



# Fisiología Humana

Fa.C.E.N.A - UNNE  
Carrera de Bioquímica

Fisiología del aparato cardiovascular:  
vasos sanguíneos y hemodinámica.  
Endotelio vascular

Bioquímica Sofía Patricia Langton

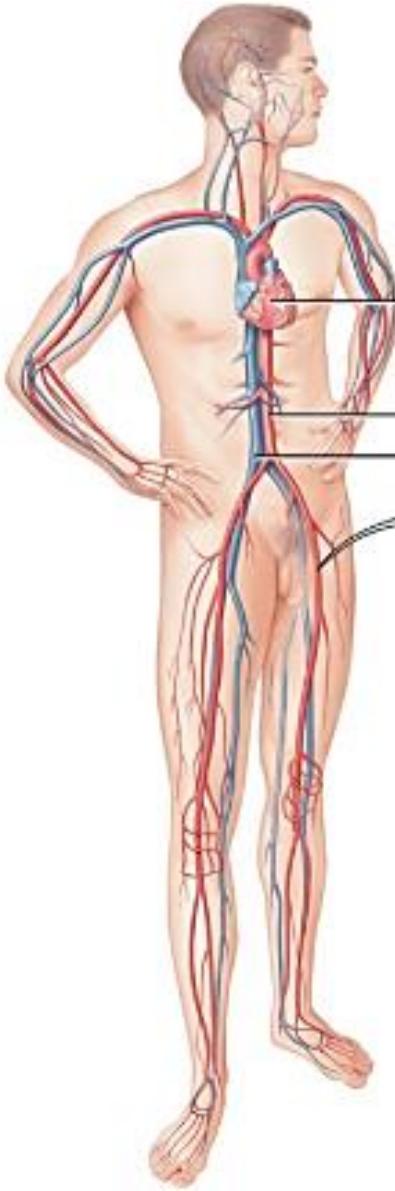
## OBJETIVOS:

- Desarrollar la parte biofísica de la circulación general, la presión, el flujo y la resistencia.
- Estudiar los mecanismos de control local y sistémico del flujo sanguíneo.
- Interpretar el rol que presenta el endotelio vascular
- Comprender la regulación del flujo sanguíneo y el control de la presión arterial.

## Función de la circulación

- Transportar nutrientes hacia los tejidos del organismo.
- Transportar los productos de desecho.
- Transportar las hormonas de una parte del organismo a otra.
- Mantener un entorno apropiado en todos los líquidos tisulares del organismo para lograr la supervivencia y funcionalidad óptima de las células.

# Componentes del aparato cardiovascular

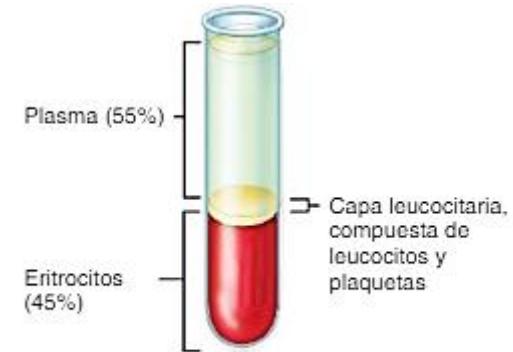
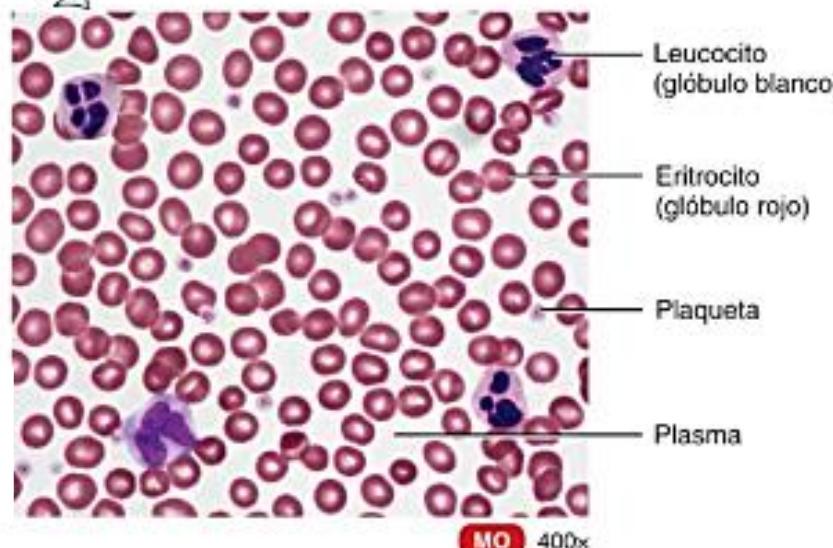


Corazón

Vasos sanguíneos

Arteria

Vena



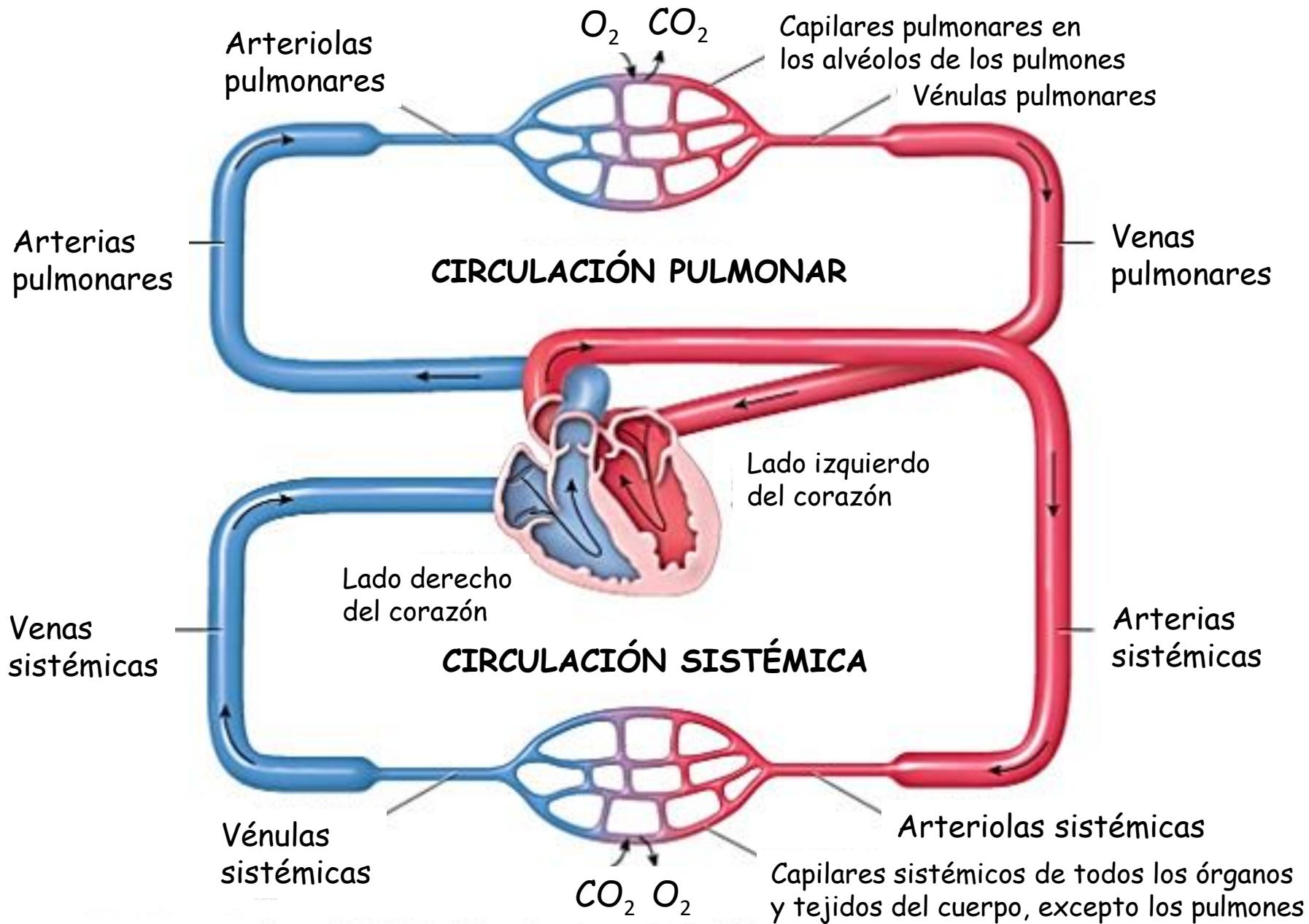
Aspecto de la sangre centrifugada

Plasma (55%)

Eritrocitos (45%)

Capa leucocitaria, compuesta de leucocitos y plaquetas

# Componentes del aparato cardiovascular



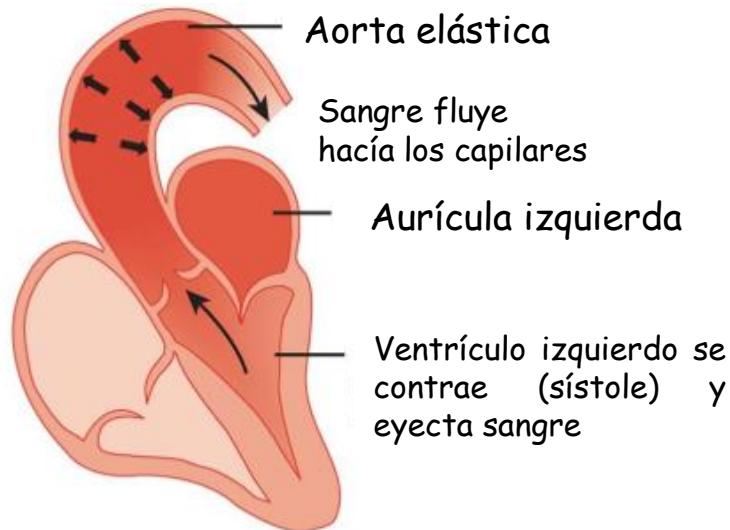
# Componentes del aparato cardiovascular

## ARTERIAS

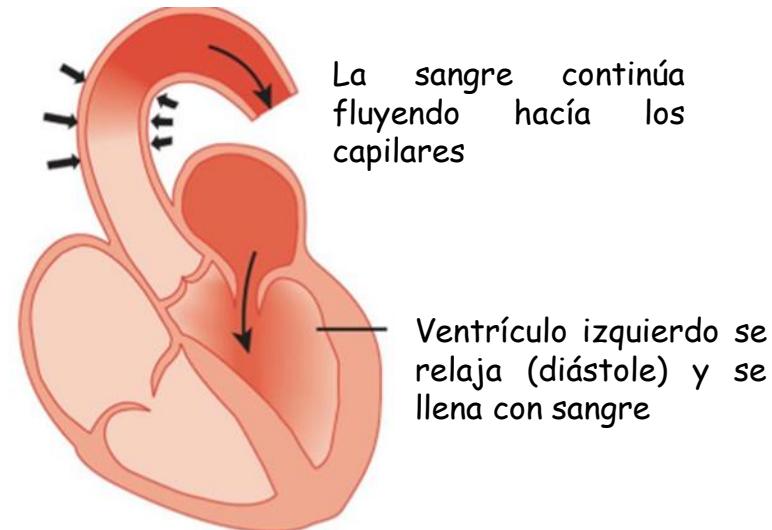
### ARTERIAS ELÁSTICAS

Las de gran diámetro tienen paredes gruesas, compuestas de varias capas de tejido: endotelio, membrana basal, músculo liso, tejido conectivo fibroso y una alta proporción de tejido conectivo elástico.

Sirven como reservorio de presión, que mantienen la fuerza de impulso de la sangre mientras los ventrículos se están relajando.



La aorta elástica se estira durante la contracción ventricular



La aorta elástica se retrae durante la relajación ventricular

## Componentes del aparato cardiovascular

### ARTERIAS MUSCULARES

Contienen más músculo liso y menos tejido conectivo elástico en sus paredes que las arterias elásticas.

Tienen mayor capacidad de vasoconstricción y vasodilatación.

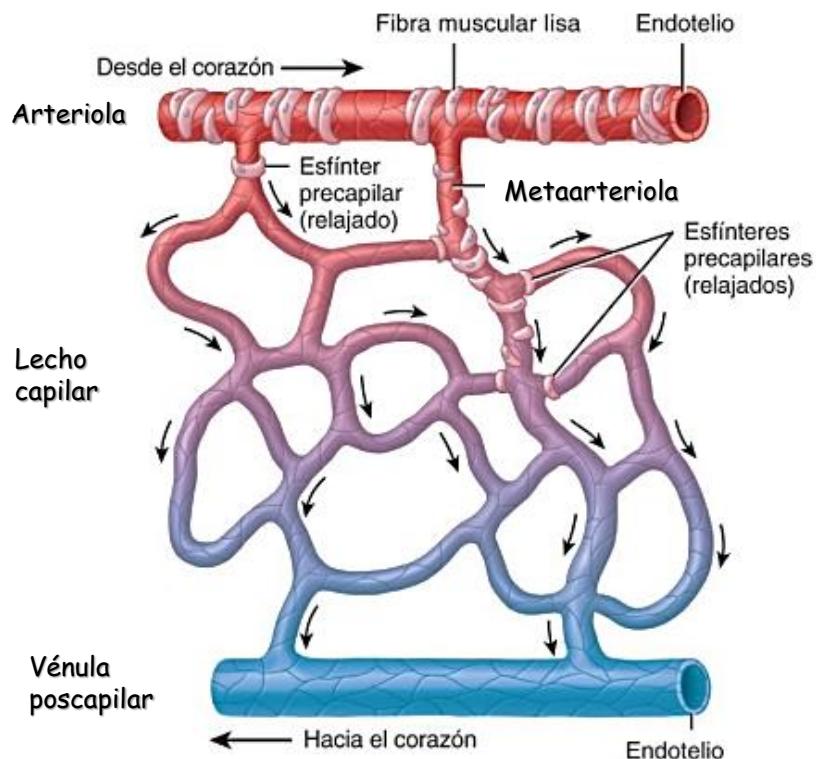
### ARTERIOLAS

Las paredes de las arteriolas grandes están formadas por endotelio, membrana basal, músculo liso y una pequeña cantidad de tejido conectivo fibroso.

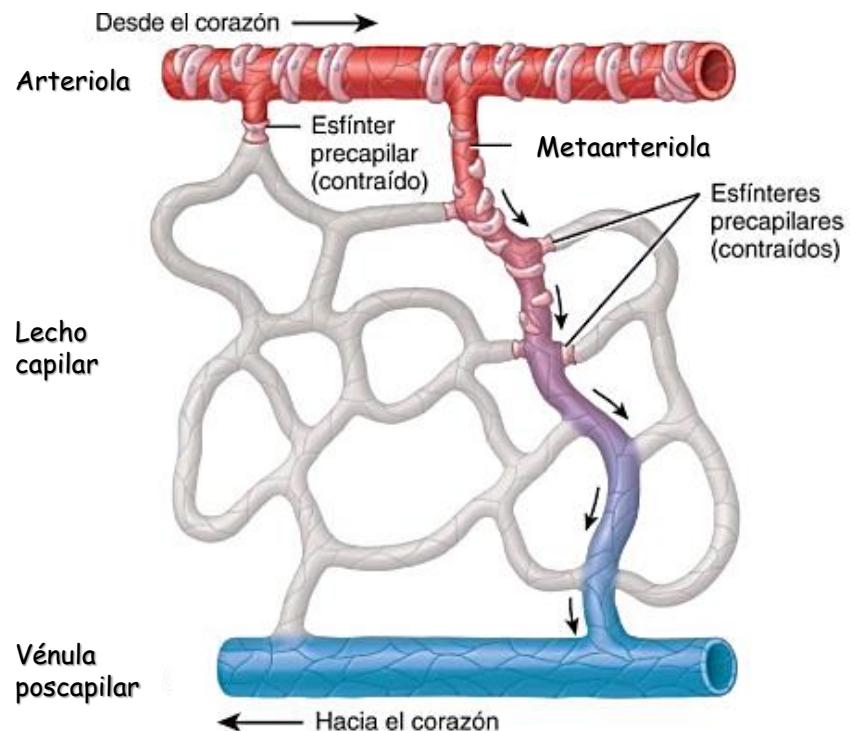
Las más pequeñas están formadas por endotelio, membrana basal y rodeadas por una capa incompleta de fibras musculares lisas.

# METAARTERIOLAS

Son los vasos que ofrecen mayor resistencia a la circulación sanguínea.



Esfínteres relajados: sangre circulando a través de los capilares



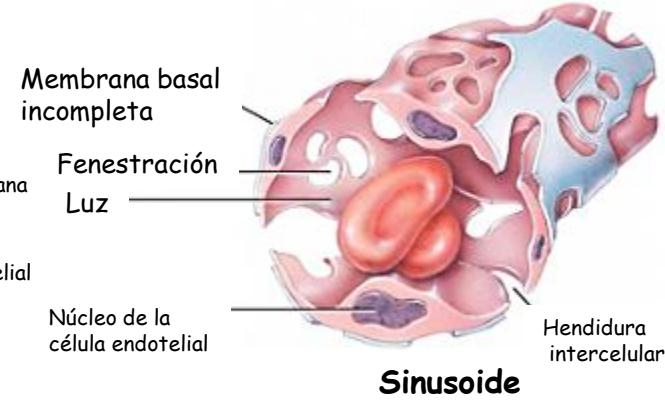
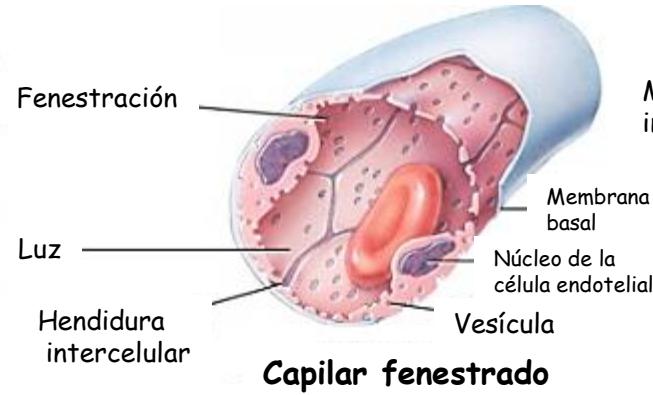
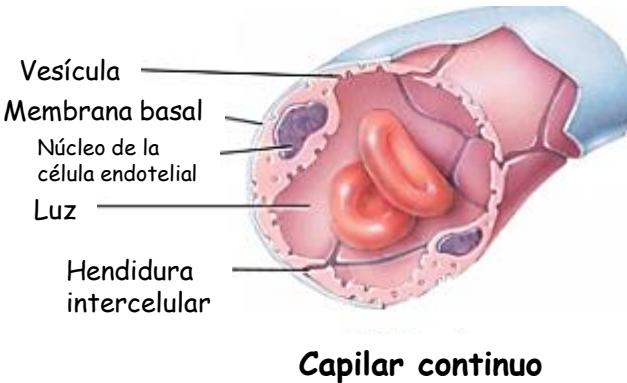
Esfínteres contraídos: sangre circulando solo a través de la metaarteriola

## CAPILARES

Cantidad estimada de 10 a 40 mil millones.

Proporciona una superficie aproximada de  $600\text{ m}^2$  para estar en contacto con las células del organismo.

Única capa de células endoteliales y membrana basal.



## VÉNULAS

Drenan la sangre capilar e inician el retorno de la sangre hacia el corazón.

## VENAS

Conducen la sangre desde los tejidos de regreso hacia el corazón.

Sus paredes contienen: endotelio, membrana basal, músculo liso, y tejidos conectivos elástico y fibroso.

Tienen paredes más finas y menos músculo liso y tejido elástico, comparadas con las arterias.

## División y Distribución

Circulación pulmonar 16%

Vena cava superior

Vena cava inferior

Circulación sistémica  
84%

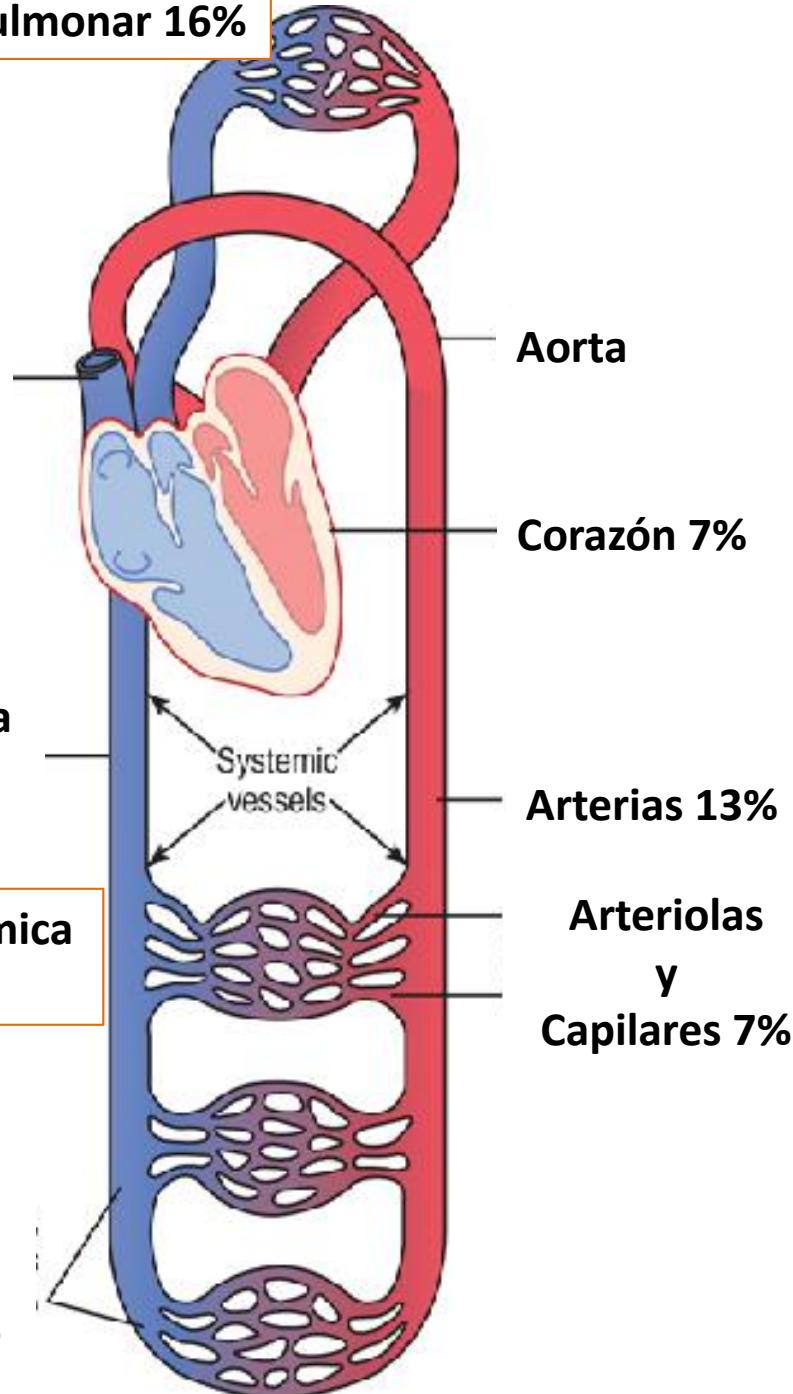
Venas,  
vénulas y  
sinusoides  
venosos 64%

Aorta

Corazón 7%

Arterias 13%

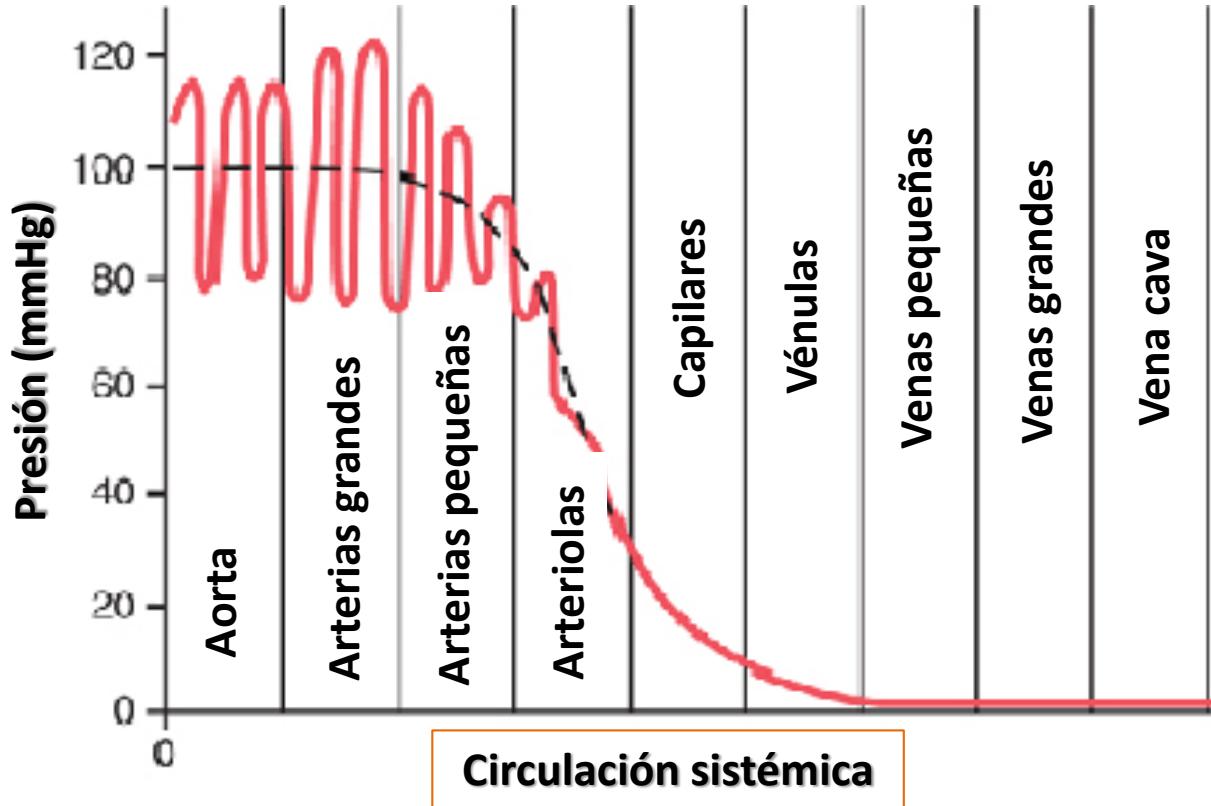
Arteriolas  
y  
Capilares 7%

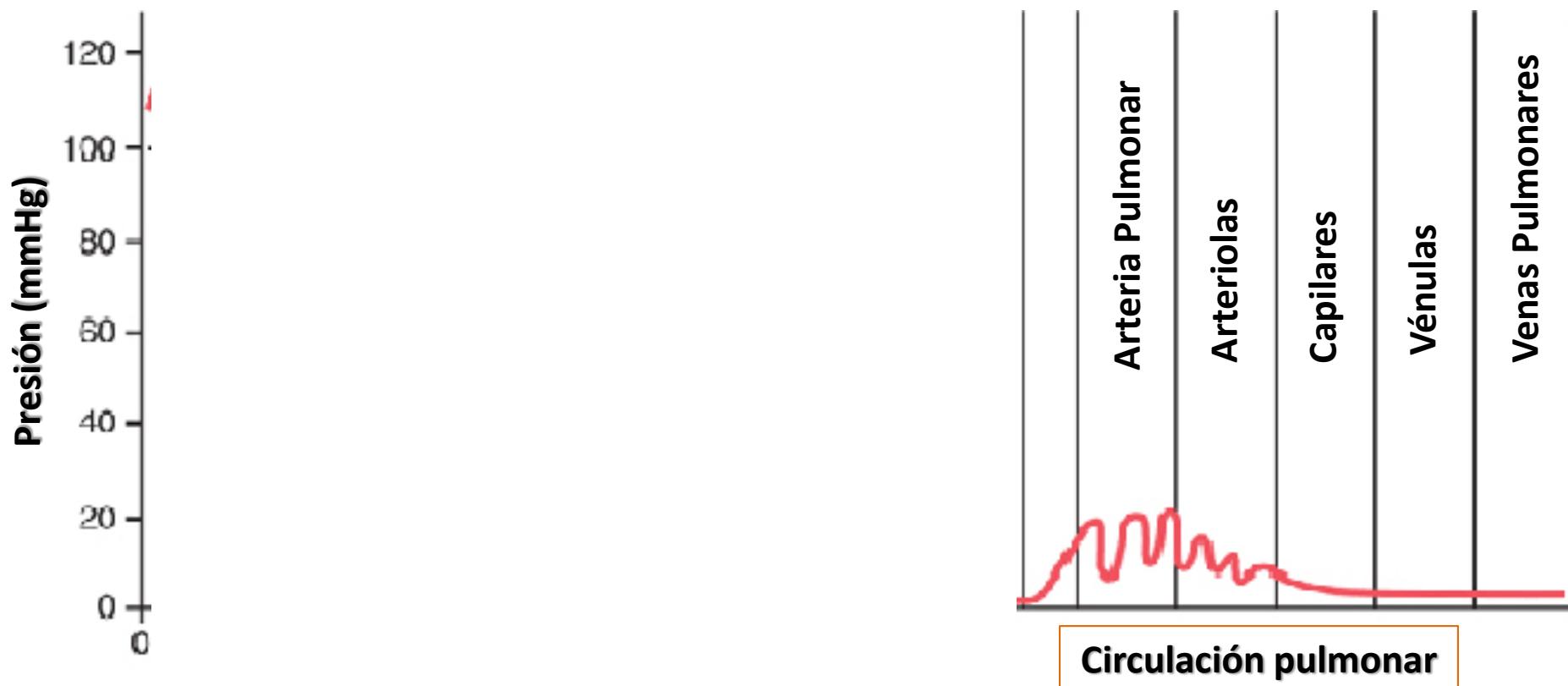


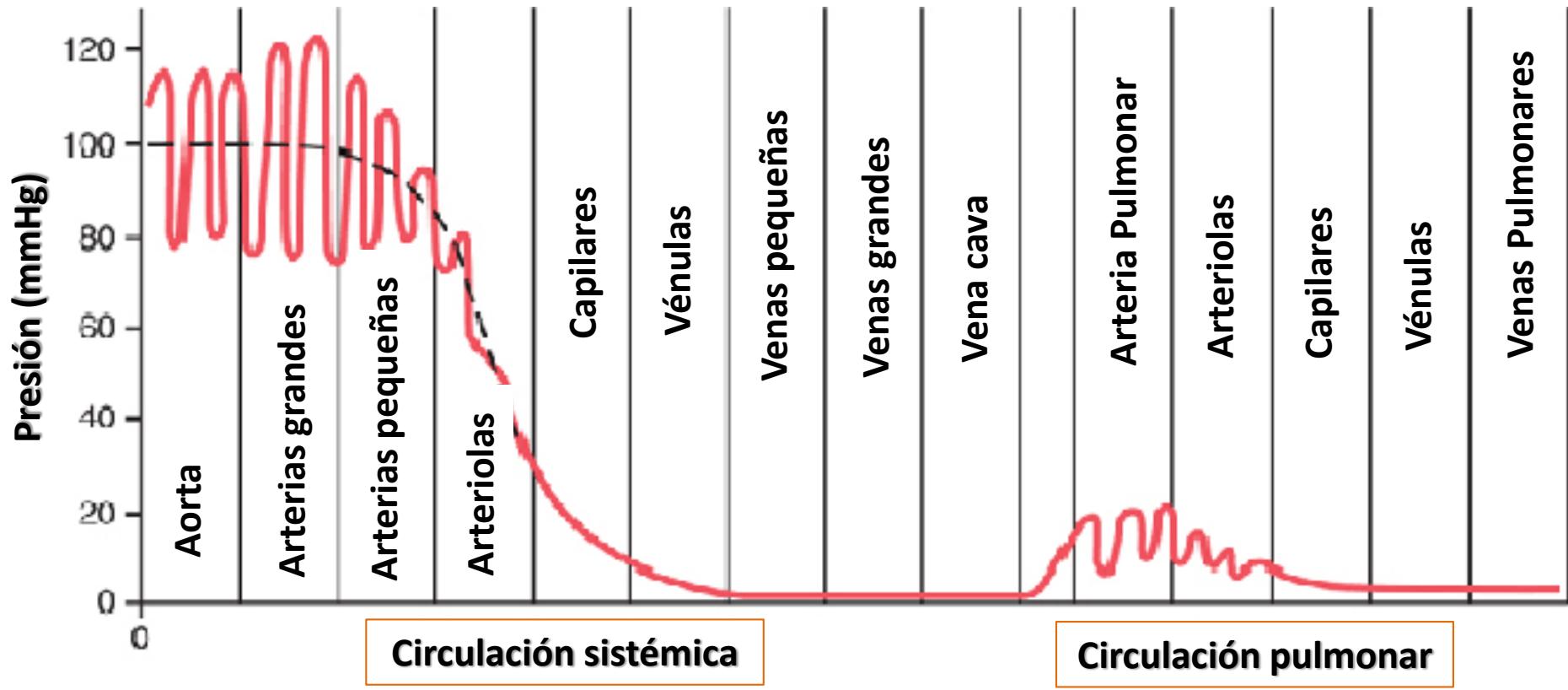
# Presiones en las diversas secciones de la circulación

**Presión sanguínea:** fuerza ejercida por la sangre contra cualquier área de la pared vascular.

Se mide en mmHg o cm de agua.

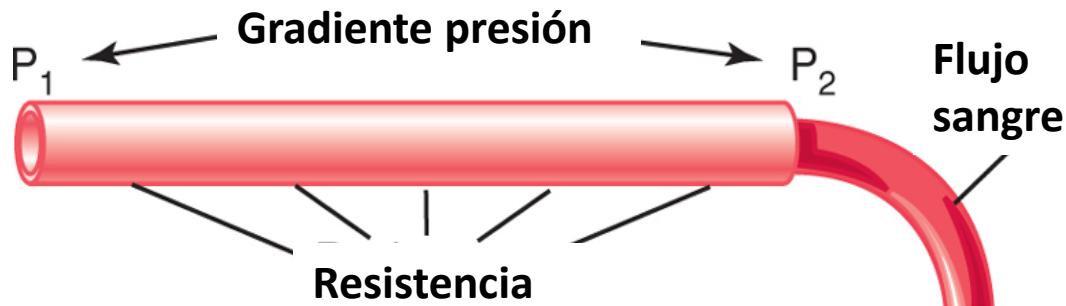






# FLUJO SANGUÍNEO

Volumen de sangre que circula a través de cualquier tejido en un período de tiempo determinado (expresado en mL/min)



$$F = \frac{\Delta P}{R}$$

F: flujo sanguíneo

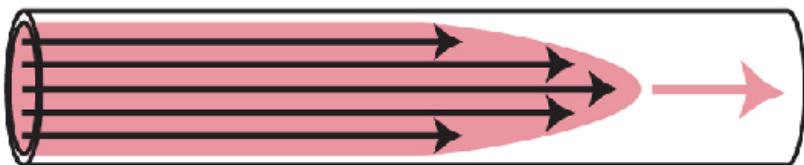
$\Delta P$ : gradiente de presión

R: resistencia al flujo sanguíneo

# FLUJO SANGUÍNEO

Volumen de sangre que pasa por un punto determinado de la circulación en un período de tiempo dado.

Laminar o de corriente continua

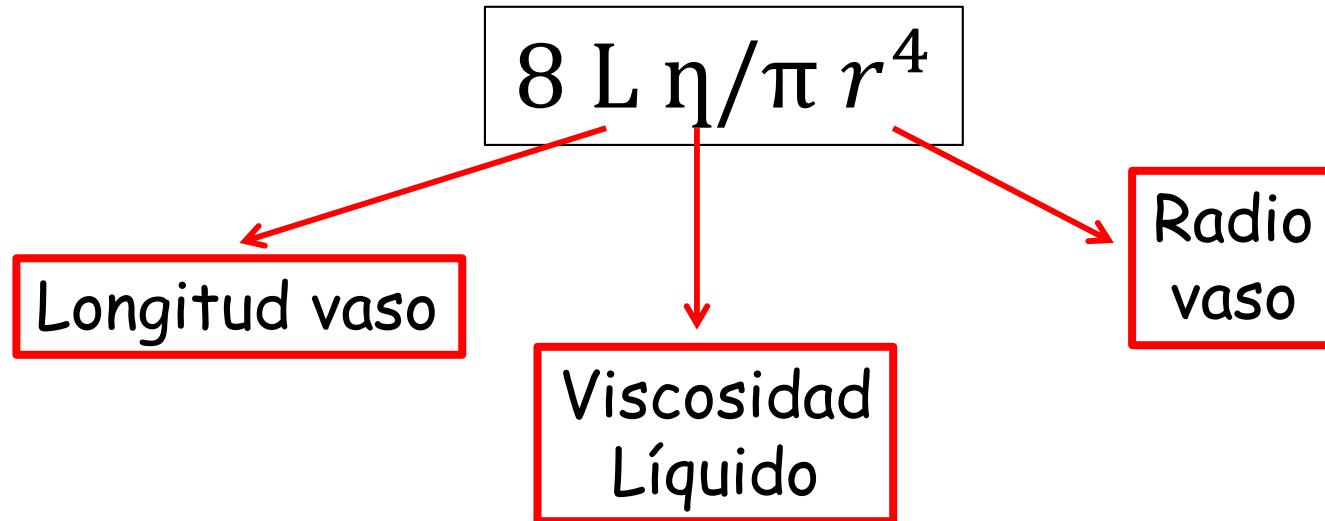


Turbulento



# RESISTENCIAS PERIFÉRICAS

Es la oposición al flujo sanguíneo debida a la fricción entre la sangre y las paredes de los vasos sanguíneos.



La resistencia de los vasos depende fundamentalmente de la inversa del radio elevado a la cuarta potencia.

## DISTENSIBILIDAD VASCULAR

Aumento fraccionado de volumen por cada unidad de aumento de presión

$$D = \frac{\Delta V}{\Delta P \times V \text{ original}}$$

## ADAPTABILIDAD VASCULAR O CAPACITANCIA

Volumen total sangre que puede acumularse en una parte determinada de la circulación por cada mmHg de aumento de la presión.

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

## **Velocidad del Flujo**

Velocidad de flujo ( $v$ ): distancia que recorre un volumen fijo de sangre en un período de tiempo

Caudal ( $Q$ ): cantidad (volumen) de sangre que fluye por un punto en un período dado de tiempo.

$$v = Q / A$$

$A$ : sección transversal del tubo

Vaso	Superficie transversal (cm <sup>2</sup> )
Aorta	2,5
Pequeñas arterias	20
Arteriolas	40
Capilares	2500
Vénulas	250
Pequeñas venas	80
Venas cavas	8

Pasa el mismo flujo sanguíneo a través de cada segmento de la circulación en cada minuto.

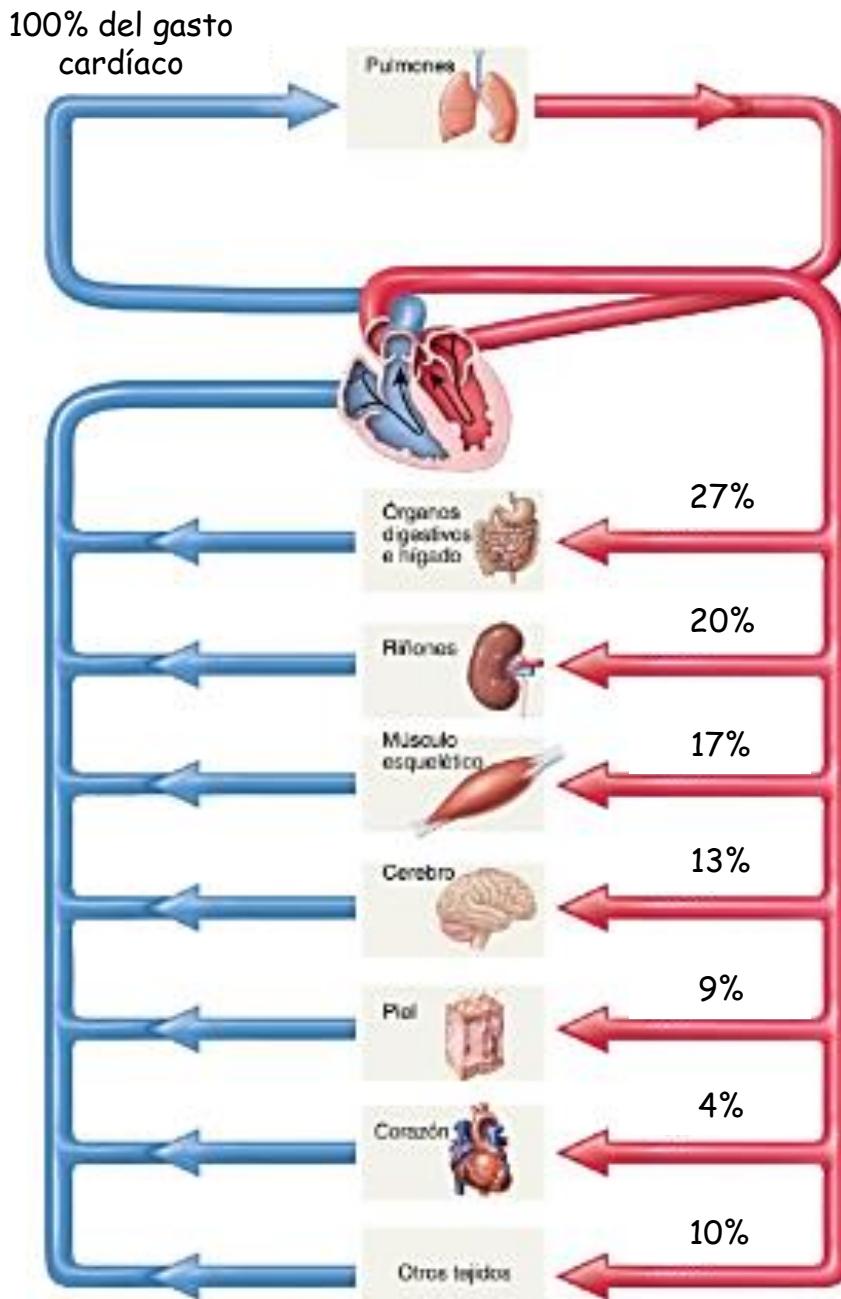
Velocidad media Aorta 33 cm/seg

Capilares 0,3 mm/seg

La sangre queda en los capilares 1 a 3 segundos

# Control del Flujo Sanguíneo

El flujo varía de un órgano a otro dependiendo de las necesidades particulares de cada órgano.



$$F = \frac{\Delta P}{R}$$

$$\Delta P = (VS \times FC) \times (8L\eta/\pi r^4)$$

**GC**

**RP**

# Determinantes de las Resistencias Periféricas

Radio Vaso

Control intrínseco

Control extrínseco

Cambios físicos

Sistema nervioso autónomo

Factores humorales

Hormonas

# Radio Vaso

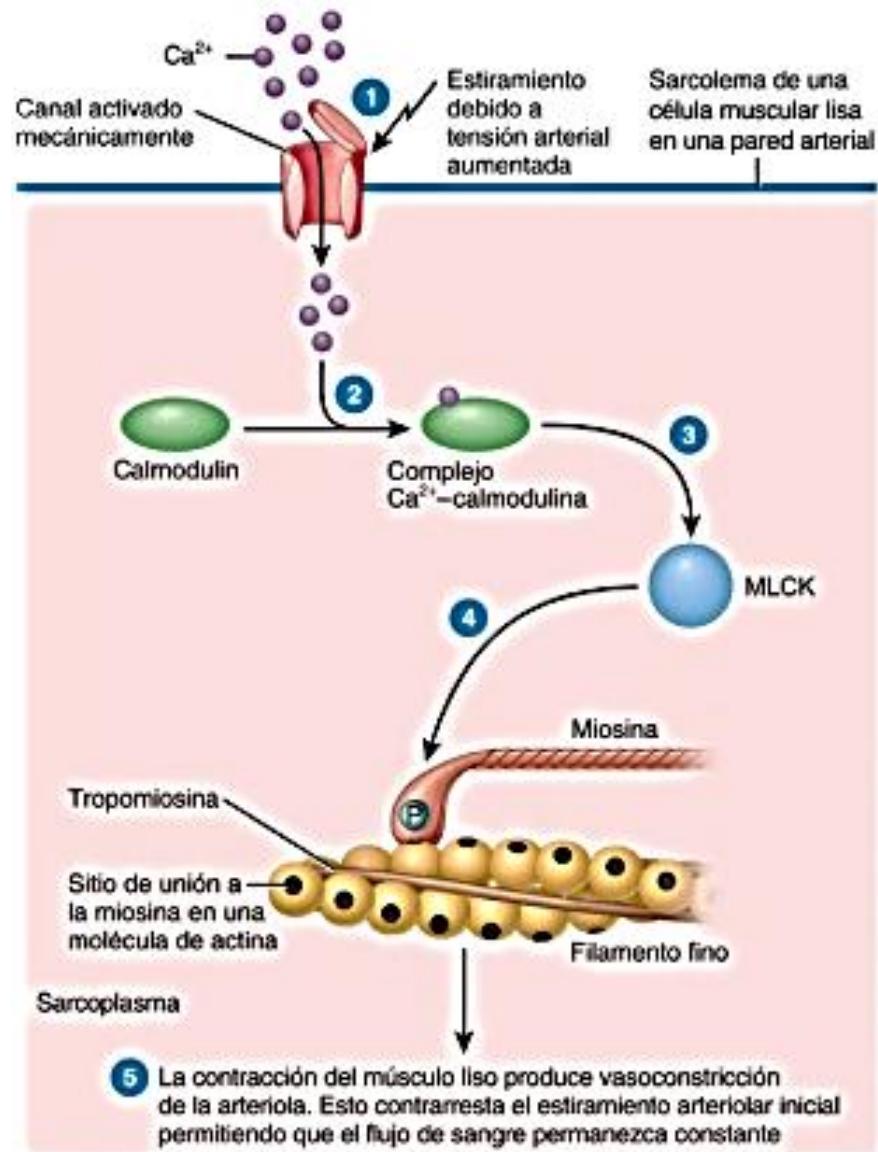
## Control intrínseco

### Cambios físicos

Temperatura

Respuesta miógena

- 1 Estiramiento de las células musculares lisas en la pared arteriolar por la tensión arterial aumentada causa la apertura de los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  activado mecánicamente.
- 2  $\text{Ca}^{2+}$  se une a la calmodulina para formar complejos.
- 3 El complejo  $\text{Ca}^{2+}$ -calmodulina activa la enzima miosin kinasa de cadena ligera (MLCK)
- 4 MLCK fosforila la miosina, que se vuelve activa. La miosina activada se une a la actina para producir la contracción.
- 5 La contracción de las células del músculo liso causa vasoconstricción de la arteriola. Esta vasoconstricción anula el estiramiento inicial, manteniendo el flujo sanguíneo constante.



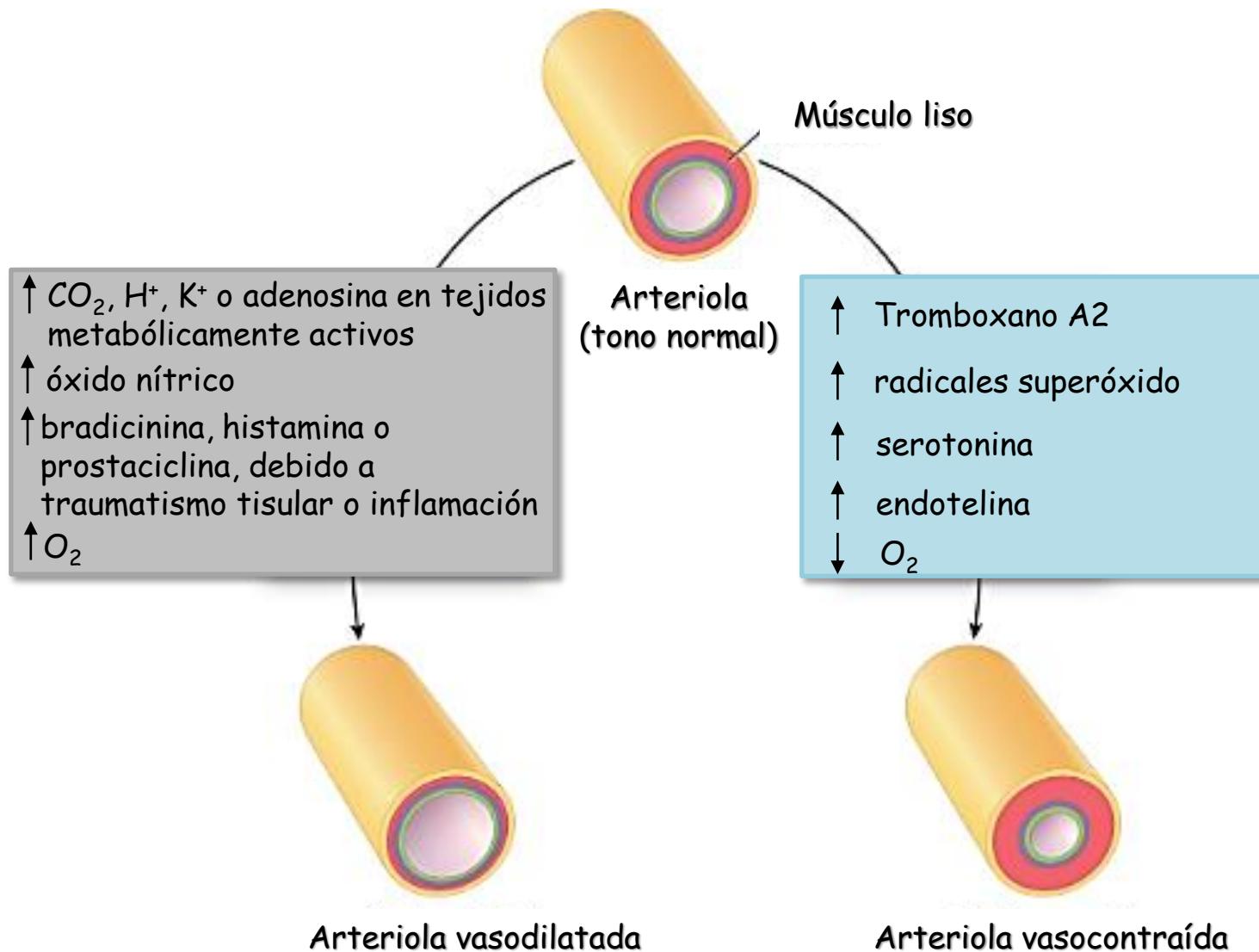
## Radio Vaso

### Control intrínseco

#### Factores humorales

- Locales: NO, endotelina
- Sistémicos: angiotensina II, antidiurética, bradiquinina, histamina

## Factores humorales



## Endotelio Vascular

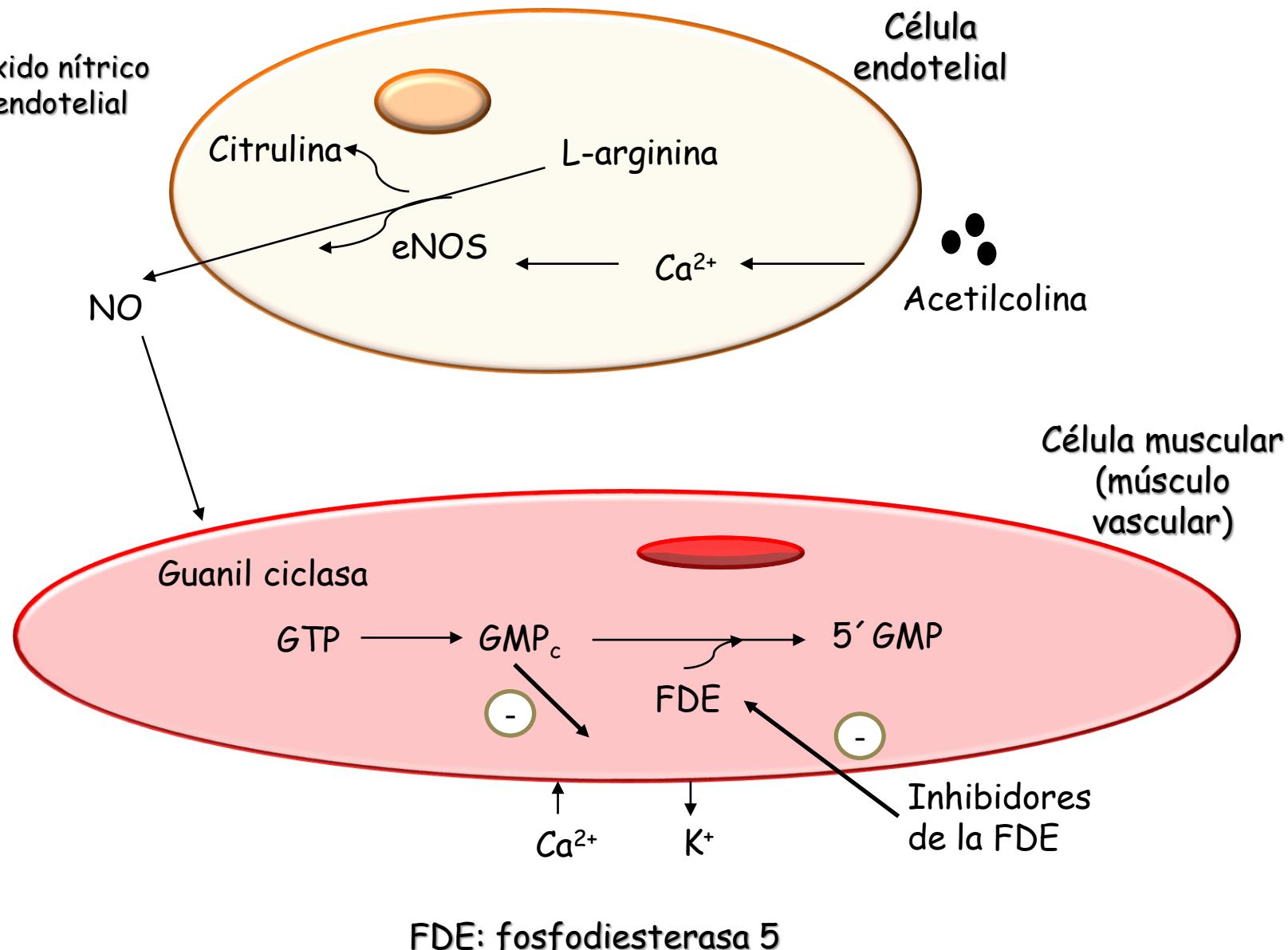
Las células endoteliales son células sencillas que tapizan los vasos sanguíneos, y los vasos sanguíneos están todos los tejidos y órganos.

### Funciones del endotelio

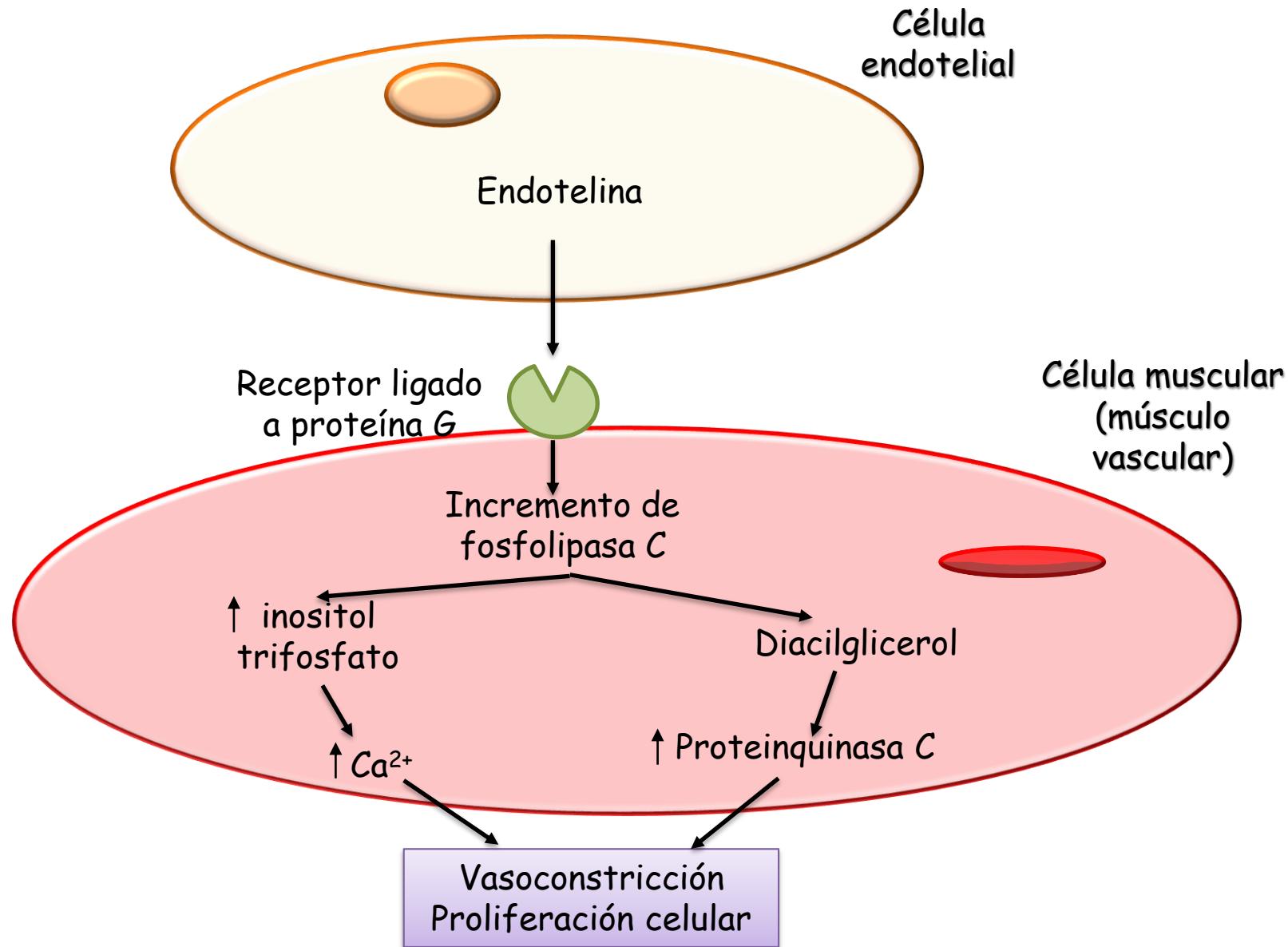
- Barrera selectiva, a nivel de la microcirculación la única barrera son las células endoteliales porque los capilares no tienen capas de músculo.
- Regulan proliferación y crecimiento de las células de la pared vascular.
- Regula trombogénesis y fibrinolisis.
- Regula la adhesión de plaquetas y leucocitos.
- Regula la agregación plaquetaria.
- Modula la peroxidación de lípidos.
- Angiogénesis.

# Síntesis de NO

eNOS: óxido nítrico sintasa endotelial



# Endotelina



El control intrínseco del flujo sanguíneo es evidente cuando se incrementa el flujo de sangre hacia un tejido, un fenómeno denominado **hiperemia**.

Hiperemia activa

↑ Metabolismo tisular

↑  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$  y adenosina

El incremento en el flujo aporta más  $\text{O}_2$  y nutrientes y remueve metabolitos.

Hiperemia reactiva

Bloqueo transitorio del flujo

↓  $\text{O}_2$

Una vez que el bloqueo es removido, hay un aumento en el flujo de sangre hacia esa área.

# Radio Vaso

Control extrínseco

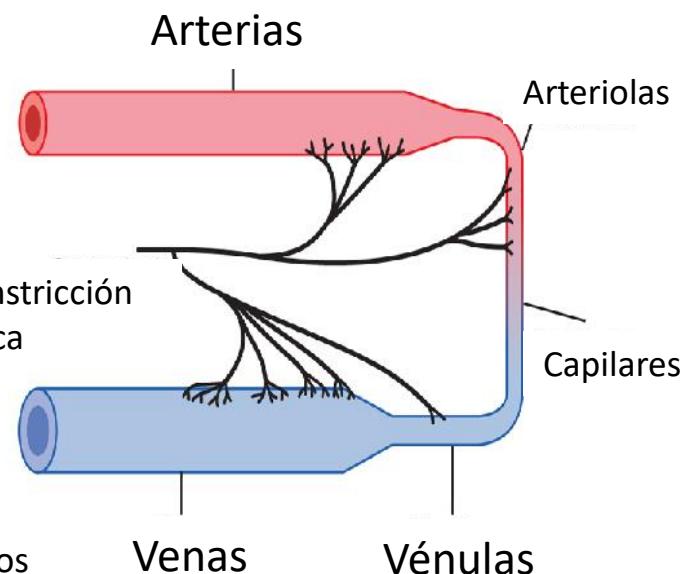
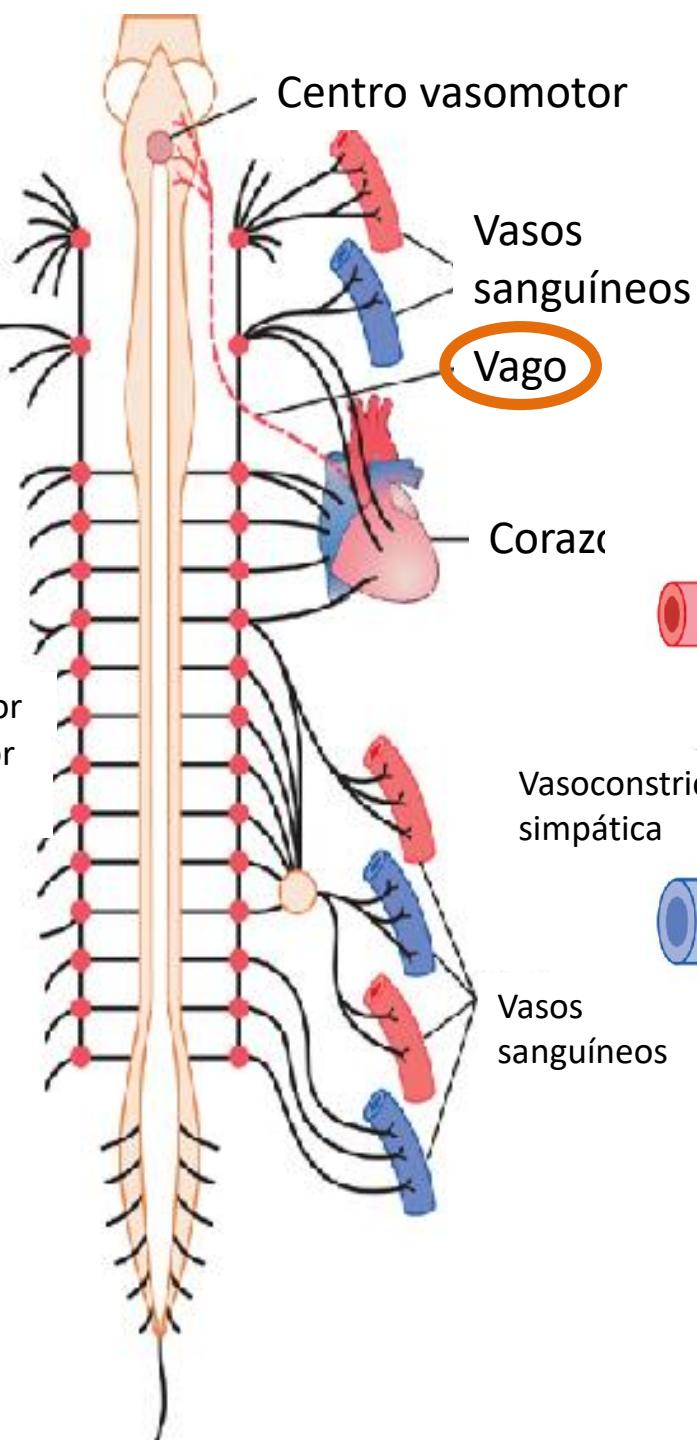
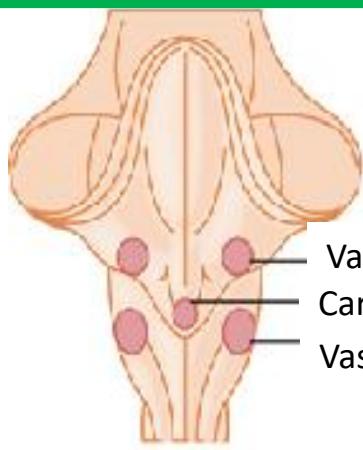
Sistema nervioso autónomo

Simpático	Parasimpático
Libera Noradrenalina Aumenta FC Aumenta el inotropismo <b>Disminuye radio arteriolar</b>	Libera Acetilcolina <b>Disminuye FC</b> Disminuye inotropismo

# SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

Cadena simpática

Centro Vasomotor



$$F = \frac{\Delta P}{R}$$

$$\Delta P = (VS \times FC) \times (8L\eta/\pi r^4)$$

GC

RP

PRESIÓN

La contracción de los ventrículos genera la tensión arterial, la presión hidrostática que ejercida la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos

La presión arterial sistólica es la presión más alta alcanzada en las arterias durante la sístole (contracción ventricular) = 120 mmHg

La presión arterial diastólica es la presión más baja alcanzada en las arterias durante la diástole (relajación ventricular) = 80 mmHg

La expansión y retracción alternadas de una arteria después de cada sístole del ventrículo izquierdo genera una onda de desplazamiento de presión llamada **pulso**.

La frecuencia del pulso normalmente es la misma que la frecuencia cardíaca idos por minuto en reposo.



## PRESIÓN DE PULSO

Diferencia entre la presión sistólica y diastólica

$$PP = 120 - 80 = 40 \text{ mmHg}$$

## PRESIÓN VENOSA CENTRAL

Es la presión aurícula derecha 0 mmHg

## PRESIÓN ARTERIAL MEDIA

Es el producto del *GC* o VOLUMEN MINUTO por la resistencia periférica total.

$$\Delta P = (VS \times FC) \times (8L\eta / \pi r^4)$$

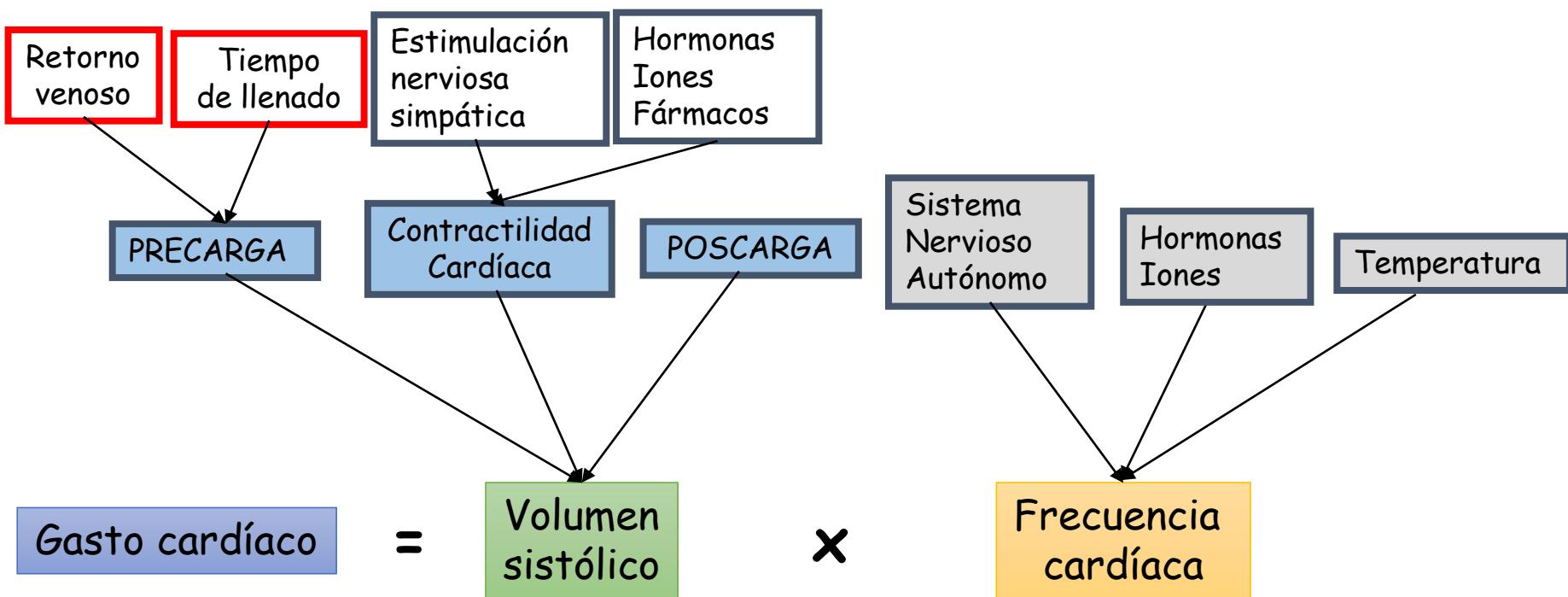
Se estima como la presión diastólica más 1/3 de la presión de pulso.

$$PAM \simeq PAD + \frac{1}{3} PP$$

Representa la presión necesaria para que a flujo constante se mantenga el aporte de oxígeno necesario para los órganos y tejidos.

VN: 70 - 105 mmHg

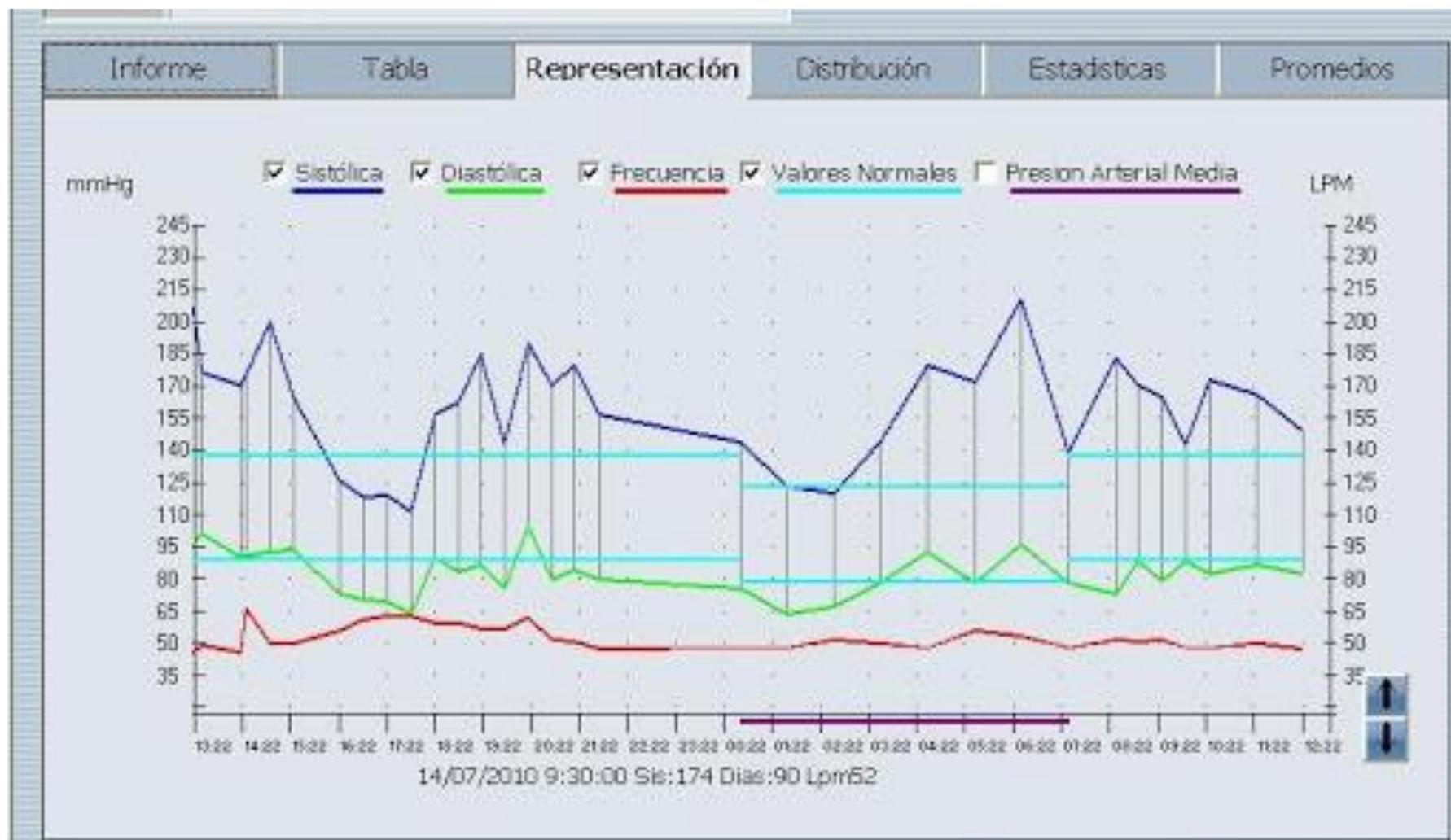
## Determinantes del gasto cardíaco



# Clasificación de la Tensión Arterial

	PA sistólica <120	y	PA diastólica <80
Normal			
Prehipertensión	120-139	o	80-89
Hipertensión Estadio 1	140-159	o	90-99
Hipertensión Estadio 2	>160	o	>100

# Registro ambulatorio de presión arterial



# Mecanismos de Control de la Presión Arterial

El sistema circulatorio está dotado de un extenso sistema de control de la presión arterial, en especial las señales nerviosas:

- 1) Aumentan la fuerza de bomba del corazón.
- 2) Provocan contracción de los grandes reservorios venosos para aportar más sangre al corazón.
- 3) Provocan una constricción generalizada de la mayoría de las arteriolas a través del organismo, con lo que se acumula más sangre en las grandes arterias para aumentar la presión.

# Mecanismos de Control de la Presión Arterial

$$\Delta P = (VS \times FC) \times (8L\eta / \pi r^4)$$

Para controlar la presión el organismo puede modificar el gasto cardíaco (volumen sistólico o frecuencia cardíaca) y los radios de los vasos sanguíneos

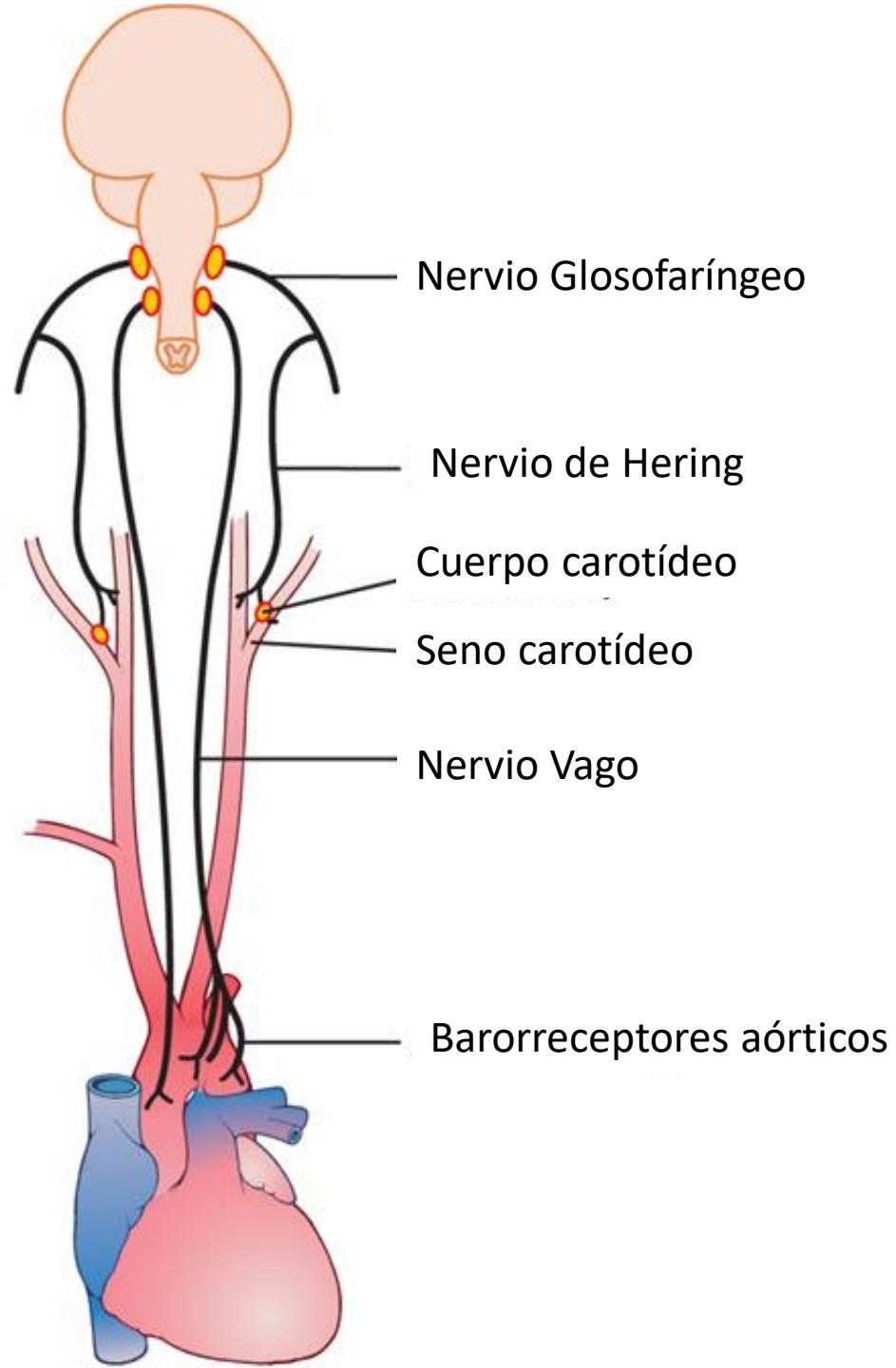
La presión arterial se modifica por el contenido de sangre (el flujo) dentro de los vasos sanguíneos, para lo cual interviene el **RIÑÓN**

# Mecanismos de Control de la Presión Arterial

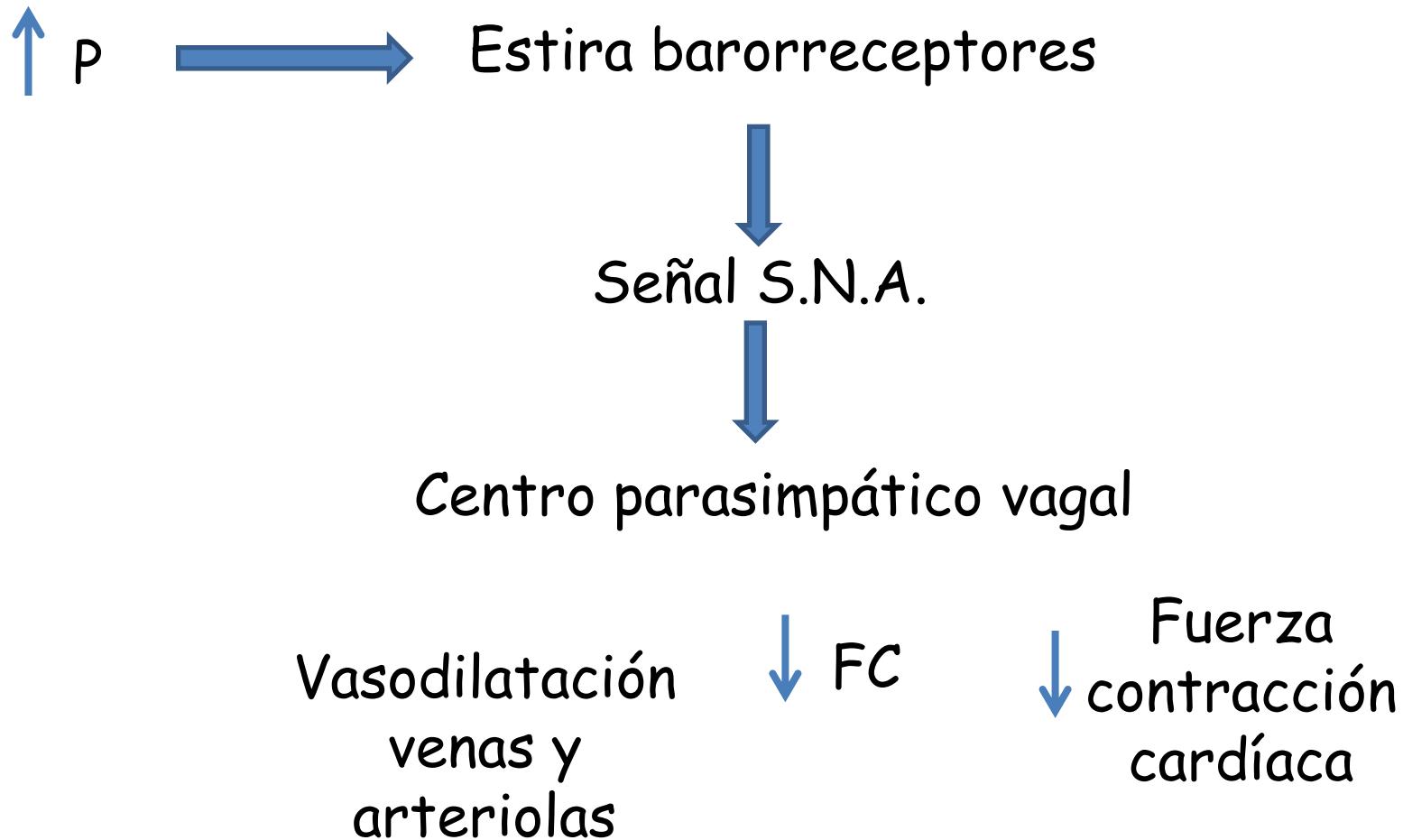
Barorreceptores

Quimiorreceptores

## LOCALIZACIÓN BARORRECEPTORES



# Reflejo Barorreceptor

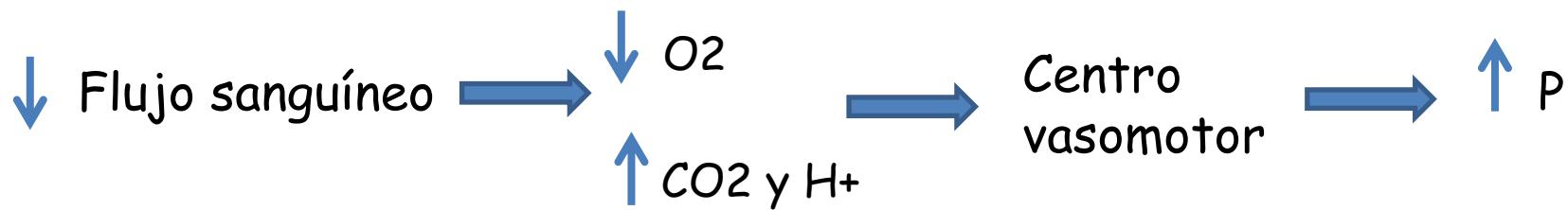


## Quimiorreceptores carotídeos y aórticos

Células quimiosensibles

- Ausencia de  $O_2$
- Exceso de  $CO_2$
- Exceso de  $H^+$

- 2 cuerpos carotídeos cada uno se sitúa bifurcación arteria carótida común
- 3 cuerpos aórticos adyacentes a la aorta



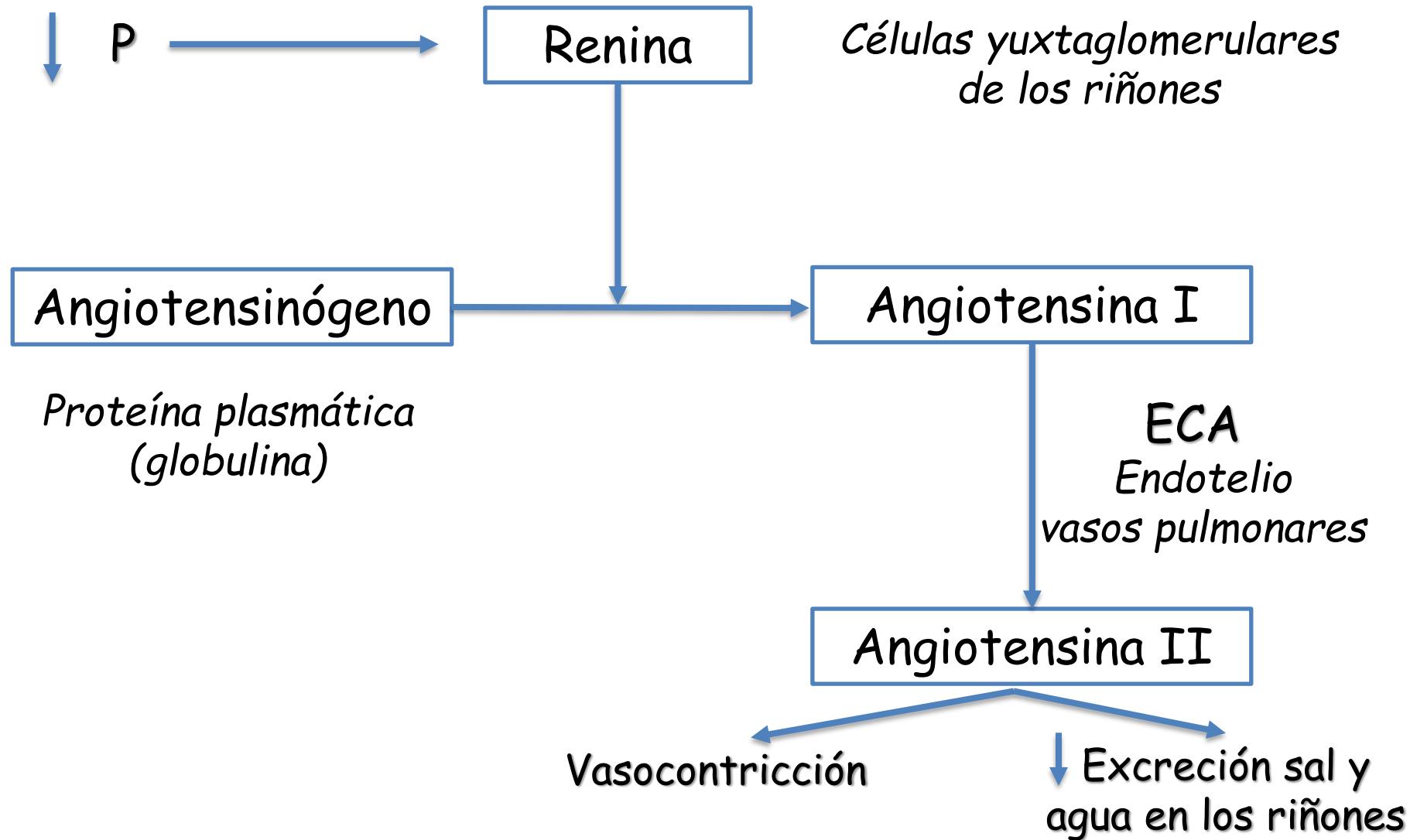
# Mecanismos de Control de la Presión Arterial

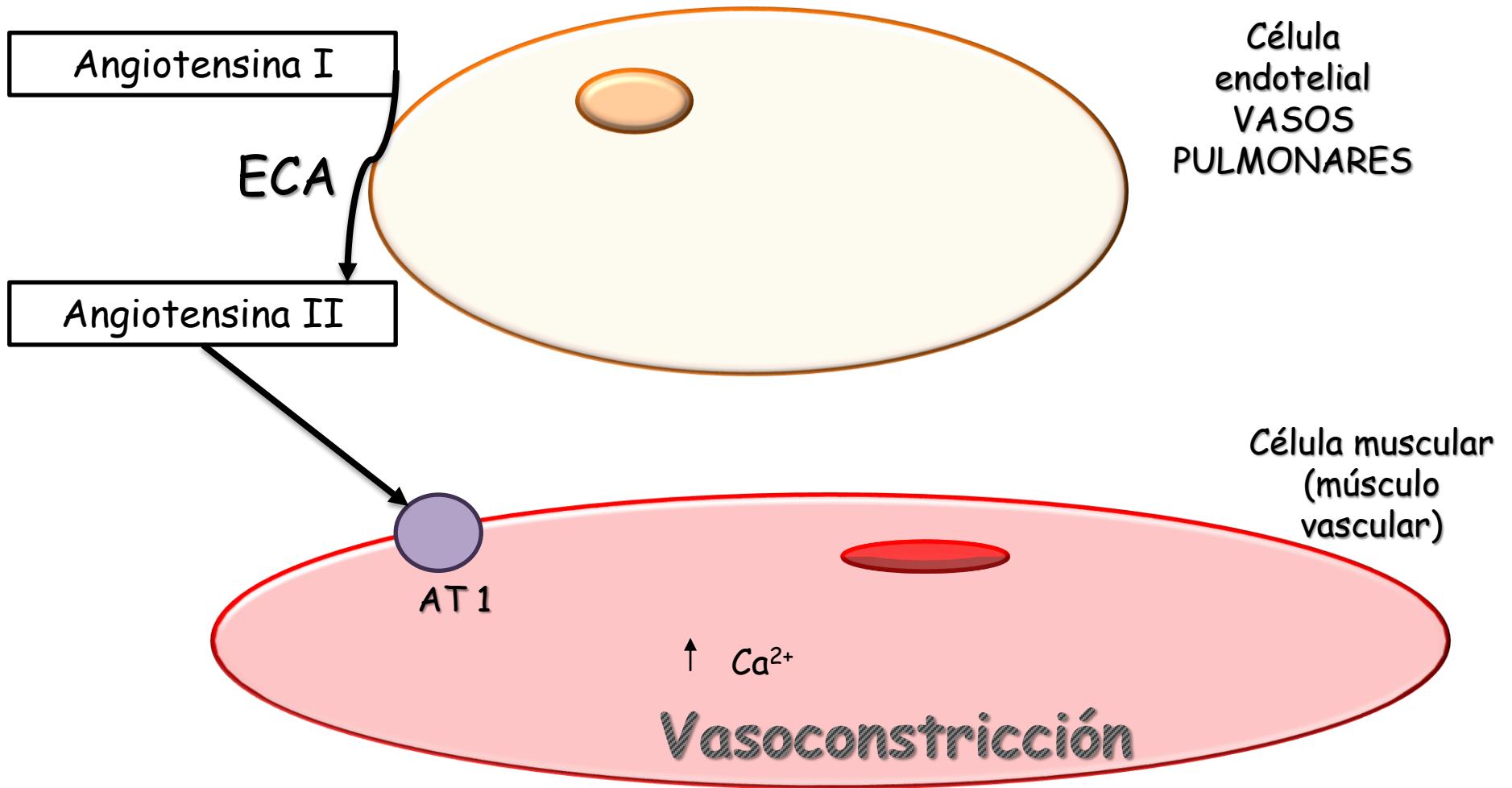
Sistema renina - angiotensina - aldosterona

Hormona antidiurética

Péptido natriurético auricular

## Mecanismo vasoconstrictor de renina - angiotensina





## Hormona antidiurética

Núcleo supraóptico  
HIPOTÁLAMO

Neurohipófisis

↑ Osmolaridad

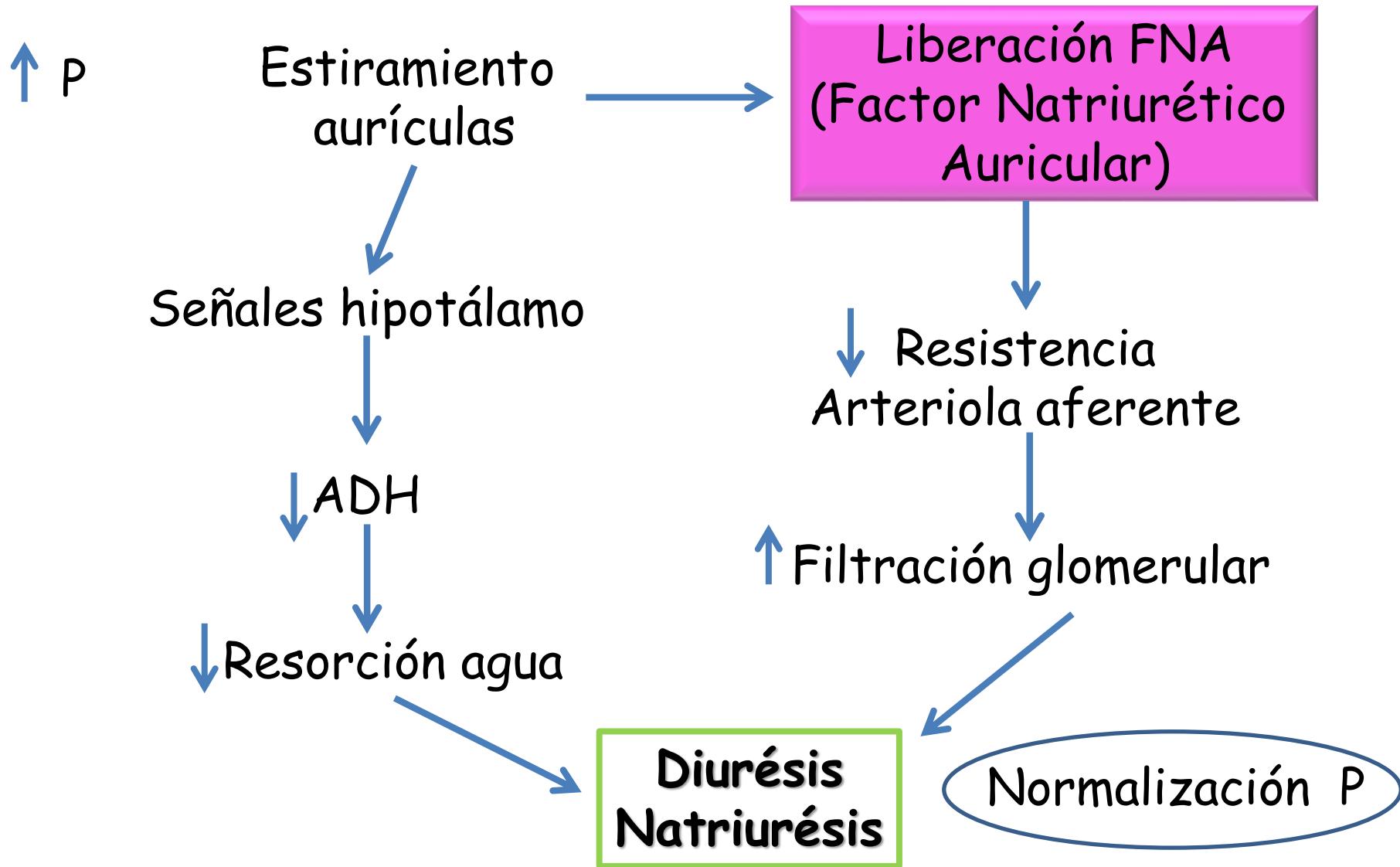
↓ Volemia

↓ Tensión arterial

Vasoconstricción

Reduce excreción  
renal de agua

## Reflejo Volumen



# Marcadores Cardiológicos

Síndromes  
coronarios  
agudos

Creatinquinasa

CK

Hasta 200 UI/L

Creatinquinasa - Mb

CK-MB

Mioglobina

Troponina T

Troponina I

< 0,01 ng/ml

Insuficiencia  
cardíaca

Péptidos  
natriúreticos

ANP

BNP

CNP

Zona atrial  
del  
Miocardio

Ventrículo  
izquierdo

Vasos  
sanguíneos

< 100 pg/ml

# Bibliografía

- Guyton y Hall. *Tratado de Fisiología médica.* 12<sup>a</sup> edición. Ed. Elsevier Saunders.2011.
- Silverthorn, D. U.: *Fisiología Humana. Un Enfoque Integrado;* 4<sup>a</sup> Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 2007.
- Derrickson Bryan. *Fisiología Humana;* 4<sup>a</sup> Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 2018.
- Coppo, J. A. *Fisiología Comparada del Medio Interno.* 2<sup>a</sup> Edición corregida y aumentada. Editorial Universidad Católica de Salta. Departamento Editorial EUCASA. Salta. 2008