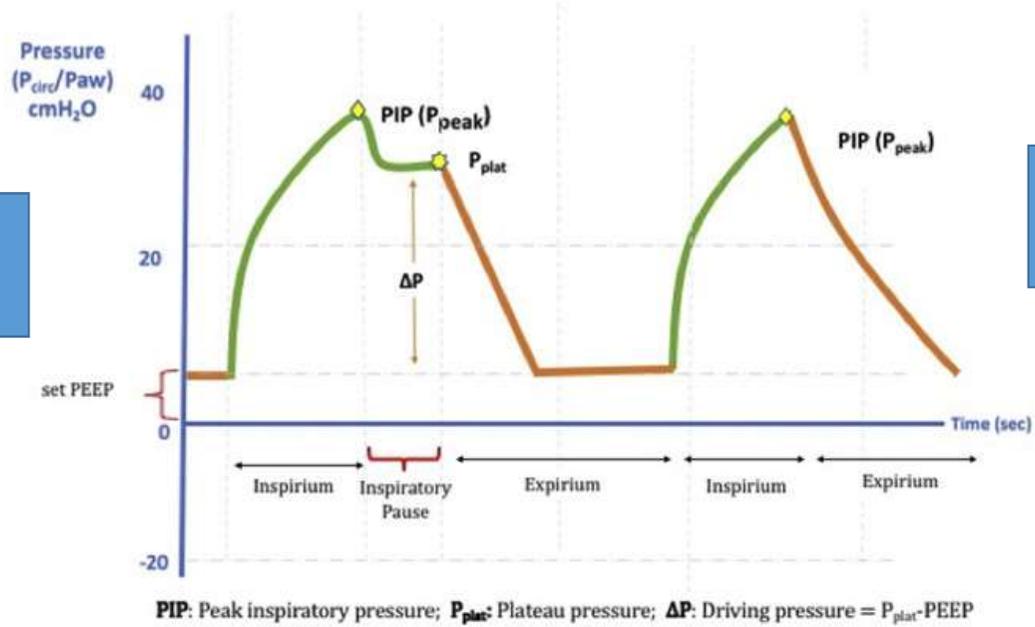


Al hacer una pausa inspiratoria, el flujo cae a 0, con lo que se elimina la carga resistiva

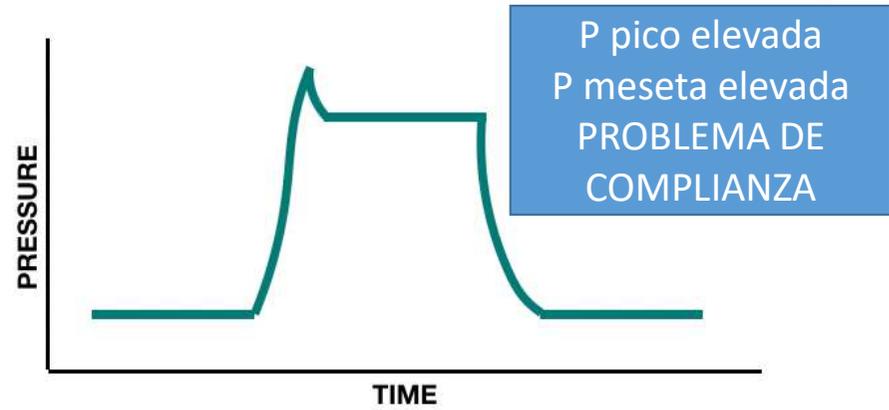
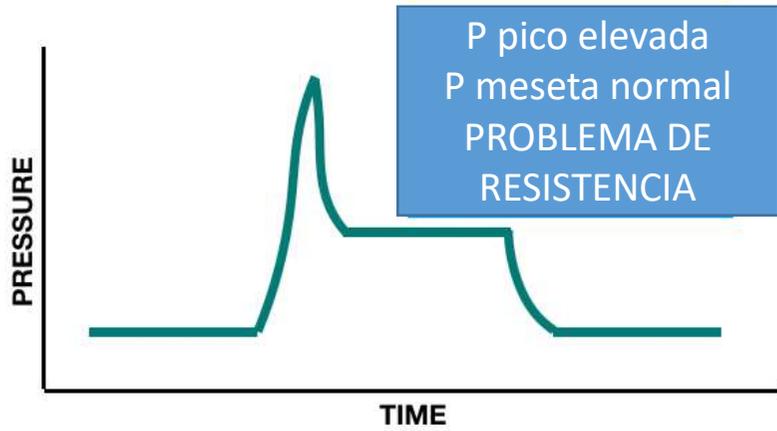
2 - 3 segundos



DRIVING PRESSURE



P plat = presión alveolar





PRESIÓN PICO < 35 cmH2O

PRESIÓN MESETA < 30 cmH2O

DRIVING PRESSURE < 15 cmH2O

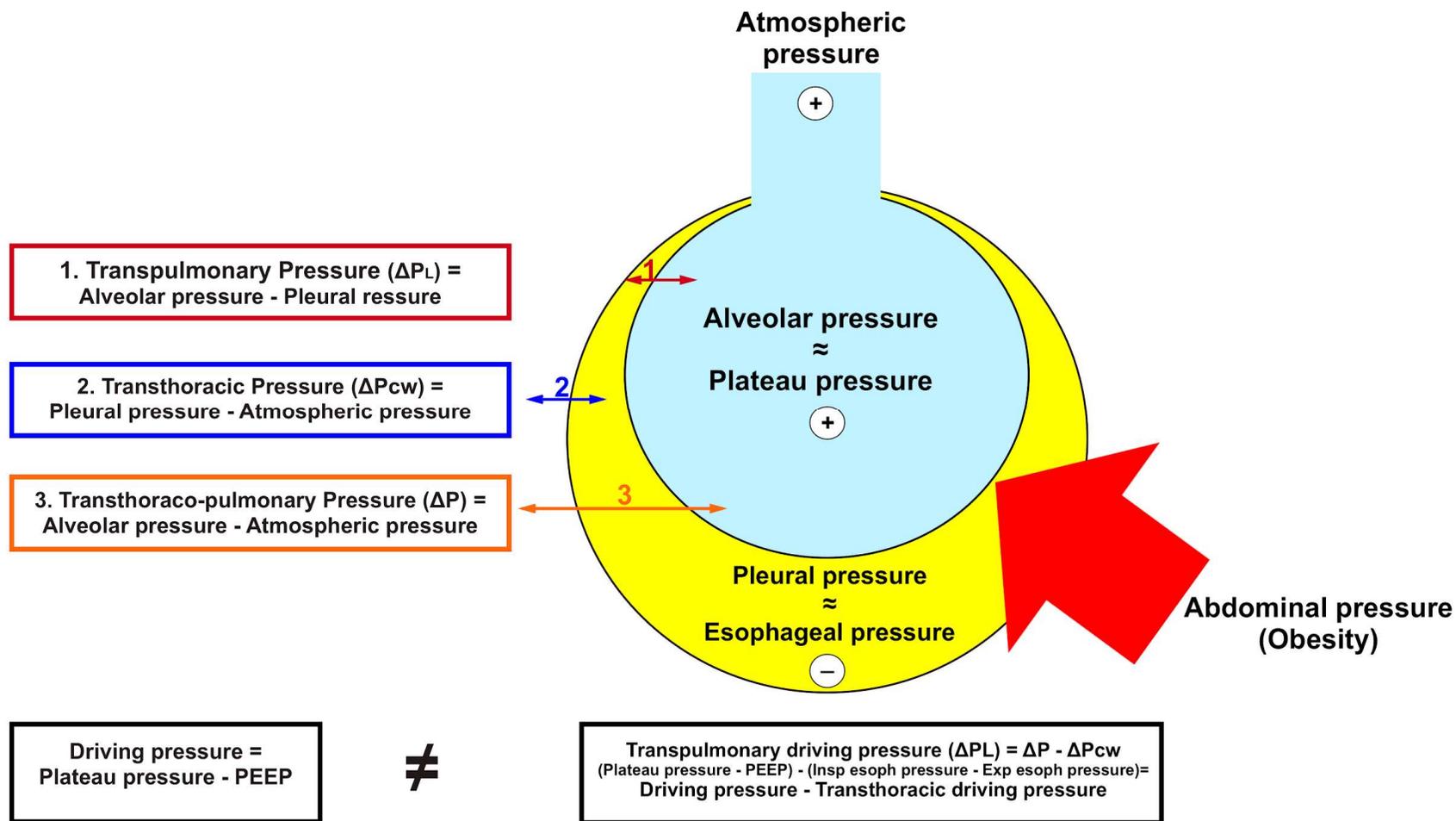


Figure 11. Driving pressure is the pressure above the PEEP that should be applied to entire respiratory system (lung and chest wall) for delivering a tidal breath:

$$\Delta P = \Delta P_L + \Delta P_{Cw}$$



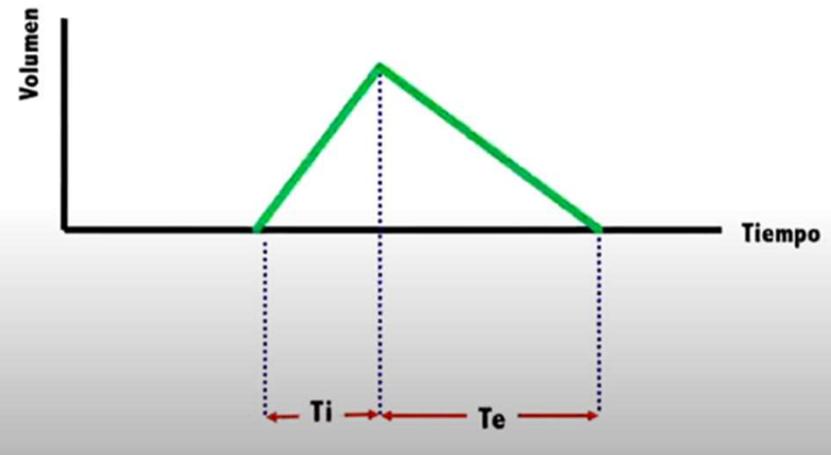
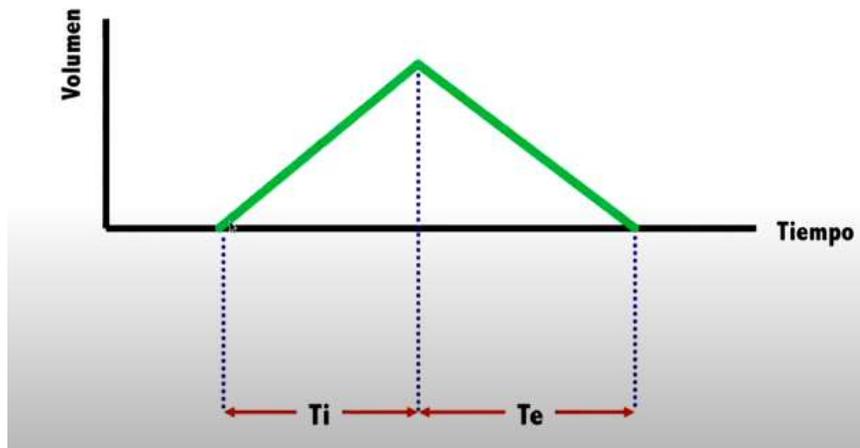
$$\Delta P = (\text{Alveolar pressure} - \text{pleural pressure}) + (\text{Pleural pressure} - \text{atmospheric pressure}) =$$

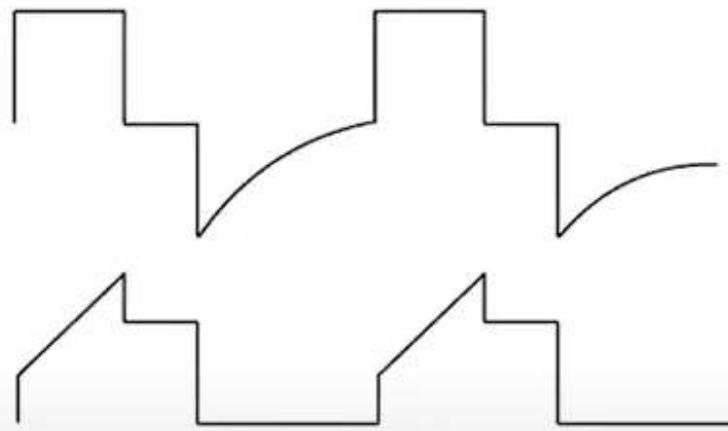
$$\Delta P = \text{Alveolar pressure} - \text{atmospheric pressure}$$

The relative portion of pressure due to transthoracic pressure (ΔP_{Cw}) is higher in the obese patient than in the non-obese patient (i.e. elevated pleural pressure, which can be estimated by esophageal pressure).

Therefore the plateau pressure and traditional driving pressure may not be useful to differentiate non-compliant lung from non-compliant chest wall or abdomen. To differentiate these two, measurement of transpulmonary pressure as shown above may be more appropriate (ref. 43)

VOLUMEN





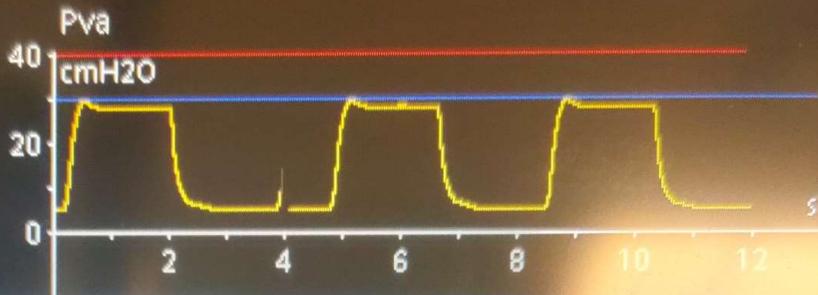
<https://www.youtube.com/watch?v=bnJdJbgnhg0>

<https://www.youtube.com/watch?v=PZFper92PYg>

29

Ppico
cmH2O

7.0



100
%

%VolMin

5
cmH2O

PEEP/CPAP

50
%

Oxígeno

Controles

Alarmas

General		
1	10 Rinsp cmH2O/Vs	20.3 Cestát ml/cmH2O
2	0.0 AutoPEEP cmH2O	0.30 RCesp s
3	--- P0.1 cmH2O	28 Pmeseta cmH2O
	--- PTP cmH2O*s	21 ΔP cmH2O
	--- T humidific. °C	--- VTE Espont ml



Monitorización

Herramientas

Eventos

Sistema

HAMILTON-C1

RESISTENCIA AL FLUJO INSPIRATORIO (R_{insp}) $\text{cmH}_2\text{O}/[\text{l}/\text{s}]$

- Es la resistencia que oponen las vías aéreas al flujo de gas.
- Se expresa como relación entre gradiente de presión y velocidad de flujo
- Valor habitual: 10-15 $\text{cmH}_2\text{O}/[\text{l}/\text{s}]$
- En VM el tubo endotraqueal juega un papel importante.

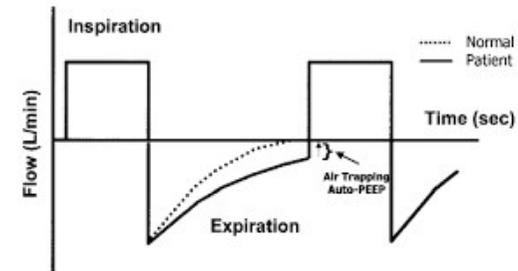
RESISTENCIAS ELEVADAS ($< 20 \text{ cmH}_2\text{O}/\text{l}/\text{s}$)

- EPOC, enfisema
- Broncoespasmo
- Intubación bronquio derecho
- Secreciones
- Acodamiento del tubo



AUTOPEEP

- Es la diferencia entre la Presión alveolar al final de la espiración con la PEEP establecida en el ventilador.
- Valor ideal: CERO
- Aumenta riesgo volu- o barotrauma.



PUEDE SER EL RESULTADO DE UNA ESPIRACIÓN BREVE



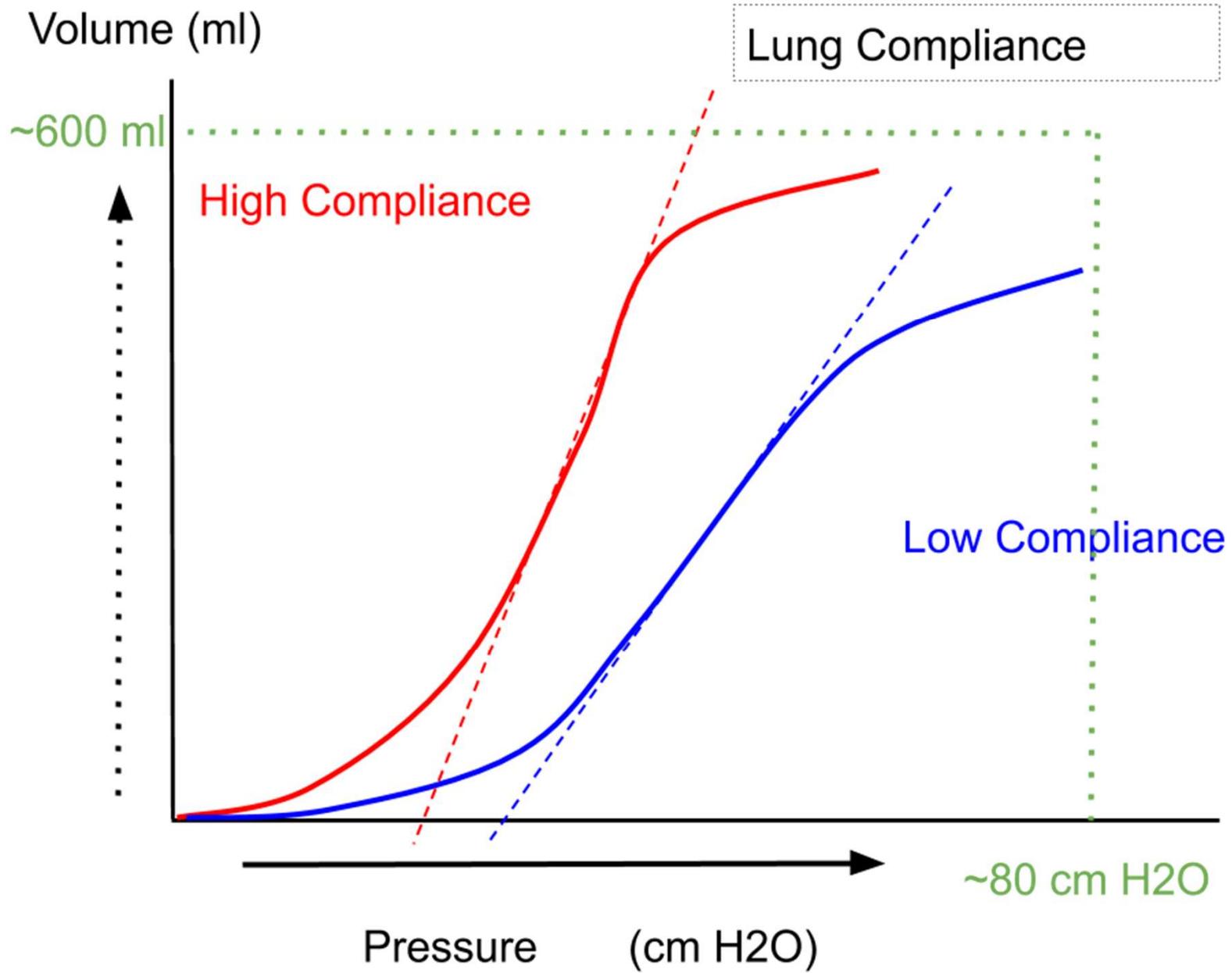
- Volumen tidal demasiado elevado
- Tiempo espiratorio demasiado breve
- Frecuencia respiratoria elevada
- Obstrucción de vía aérea o impedancia alta en el circuito
- Flujo espiratorio máximo demasiado bajo

COMPLIANCE ESTÁTICA (Cestát)

- DISTENSIBILIDAD ó **CAPACITANCIA**
- Incluye la distensibilidad pulmonar y la de la pared torácica
- Variación de volumen con relación con la variación de presión
- Se mide en ml/cmH₂O
- Su valor inverso se denomina ELASTANCIA (variación de presión con variación de volumen)

VALOR NORMAL: 50-100 ml/cmH₂O





CUANDO SE ALTERA LA CAPACITANCIA (COMPLIANCE) SE ALTERA LA ELASTICIDAD, PERO EN SENTIDO INVERSO

- ENFISEMA: Alta capacitancia (menos presión para conseguir más volumen) y baja elasticidad (se precisa más presión para vaciar el pulmón)
- FIBROSIS PULMONAR: Baja capacitancia (más presión para conseguir más volumen) y alta elasticidad (se precisa menos presión para vaciar el pulmón)

CONSTANTE DE TIEMPO ESPIRATORIO (RCesp)

FRECUENCIA CON LA QUE SE VACÍAN LOS PULMONES

Se calcula con la relación volumen tidal espirado (VTE) y el flujo al 75% del VTE

TE real	% Vaciado
1xRCesp	63%
2xRCesp	86.5%
3xRCesp	95%
4xRCesp	98%

RCesp > 1.2 seg

OBSTRUCCIÓN VÍA AÉREA

RCesp < 0.5 seg

ENFERMEDAD RESTRICTIVA GRAVE

SIRVE PARA ESTABLECER EL TIEMPO ESPIRATORIO ÓPTIMO:

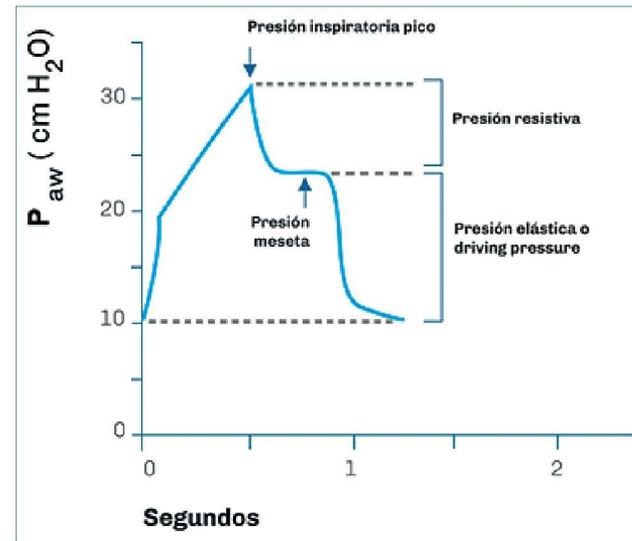
OBJETIVO: TE \geq 3xRCesp

Pacientes pasivos: Ajustar frecuencia respiratoria y relación I:E

Pacientes activos: Aumentar la Psoporte y/o trigger ETS

PRESIÓN MÁXIMA EN LA VÍA AÉREA (Ppico) cmH2O

DEPENDE DE LA RESISTENCIA
DE LA VÍA AÉREA
Y DE LA COMPLIANCE



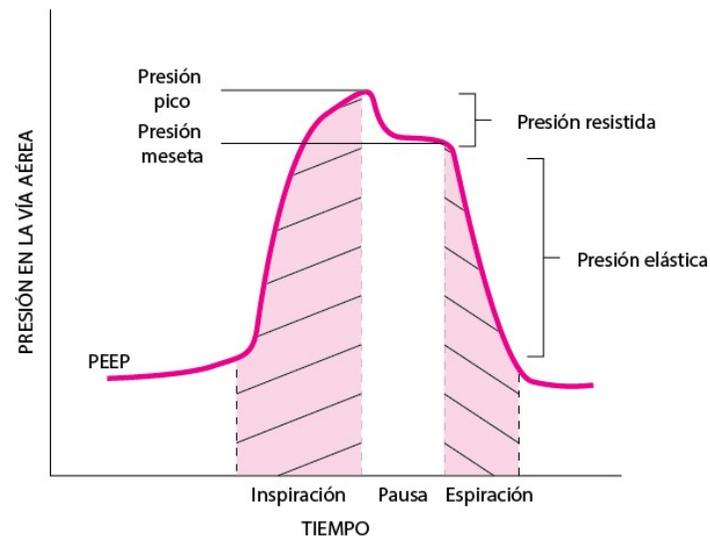
Ciclado por volumen:
Si se amplía la diferencia entre Ppico y Pmeseta,
Indica resistencia aumentada de la vía aérea

PRESIÓN DE MESETA (P_{meseta}) cmH₂O

Presión medida al final de la inspiración (con flujo cero)

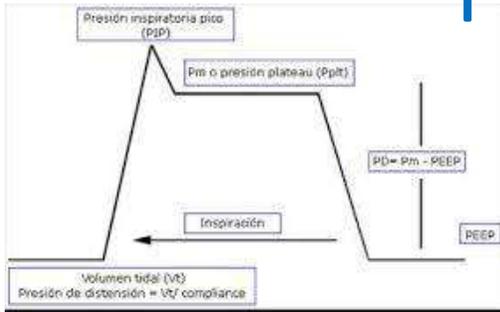
Se muestra en respiraciones obligadas y cicladas por tiempo

Refleja
(aproximadamente) la
PRESIÓN ALVEOLAR



PRESIÓN DE DISTENSIÓN

-Driving pressure-
(ΔP) cmH₂O



DIFERENCIA ENTRE PRESIÓN MESETA Y PEEP

Tiene relación directa con el volumen corriente y la presión transpulmonar*

MEDIDA DE CONTROL PARA PREVENIR EL DAÑO POR VENTILACIÓN

No conviene que supere los 15 cmH₂O. Riesgo de barotrauma
DISMINUIR VOLUMEN CORRIENTE SI SE SUPERA
¡Riesgo en pulmones con baja compliance!

*Presión transpulmonar: diferencia entre presión alveolar y pleural
Expresa la presión necesaria para dilatar el parénquima pulmonar

- Cuando aplicamos una presión positiva sobre la vía aérea, parte de esa presión se utilizará para distender el pulmón y parte para distender la pared torácica.



ELASTANCIA PULMONAR (Valor normal en torno a 9 cmH₂O/L)

ELASTANCIA CAJA TORÁCICA (Valor normal en torno a 7 cmH₂O/L)

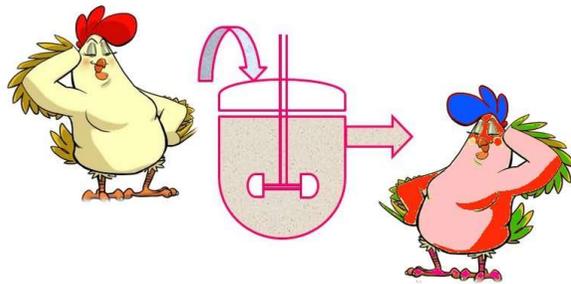
- La presión transpulmonar es la parte de la presión que se utiliza para distender el parénquima pulmonar (no confundir con la driving pressure).

VOLUMEN TIDAL INSPIRATORIO Y ESPIRATORIO (VTI y VTE) ml

MIDEN LOS VOLÚMENES A TRAVÉS DEL SENSOR DE FLUJO

NORMALMENTE SON IGUALES

SI EL VTE ES INFERIOR AL VTI, INDICA FUGA EN EL LADO DEL PACIENTE



PARÁMETROS ÚTILES EN PACIENTES QUE RESPIRAN ESPONTÁNEAMENTE

PRESIÓN DE OCLUSIÓN DE LA VÍA AÉREA (PO.1) cmH2O

Se aplica sólo a RESPIRACIONES INICIADAS POR EL PACIENTE

Presión observada en la vía aérea después de 100 ms de esfuerzo inspiratorio mientras está ocluida la válvula inspiratoria.

Indica el trabajo y el impulso respiratorio del paciente:

- Personas sanas < -2 cmH2O (0.5-1.5 cmH2O)
- -3 cmH2O: Trabajo intenso
- -5 cmH2O: Trabajo excesivo (“hambre de aire”)

SI LA PO.1 ESTÁ POR DEBAJO DE -3 cmH2O

- Aumentar sensibilidad trigger
- Aumentar presión o volumen
- Aumentar el %VolMin
- Acortar el tiempo de rampa



PRODUCTO DE TIEMPO Y PRESIÓN INSPIRATORIA (PTP) $\text{cmH}_2\text{O}^*\text{s}/\text{min}$

Se aplica sólo a RESPIRACIONES INICIADAS POR EL PACIENTE

Descenso de presión necesario para disparar la respiración multiplicado por el intervalo de tiempo hasta que se alcanza el nivel de PEEP/CPAP al comienzo de la respiración.

Indica el trabajo para activar la respiración:

- Intensidad de esfuerzo respiratorio (presión muscular)
- Sensibilidad del trigger
- Volumen y resistencia del circuito ventilatorio

Valores normales 50-150 $\text{cmH}_2\text{O}^*\text{s}/\text{min}$

- El trabajo respiratorio depende de: La presión, el flujo y el tiempo inspiratorio.
- El trabajo respiratorio debe vencer, para que la ventilación pulmonar se lleve a cabo, un componente elástico (elastancia del parénquima pulmonar), resistivo (resistencia al flujo) y el aire que queda atrapado al final de la espiración (PEEP)

PTP > 200 cmH₂O*s/min

- Revisar tubuladuras, retirar secreciones, agua....
- Aumentar sensibilidad del trigger
- Acortar el tiempo de rampa de presión