



# VENTILACIÓN MECÁNICA

DR. LUIS ENRIQUE  
GUILLEN REYES

PABLO ADOLFO JIMENEZ VAZQUEZ

# OBJETIVOS

- Indicaciones
- Criterios
- Tipos: Ventajas y desventajas
- Daño por respirador
- Monitorización
- Hipotensión asociada a VM

*“...Se debe practicar un orificio en el tronco de la tráquea, en el cual se coloca como tubo una caña: se soplará en su interior, de modo que el pulmón pueda insuflarse de nuevo...El pulmón se insuflará hasta ocupar toda la cavidad torácica y el corazón se fortalecerá...”*

Andreas Vesalius  
(1555)

# HISTORIA

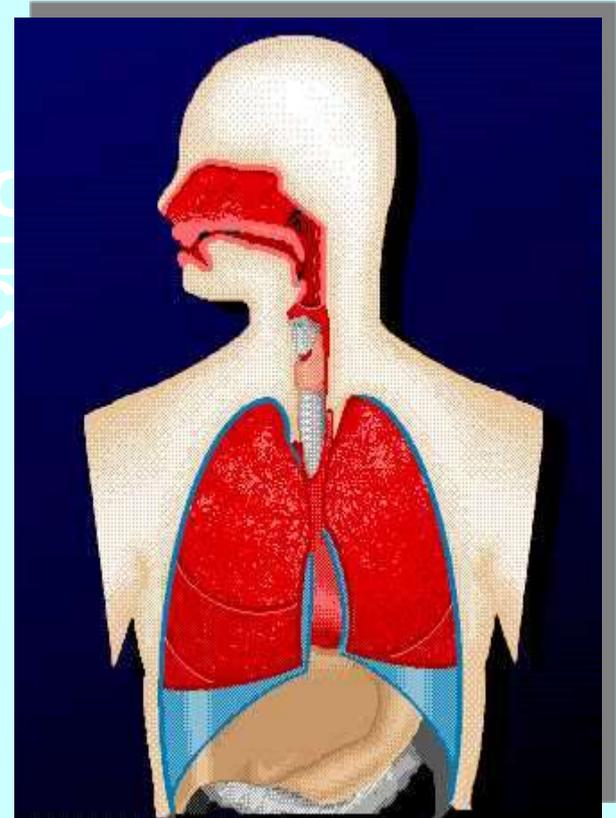
- 1555: Vesalius
- 1776: John Hunter usa sistema de doble fuelle
- 1864: Alfred Jones introduce tanque ventilador
- 1876: Woillez, prototipo de pulmón de acero
- 1928: Drinker y Shaw, primer pulmón de acero
- 1931: JH Emerson perfecciona pulmón de acero
- 1950: Epidemia de poliomielitis
- 1952: Engstrom introduce ventilación a presión positiva

# DEFINICIÓN DE VM

Todo procedimiento de respiración artificial que emplea un aparato mecánico para ayudar o sustituir la función respiratoria, pudiendo además mejorar la oxigenación e influir en la mecánica pulmonar.

La VM no es una terapia, sino una prótesis externa y temporal que pretende dar tiempo a que la lesión estructural o la alteración funcional por la cual se indicó se repare o recupere.

- Ventilación.
  - Entrada y salida de aire de los pulmones.
- Ventilación mecánica.
  - Es el producto de la interacción entre un ventilador y un paciente
    - Volumen.
    - Flujo.
    - Presión.
    - Tiempo.



# INDICACIÓN DE VM

Cuando la IRA hipóxica o hipercárbica no puede ser tratada con otros medios no-invasivos se debe proceder a intubar y ventilar mecánicamente al paciente

# INDICACIÓN DE VM.1

- Apnea
- Hipoxemia grave a pesar de oxigenoterapia adecuada
- Hipercapnia
- Trabajo respiratorio ( $> 35$  rpm)
- Capacidad vital ( $< 10$  ml/kg o fuerza inspiratoria  $< 25$  cm de H<sub>2</sub>O)
- Fatiga m respiratorios; agotamiento
- Deterioro de nivel de conciencia

# INDICACIÓN DE VM.2

## – Ventilación:

- Disfunción de músculos respiratorios
  - Fatiga de músculos respiratorios
  - Alteraciones de la pared torácica
- Enfermedad neuromuscular
- Disminución del impulso ventilatorio
- Aumento de R de la vía aérea y/o obstrucción

## – Oxigenación:

- Hipoxia refractaria
- Precisión de PEEP
- Trabajo respiratorio excesivo

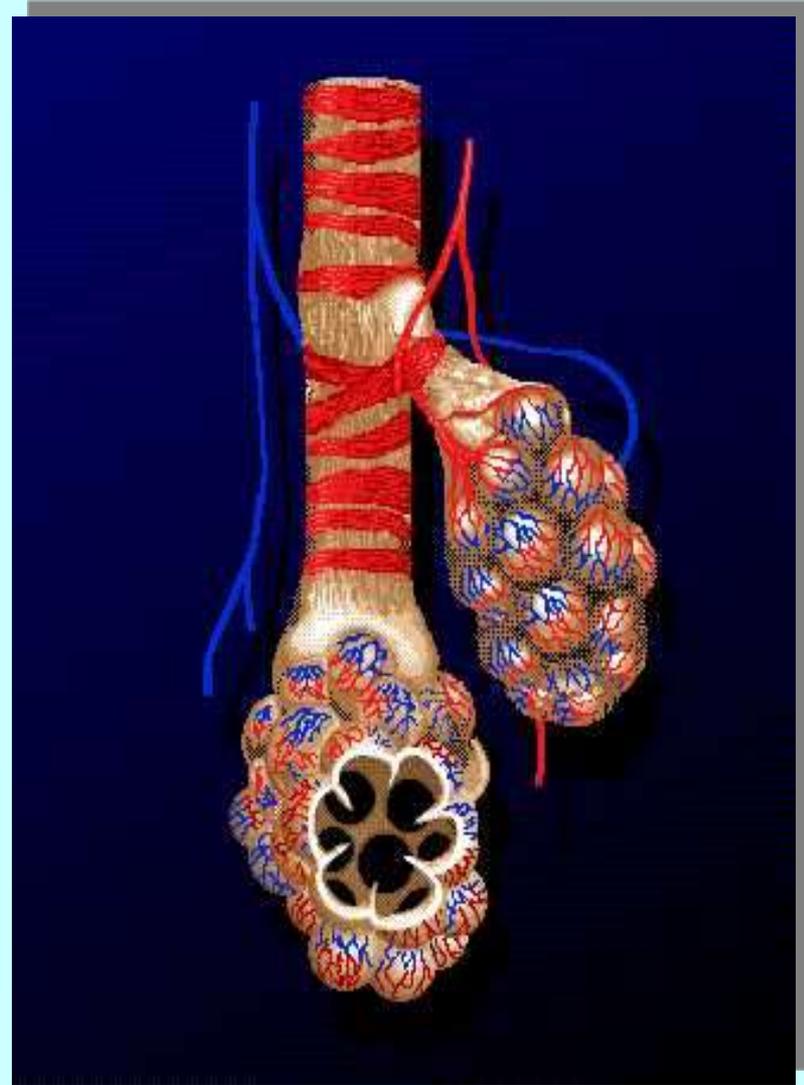
# INDICACIÓN DE VM. Otras

- Para permitir sedación y bloqueo neuromuscular
- Para disminuir el consumo de oxígeno miocárdico
- Para reducir la PIC
- Para prevenir atelectasias

# OBJETIVOS DE LA VM

La VM es un medio de soporte vital que tiene como fin el sustituir o ayudar temporalmente a la función respiratoria

- Conservar la ventilación alveolar para cubrir las necesidades metabólicas del enfermo
- Evitar el deterioro mecánico de los pulmones al aportar el volumen necesario para mantener sus características elásticas



# Objetivos fisiológicos de la VM

- Mantener, normalizar o manipular el intercambio gaseoso
  - Proporcionar  $V_A$  adecuada o al nivel elegido
  - Mejorar la oxigenación arterial
- Incrementar el volumen pulmonar
  - Abrir y distender vía aérea y alveolos
  - Aumentar la CRF
- Reducir el trabajo respiratorio

# Objetivos clínicos de la VM

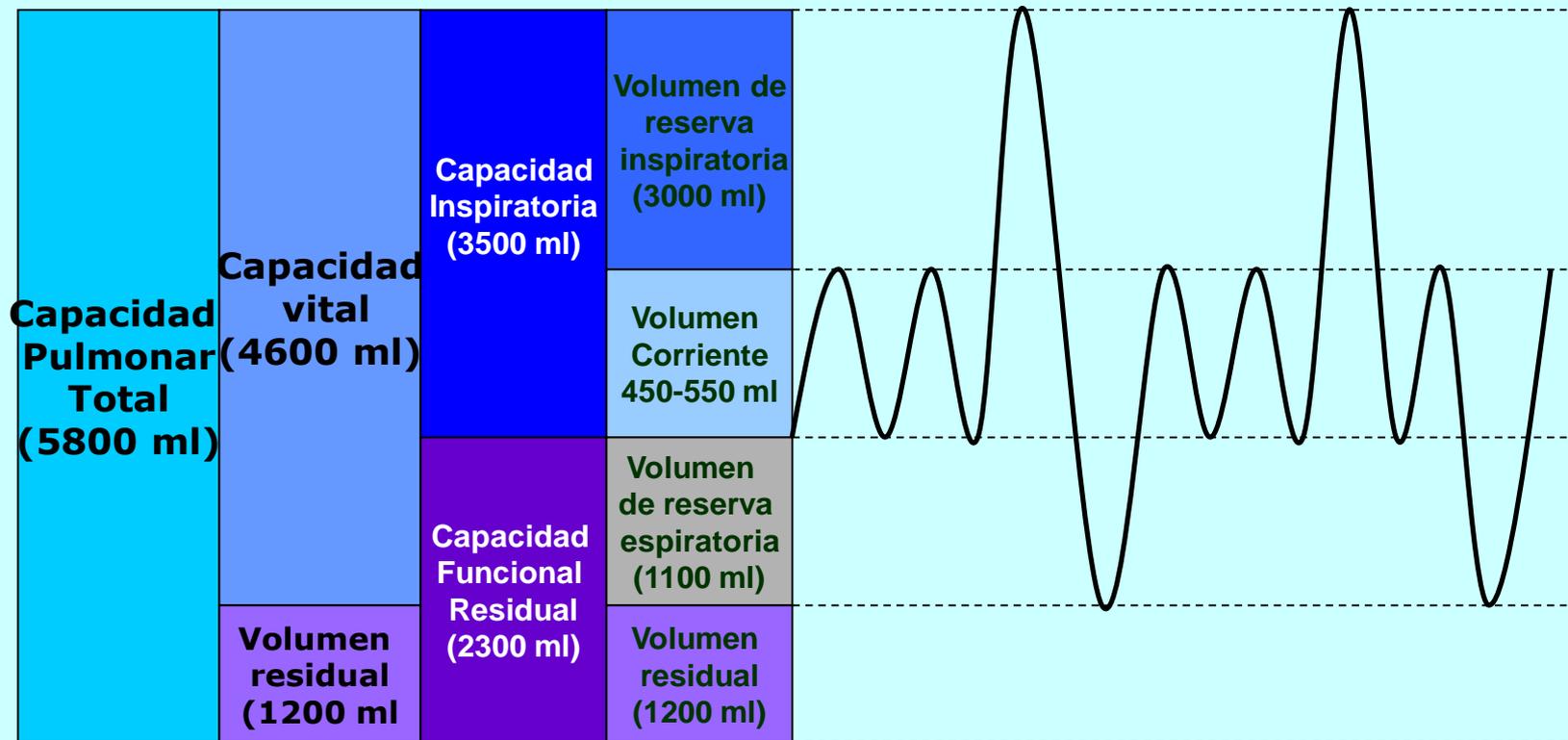
- Mejorar la hipoxemia
- Corregir la acidosis respiratoria
- Aliviar la disnea y el disconfort
- Prevenir o quitar atelectasias
- Revertir la fatiga de los músculos respiratorios
- Permitir la sedación y el bloqueo n-m
- Disminuir el  $VO_2$  sistémico y miocárdico
- Reducir la PIC
- Estabilizar la pared torácica

# Principios físicos de la VM

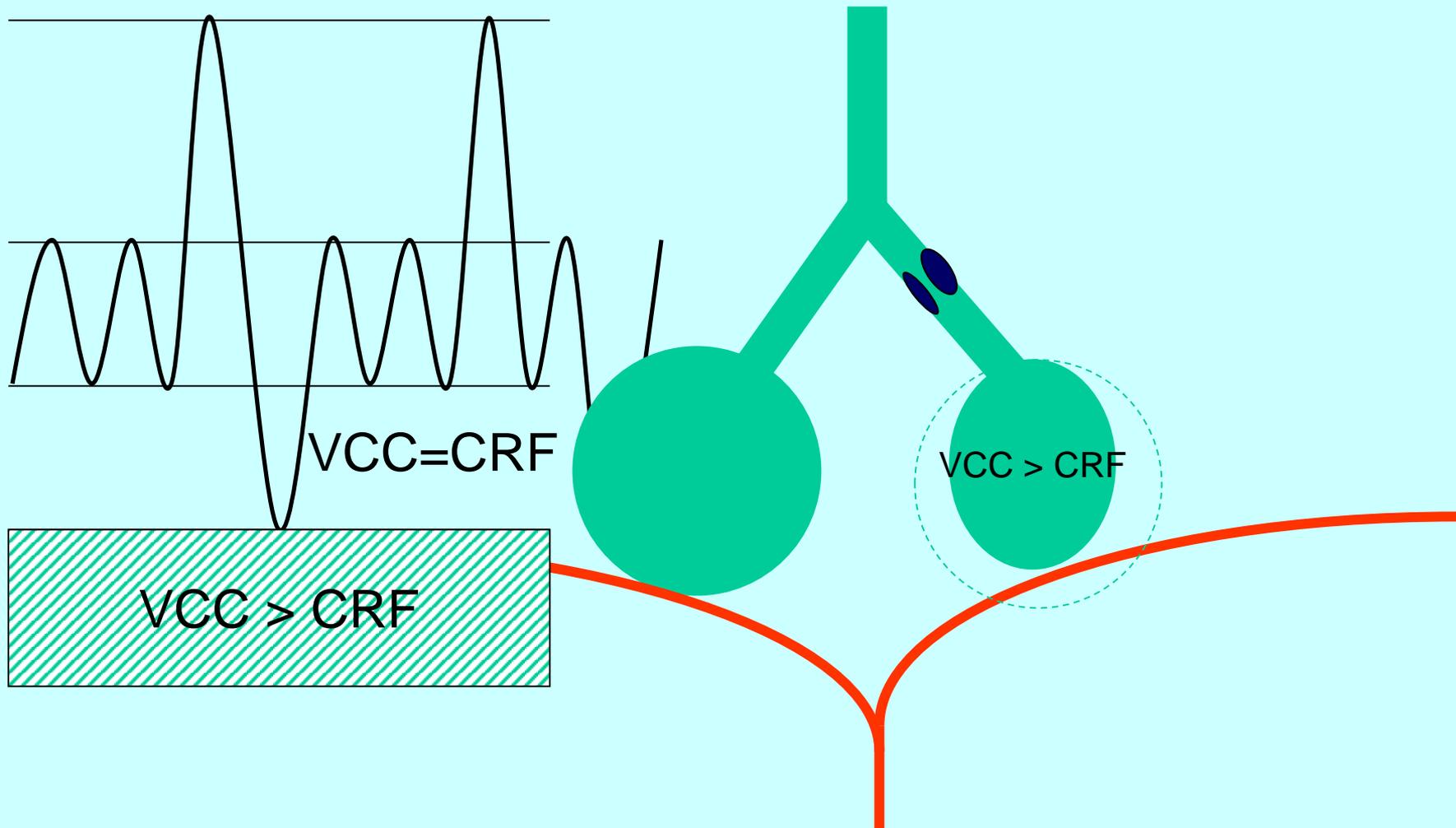
(ecuación de movimiento)

- Un respirador es un generador de presión positiva en la vía aérea durante la inspiración para suplir la fase activa del ciclo respiratorio.
- A esta fuerza se le opone otra que depende de la resistencia al flujo del árbol traqueobronquial y de la resistencia elástica del parénquima pulmonar

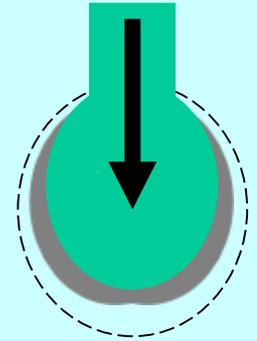
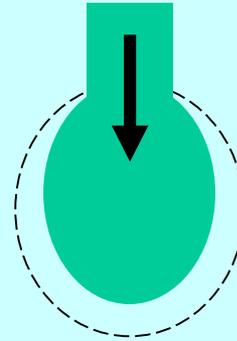
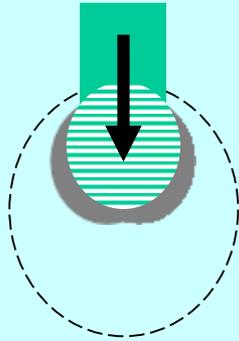
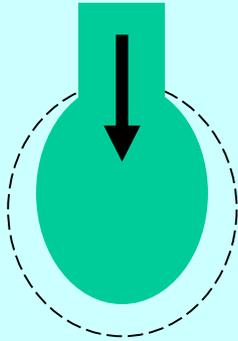
# Volúmenes y Capacidades



# Relación entre VCC y CRF



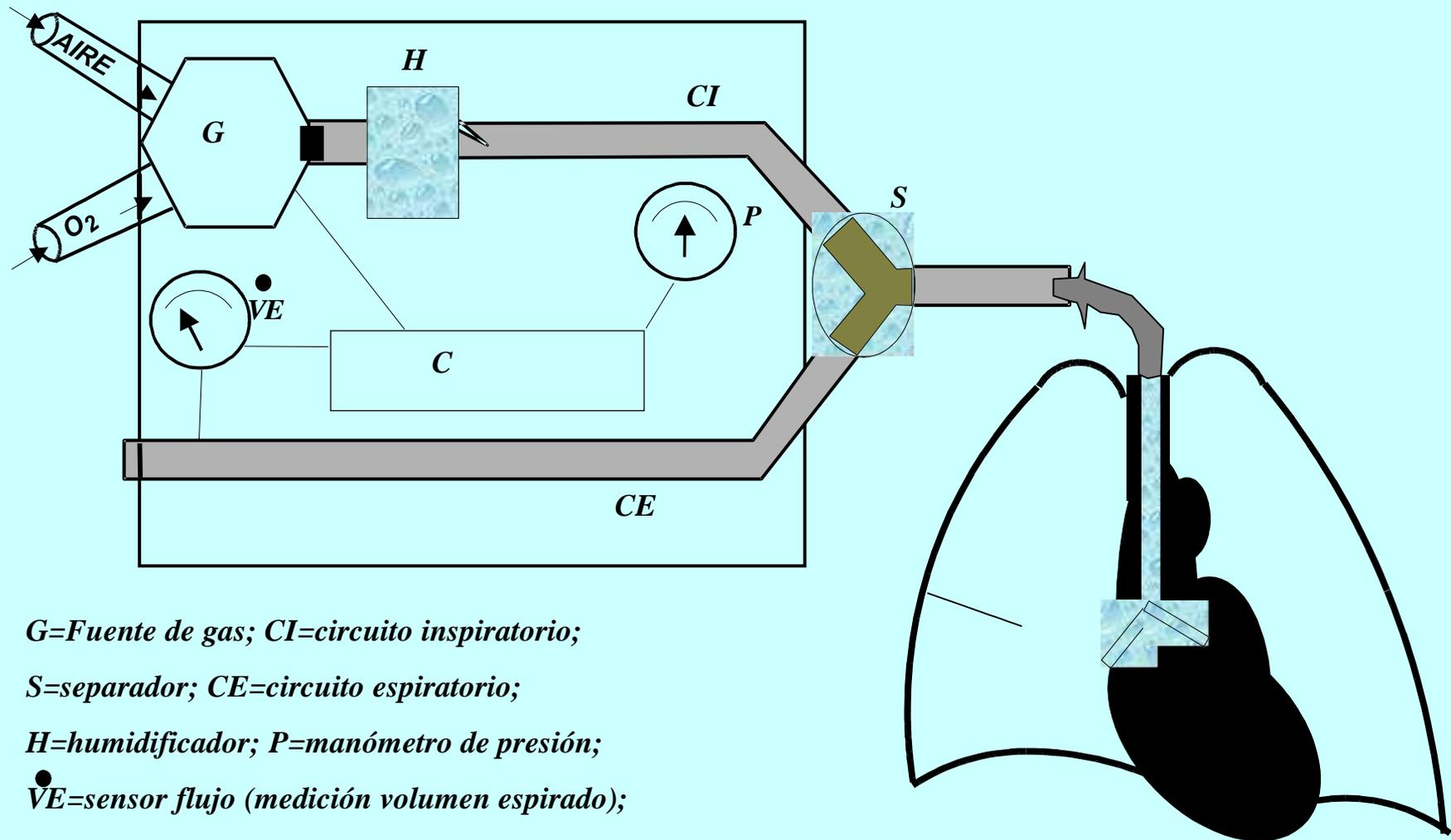
# DISTENSIBILIDAD



La misma presión disminuye el volumen

La presión en aumento mantiene el volumen

$$\text{Distensibilidad} = dV/dP = \frac{V_t}{P_i \text{ max} - PEEP}$$



*G=Fuente de gas; CI=circuito inspiratorio;*

*S=separador; CE=circuito espiratorio;*

*H=humidificador; P=manómetro de presión;*

*•  
VE=sensor flujo (medición volumen espirado);*

*C=sistema de control*

Esquema general de un respirador.

# Clasificación de la VM

(Por el parámetro que determina el fin de la fase inspiratoria)

- Ciclada por volumen ( $V_T$ )
- Ciclada por presión en la vía aérea
- Ciclada por tiempo
- Ciclada por disminución en el flujo inspiratorio

# Modalidades Ventilatorias

## • **Convencionales**

- Volumen control.
- Presión control.
- Asistida /controlada
- CMV (Ventilación mecánica controlada).
- SIMV.(Ventilación mandatoria intermitente sincronizada)
- CPAP.(Presión positiva continua).

## • **No convencionales**

- Ventilación de alta frecuencia.
- Ventilación con soporte de presión.(PS).
- Ventilación con liberación de presión.(APRV).
- Ventilación mandatoria minuto.(MMV).
- Ventilación pulmonar independiente.(ILV).
- VAPS.

# Modos de VM

(para una situación clínica dada y según necesidades específicas del paciente)

- CMV: continua
- ACVM: asistida-controlada
- SIMV: sincrónica-intermitente
- PSV: presión de soporte (PPV)
- PCV: presión-controlada

El principal objetivo de la VM es la reducción del trabajo respiratorio, el confort del paciente y su sincronía con el respirador

# CMV

## – Ventajas:

- Relajación
- Músculos respiratorios en reposo

## – Desventajas:

- No interacción paciente-ventilador
- Requiere sedación/bloqueo neuromuscular
- Potenciales efectos hemodinámicos adversos

# AC

## – Ventajas:

- El paciente determina la cantidad de soporte ventilatorio
- Reduce el trabajo respiratorio

## – Desventajas:

- Puede llevar a hipoventilación
- Potenciales efectos hemodinámicos adversos

# SIMV

## – Ventajas:

- Buena interacción paciente-respirador
- Baja interferencia con la función cardiovascular normal

## – Desventajas:

- En comparación con AC aumenta el trabajo respiratorio

# PSV

## – Ventajas:

- Confort
- Buena interacción paciente-respirador
- Disminuye el trabajo respiratorio

## – Desventajas:

- No alarma de apnea
- Tolerancia variable

# PCV

## – Ventajas:

- Limita la presión pico inspiratoria
- Controla la razón I:E

## – Desventajas:

- Hiper o hipoventilación potencial con cambios en la resistencia y/o distensibilidad de los pulmones

# CPAP

- Respirador estandar o especial
- Puesto en marcha (trigger) x el paciente
- De presión o de volumen
- Nasal mejor que facial ¿?
  
- No indicada:
  - Paciente no orientado ni colaborador
  - Arritmias, dificultad de expectorar, hipotenso ..
- Distensión gástrica o aspiración

# GUÍA PARA EL INICIO DE VM

- Elegir el modo de respirador (trabajo, sincronía y no alta Ppico)
- FiO<sub>2</sub> inicial de 1. Después SpO<sub>2</sub> 92-94 %
- V<sub>T</sub> de 8-10 ml/kg (si SDRA 5-8 ml/kg)
- Elegir f y vol min en función de situación clínica. Objetivo: pH vs. CO<sub>2</sub>
- PEEP para mejorar oxigenación y reducir FiO<sub>2</sub>. No > 15 cm H<sub>2</sub>O
- Modificar flujo (& f) para evitar turbulencias y atrapamiento (auto-PEEP o PEEP oculta)
- Considerar la analgesia, sedación, relajación, postura

# GUÍA PARA EL USO DE PEEP

- Inicio:
  - 5 cm H<sub>2</sub>O, incrementos de 3-5
  - El efecto de reclutamiento -óptimo- puede tardar horas en aparecer
  - Monitorizar TA, FC, PaO<sub>2</sub>-SaO<sub>2</sub>
- Efectos adversos:
  - Volotrauma
  - Hipotensión y caída del gasto cardiaco
  - Aumento de la PaCO<sub>2</sub>
  - Peor oxigenación

# MONITORIZACIÓN DE LA VM

1. Presión Inspiratoria
2. Razón tiempos I:E
3.  $FiO_2$
4. Ventilación minuto

# Presión Inspiratoria

- Efectos adversos: GC y volotrauma
- Alta  $P_i$  se correlaciona con alta  $P$  Plateau (distensión alveolar). Ideal  $< 35$  cm H<sub>2</sub>O
- Disminución:
  - Menos PEEP (oxigenación)
  - Menos  $V_T$  (VA e hipercapnia “permissiva”)
  - Menos flujo ( $> I$  con  $< E$ , auto-PEEP)

# Razón I:E (ciclo)

- Normal 1:2. EPOC: 1:3 ...
- AC o SIMV: determinado x  $V_T$  y flujo
- Si E es corta o I excesivamente larga, atrapamiento (& s̄obreimposici3n de ciclos). PEEP oculta
- Si I corta: Mayor flujo y aumento de Ppico o reducci3n de  $V_T$  (hipoventilaci3n)
- Si E larga: Baja f e hipoventilaci3n

# FiO<sub>2</sub>

- FiO<sub>2</sub> ideal < 50 % (0,5)
- Toxicidad
- Microatelectasias

Los determinantes primarios de la oxigenación durante VM son la  $FiO_2$  y la Presión Media en la vía aérea. Esta está definida por las Presiones Pico y Plateau y por el tiempo inspiratorio.

El  $V_T$ , flujo inspiratorio, PEEP, auto-PEEP, pausa inspiratoria y forma de curva de flujo, interaccionan para producir la Presión Media en la Vía aérea

# Ventilación por minuto

El primer determinante de la eliminación de CO<sub>2</sub> (en VM) es la ventilación alveolar x minuto:

$$VE (ALV) = (V_T - V_D) \times f$$

- V<sub>D</sub> fisiológico = zonas relativamente bien ventiladas pero hipoperfundidas. El efecto fisiológico de un alto V<sub>D</sub> es la hipercarbia.
- Se produce por procesos patológicos pulmonares, de la vía aérea, bajo volumen intravascular o bajo GC

# SEDACIÓN, ANALGESIA, RELAJACIÓN

- Dolor, ansiedad
  - Ansiolíticos
  - Sedo-analgesia
  - Bloqueo neuromuscular

# SITUACIONES CLÍNICAS ESPECIALES

1. LAP/SDRA
2. Enfermedad obstructiva de la vía aérea
3. Enfermedad pulmonar asimétrica
4. ICC e isquemia miocárdica
5. Enfermedad neuromuscular

# LAP/SDRA: IRA hipoxémica

- Pulmones menos distensibles:
  - Alta presión pico
  - Alta presión plateau
  - Baja distensibilidad
  - Altas resistencias en vía aérea



# Tratamiento del SDRA

- Mantener  $SaO_2 \geq 90$
- VM evitando el volotrauma (Ppico vía aérea  $< 45$  cm de  $H_2O$ )
- VM permisiva ( $CO_2$  libre)(Vt 5-8 ml/kg)
- PEEP de 5 a 15 cm  $H_2O$  (en relación a  $FiO_2$ )
- Rel inversa I:E ¿?
- TGI

# Tratamiento del SDRA

- Posición prona
- Fluidoterapia
- NO: hipertensión y Qs/Qt
- Corticoides en fase fibroproliferativa
- Nutrición órgano específica: ácidos grasos
- Otros:
  - Surfactante
  - Antioxidantes naturales
  - N-acetil cisteína
  - Pentoxifilina
  - Ketoconazole

# Enfermedad obstructiva de la vía aérea: Asma y EPOC

- La VM puede condicionar:
  - Hiperinflación
  - Auto-PEEP
  - Hipotensión
- $V_T$  de 8-10 ml/kg con ventilación minuto ajustada a pH
- Ajustar razón I:E
- Volotrauma (+ en asmáticos)
- Tratamiento medicamentoso agresivo

# Enfermedad pulmonar asimétrica

Contusión, aspiración, neumonía unilateral

- Puede condicionar:
  - distribución anormal de la ventilación y del intercambio gaseoso durante la VM (vía de menos resistencia, mejor distribución a pulmón sano -> mas distensible -> hiperinflación)
  - sobredistensión (sano)+ mala insuflación (enfermo): Peor oxigenación/ventilación
- Tratamiento:
  - Decúbito de pulmón sano
  - Ventilación diferencial

# ICC e isquemia miocárdica

- El manejo del EAP cardiogénico es similar al de la LAP
- Objetivos:
  - Disminuir el trabajo respiratorio (menos  $VO_2$  x m respiratorios)
  - Aumentar el aporte tisular de oxígeno
- La alta presión en la vía aérea puede afectar al GC reduciendo el retorno venoso y aumentando la precarga VD

# Enfermedad neuromuscular

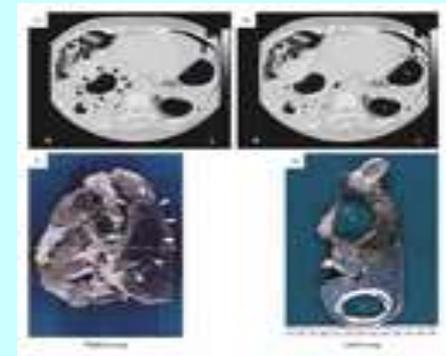
- Estos pacientes no suelen tener -de inicio- patología respiratoria.
- Pueden requerir altos  $V_T$  para evitar la sensación de disnea

# Monitorización de la VM

- Rx de tórax postintubación y para evaluar mala evolución
- Gases arteriales al inicio de la VM y en periodos regulares
- Oximetría (pulsioxímetro)
- Vigilancia de signos vitales
- Curvas del respirador
  
- Alarmas del respirador y otras alarmas fisiológicas

# Complicaciones de la VM

- Barotrauma/Volotrauma
- ↓ Gasto Cardíaco
- ↑ PIC
- ↓ Función renal
- ↓ Función hepática
- Mala movilización de secreciones
- Neumonía nosocomial
- Toxicidad por oxígeno
- Complicaciones psicológicas



# Hipotensión asociada con la VM

- Neumotórax a tensión (uni o bilateral)
- Presión intratorácica positiva
- Auto-PEEP
- IAM e isquemia miocárdica aguda

# Otros efectos asociados con la VM

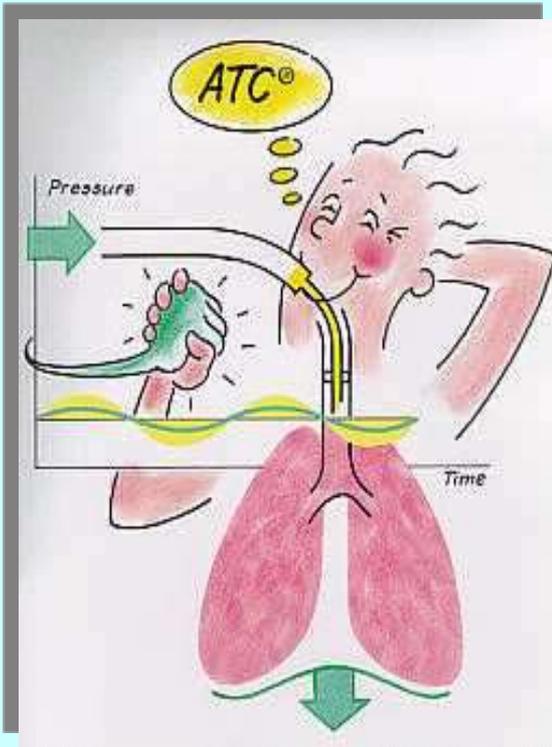
- Neurológicos (PEEP)
- Renales
- Hepáticos

# GUÍA PARA EL DESTETE

- Curación o mejoría evidente
- Estabilidad hemodinámica
- No anemia
- No sepsis ni hipertermia
- Buen estado nutricional
- Estabilidad psicológica
- Equilibrio acido-base y electrolítico

- Criterios respiratorios:

- Fr < 38
- Vt > 4ml/kg (>325 ml)
- V min < 15 l/min
- Sat O<sub>2</sub> > 90%
- Pa O<sub>2</sub> > 75 mmHg
- Pa CO<sub>2</sub> < 50 mmHg
- Fi O<sub>2</sub> < 60%
- P ins max < -15 cmH<sub>2</sub>O



# PUNTOS CLAVE.2

- Para facilitar la sincronía entre el paciente y el respirador disponemos de diferentes modos de VM
- Al iniciar la VM (y la PEEP) se deben tener en cuenta una serie de puntos clave (guía)
- Recordar la existencia de interacciones con otros sistemas orgánicos
- La  $FiO_2$  y la presión media en la vía aérea son los principales determinantes de la oxigenación, mientras que la VA x min afecta al intercambio de  $CO_2$

# Logros de la VM

- Reposo respiratorio.
- Dificultar la formación de atelectasia.
- Estimulación del drenaje linfático intersticial.
- Controlar la concentración de oxígeno de forma exacta.
- Modificar la relación ventilación/perfusión. ( $V/Q$ ).

$pO_2$

$pH$

$pCO_2$

# PUNTOS CLAVE.1

- Se indica cuando han fallado otros métodos menos invasivos en el tratamiento de la IRA hipóxica e hipercárbica
- Su objetivo primario es mantener las funciones de oxigenación y ventilación de los pulmones, reduciendo el trabajo respiratorio y aumentando el confort del paciente

# PUNTOS CLAVE.3

- Se deben recordar las especiales características de: EPOC, LAP, ICC, obstrucción de vía aérea, asimetría pulmonar y patología neuromuscular ...
- La monitorización en VM incluye: alarmas del respirador, valoración y monitorización del paciente, pulsioximetría, gasometría y Rx tórax