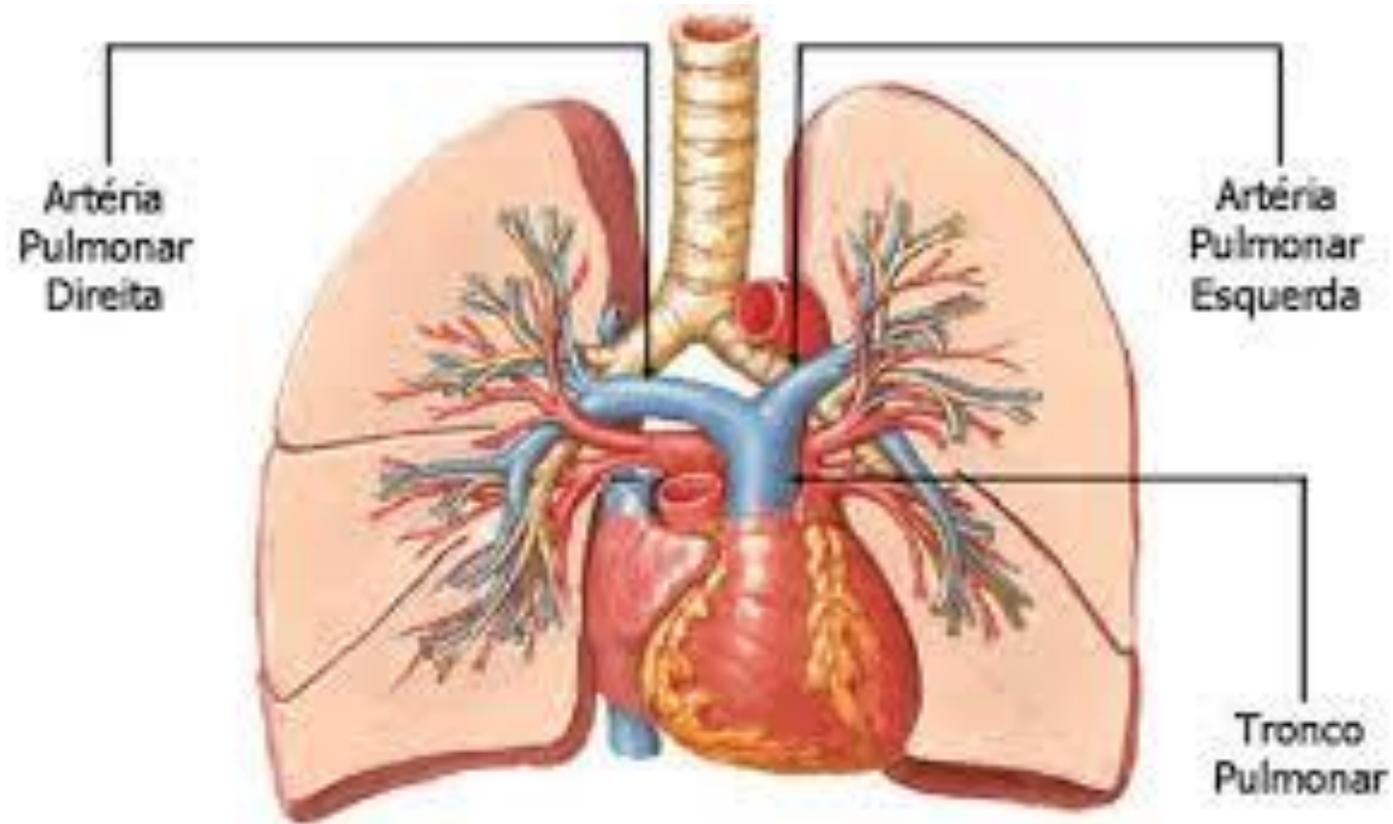


FISIOPATOLOGÍA

ANATOMÍA DE LA CIRCULACIÓN PULMONAR

 ROLANDO DE JESUS PÉREZ MENDOZA FRETHER HIRAM GUTIÉRREZ DÍAZ MARCOS GONZÁLEZ MORENO

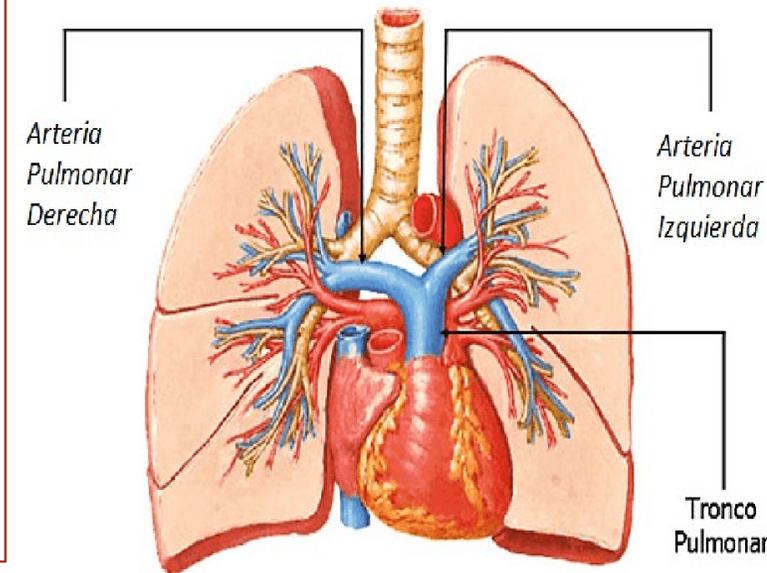
- Anatomía fisiológica del sistema circulatorio pulmonar



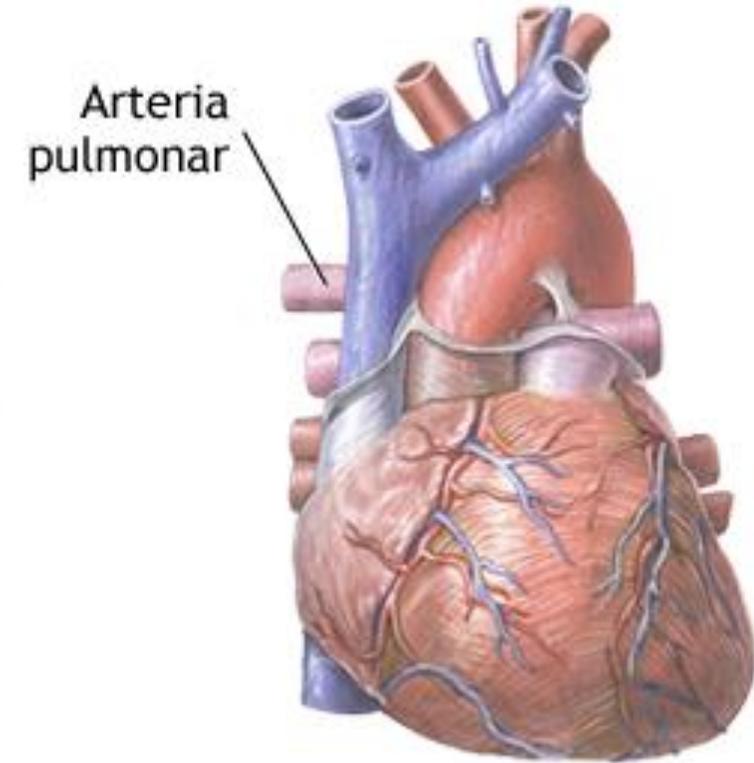
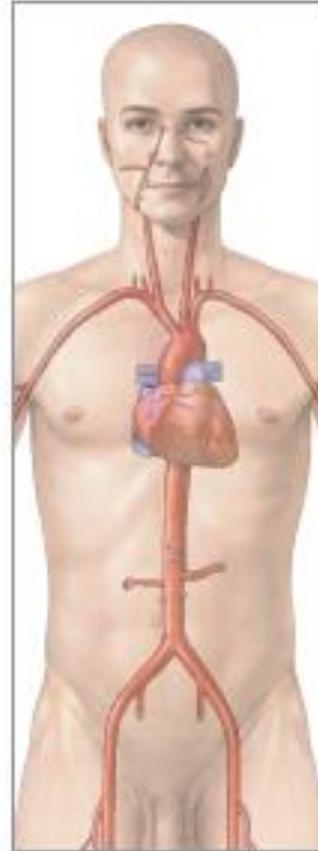
Vasos pulmonares

- La arteria pulmonar se extiende solo 5 cm más allá de la punta del ventrículo derecho y después se divide en las ramas principales derecha e izquierda, que vascularizan los dos pulmones correspondientes.

- La arteria pulmonar tiene un grosor de pared un tercio del de la aorta.
- Los vasos son delgados y distensibles.
- El árbol bronquial tiene una *distensibilidad de 7ml/mmHg*.
- *Permite que las arterias pulmonares se acomoden al gasto del volumen sistólico del ventrículo derecho.*

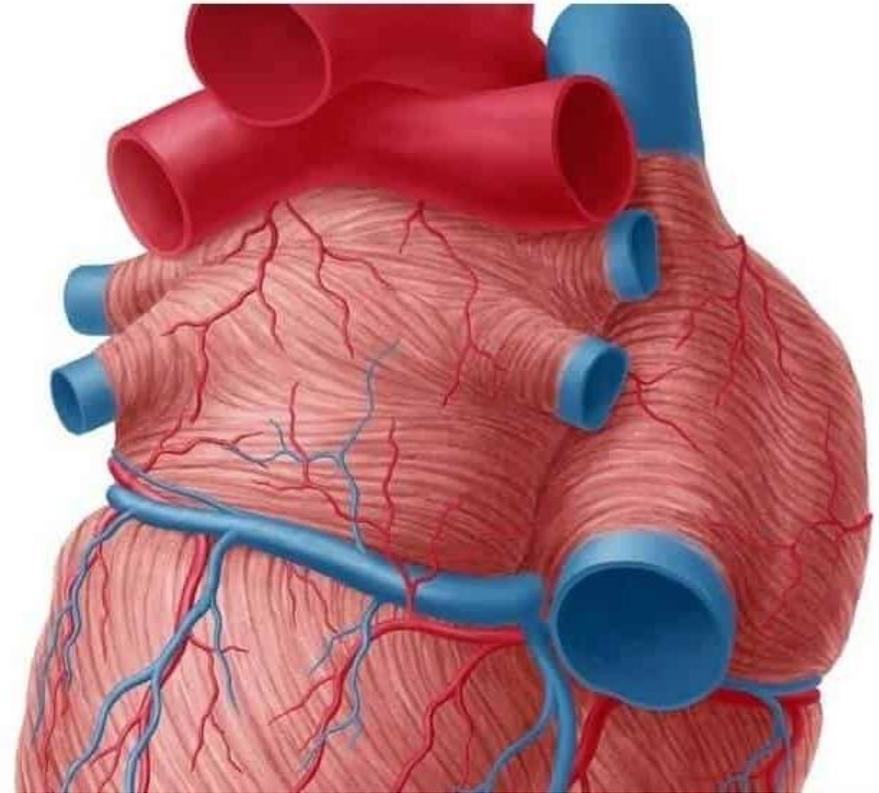


- La arteria pulmonar tiene un grosor de pared un tercio del de la aorta. Las ramas de las arterias pulmonares son cortas, y todas las arterias pulmonares, incluso las arterias más pequeñas y las arteriolas, tienen diámetros mayores que sus correspondientes arterias sistémicas.
- Este aspecto, combinado con el hecho de que los vasos son delgados y distensibles, da al árbol arterial pulmonar una gran distensibilidad, que es en promedio de casi 7 ml/mmHg, que es similar a la de todo el árbol arterial sistémico.



- Esta gran distensibilidad permite que las arterias pulmonares se acomoden al gasto del volumen sistólico del ventrículo derecho.
- Las venas pulmonares, al igual que las arterias pulmonares, también son cortas.
- Drenan inmediatamente la sangre que les llega hacia la aurícula izquierda.

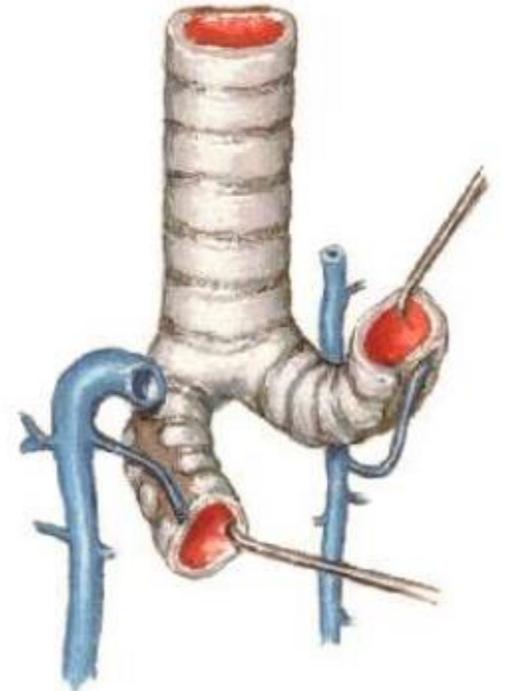
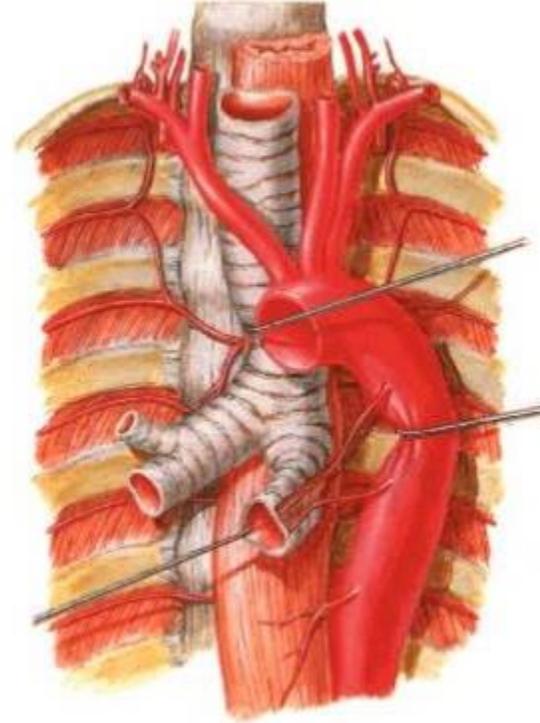
Venas pulmonares



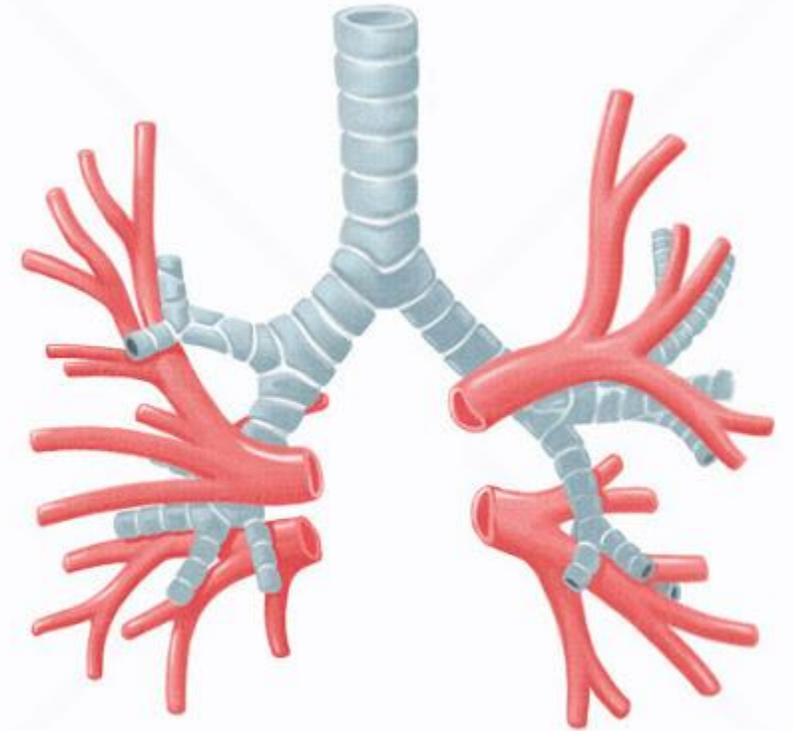
Vasos bronquiales

- La sangre también fluye hacia los pulmones a través de arterias bronquiales pequeñas que se originan en la circulación sistémica y transportan el 1-2% del gasto cardíaco total.
- Esta sangre arterial bronquial es sangre oxigenada, al contrario de la sangre parcialmente desoxigenada de las arterias pulmonares

Vasos Bronquiales



- Vascularizan los tejidos de soporte de los pulmones, como el tejido conjuntivo, los tabiques y los bronquios grandes y pequeños.
- Después de que esta sangre bronquial y arterial pase a través de los tejidos de soporte, drena hacia las venas pulmonares y entra en la aurícula izquierda, en lugar de regresar hacia la aurícula derecha.
- Por tanto, el flujo hacia la aurícula izquierda y el gasto del ventrículo izquierdo son aproximadamente un 1-2% mayores que el gasto del ventrículo derecho.

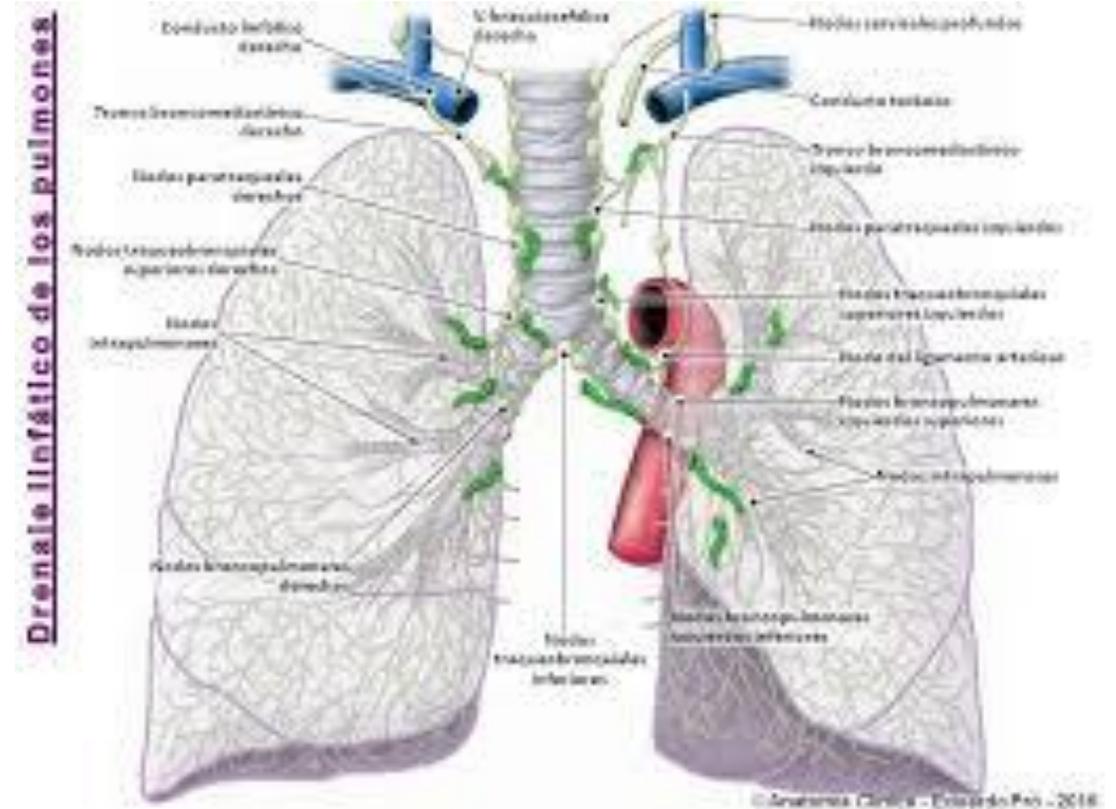


©2014 Centralx

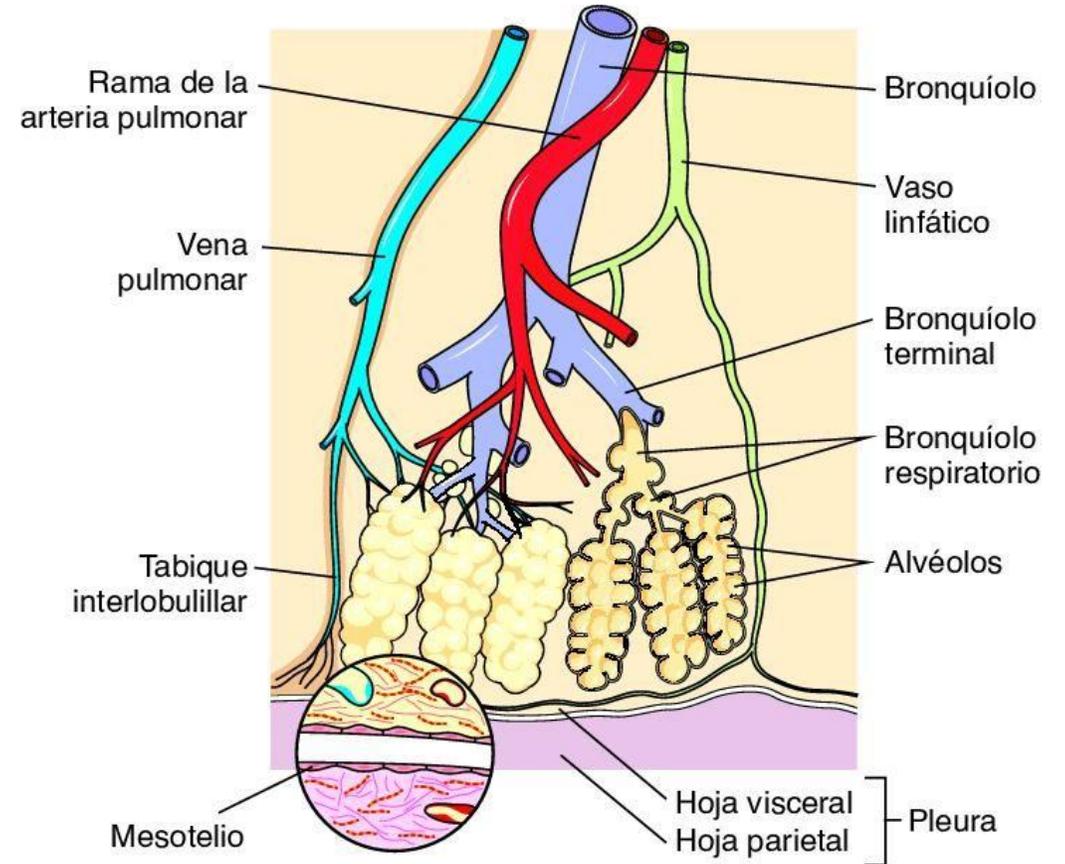


Vasos Linfáticos

- Hay vasos linfáticos en todos los tejidos de soporte del pulmón, comenzando en los espacios tisulares conjuntivos que rodean a los bronquiólos terminales, y siguiendo hacia el hilio del pulmón, y desde aquí principalmente hacia el conducto linfático torácico derecho

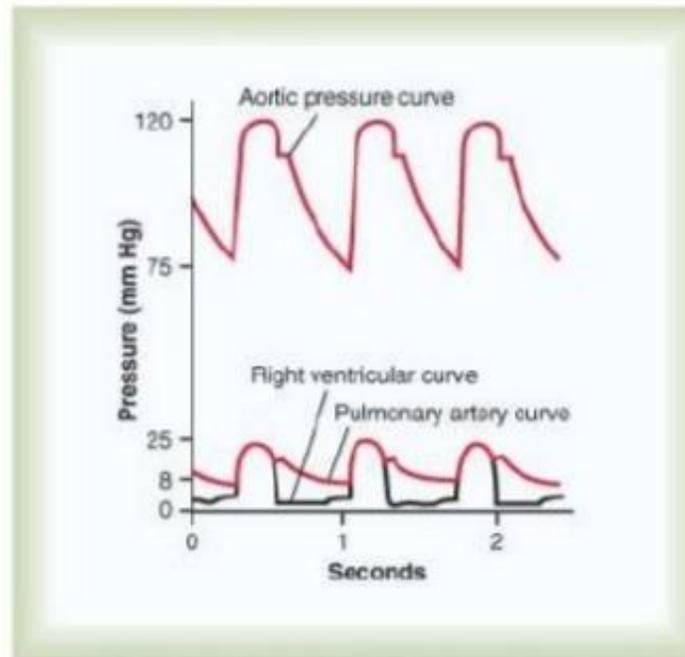


- Las sustancias en forma de partículas que entran en los alvéolos son retiradas parcialmente por medio de estos conductos, y también eliminan de los tejidos pulmonares las proteínas plasmáticas que escapan de los capilares pulmonares, contribuyendo de esta manera a prevenir el edema pulmonar.



Presiones en el sistema pulmonar

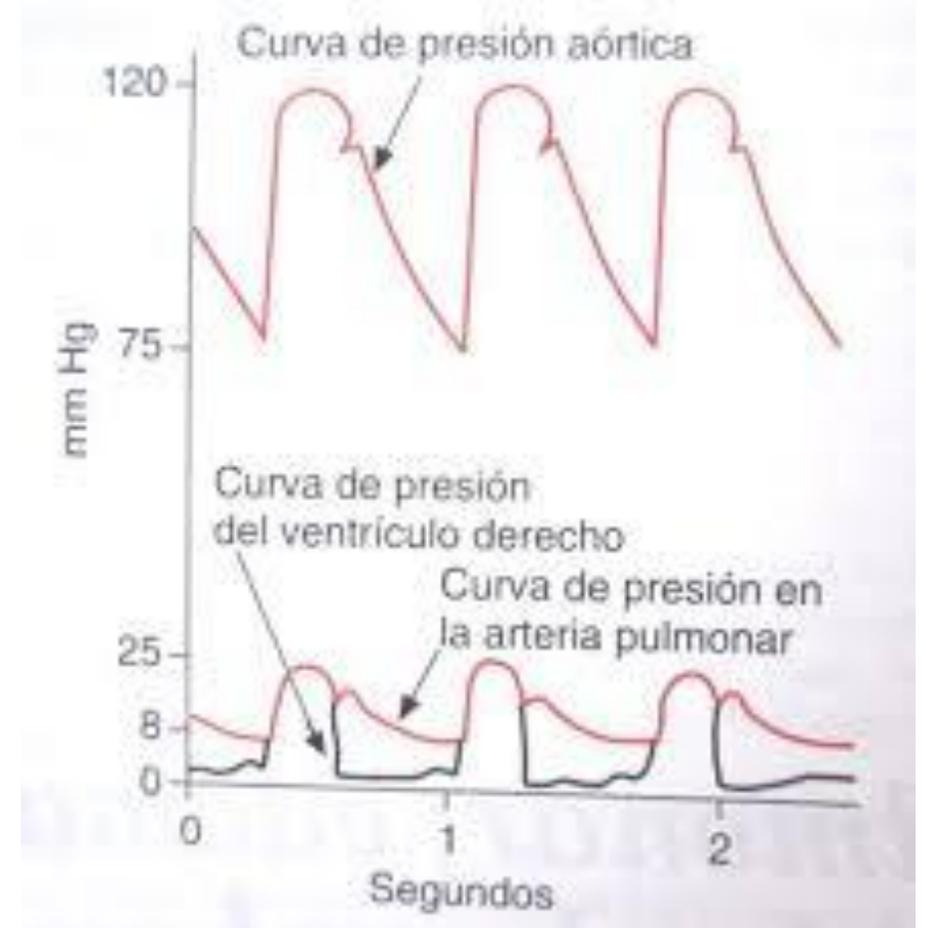
Presiones en el sistema pulmonar



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

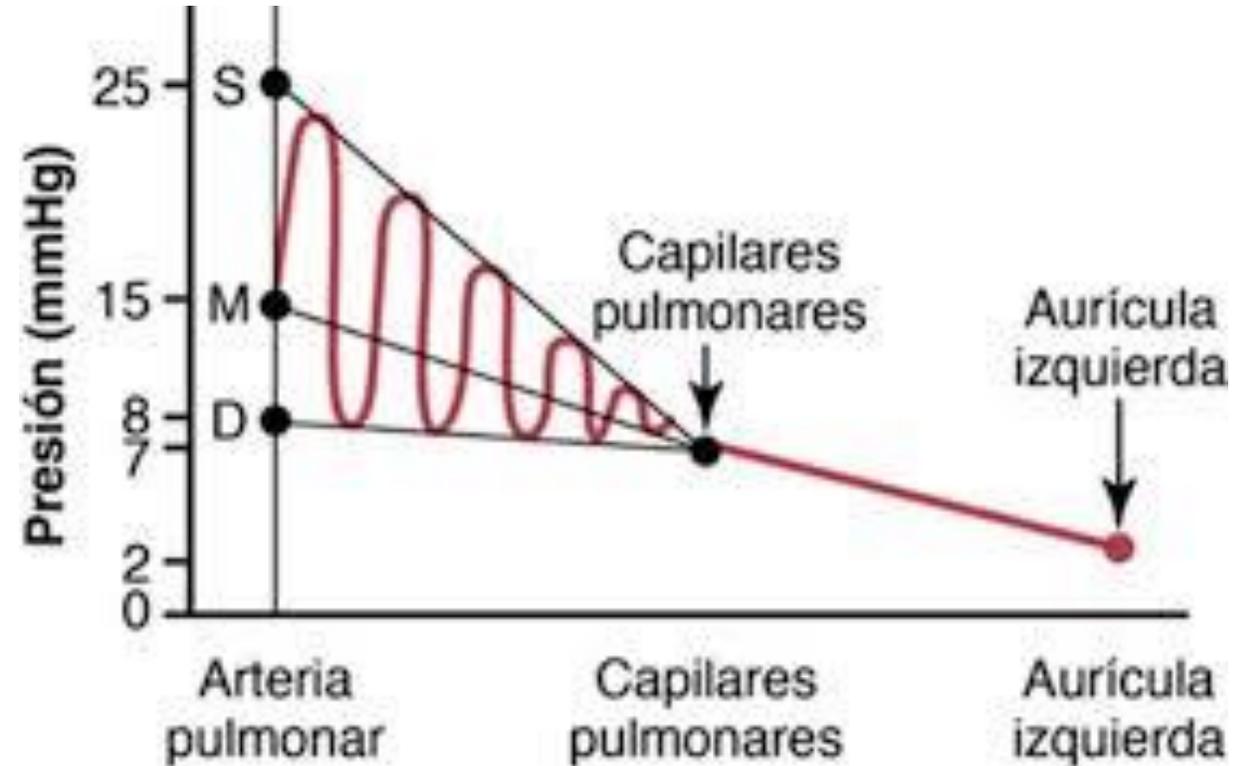
Curva del pulso de presión del ventrículo derecho

- Estas curvas se comparan con la curva de presión aórtica, que es mucho más elevada,
- La presión sistólica del ventrículo derecho del ser humano normal es en promedio de aproximadamente 25 mmHg, y la presión diastólica es en promedio de aproximadamente 0 a 1 mmHg, valores que son solo un quinto de los del ventrículo izquierdo.



Presiones en la arteria pulmonar

- Durante la sístole la presión en la arteria pulmonar es esencialmente igual a la presión que hay en el ventrículo derecho, Sin embargo, después del cierre de la válvula pulmonar al final de la sístole, la presión ventricular cae súbitamente, mientras que la presión arterial pulmonar disminuye más lentamente a medida que la sangre fluye a través de los capilares de los pulmones.
- la presión arterial pulmonar sistólica se sitúa normalmente en promedio en unos 25 mmHg en el ser humano, la presión arterial pulmonar diastólica es de aproximadamente 8 mmHg y la presión arterial pulmonar media es de 15 mmHg.



Presión capilar pulmonar

Dinámica capilar pulmonar

lamina de flujo capilar alveolar

- Presión capilar pulmonar, La presión capilar pulmonar media,, es de aproximadamente 7 mmHg. La importancia de esta baja presión capilar se analiza con más detalle más adelante en relación con las funciones de intercambio de líquidos de los capilares pulmonares.

Presión capilar pulmonar

PCP = 7 mm hg

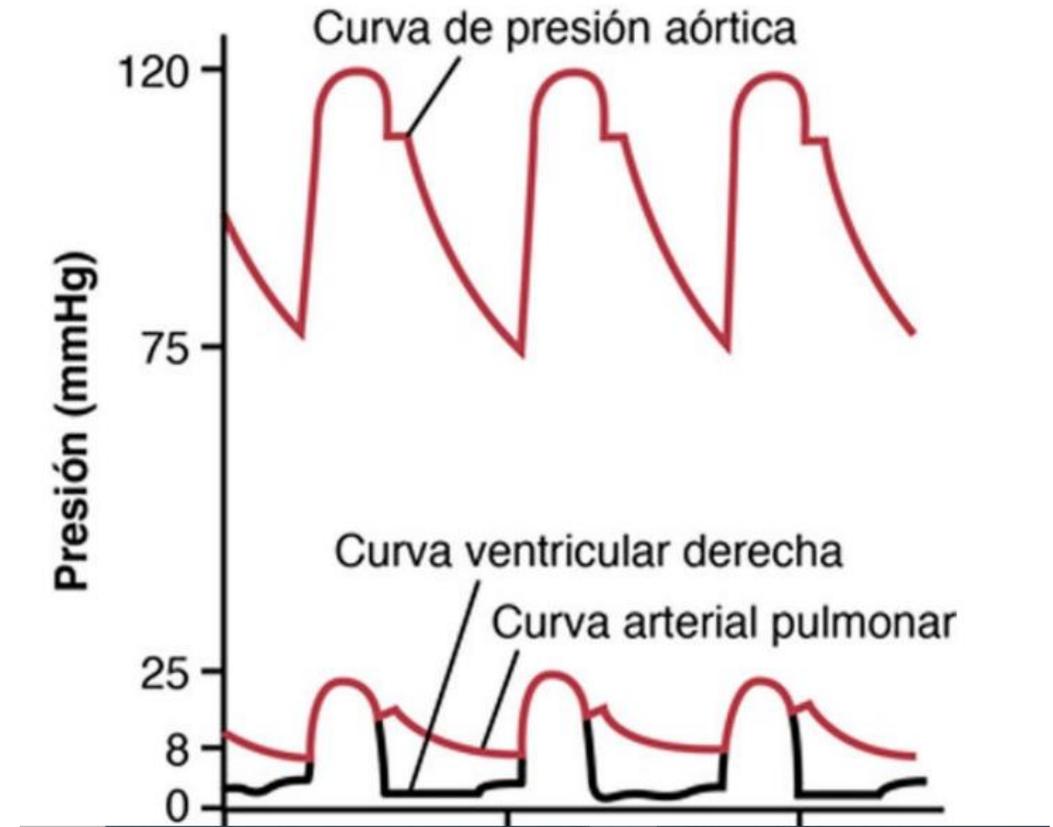
PAI = 2 mm hg

PAPM = 15 mm hg



Presión capilar pulmonar

Contornos de los pulsos de presión del ventrículo derecho, de la arteria pulmonar y de la aorta Sin embargo, después del cierre de la válvula pulmonar al final de la sístole, la presión ventricular cae súbitamente, mientras que la presión arterial pulmonar disminuye más lentamente a medida que la sangre fluye a través de los capilares de los pulmones



Contornos de los pulsos de presión del ventrículo derecho, de la arteria pulmonar y de la aorta

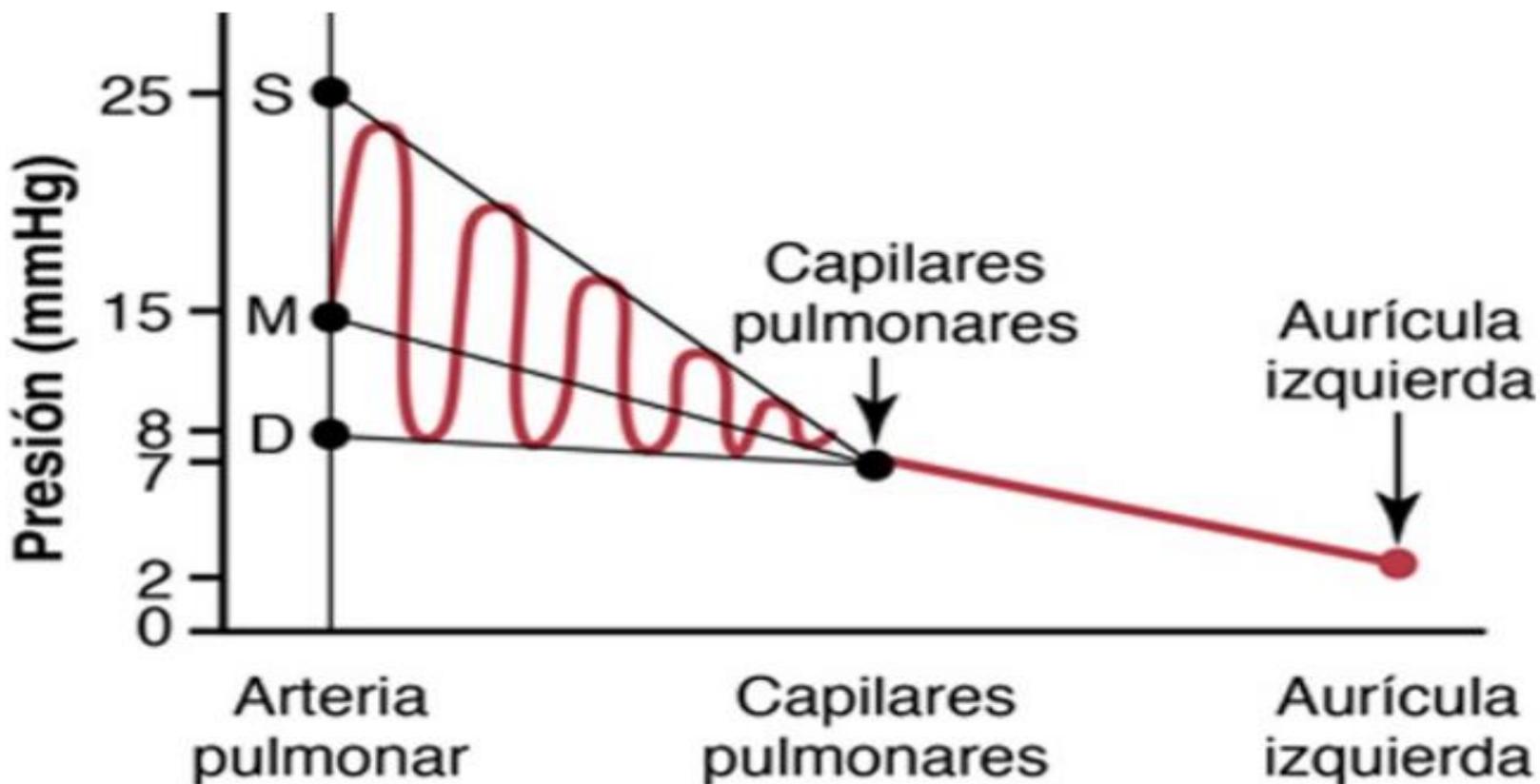


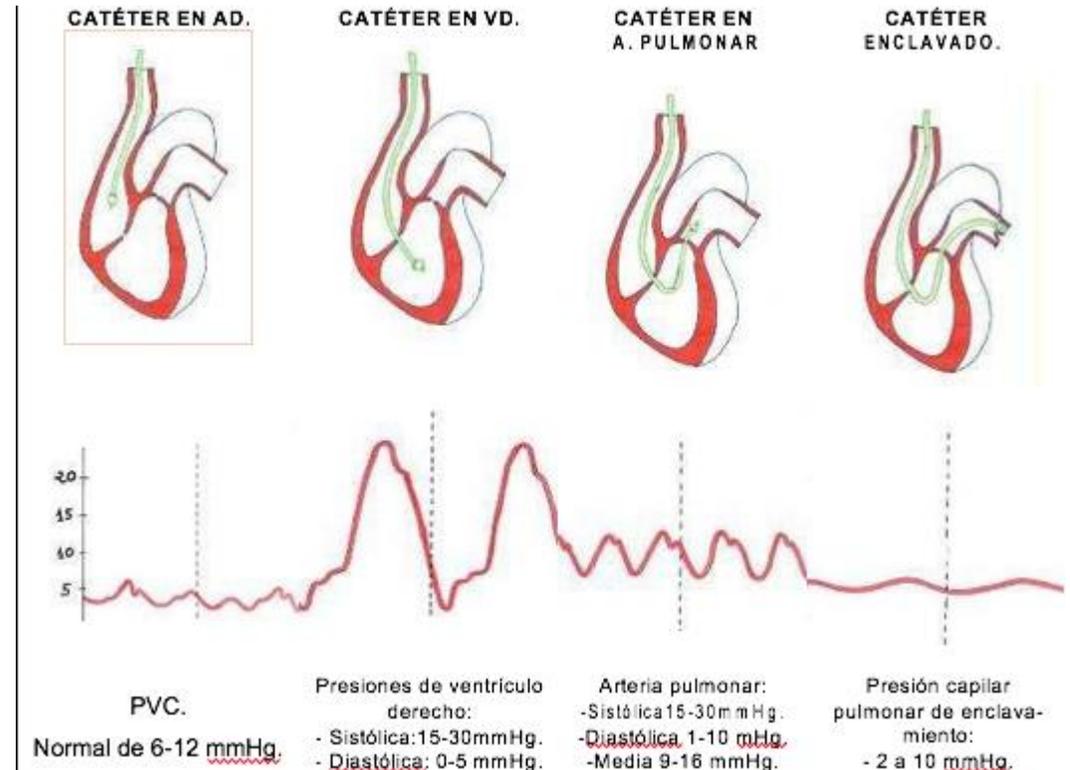
FIGURA 39-2 Presiones en los diferentes vasos de los pulmones. La curva roja denota pulsaciones arteriales; D, diastólica; M, media; S, sistólica.

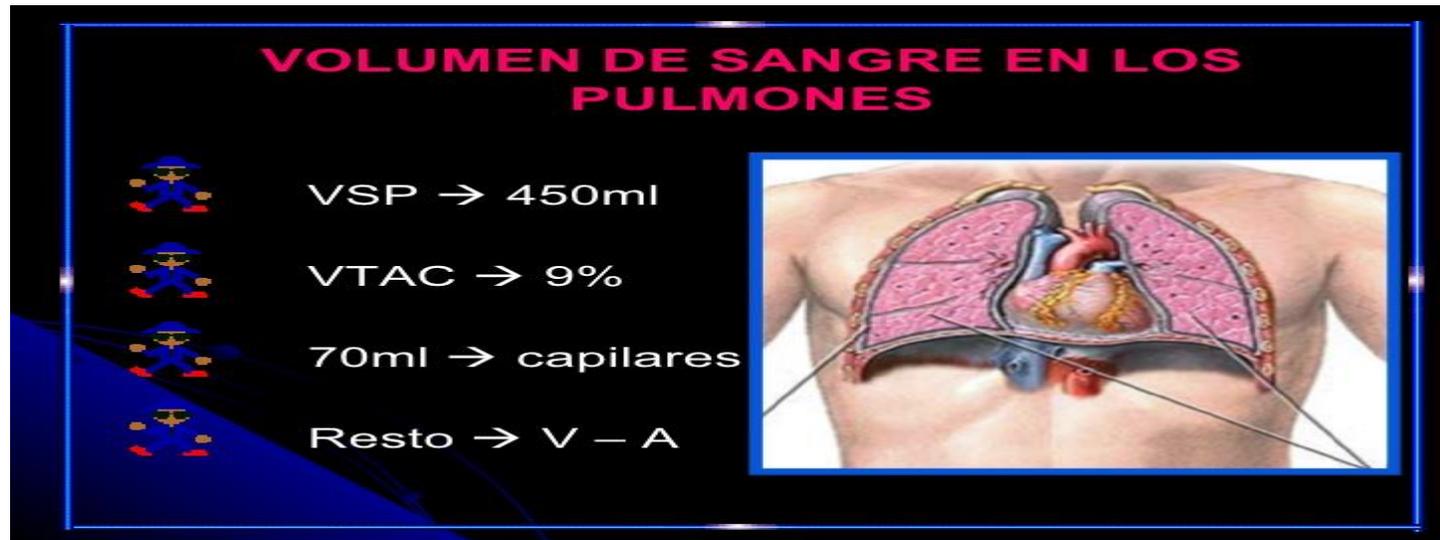
Presiones auricular izquierda y venosa pulmonar

- La presión media en la aurícula izquierda y en las venas pulmonares principales es en promedio de aproximadamente 2 mmHg en el ser humano en decúbito, y varía desde un valor tan bajo como 1 mmHg hasta uno tan elevado como 5 mmHg.
- presión de enclavamiento pulmonar. Esta medida se consigue introduciendo un catéter en primer lugar a través de una vena periférica hasta la aurícula derecha, después a través del lado derecho del corazón y a través de la arteria pulmonar hacia una de las pequeñas ramas de la arteria pulmonar, y finalmente empujando el catéter hasta que se enclava firmemente en la rama pequeña. La presión que se mide a través del catéter, denominada «presión de enclavamiento», es de aproximadamente 5 mmHg

Presión capilar pulmonar

- La presión promedio de la arteria pulmonar es de 9 a 17 mmHg. La presión de enclavamiento capilar pulmonar es de 5 a 15 mmHg. Si es alta, indica edema hidrostático. La presión de la aurícula derecha es de 0 a 8 mmHg.





- El volumen de la sangre de los pulmones es de aproximadamente 450 ml, aproximadamente el 9% del volumen de sangre total de todo el aparato circulatorio. Aproximadamente 70 ml de este volumen de sangre pulmonar están en los capilares pulmonares, y el resto se divide aproximadamente por igual entre las arterias y las venas pulmonares.

Los pulmones sirven como reservorio de sangre

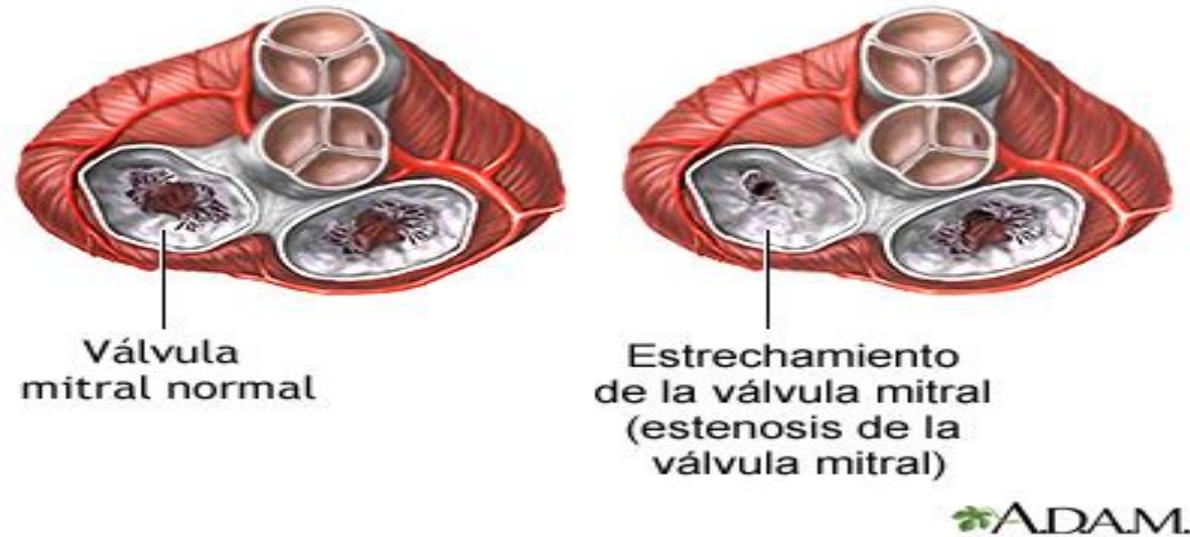
Volumen de sangre en los pulmones

- El volumen de sangre en los pulmones es de unos 450 ml, aproximadamente el 9% del volumen sanguíneo.
- 70 ml están en los capilares, y el resto se divide en partes iguales en las venas.



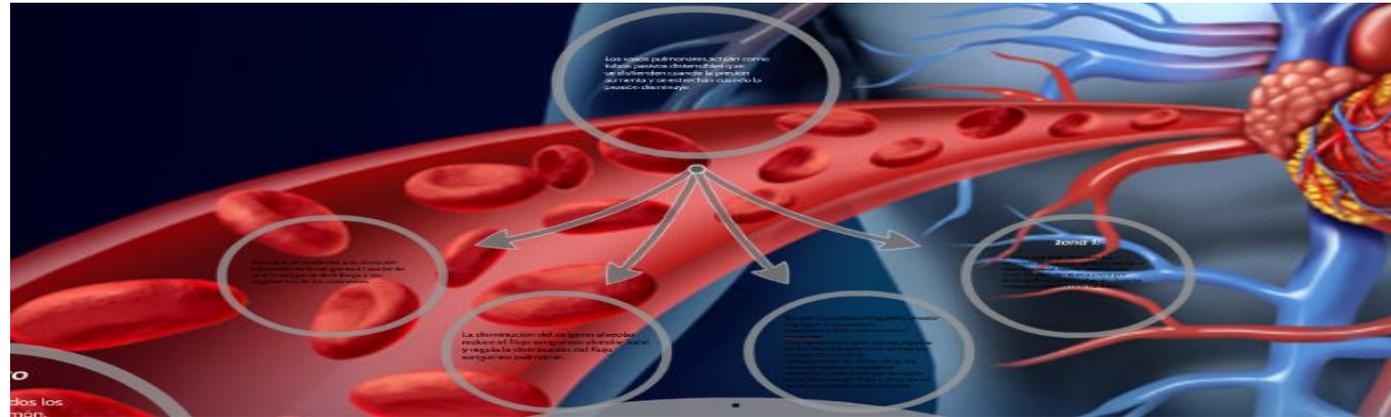
- se pueden expulsar hasta 250 ml de sangre desde el aparato circulatorio pulmonar hacia la circulación sistémica. Por otro lado, la pérdida de sangre desde la circulación sistémica por una hemorragia puede ser compensada parcialmente por el desplazamiento automático de sangre desde los pulmones hacia los vasos sistémicos.

La patología cardíaca puede desplazar sangre desde la circulación sistémica a la circulación pulmonar



- La insuficiencia del lado izquierdo del corazón o el aumento de la resistencia al flujo sanguíneo a través de la válvula mitral como consecuencia de una estenosis mitral o una insuficiencia mitral hace que la sangre quede estancada en la circulación pulmonar, aumentando a veces el volumen de sangre pulmonar hasta un 100% y produciendo grandes aumentos de las presiones vasculares pulmonares

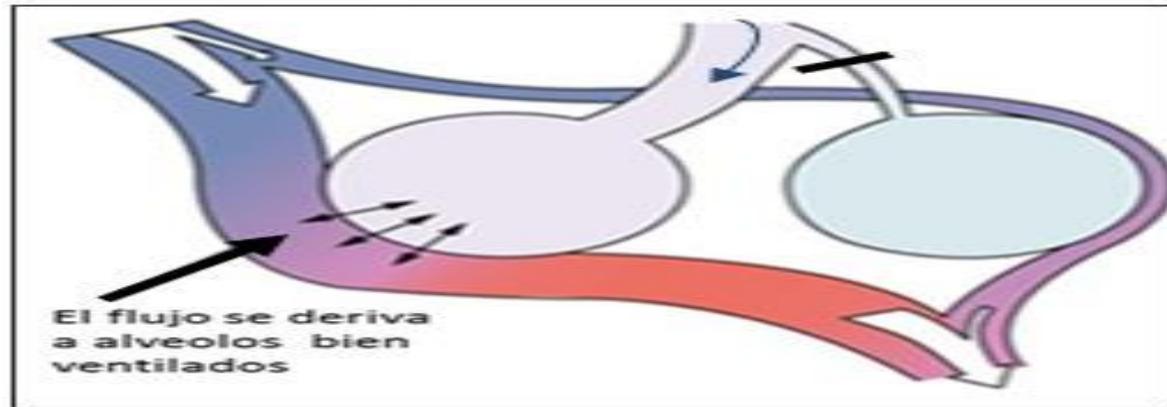
Flujo sanguíneo a través de los pulmones y su distribución



- El pulmón recibe flujo sanguíneo por medio de las circulaciones bronquial y pulmonar. El flujo sanguíneo bronquial constituye una porción muy pequeña del gasto del ventrículo izquierdo, y riega parte del árbol traqueobronquial con sangre arterial sistémica.

La disminución del oxígeno alveolar reduce el flujo sanguíneo alveolar local y regula la distribución del flujo sanguíneo pulmonar

Figura 1. Vasoconstricción hipóxica

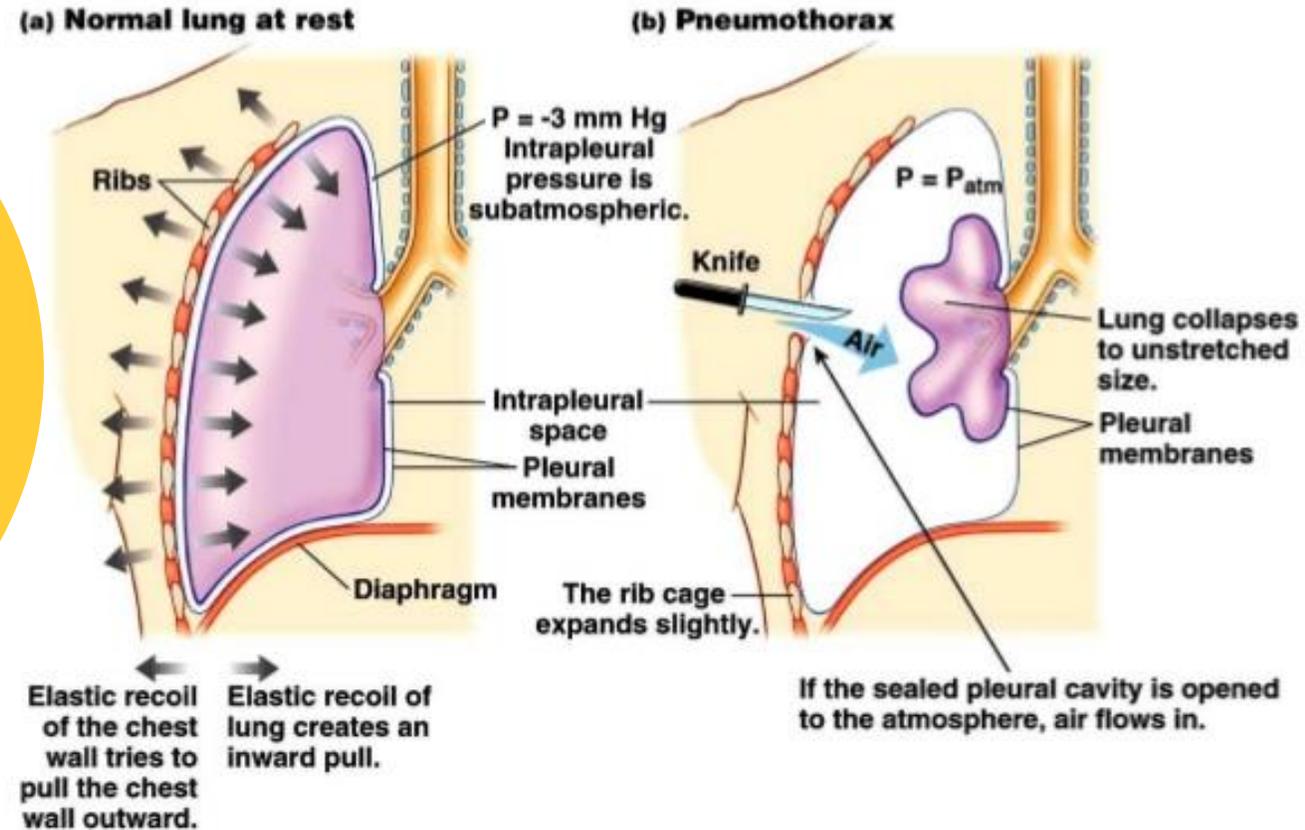


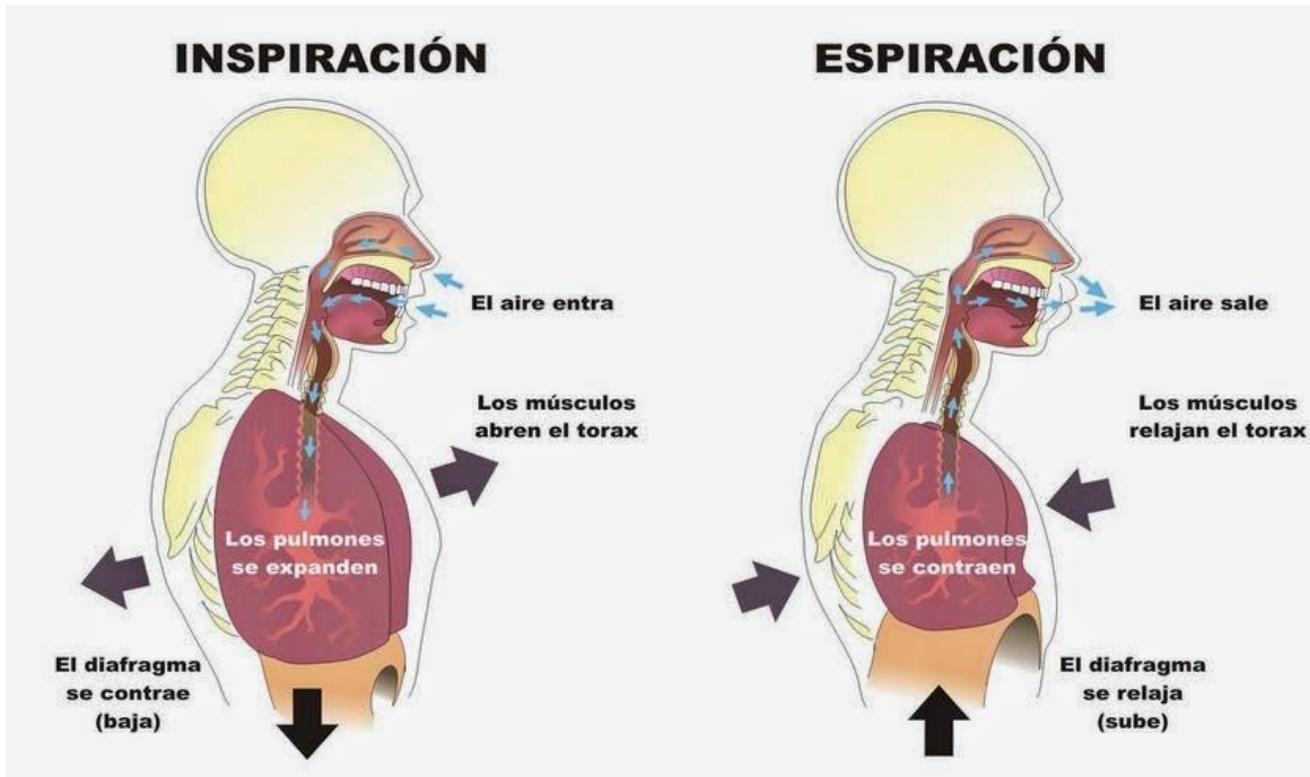
- Cuando la concentración de O₂ en el aire de los alvéolos disminuye por debajo de lo normal (especialmente cuando disminuye por debajo del 70% de lo normal [es decir, por debajo de 73 mmHg de Po₂]) los vasos sanguíneos adyacentes se constriñen, con un aumento de la resistencia vascular de más de cinco veces a concentraciones de O₂ muy bajas

Efecto de los gradientes de presión hidrostática de los pulmones sobre el flujo sanguíneo pulmonar regional

La presión arterial en el pie de una persona que está de pie puede ser hasta 90 mmHg mayor que la presión a nivel del corazón. Esta diferencia está producida por la presión hidrostática, es decir, el peso de la propia sangre en los vasos sanguíneos.

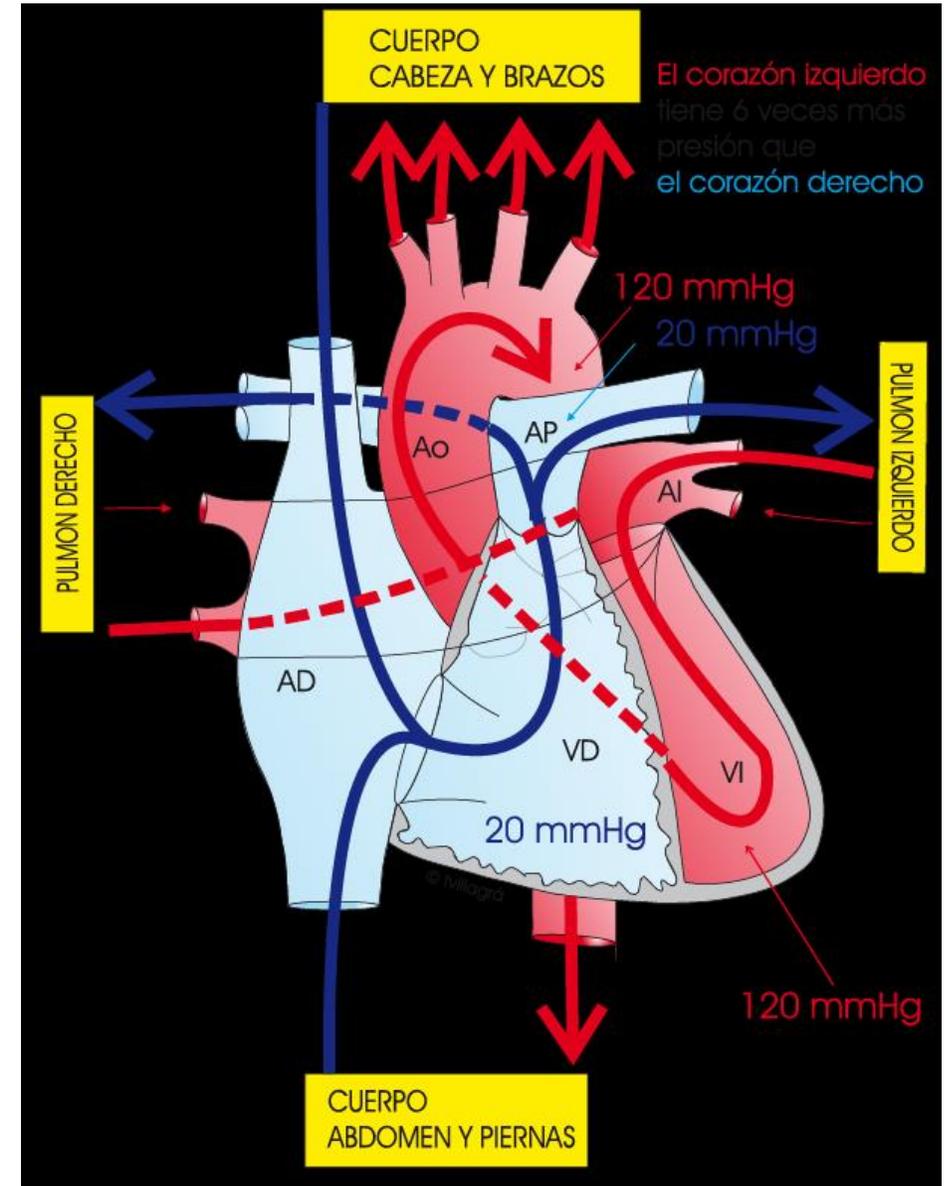
El mismo efecto, aunque en un grado menor, ocurre en los pulmones.





En el adulto en posición erguida el punto más bajo de los pulmones está normalmente unos 30 cm por debajo del punto más alto, lo que representa una diferencia de presión de 25 mmHg, de los cuales aproximadamente 15 mmHg están por encima del corazón y 8 por debajo.

Es decir, la presión arterial pulmonar en la porción más elevada del pulmón de una persona que está de pie es aproximadamente 15 mmHg menor que la presión arterial pulmonar a nivel del corazón, y la presión en la porción más inferior de los pulmones es aproximadamente 8 mmHg mayor.



Estas diferencias de presión tienen efectos profundos sobre el flujo sanguíneo que atraviesa las diferentes zonas de los pulmones.

Muestra el flujo sanguíneo por unidad de tejido pulmonar a diferentes niveles del pulmón en una persona en posición erguida

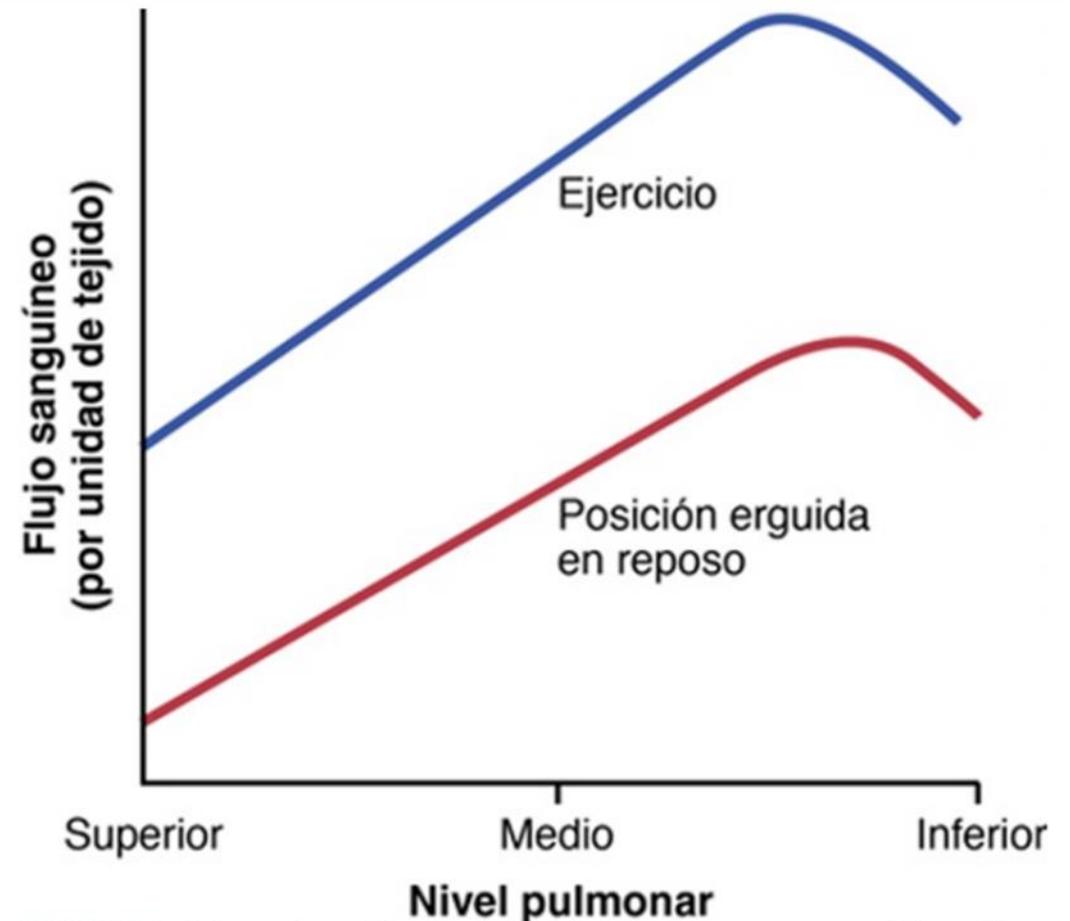
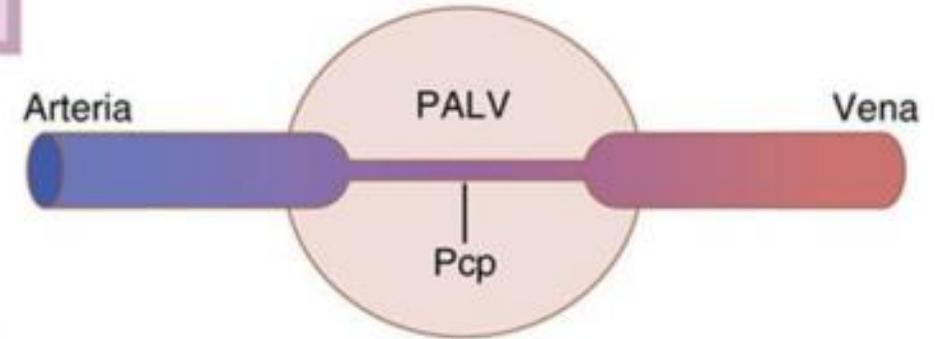


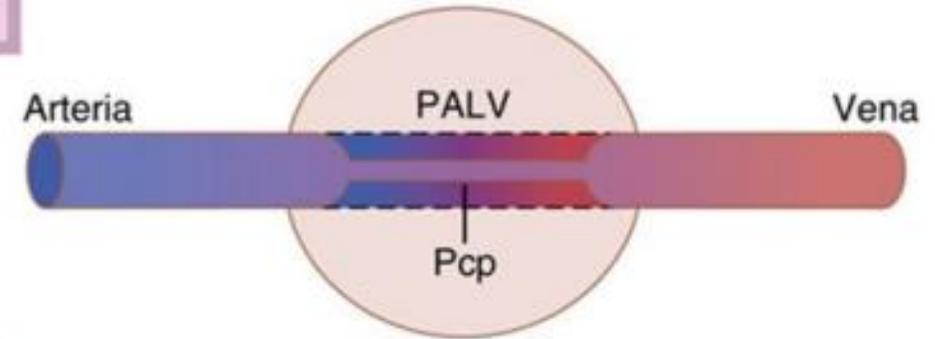
FIGURA 39-3 Flujo sanguíneo a diferentes niveles del pulmón en una persona en posición erguida en reposo y durante el ejercicio. Obsérvese que cuando la persona está en reposo, el flujo sanguíneo es muy bajo en la parte superior de los pulmones; la mayor parte del flujo se dirige hacia la parte inferior del pulmón.

Obsérvese que en la posición erguida en reposo hay poco flujo en la parte superior del pulmón, pero aproximadamente cinco veces más flujo en la parte inferior. Para ayudar a explicar estas diferencias con frecuencia se considera que el pulmón está dividido en tres zonas. En cada una de las zonas los patrones de flujo sanguíneo son bastante diferentes.

ZONA 1



ZONA 2



ZONA 3

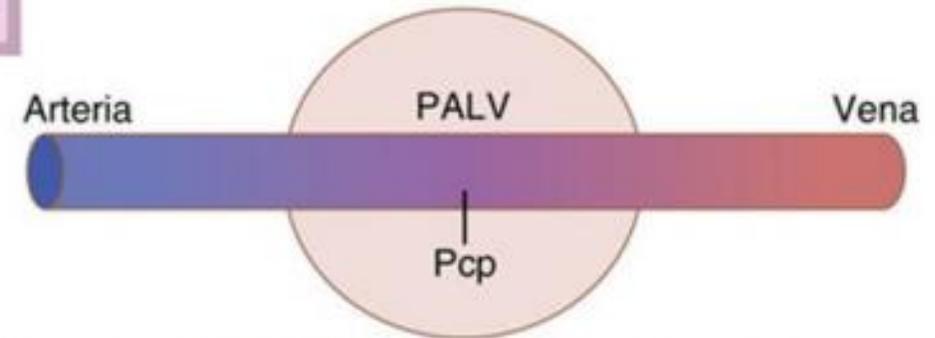


FIGURA 39-4 Mecánica del flujo sanguíneo en las tres zonas de flujo sanguíneo del pulmón: zona 1, ausencia de flujo (la presión del aire alveolar [PALV] es mayor que la presión arterial); zona 2, flujo intermitente (la presión arterial sistólica aumenta por encima de la presión del aire alveolar, aunque la presión arterial diastólica disminuye por debajo de la presión del aire alveolar), y zona 3, flujo continuo (la presión arterial y la presión capilar pulmonar [Pcp] son mayores que la presión del aire alveolar en todo momento).



ZONAS DE WEST

ZONA 1 DE WEST

- AUSENCIA DE FLUJO DURANTE TODAS LAS PORCIONES DEL CICLO CARDÍACO
- "ZONA BIEN VENTILADA PERO MAL PERFUNDIDA"

$$PA \geq Pa > Pv$$

ZONA 2 DE WEST

- FLUJO SANGUÍNEO INTERMITENTE, SOLO DURANTE PICOS DE PRESION ARTERIAL PULMONAR (SÍSTOLE)
- DIÁSTOLE NO HAY FLUJO SANGUÍNEO
- "BUENA VENTILACIÓN, FLUJO SANGUÍNEO MEDIO"

$$Pa > PA > Pv$$

ZONA 3 DE WEST

- FLUJO SANGUÍNEO CONTINUO, PORQUE LA PRESIÓN CAPILAR ALVEOLAR ES MAYOR QUE LA PRESIÓN DEL AIRE ALVEOLAR DURANTE TODO EL CICLO CARDÍACO
- SÍSTOLE Y DIÁSTOLE
- "BIEN VENTILADA Y BIEN PERFUNDIDA"

$$Pa > Pv > PA$$

Pa: Presión arterial
Pv: Presión venosa
PA: Presión alveolar



Medicologos



medic_ologos

Zonas 1, 2 y 3 del flujo sanguíneo pulmonar

Los capilares de las paredes alveolares están distendidos por la presión de la sangre que hay en su interior, pero simultáneamente están comprimidos por la presión del aire alveolar que está en su exterior.

Por tanto, siempre que la presión del aire alveolar pulmonar sea mayor que la presión de la sangre capilar, los capilares se cierran y no hay flujo sanguíneo. En diferentes situaciones normales y patológicas se puede encontrar una cualquiera de tres posibles zonas (patrones) del flujo sanguíneo pulmonar, como se señala a continuación:

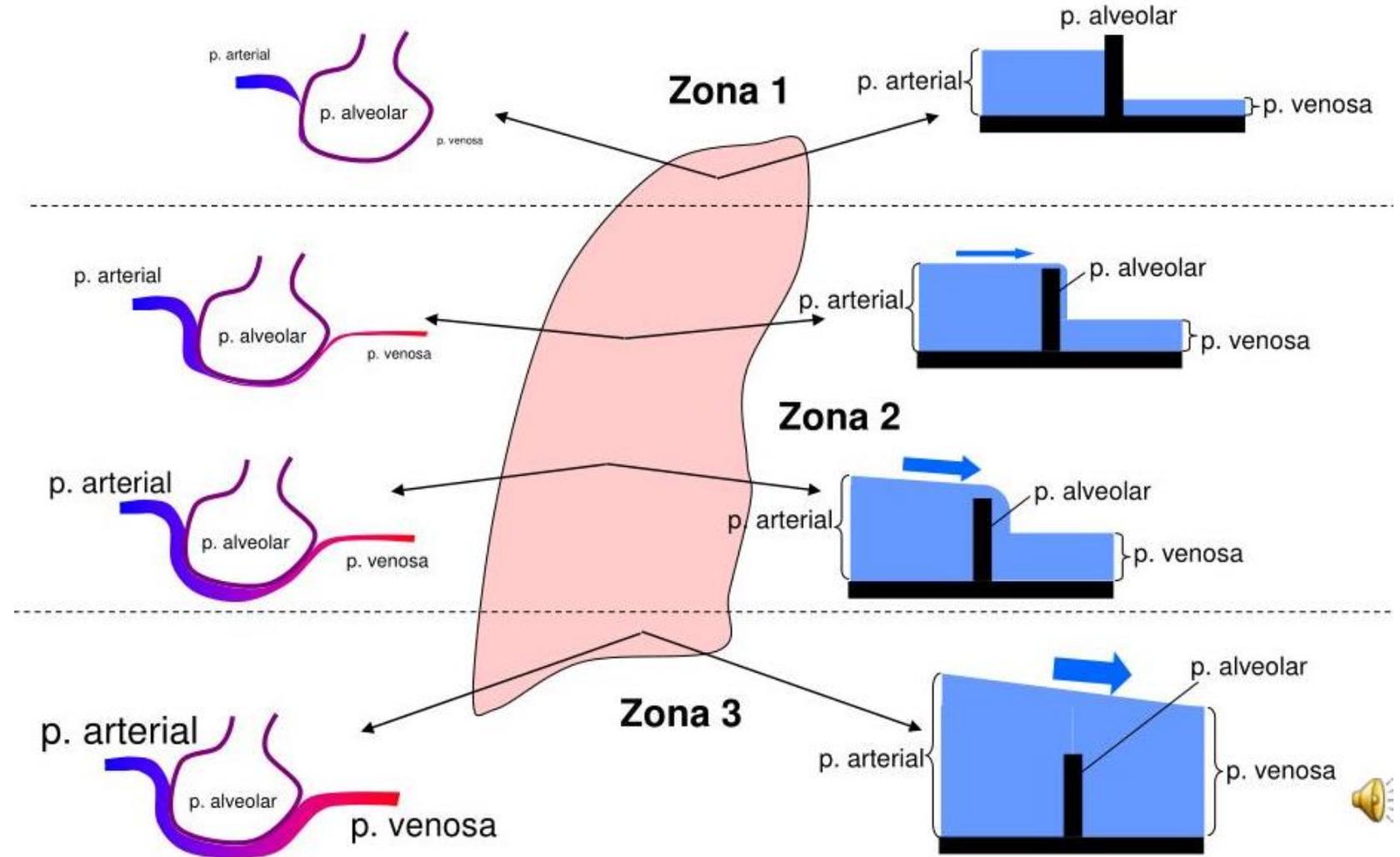
Zona 1: ausencia de flujo durante todas las porciones del ciclo cardíaco porque la presión capilar alveolar local en esa zona del pulmón nunca aumenta por encima de la presión del aire alveolar en ninguna fase del ciclo cardíaco.

Zona 2: flujo sanguíneo intermitente, solo durante los picos de presión arterial pulmonar, porque la presión sistólica en ese momento es mayor que la presión del aire alveolar, pero la presión diastólica es menor que la presión del aire alveolar.

Zona 3: flujo de sangre continuo, porque la presión capilar alveolar es mayor que la presión del aire alveolar durante todo el ciclo cardíaco.

Se debe tomar en cuenta la forma del pulmón que tiene el paciente.

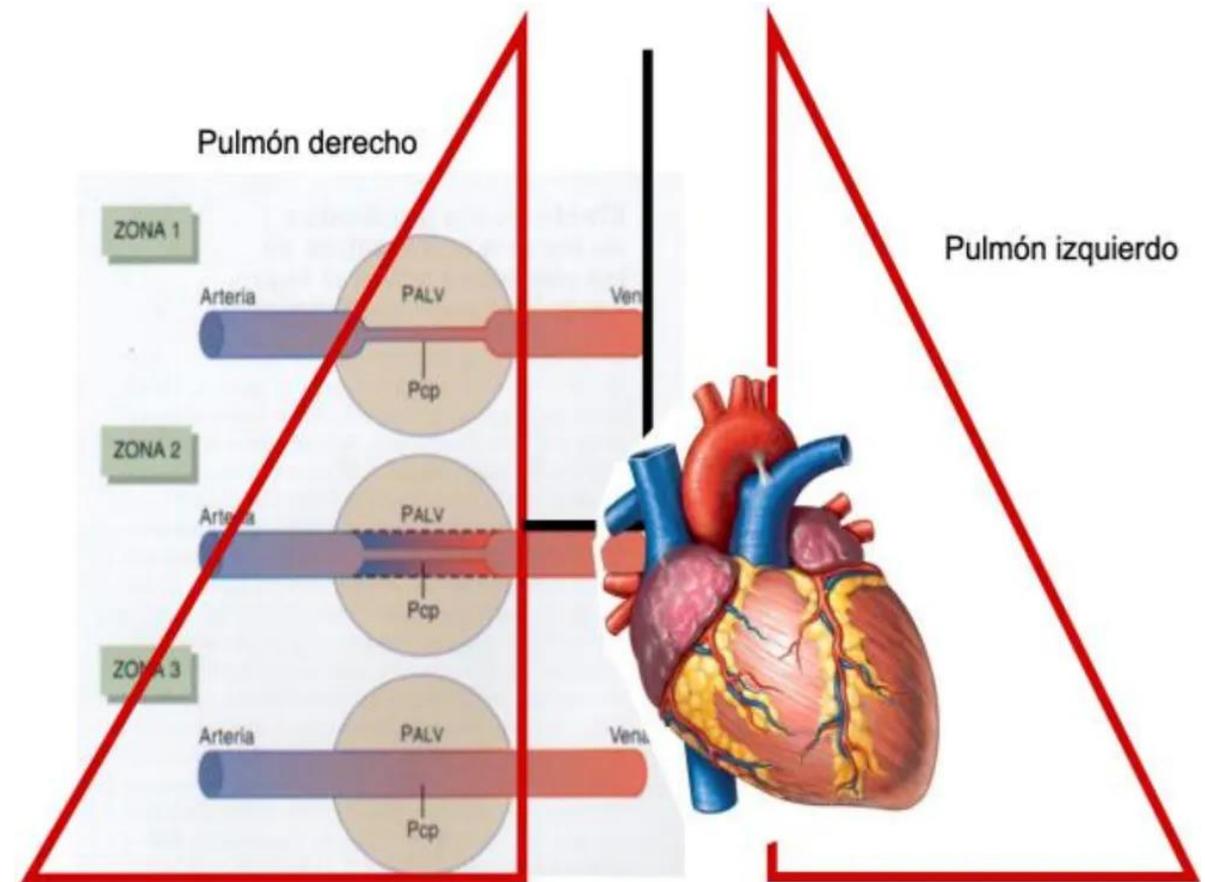
Recordando que es una pirámide que en su porción superior es el vértice y en la porción inferior representa la base, existe una distancia promedio de 30 cm entre la superficie y la base que proporcionan una diferencia de presión de 25mmHg.



El flujo sanguíneo de zona 1 solo se produce en situaciones anormales

Indica la ausencia de flujo durante todo el ciclo cardíaco, se produce cuando la presión arterial sistólica pulmonar es demasiado baja o cuando la presión alveolar es demasiado elevada para permitir que haya flujo.

situación en la que se produce un flujo sanguíneo de zona 1 es en una persona en posición erguida cuya presión arterial sistólica pulmonar es muy baja, como podría ocurrir después de una pérdida grave de sangre.

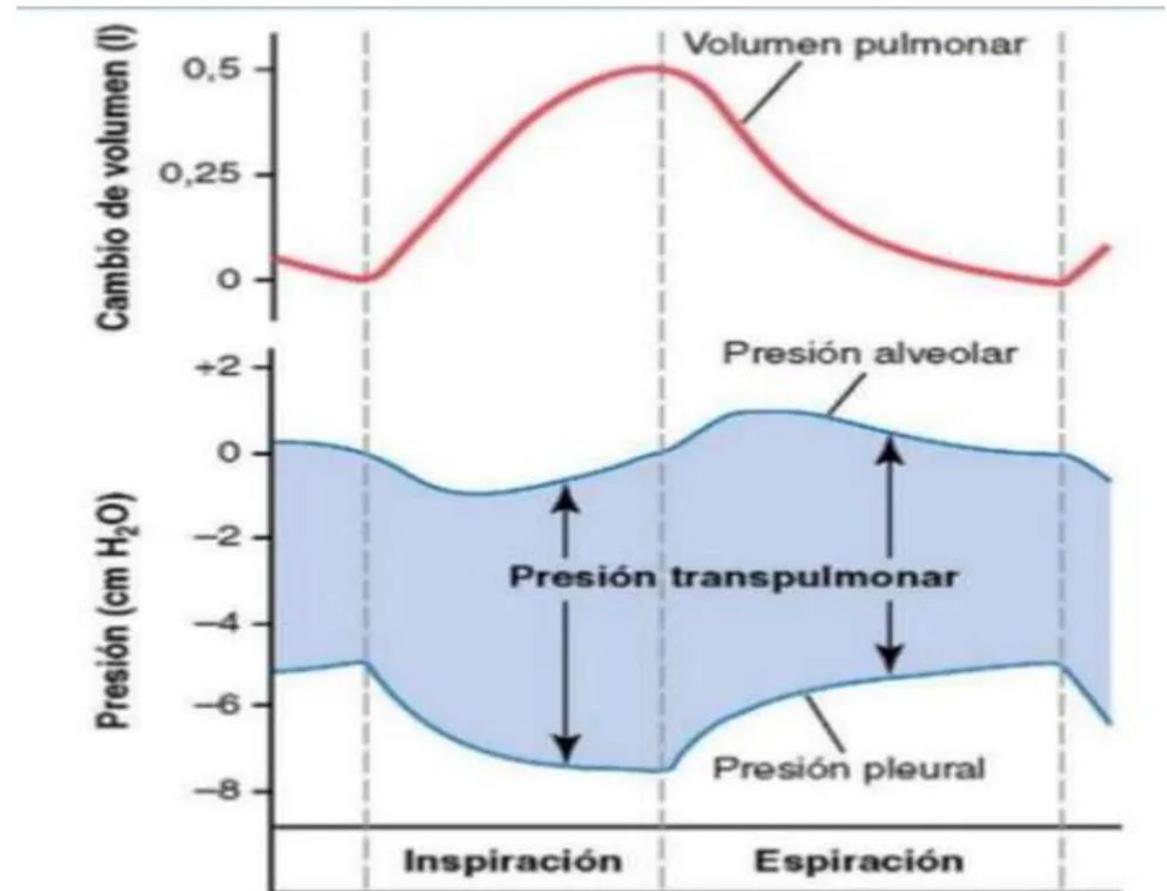


El ejercicio aumenta el flujo sanguíneo a través de todas las partes de los pulmones

El flujo sanguíneo de todas las partes del pulmón aumenta durante el ejercicio.



Una razón importante del aumento en el flujo sanguíneo es que durante el ejercicio las presiones vasculares pulmonares aumentan lo suficiente como para convertir los vértices pulmonares desde un patrón de flujo de zona 2 a un patrón de flujo de zona 3.



Gasto cardíaco durante el ejercicio intenso

El flujo sanguíneo a través de los pulmones puede aumentar entre cuatro y siete veces.

Este flujo adicional se acomoda en los pulmones de tres formas:
1) aumentando el número de capilares abiertos, a veces hasta tres veces;

2) distendiendo todos los capilares y aumentando la velocidad del flujo a través de cada capilar a más del doble, y

3) aumentando la presión arterial pulmonar.

Normalmente, las dos primeras modificaciones reducen la resistencia vascular pulmonar tanto que la presión arterial pulmonar aumenta muy poco, incluso durante el ejercicio máximo. E

La capacidad de los pulmones de acomodarse al gran aumento del flujo sanguíneo durante el ejercicio sin aumentar la presión arterial pulmonar permite conservar la energía del lado derecho del corazón. Esta capacidad también evita un aumento significativo de la presión capilar pulmonar y en la aparición de edema pulmonar.

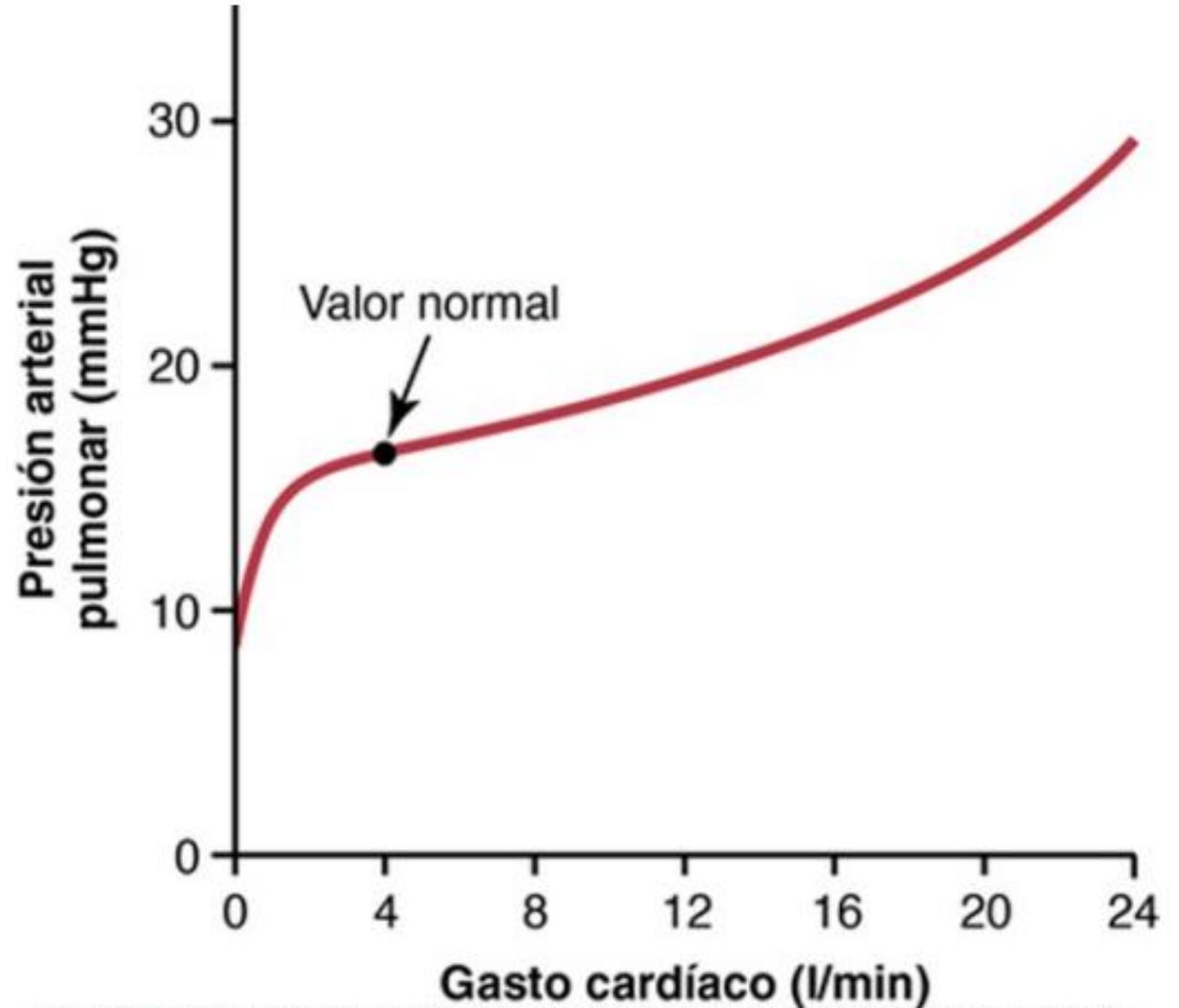


FIGURA 39-5 Efecto del aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio sobre la presión arterial pulmonar media.

Función de la circulación pulmonar cuando la presión auricular izq. se eleva como consecuencia de una insuficiencia cardiaca izq.

Cuando se produce insuficiencia del lado izquierdo del corazón la sangre comienza a acumularse en la aurícula izquierda.



Como consecuencia, la presión auricular izquierda puede aumentar de manera ocasional desde su valor normal de 1 a 5 mmHg hasta 40 a 50 mmHg.



La elevación inicial de la presión auricular, de hasta aproximadamente 7 mmHg, tiene poco efecto sobre la función de la circulación pulmonar.