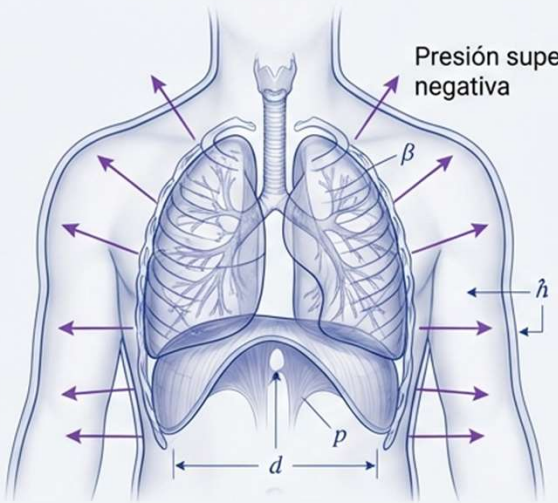
https://jvespana.wixsite.com/vmecanica




Bases de la VM parte I
Ponente: José V. España P.
profesor de Ventilación Mecánica
Médico Especialista en Medicina Crítica
Puntos Clave:
Conceptos Fundamentales
Principios de Funcionamiento

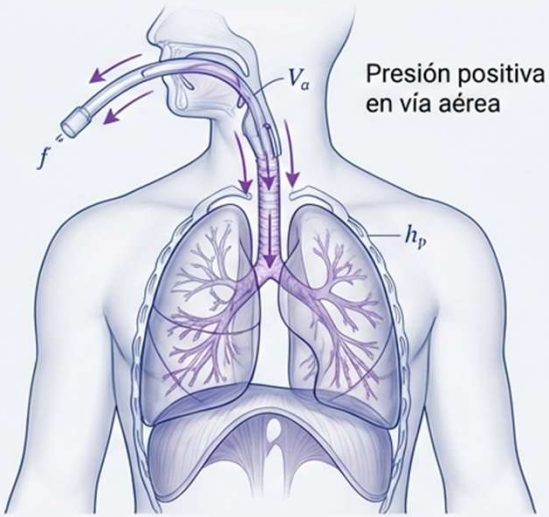
Tipos de Ventilación Mecánica

Presión Negativa / Iron Lung



Negativa: Imita la fisiología (superficie corporal).

Presión Positiva / Ventilador Moderno



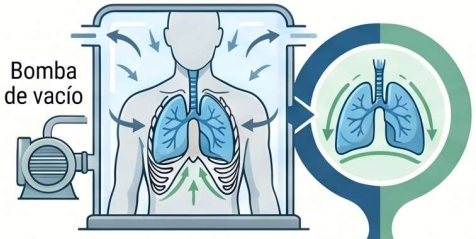
Positiva: Empuja aire adentro. Invierte los gradientes normales.

NotebookLM

Ventiladores de Presión Negativa Intermitente: Ciencia e Historia del Soporte Respiratorio

La **ventilación de presión negativa** (VPN) fue el estándar de soporte vital durante la primera mitad del siglo XX. A diferencia de la ventilación moderna, este método busca imitar la respiración fisiológica generando un vacío externo que expande el tórax de forma no invasiva.

Fundamentos y Contexto Fisiológico

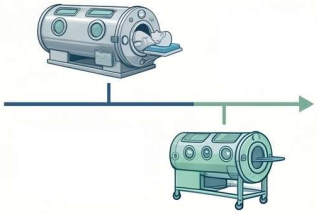


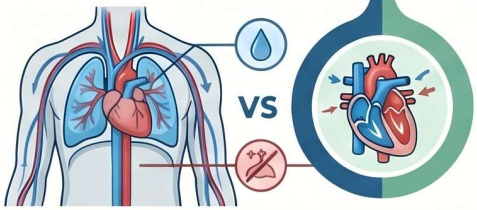
Soporte de Presión Subatmosférica

Genera un gradiente de presión mediante vacío alrededor del tórax para permitir la entrada de aire.

El Auge de la Era de la Polio

Estos dispositivos fueron esenciales y masivamente utilizados durante las **epidemias de poliomielitis** a mediados del siglo XX.





Ventaja del Retorno Venoso

A diferencia de la presión positiva, la negativa favorece el **retorno venoso** al mantener el signo fisiológico de la presión intratorácica.

Tipos Principales de Ventiladores



Pulmón de Acero

El modelo más emblemático; una cámara metálica que envuelve todo el cuerpo excepto la cabeza.



Corazas y Ponchos

Dispositivos más ligeros que se ajustan sobre la superficie torácica o mediante envoltorios flexibles para el torso.

Camas Oscilantes y Pneumobelt

Sistemas que utilizan el peso de las vísceras o cinturones neumáticos para movilizar el diafragma intermitentemente.





NotebookLM

Ventilación a presión negativa intermitente
“Pulmón de Acero”



Paso de los ventiladores de presión negativa a los de presión positiva









Ventiladores Mecánicos a Presión positiva intermitente

1.- Ventiladores de Alta Frecuencia.-

a.- Oscilatorios.-

b.- Tipo Jet.-

2.- Ventiladores de frecuencia normal.-

Ventilador para Ventilación oscilatoria (Alta frecuencia)



El Mecanismo de la Ventilación

Clasificación fundamental de los equipos de soporte ventilatorio según la forma en que generan el movimiento del aire.



Ventiladores de Presión Negativa

Generan presión subatmosférica alrededor del tórax para expandir los pulmones.

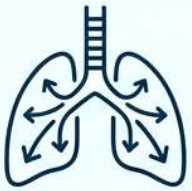
Ejemplos históricos y actuales incluyen el pulmón de acero y las corazas.



Ventiladores de Alta Frecuencia

Administran volúmenes mínimos a frecuencias supranormales.

Incluye ventilación tipo Jet, Oscilatoria y de alta frecuencia con ventiladores convencionales.



Ventiladores de Presión Positiva Intermitente

Estándar de Cuidado Actual

Aplican presión supraatmosférica al interior de la vía aérea.

Son los equipos de soporte vital más comunes en la práctica clínica moderna y el foco de la ventilación contemporánea.

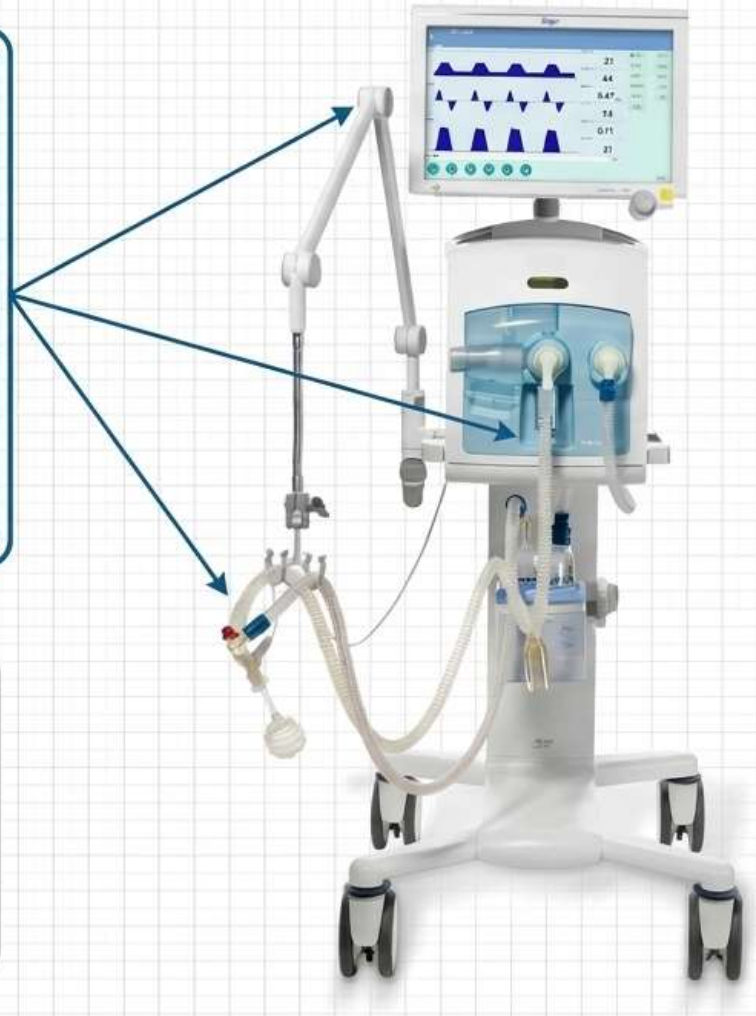
NotebookLM



Ventilador Mecánico

¿Qué es un ventilador mecánico?

Una máquina automática diseñada para proveer todo o parte del trabajo que el cuerpo debe hacer para mover aire dentro y fuera de los pulmones.



Más que cualquier otro dispositivo, los ventiladores mecánicos simbolizan los cuidados intensivos y las UCI. Proporcionan la forma más básica de soporte de vida para pacientes gravemente enfermos.

NotebookLM

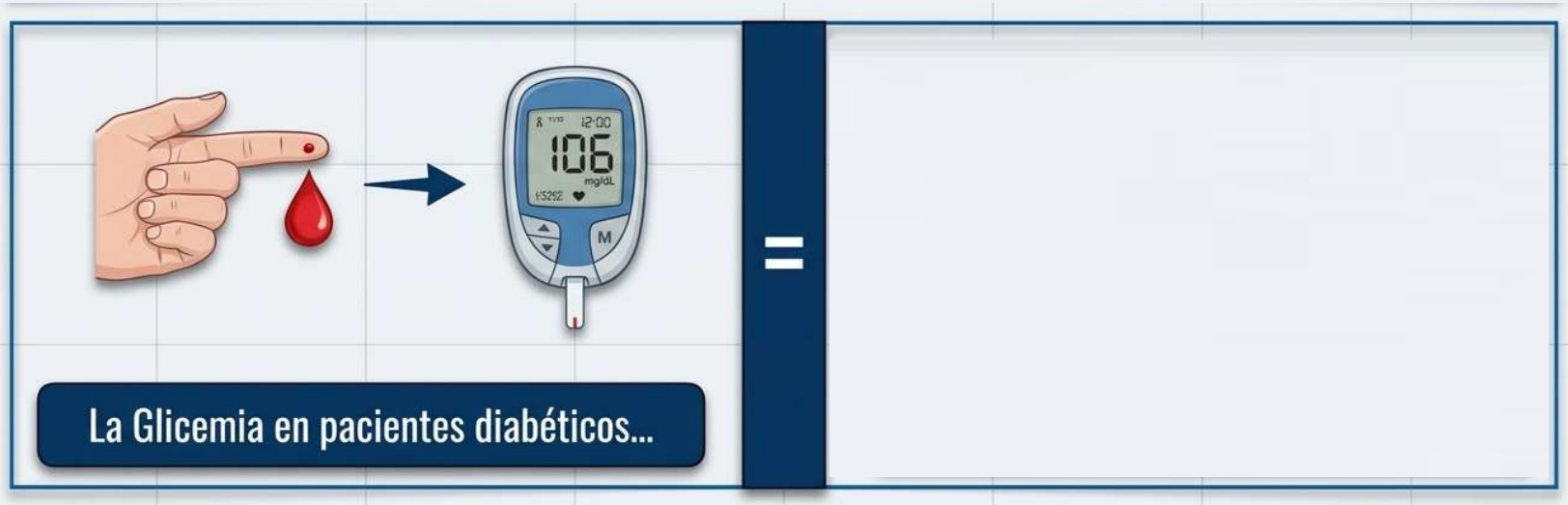
Los cuatro Principios básicos



Para el manejo de la Ventilación Mecánica.

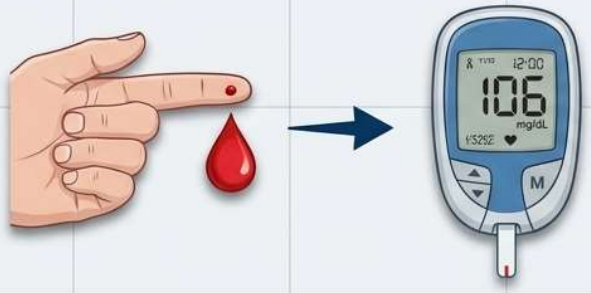
JE

Principio 1: Monitoreo de la Ventilación Mecánica



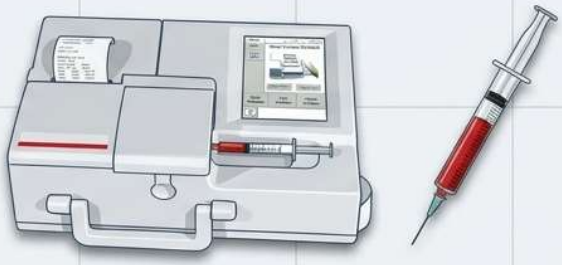
Principio 1: Monitoreo de la Ventilación Mecánica

No se puede manejar pacientes en ventilación mecánica si no tenemos la posibilidad de realizar en sangre arterial determinaciones del equilibrio acido-base y gasometría.



La Glicemia en pacientes diabéticos...

=



...Equivale a los Gases Arteriales en Ventilación Mecánica.

La saturación de O2 (Saturómetros) y la capnografía son métodos auxiliares, <u>nunca</u> sustitutivos.

NotebookLM

Métodos Secundarios : Monitorización Continua y No Invasiva



Matriz de Jerarquía de Monitorización del Intercambio Gaseoso

	Gasometría Arterial (El Patrón Oro)	Pulsioximetría (Radar de O2)	Capnografía (Radar de CO2)
Nivel de Invasividad	Invasiva (Extracción)	No invasiva (Infrarrojos)	No invasiva (Sensor en vía aérea)
Frecuencia de Datos	Intermitente (Puntual)	Continua (Tiempo real)	Continua (Tiempo real)
Parámetros Directos	pH, PaO2, PaCO2	Solo SpO2 y Frec. Cardíaca	Solo EtCO2 exhalado
Limitaciones Clave	Requiere punción arterial	Falla en hipoperfusión. No mide ventilación.	Depende del gasto cardíaco y espacio muerto.

NotebookLM

Principio 2: Conocer el funcionamiento del Equipo de VM



Checklist Panel

- [ ] **1.** Leerse los catálogos de los equipos.
- [ ] **2.** Todo el equipo asistencial debe estar **entrenado en el manejo del ventilador.**

Time Impact Card

El entrenamiento y adaptación puede tardar hasta una semana.

NotebookLM

El Segundo Principio

“Todo el equipo asistencial debe estar entrenado en el manejo del ventilador.”



El Equipo
- Capacidad cognitiva
- Decisiones clínicas

El Equipo Terapéutico
- Precisión, seguridad
- Altas prestaciones

El ventilador artificial es un equipo terapéutico preciso y seguro, pero su eficacia está intrínsecamente ligada al dominio técnico de quien lo opera.

NotebookLM

Principio 3: La regla de oro de la seguridad del paciente.

Sospecha de mal funcionamiento del ventilador mecánico.

RETIRARLO. Nunca revisarlo conectado al paciente.

Usar el resucitador manual. "EL AMBU es el mejor Ventilador."



Logística

Siempre es conveniente tener ventiladores mecánicos de reserva.

NotebookLM

El protocolo de fallo crítico

Sospecha de mal funcionamiento del ventilador.

↓

¡Retirarlo! / Desconectar al paciente.

— ! Nunca revisarlo conectado al paciente.

↓

Transición a ventilación manual.



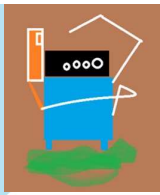
El AMBU es el mejor ventilador.

↓

Reemplazar el equipo.

— ℹ Siempre es conveniente tener ventiladores mecánicos de reserva.

NotebookLM



La Solución Definitiva

La regla operativa: Siempre es conveniente tener ventiladores mecánicos de reserva.

1 AISLAR

El ventilador sospechoso se retira completamente del box. No se diagnostica el equipo *in situ*.

2 SUSTITUIR

Se introduce inmediatamente el ventilador de reserva asignado a la unidad.

3 CALIBRAR

Conectar a red/gases. Calibrar sensores (O2, flujo) con pulmón de prueba ANTES de conectar al paciente. Nunca omitir.

NotebookLM

Principio 4: Las dos indicaciones clínicas primarias.

Mecánica



Disminuir el trabajo respiratorio del paciente.

Fisiología



Mejorar el intercambio gaseoso a nivel pulmonar.

Conocer el mecanismo que causó la insuficiencia respiratoria aguda ayuda en la toma de decisiones

NotebookLM

La intervención persigue dos objetivos fisiológicos innegociables.

Una vez superada la demanda fisiológica del paciente, el soporte ventilatorio asume el control para garantizar dos metas simultáneas:

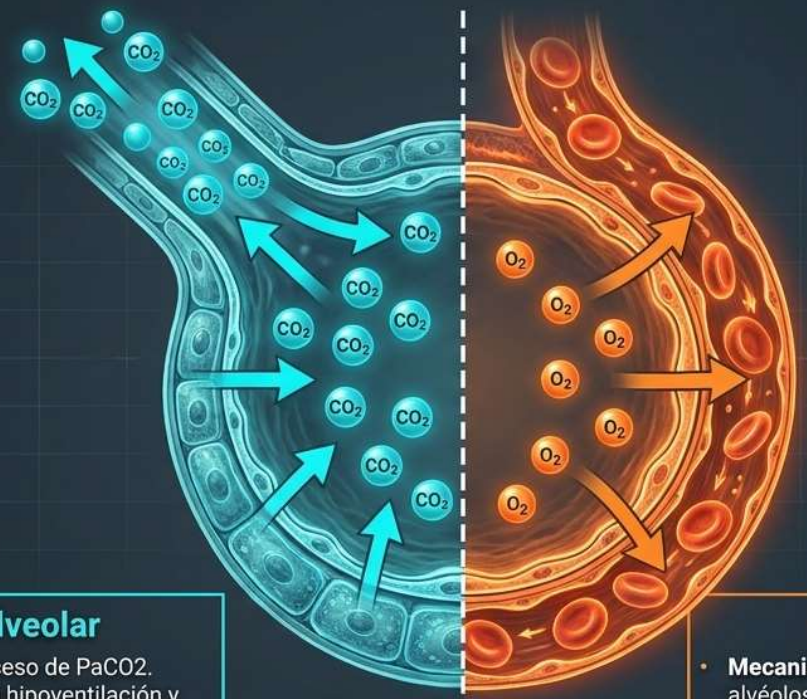


1. Descargar el trabajo respiratorio.

2. Optimizar el intercambio gaseoso.

NotebookLM

Optimización del intercambio gaseoso a través de dos vías diferenciadas



Ventilación Alveolar

- **Mecanismo:** Barrido del exceso de PaCO2.
- **Objetivo Clínico:** Corregir la hipoventilación y revertir la acidosis respiratoria aguda (pH < 7,30).

Oxigenación Arterial

- **Mecanismo:** Presión positiva inspiratoria para abrir alvéolos colapsados (reclutamiento).
- **Soporte (PEEP):** Mantiene el reclutamiento, previene el colapso espiratorio y aumenta la capacidad residual funcional (CRF).

NotebookLM

Los 4 Pilares Fundamentales de la Ventilación Mecánica

Monitoreo e Instrucción Técnica

Monitorización Gasométrica Indispensable





Pulsioximetría y capnografía son solo auxiliares.

Entrenamiento del Equipo Asistencial





Capacitación obligatoria de todo el personal y estudio profundo de los catálogos técnicos.



Seguridad y Metas Clínicas

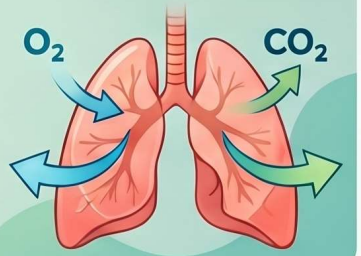
El AMBU como Respaldo Crítico:

Siempre disponer de un balón autoinflable como ventilador de reserva principal



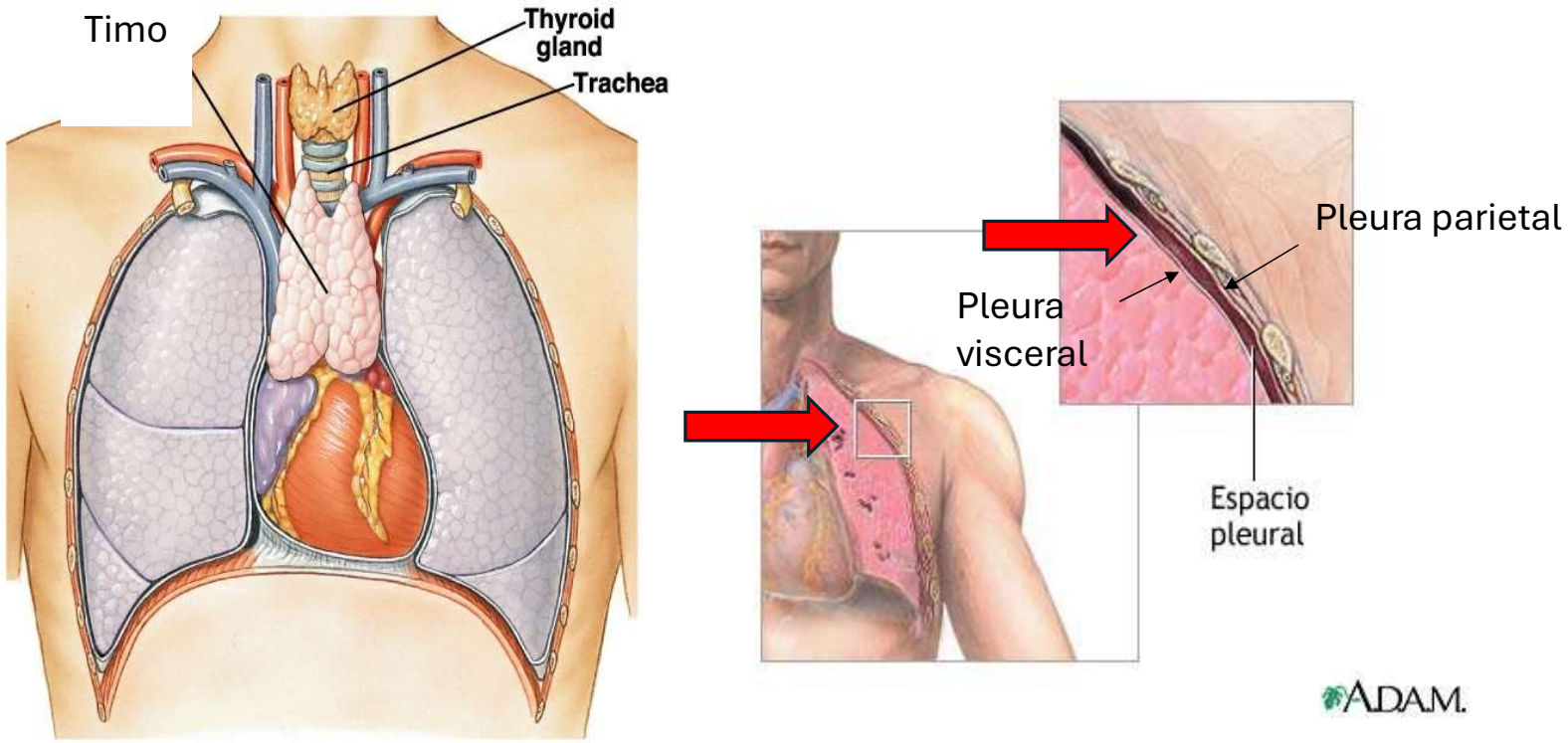


Priorizar la disminución del trabajo respiratorio y la optimización del intercambio gaseoso.



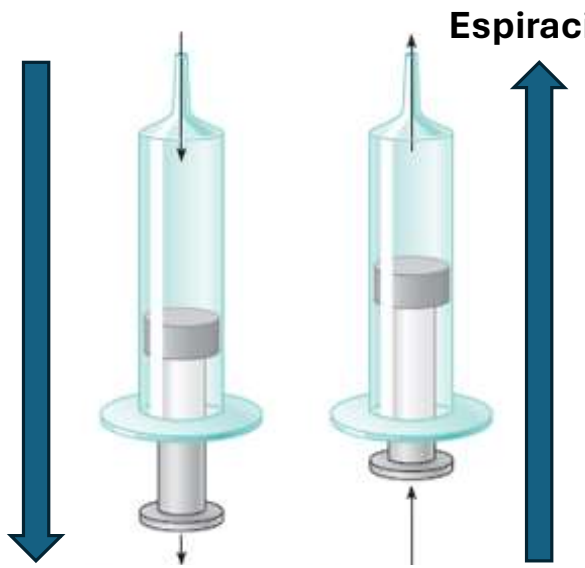
NotebookLM

Cavidad torácica y pleuras



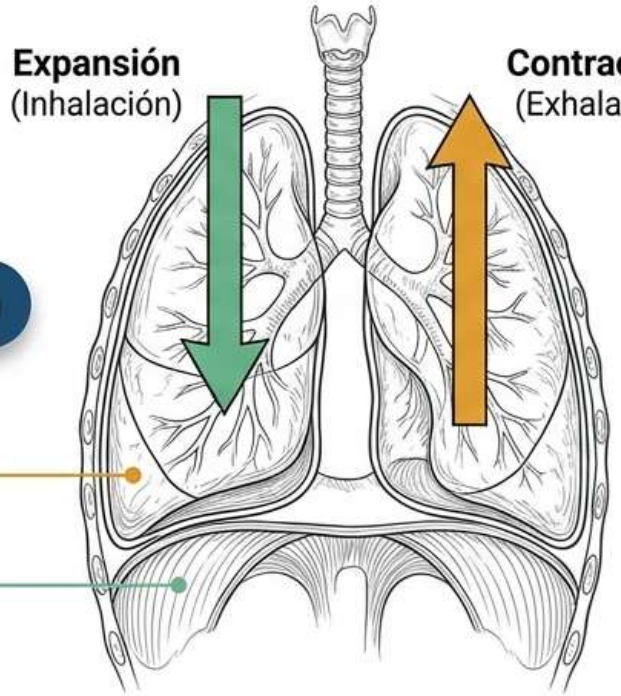
La ventilación es simplemente el movimiento de aire hacia adentro y hacia afuera de los pulmones.

Jeringa: Mecánica del Flujo de Aire



El Principio de la Jeringa

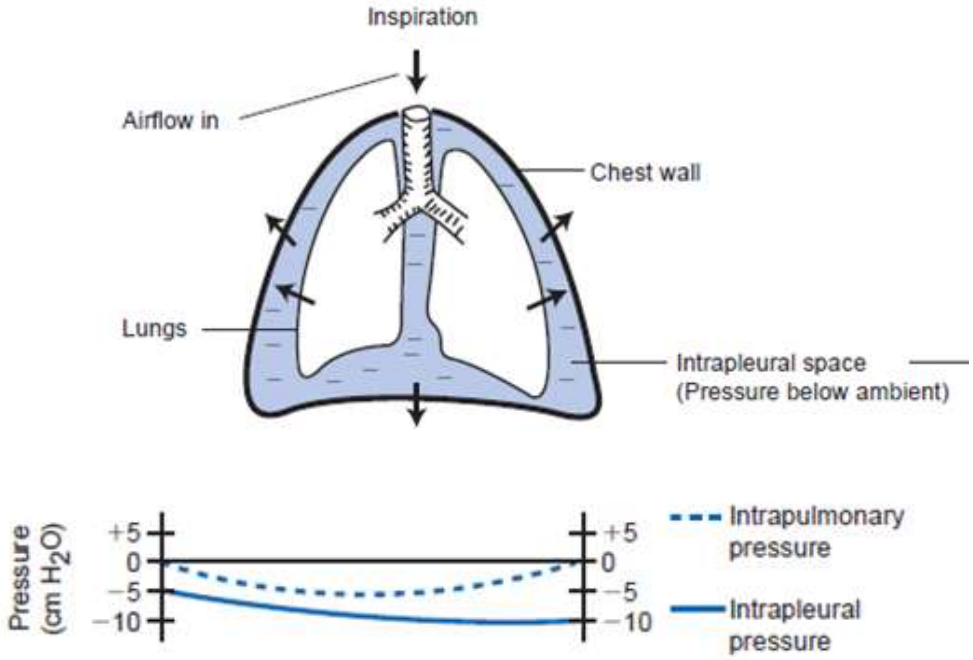
Pulmones: Mecánica Respiratoria



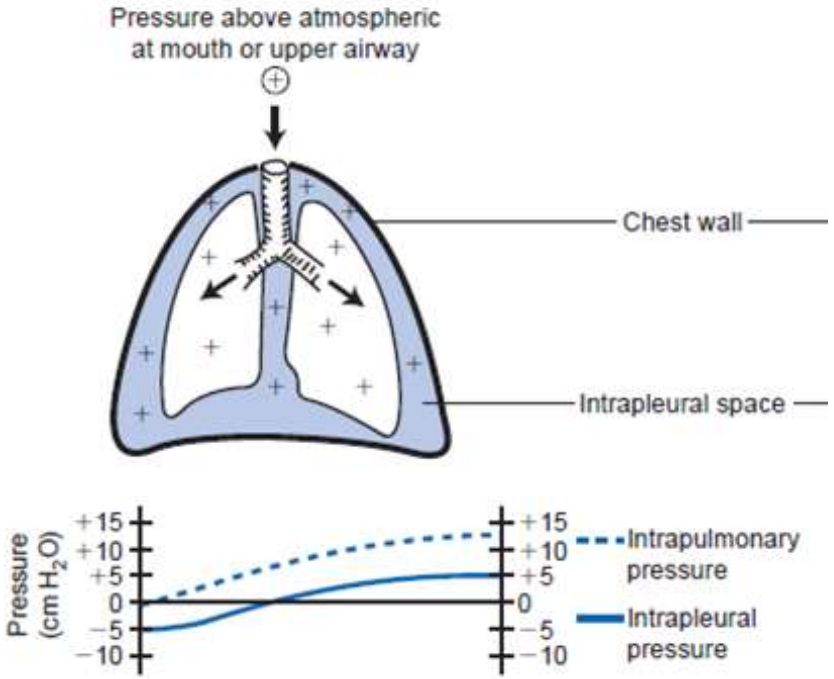
NotebookLM

Fase Inspiratoria

Espontanea

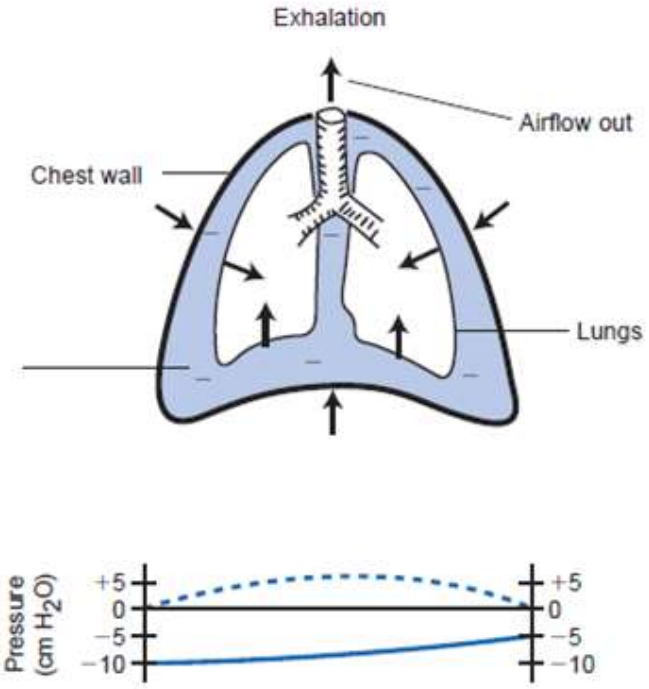


V. Mecánica

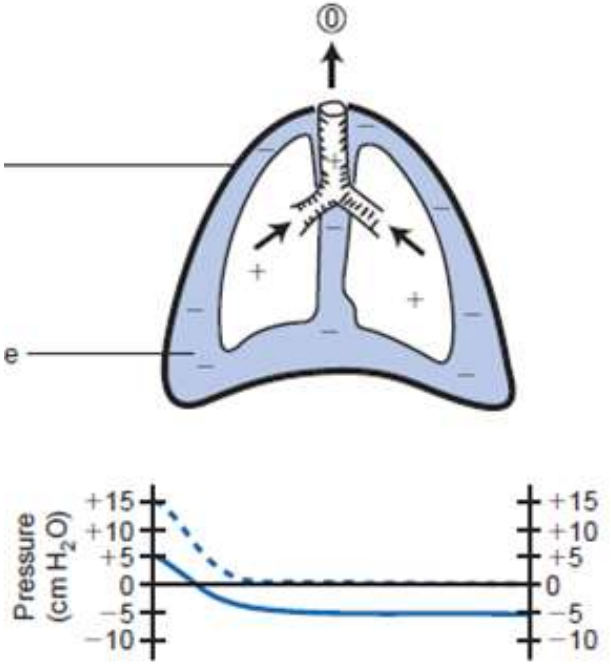


Fase Espiratoria

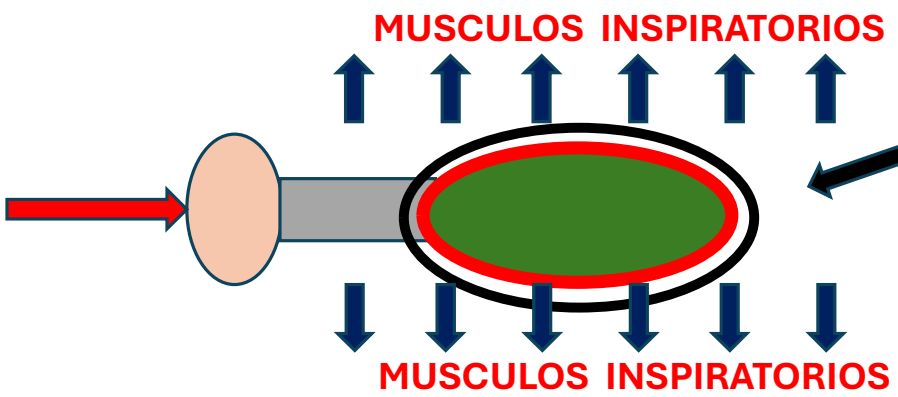
Espontanea



V. Mecánica

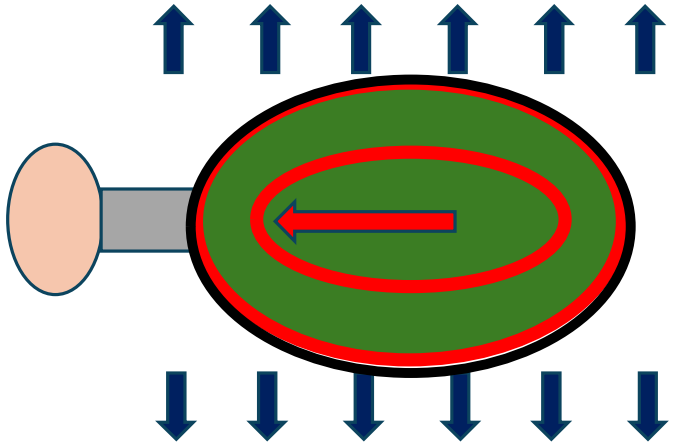


Ventilación espontánea



Presión negativa Intra-pleural

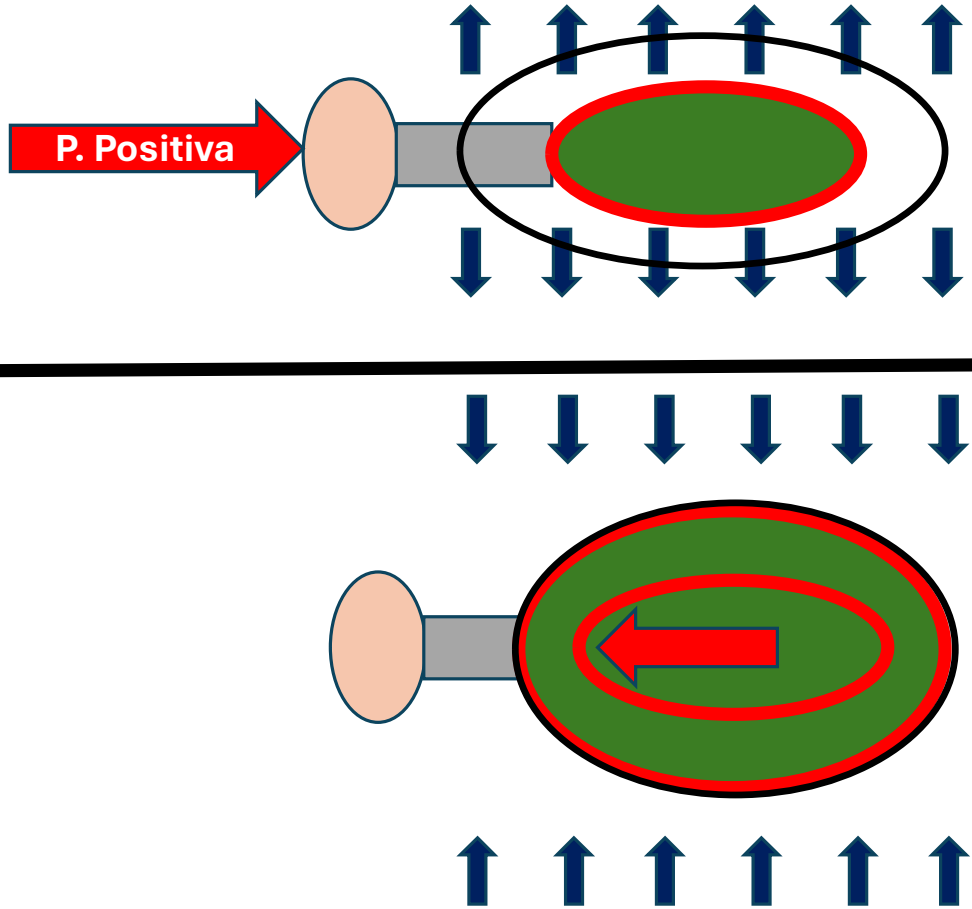
Fase Inspiratoria



Fase Espiratoria

JE

Ventilación Mecánica a presión positiva intermitente

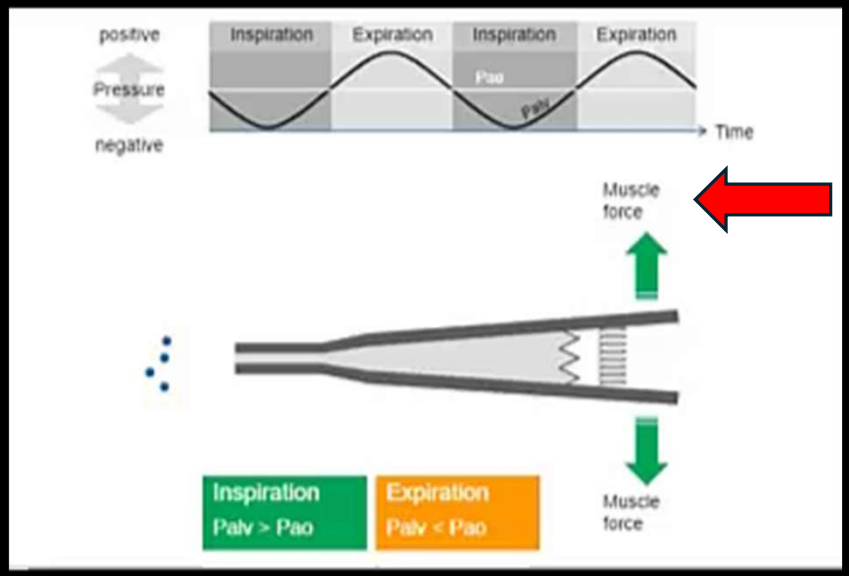


Fase Inspiratoria

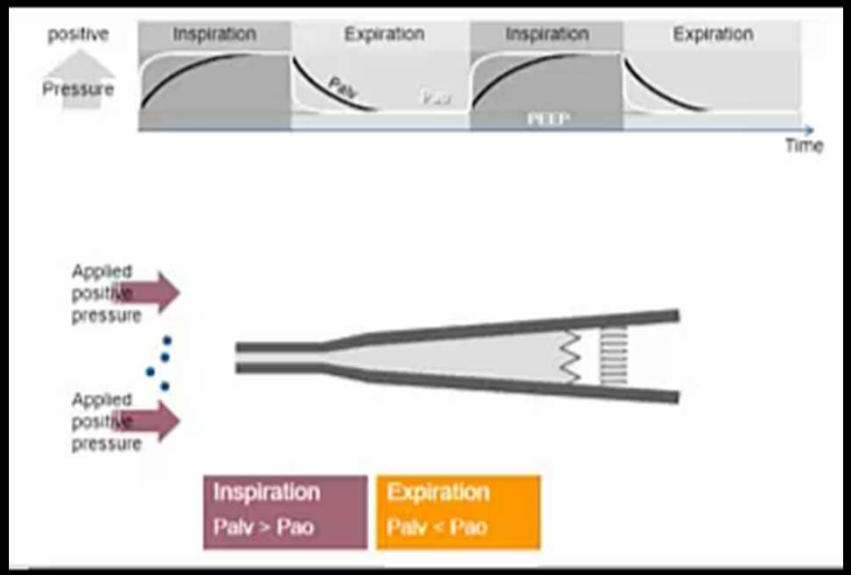
Fase Espiratoria

JE

Ventilación espontánea



Ventilación Mecánica

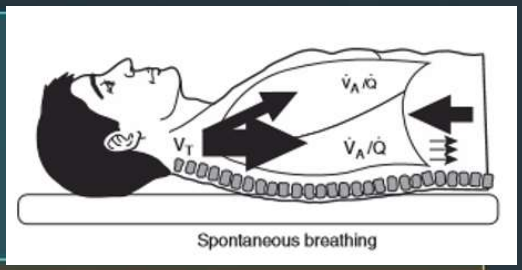


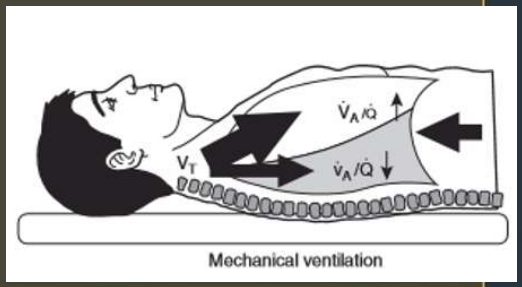
JE

1.- La distribución de la Ventilación pulmonar.-

Distribución V/Q: Espontánea vs. Mecánica

Fisiológica	El diafragma dirige el aire hacia las zonas **declives (bases)**, que también son las zonas más perfundidas. Relación V/Q óptima.
Mecánica	La presión positiva sigue la vía de **menor resistencia** y mayor **distensibilidad** (zonas no declives/superiores).





Consecuencia: Aumenta el espacio muerto fisiológico (alvéolos ventilados pero no perfundidos) y el riesgo de sobredistensión.

NotebookLM



Figura 1.2. Músculos de la inspiración. Los productores y los facilitadores actúan en condiciones fisiológicas. En condiciones de ejercicio y en situaciones patológicas se suman a éstos los músculos accesorios

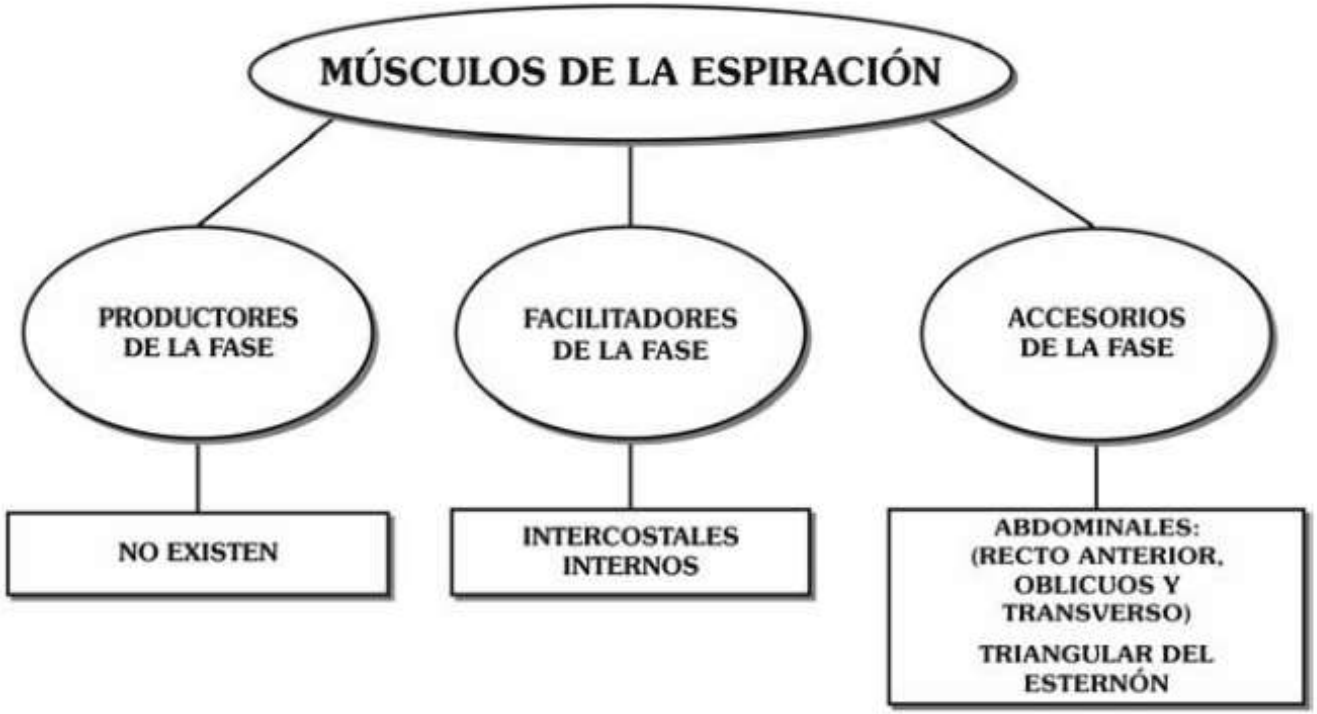
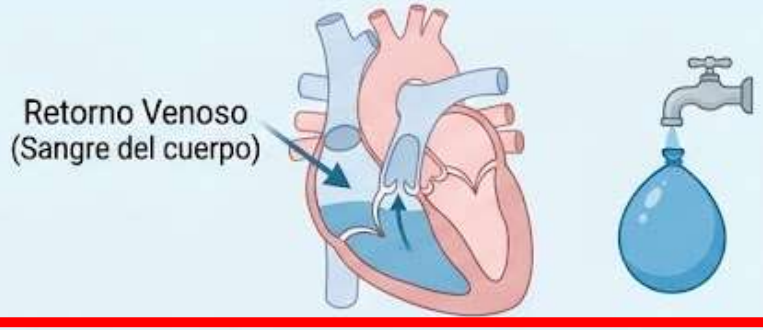


Figura 1.9. Resumen de los músculos de la espiración

2.- Cambios Cardiovasculares.-

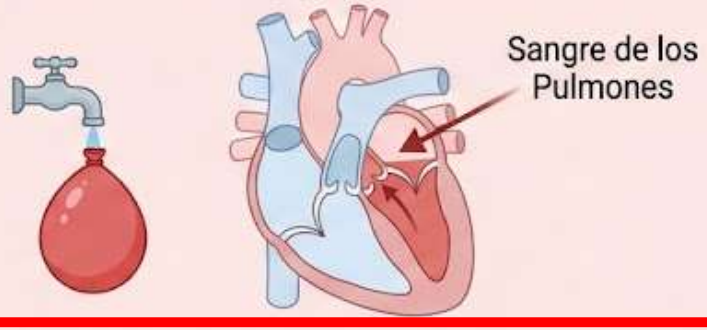
EXPLICACIÓN SENCILLA DE LA PRECARGA VENTRICULAR

1. PRECARGA DEL VENTRÍCULO DERECHO (VD)



- **Definición:** Es el estiramiento de las fibras musculares del VD al final del llenado (diástole).
- **Analogía del Globo:** Cuanto más volumen de sangre (agua) entra, más se estira la pared del ventrículo (globo) antes de contraerse (apretar).
- **Depende de:** La cantidad de sangre que vuelve al corazón desde el cuerpo.

2. PRECARGA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO (VI)



- **Definición:** Es el estiramiento de las fibras musculares del VI al final del llenado (diástole).
- **Analogía del Globo:** Al igual que en el derecho, el volumen de llenado determina el estiramiento inicial. El VI es más grueso y fuerte.
- **Depende de:** La cantidad de sangre que llega desde los pulmones.

RESUMEN:

La **Precarga** = El "estiramiento" inicial por volumen de llenado.

- **VD:** Se estira por la sangre que *vuelve del cuerpo.*
- **VI:** Se estira por la sangre que *llega de los pulmones.*

2.- Cambios Cardiovasculares.-

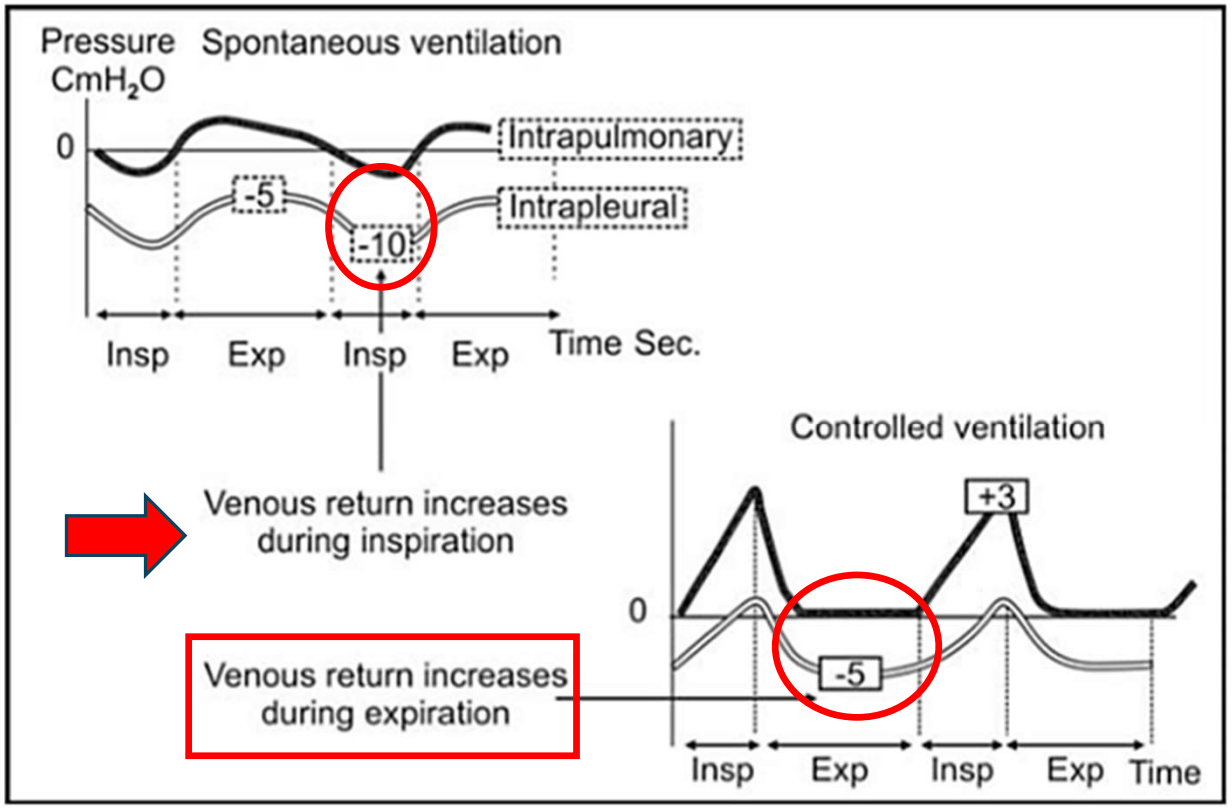
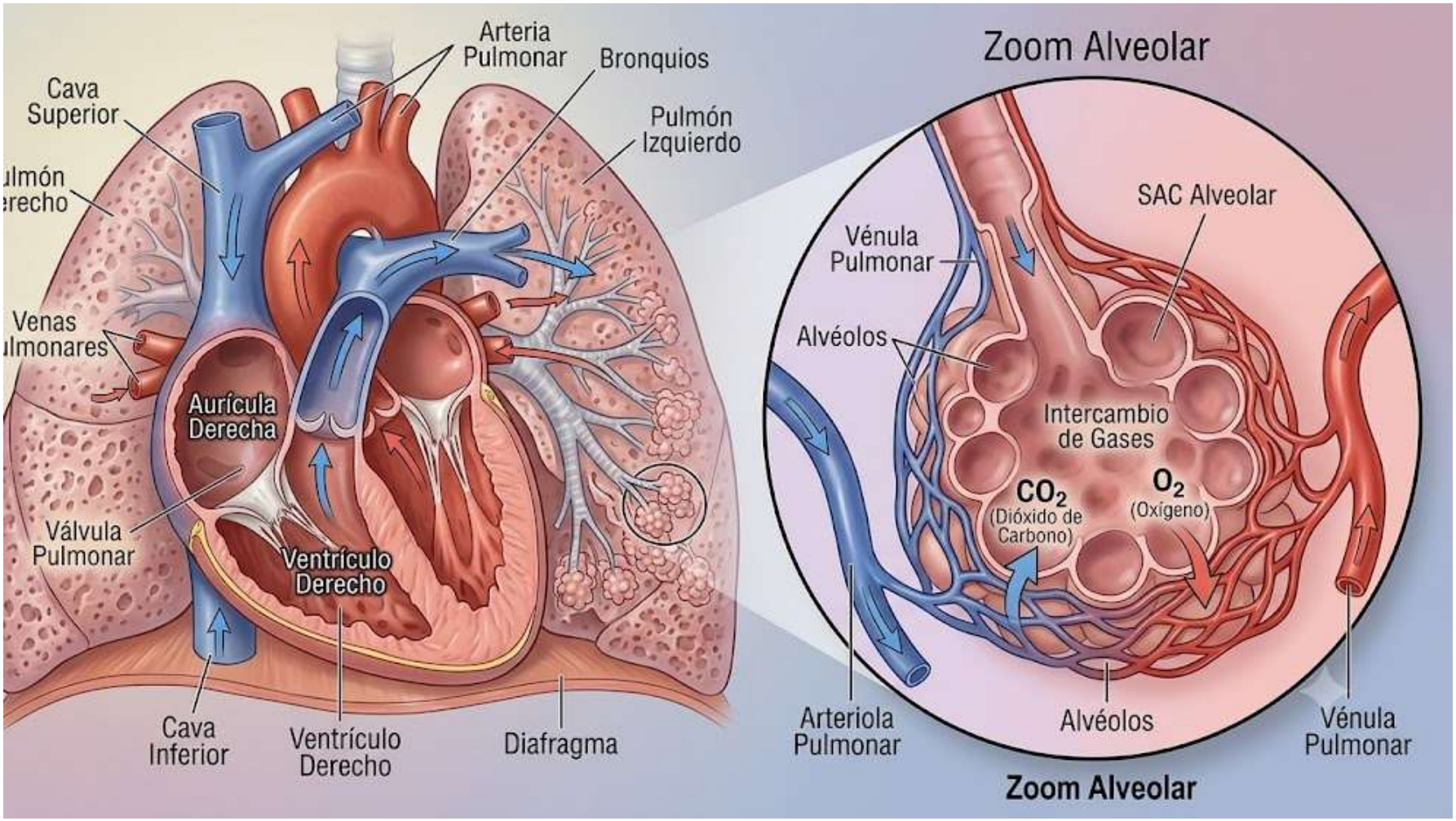
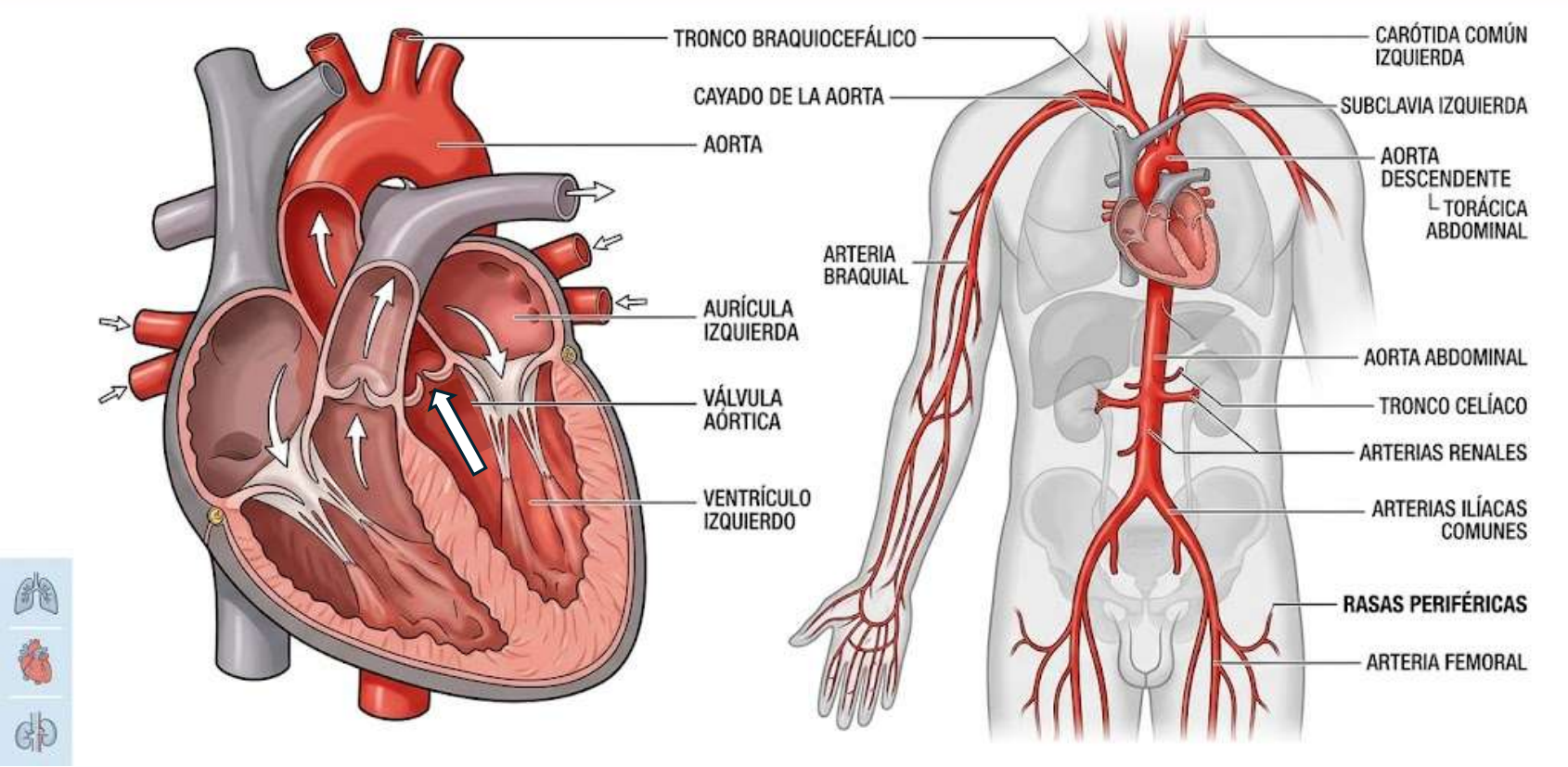


Figure 13.2: Effects of intrapleural pressure on venous return

1. POSTCARGA DEL VENTRÍCULO DERECHO (VD)

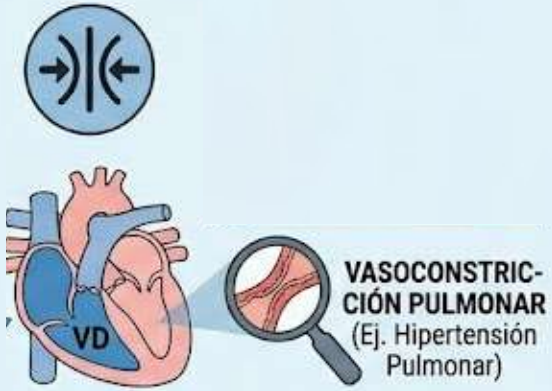


2. POSTCARGA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO (VI)



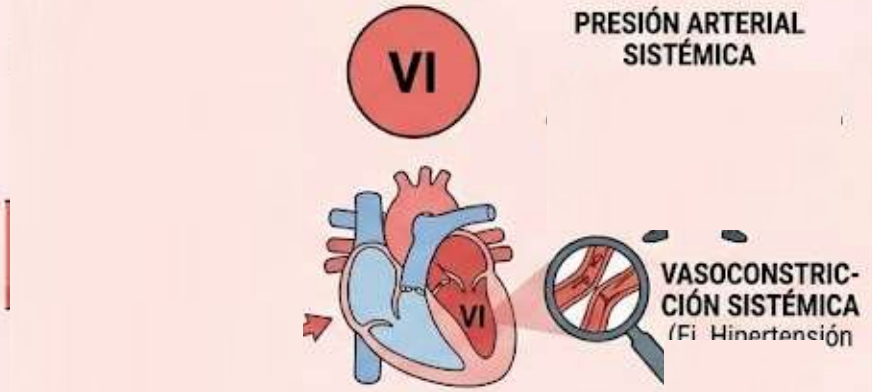
ENTENDIENDO LA POSTCARGA CARDÍACA (De Manera Sencilla)

1. POSTCARGA DEL VENTRÍCULO DERECHO (VD)

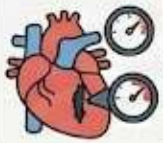


- **¿Qué es?** Es la resistencia que el ventrículo derecho debe vencer para bombear sangre a los pulmones.
- **¿De qué depende?** Principalmente de la presión en la arteria pulmonar y la resistencia de los vasos pulmonares.

2. POSTCARGA DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO (VI)



- **¿Qué es?** Es la resistencia que el ventrículo izquierdo debe vencer para bombear sangre a todo el cuerpo.
- **¿De qué depende?** Principalmente de la presión arterial sistémica y la resistencia de los vasos sanguíneos periféricos.



EN RESUMEN:
La **Postcarga** es la "carga de bombeo" o la fuerza que el corazón debe ejercer para expulsar la sangre.
- **DERECHO:** Vence la resistencia para enviar sangre a los **PULMONES**.
- **IZQUIERDO:** Vence la resistencia para enviar sangre al **CUERPO**.

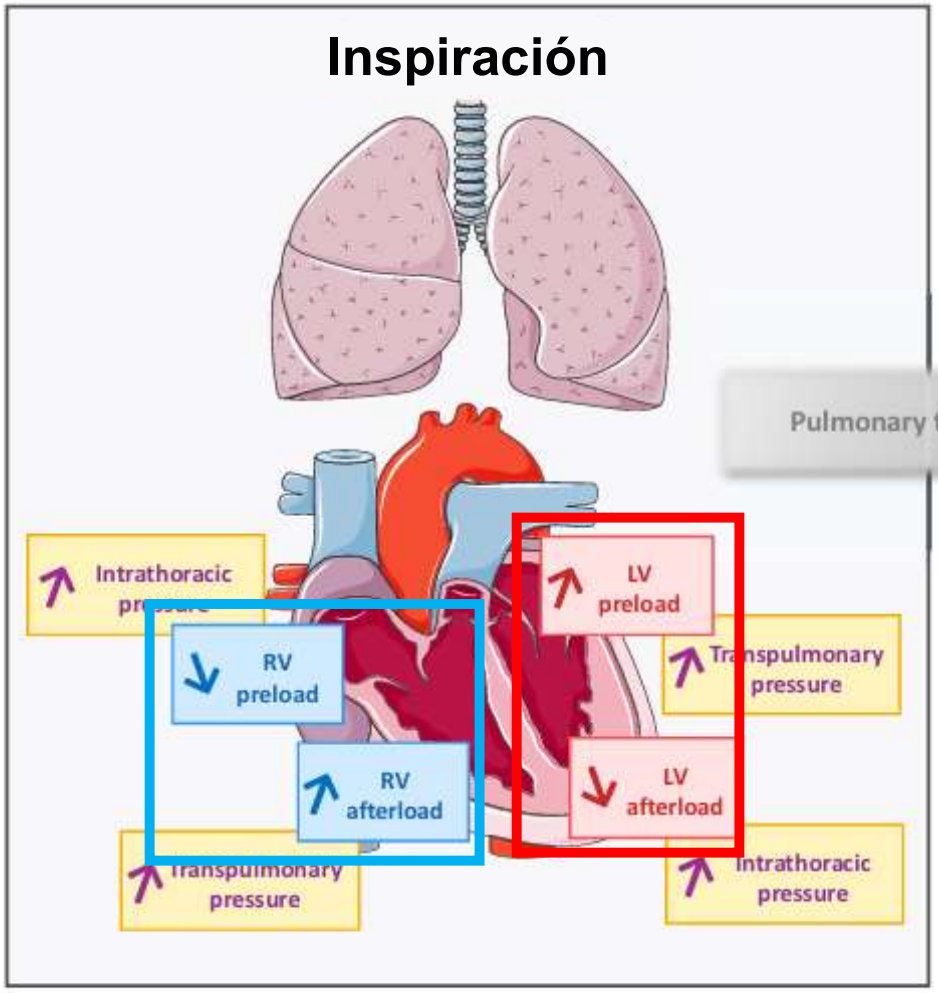


Fig. 1 Summary of heart–lungs interactions in mechanically ventilated patients. LV: left ventricular, RV: right ventricular

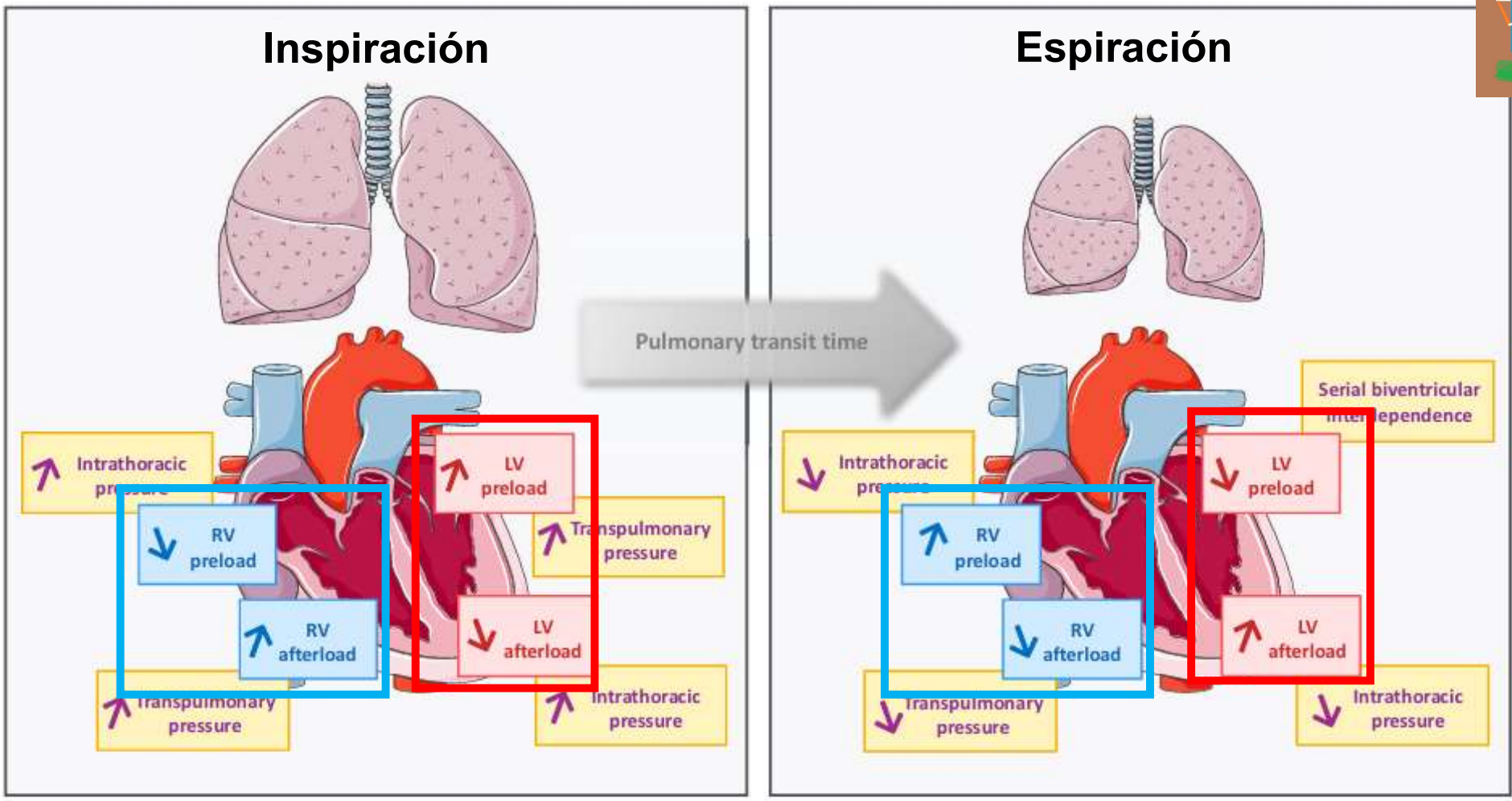


Fig. 1 Summary of heart–lungs interactions in mechanically ventilated patients. LV: left ventricular, RV: right ventricular

Intensive Care Med (2026) 52:552–554
https://doi.org/10.1007/s00134-026-08327-3

WHAT'S NEW IN INTENSIVE CARE

Heart–lungs interactions in mechanically ventilated patients: physiology and clinical implications

Mathieu Jozwiak[1,2*], Jiao Liu[3] and Jean-Louis Teboul[4]

© 2026 Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature

El Tiempo de Tránsito Pulmonar



Los ventrículos operan en serie. Una caída en la precarga del ventrículo derecho no se refleja instantáneamente en el lado izquierdo.

Los cambios de volumen inducidos por la respiración tardan varios latidos en atravesar los pulmones y manifestarse en el ventrículo izquierdo y la presión arterial sistémica.

NotebookLM

Variación Cíclica de la Presión Arterial



Fase de Insuflación:

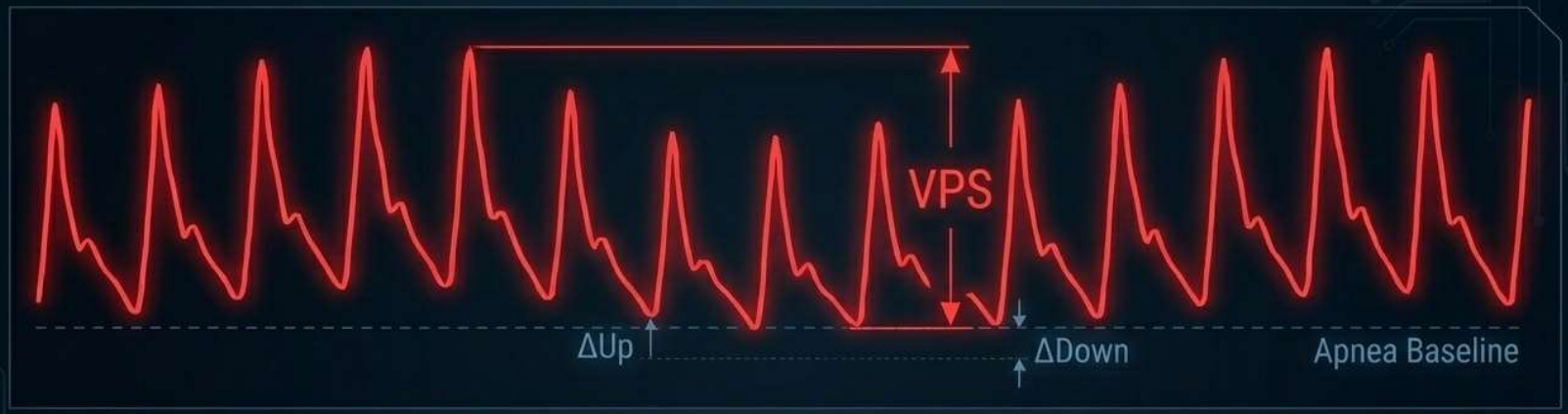
Breve elevación de la presión sistólica (el pulmón exprime sangre hacia el ventrículo izquierdo, aumentando transitoriamente su precarga).

Fase de Espiración:

Reducción de la presión sistólica (consecuencia retrasada del descenso del retorno venoso previo en el ventrículo derecho).

NotebookLM

Cuantificando la Variación de la Presión Sistólica (VPS)

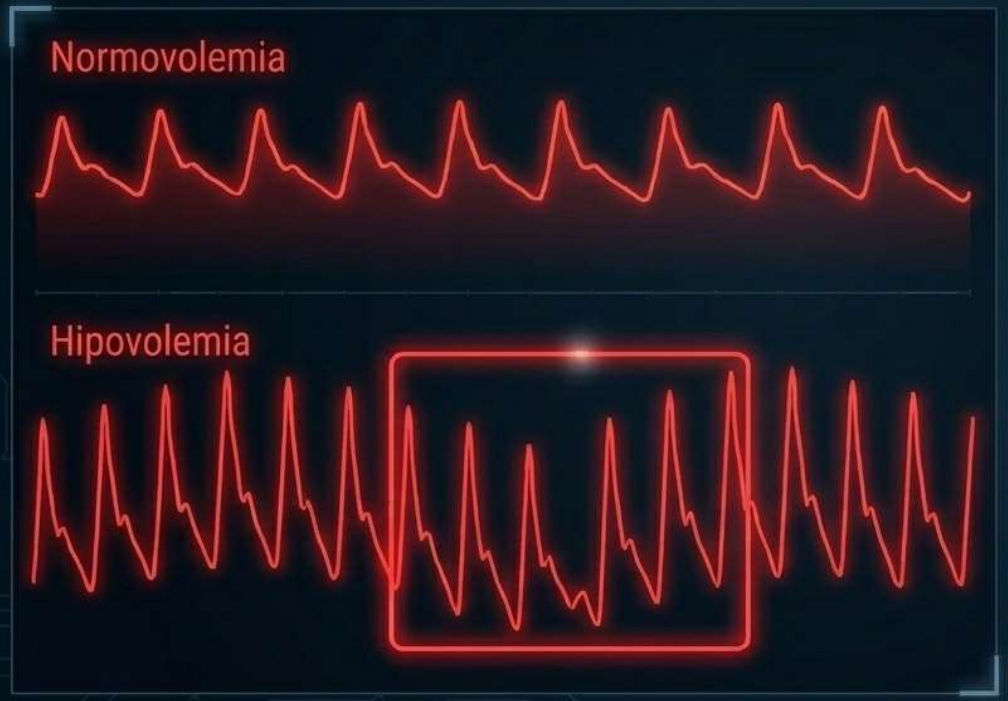


La VPS es la diferencia matemática entre el valor máximo y mínimo de la presión sistólica durante un único ciclo ventilatorio mecánico.

Esta oscilación, dictada por los cambios cíclicos en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo, es la ventana directa al estado volumétrico del paciente.

NotebookLM

El Indicador Clave de Dependencia de Precarga

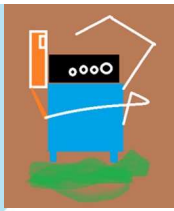


Una acentuación marcada de estas oscilaciones arteriales no es un artefacto; es un llamado de auxilio fisiológico.

- Un paciente con alta variación cíclica presenta:
- 1. Hipovolemia subyacente.
- 2. Alta susceptibilidad hemodinámica a la presión intratorácica.
- 3. Dependencia de precarga (Alta probabilidad de incrementar su gasto cardíaco tras la administración de fluidos).

NotebookLM


Agilent
Adulto 12 MAY 18 15:35
ALARMAS SUSPENDIDAS
Registro de alarma no disponible
II
FC
FC
151
Modo sin marcp
PULSO 152
PNI
mmHg 15 min 15:32
67/55 (56)
1mV
PA
PA
104/67 (79)
PLET
SpO2
98
ICS SpO2
RESP
RESP
27
1Ohm
↓Vol Alarm 120↑
↓ Vol QRS 45 ↑

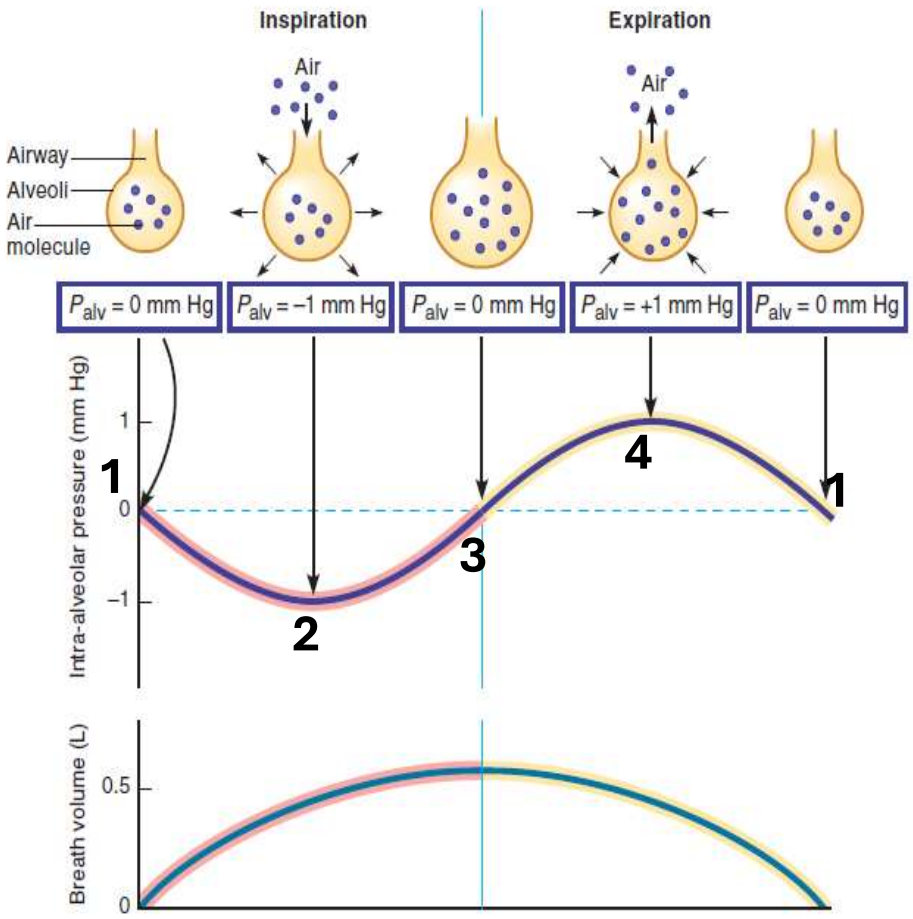


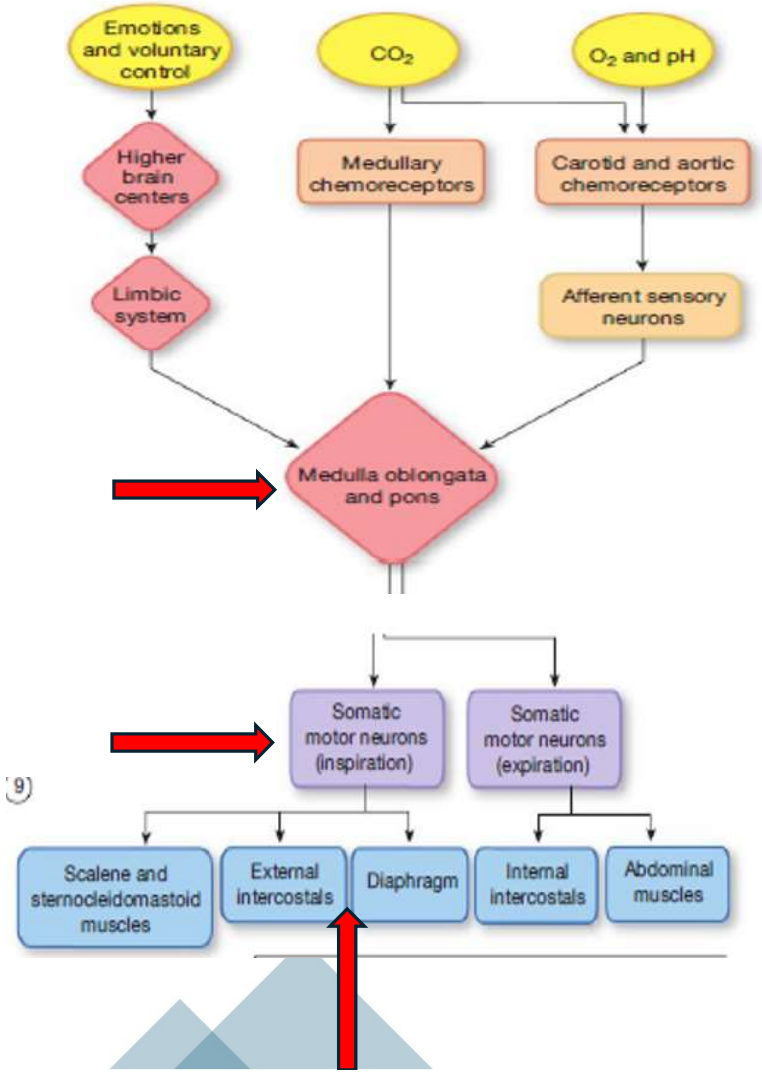
Matriz de Síntesis: El Cambio de Paradigma

	Espontánea	Mecánica
Presión Inspiratoria	Subatmosférica (Negativa)	Supra-atmosférica (Positiva)
Rol del Diafragma	Activo, generador de vacío	Pasivo
Espiración	Pasiva (Retroceso elástico)	Pasiva
Retorno Venoso	Favorecido (succión torácica)	Disminuido
Distribución V/Q	Óptima hacia zonas declives	Alterada hacia zonas no declives

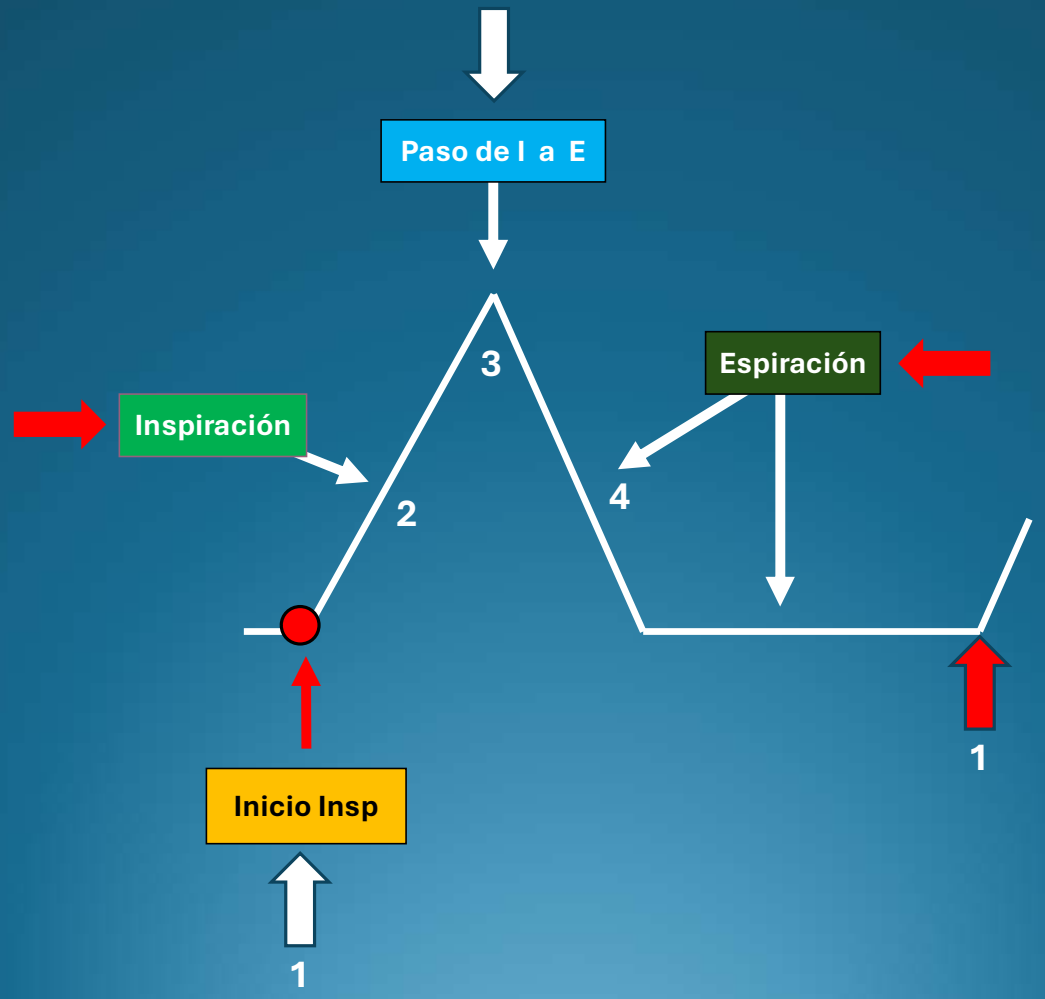
NotebookLM

Las cuatro fases del ciclo ventilatorio espontaneo

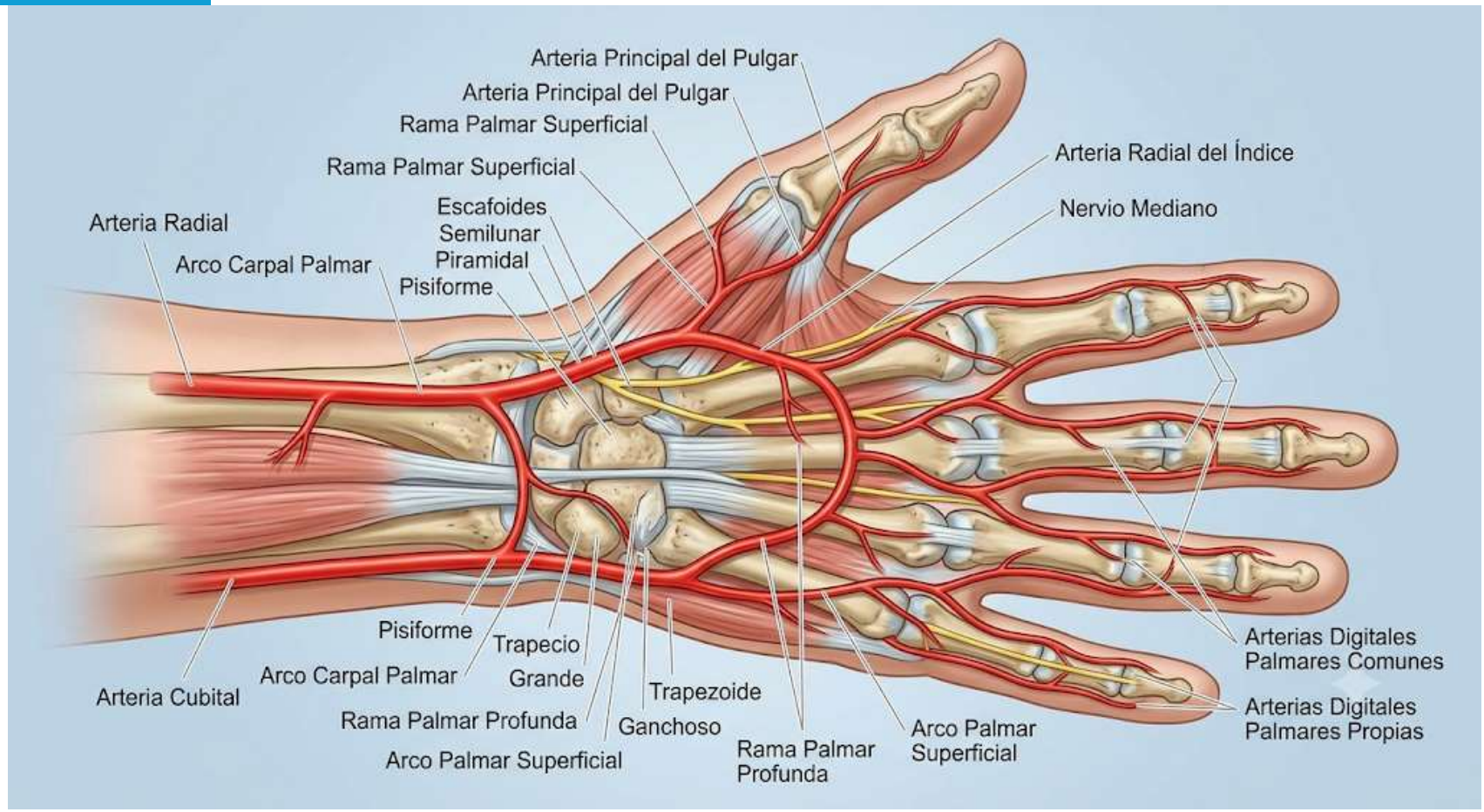




Las cuatro fases del ciclo ventilatorio mecánico



Arterias Radial y Cubital



Test de Allen (Evaluación de pre Circulación Colateral Radial)

- Paso 1: **Oclusión Arterial Dual**
- Identificación de las arterias Radial y Cubital.
- Oclusión bimanual firme de ambas arterias.







Presentación Dr. José V. España Pino - Mayo 2025











JE

Equilibrio Acido-Base

Gasometria

PH: 7.35 – 7.45

PCO2: 35 – 45 mmHg

PaO2: > 60 mmHg

HCO3 : 22-26 meq L



JE

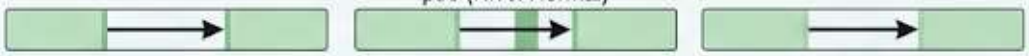
ANÁLISIS DE GASES ARTERIALES Y EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

INFORME COMPLETO

Nombre: Juan Pérez | ID: 12345678 | Fecha: 10 Nov 2024 | Hora: 14:30 | Tipo de Muestra: Arterial

Parámetro	Resultado	Unidades	Rango Normal
PH	7.41		7.35 - 7.45
pCO_2	40	mmHg	35 - 45 mmHg
pO_2	96	mmHg	80 - 100 mmHg
HCO_3^- (Bicarbonato)	25	mmol/L	22 - 28 mmol/L
BE (Exceso de Base)	+1.1	mmol/L	-2 to +2 mmol/L
$SatO_2$ (Saturación de Oxígeno)	99%		>95%
p50 (Saturación al 50% de Hemoglobina)	26.5	mmHg	26 - 28 mmHg
Ácido Láctico	1.2	mmol/L	<2.0 mmol/L
Lactato			
FiO_2 (Fracción Inspirada de O_2)	21%		Normal Room Air

p50 (Nivel Normal)

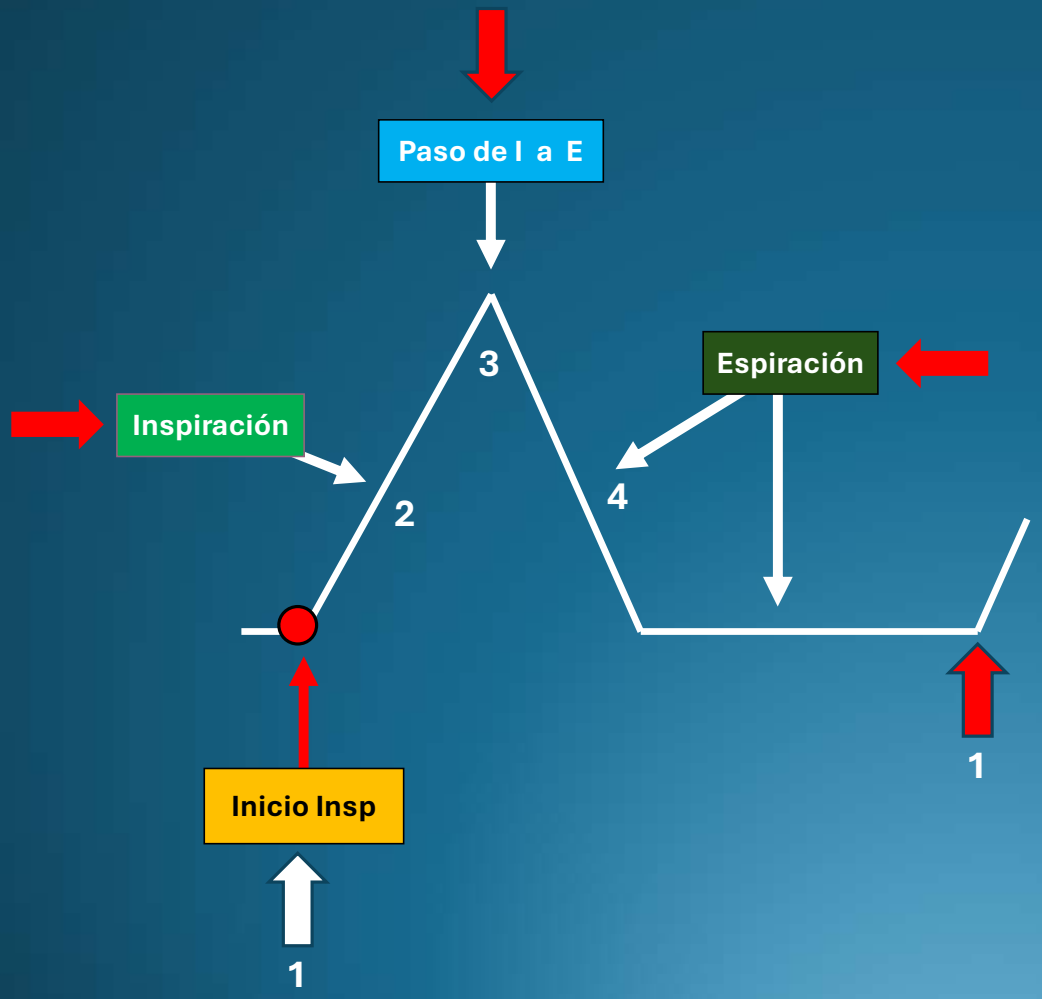


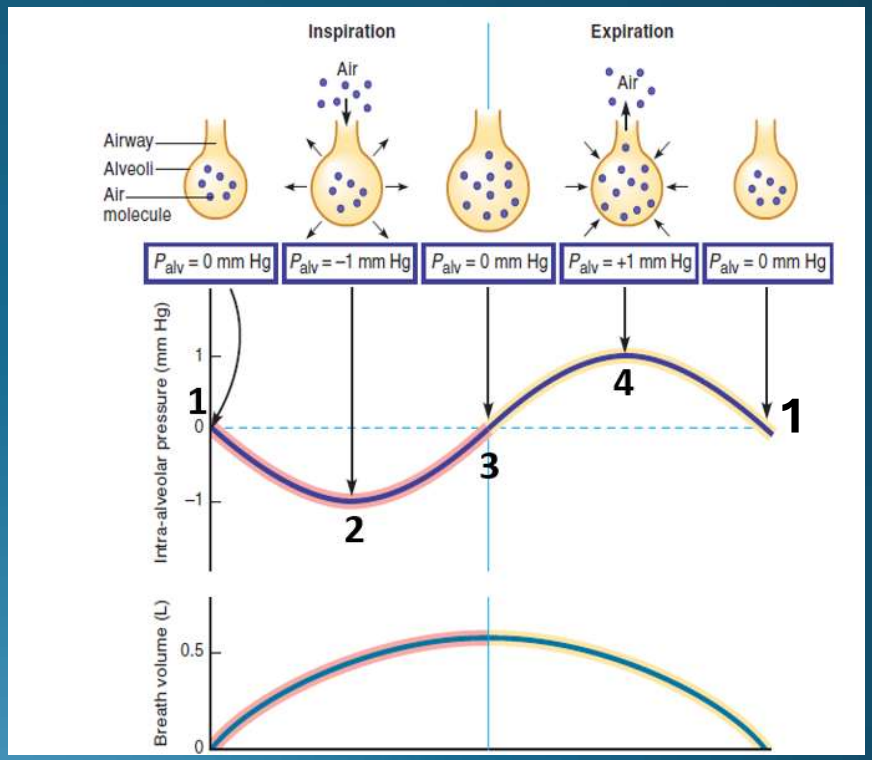
CONCLUSIÓN: Equilibrio ácido-base y oxigenación normales. p50 y Ácido Láctico dentro de los parámetros de referencia.
No se observan anomalías significativas.

Validado por: Dra. Gómez

Firma Electrónica

Las cuatro fases de ambos ciclos ventilatorios

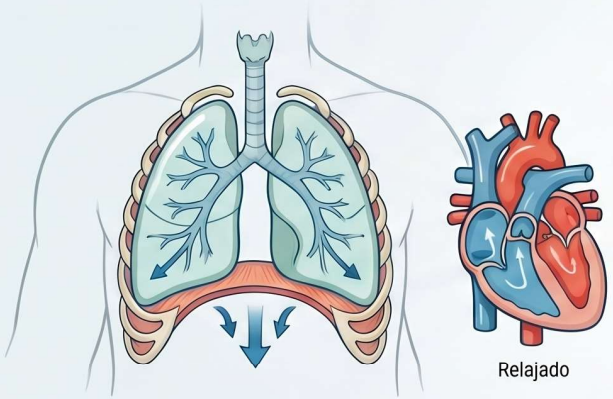




JE

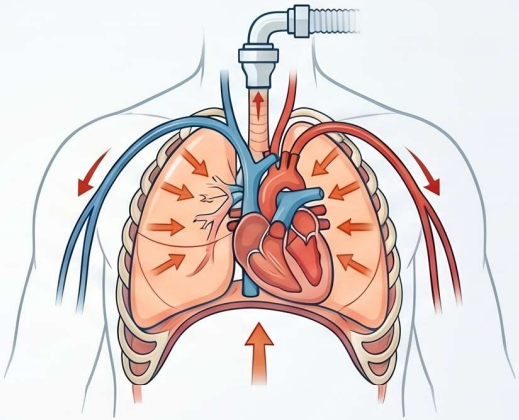
Fisiología de la Ventilación Mecánica: Ciclo e Impacto Hemodinámico

VENTILACIÓN ESPONTÁNEA



TRIGGER: Inicio neural → **INSPIRACIÓN:** Presión Pleural Disminuye (succión) → **CICLADO:** → **ESPIRACIÓN:** Pasiva

VENTILACIÓN MECÁNICA



TRIGGER: Por tiempo o flujo → **INSPIRACIÓN:** Presión Alveolar Positiva (compresión) → **CICLADO:** Por tiempo (ventilación controlada) o flujo (PSV) → **ESPIRACIÓN:** Activa/Pasiva

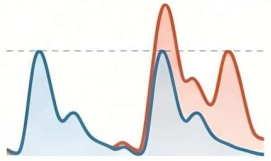
Fase del Ciclo	Ventilación Espontánea	Ventilación Mecánica
Inspiración	Presión Alveolar Negativa	Presión Alveolar Positiva
Presión Pleural	Disminuye (succión)	Aumenta (compresión)
Retorno Venoso	Aumentado	Disminuido

IMPACTO HEMODINÁMICO Y MONITORIZACIÓN



REDUCCIÓN DEL GASTO CARDÍACO:
Presión positiva comprime grandes vasos, reduciendo el retorno venoso y la precarga.

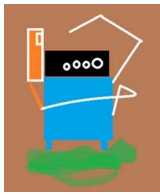
VARIACIÓN DE LA PRESIÓN SISTÓLICA (SPV):
Oscilación cíclica de la onda de pulso inducida por el ventilador mecánico.



INDICADOR CRÍTICO DE HIPOVOLEMIA:
Una SPV acentuada señala dependencia de precarga y necesidad de fluidos.

NotebookLM


Fin de la Presentación
End



Fin de la presentación