



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

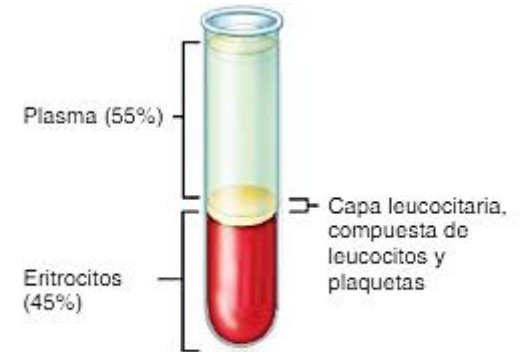
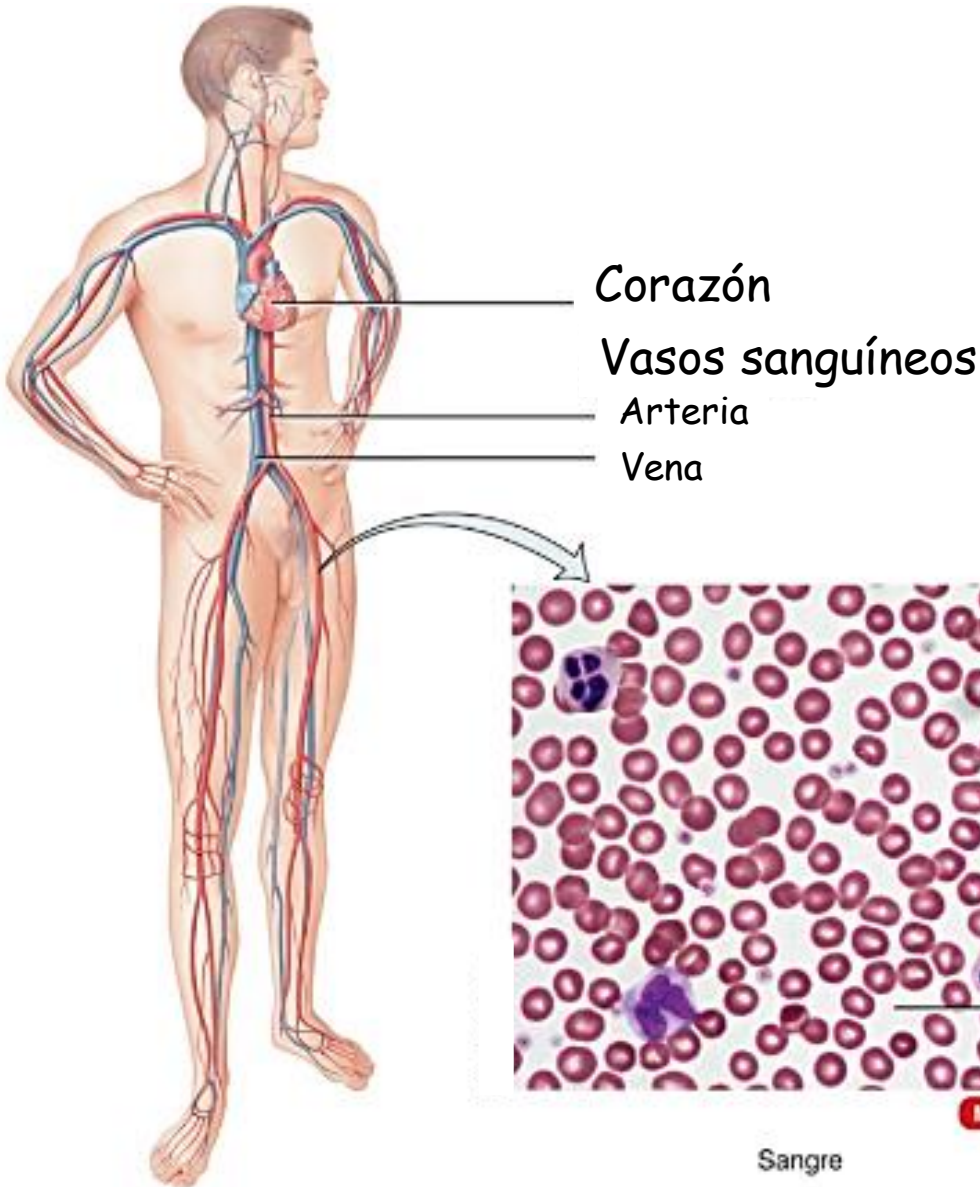
OBJETIVOS:

- 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.

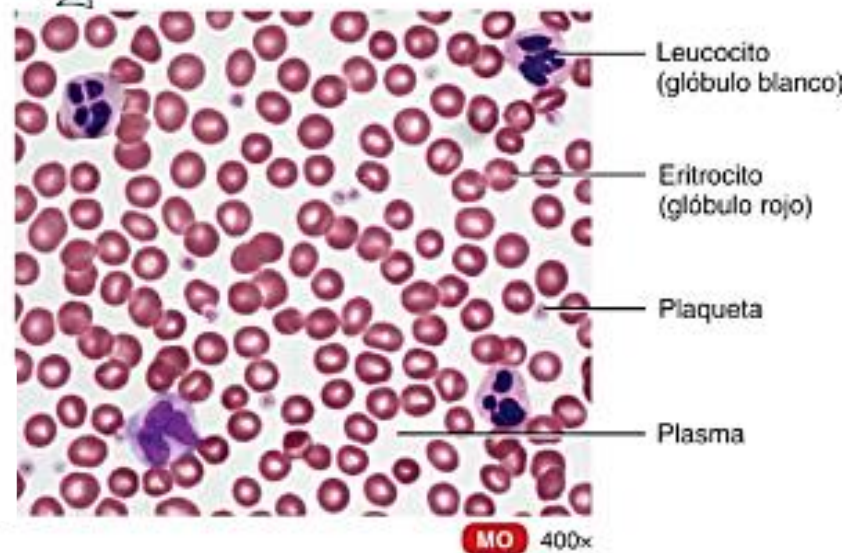
Función de la circulación

- 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

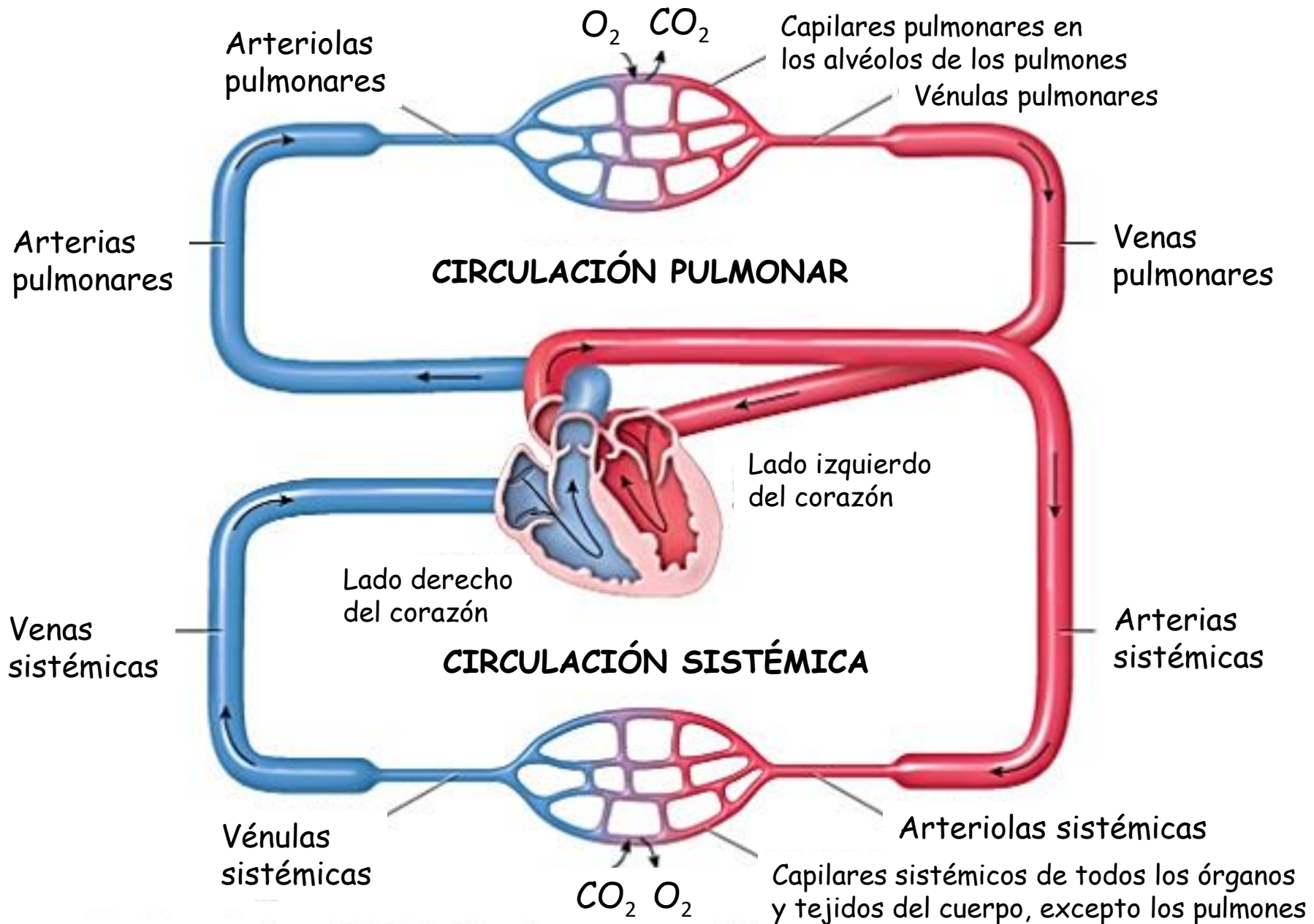


Aspecto de la sangre centrifugada



Sangre

Componentes del aparato cardiovascular



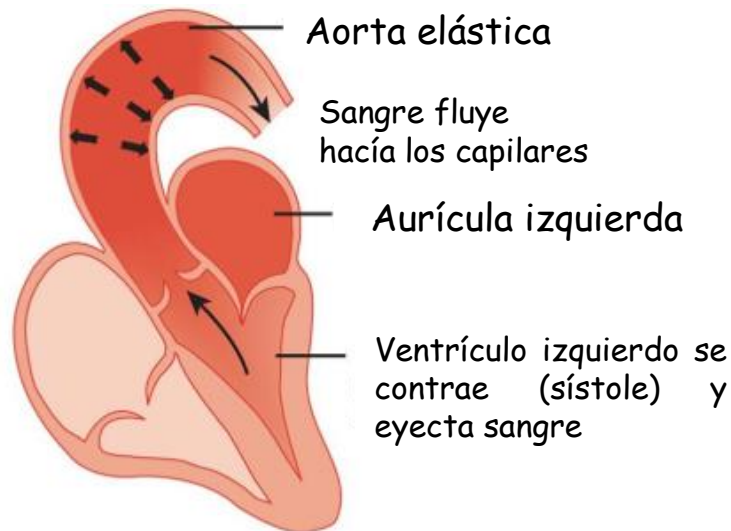
Componentes del aparato cardiovascular

ARTERIAS

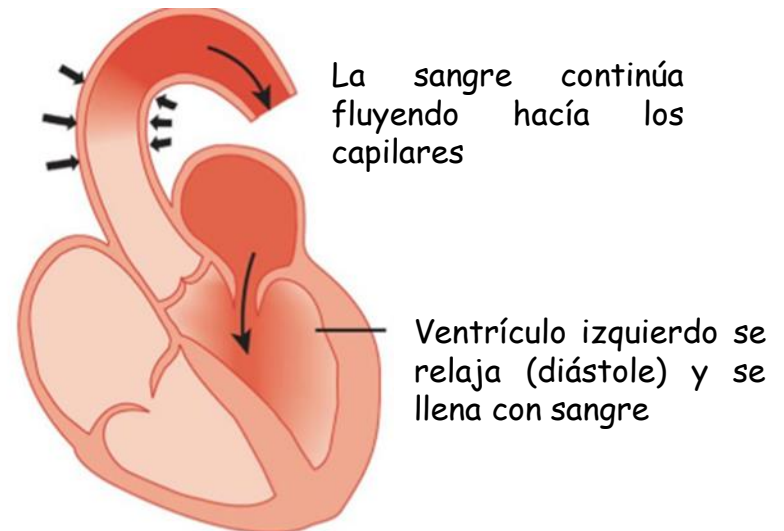
ARTERIAS ELÁSTICAS

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.

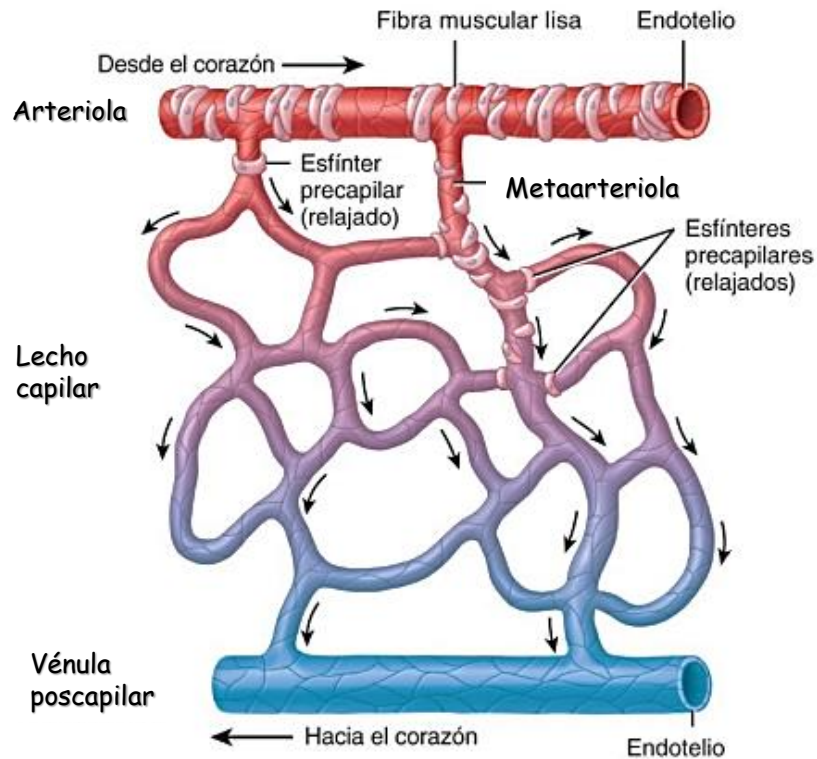
ARTERIOLAS

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

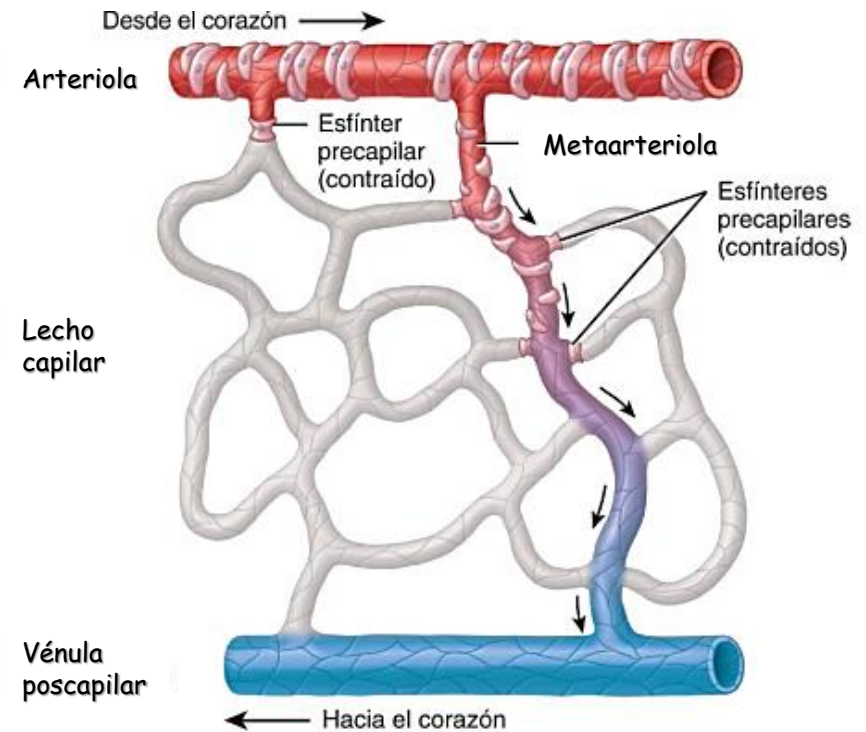
Las más pequeñas están formadas por endotelio, membrana basal y rodeadas por una capa incompleta de fibras musculares lisas.

METAARTERIOLAS

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



Esfínteres relajados: sangre circulando a través de los capilares



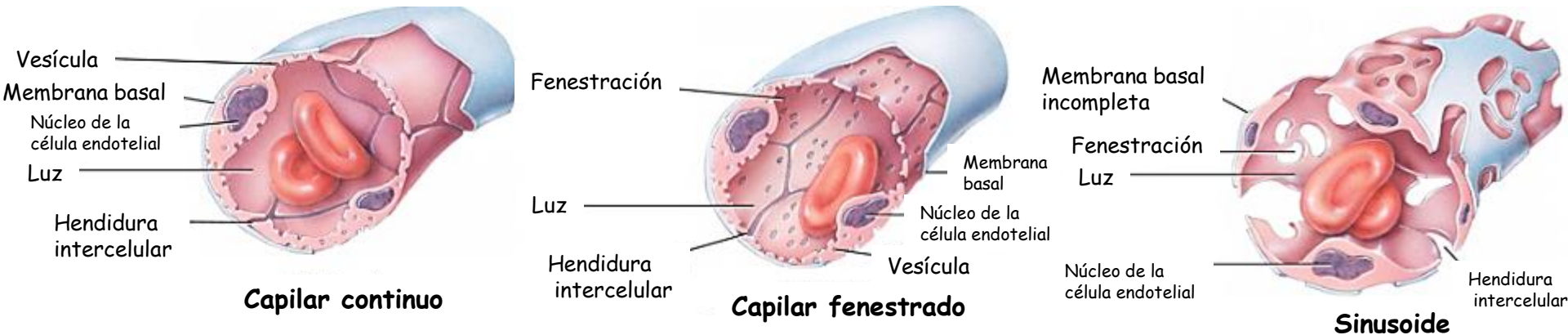
Esfínteres contraídos: sangre circulando solo a través de la metaarteriola

CAPILARES

Cantidad estimada de 10 a 40 mil millones.

Proporciona una superficie aproximada de 600 m² 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%

Circulación sistémica 84%

Venas, vénulas y sinusoides venosos 64%

Vena cava superior

Vena cava inferior

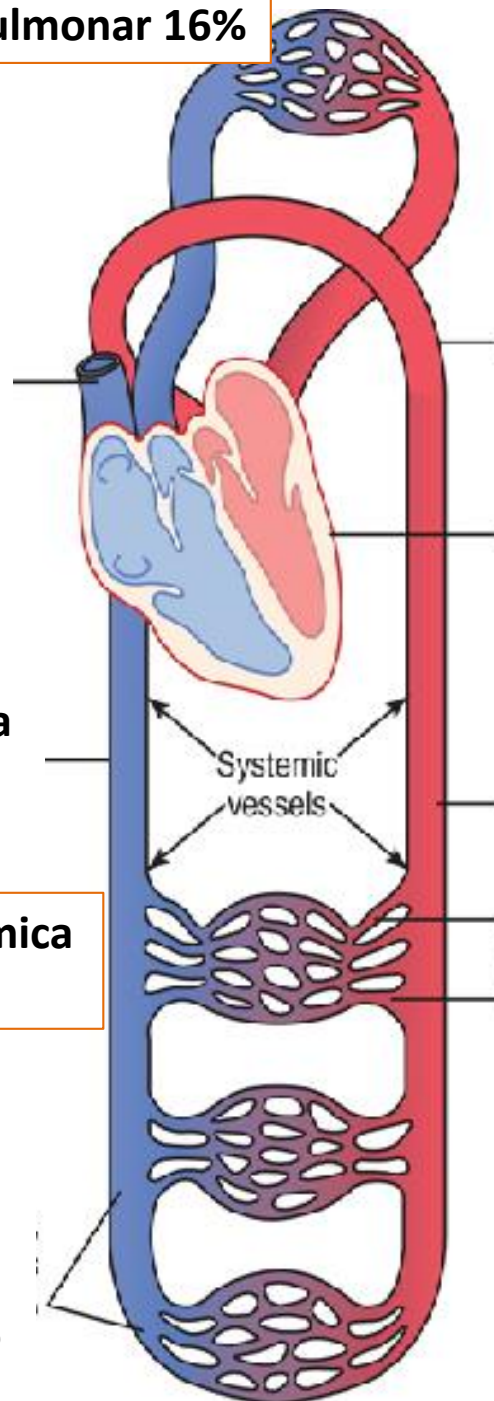
Systemic vessels

Aorta

Corazón 7%

Arterias 13%

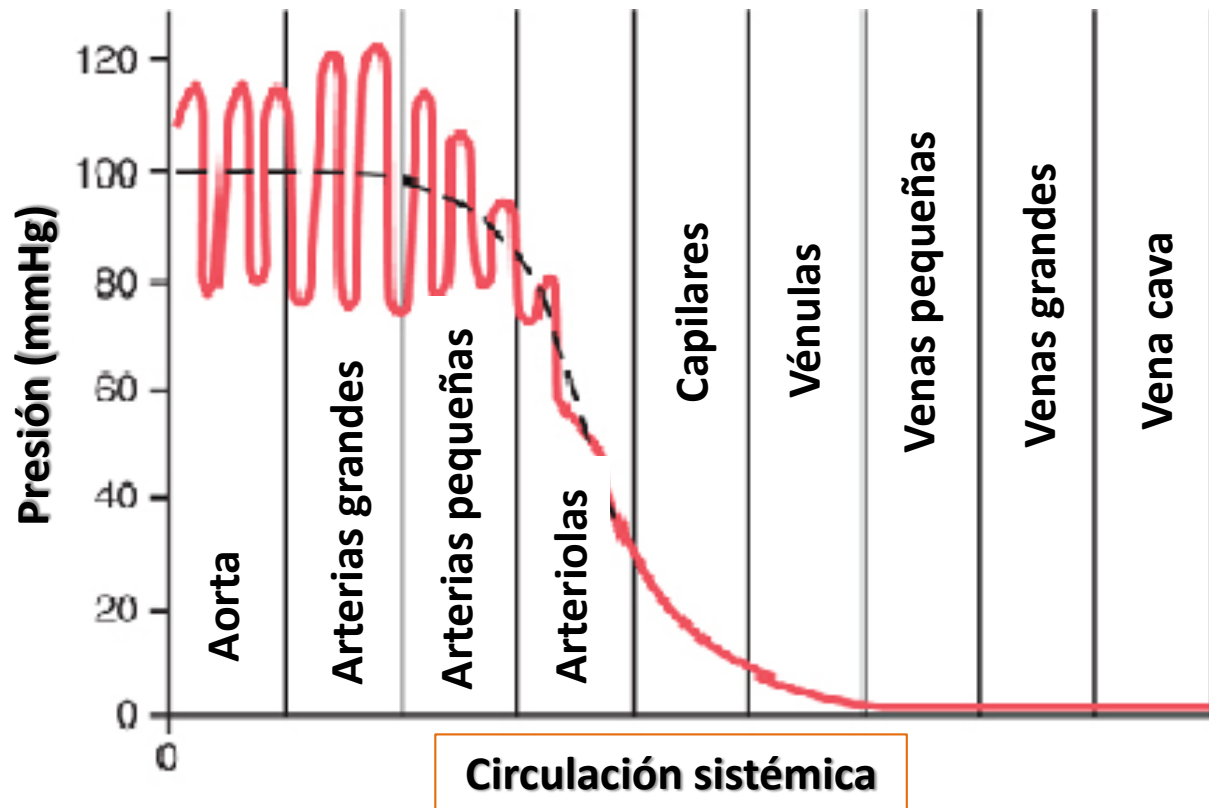
Arteriolas y Capilares 7%

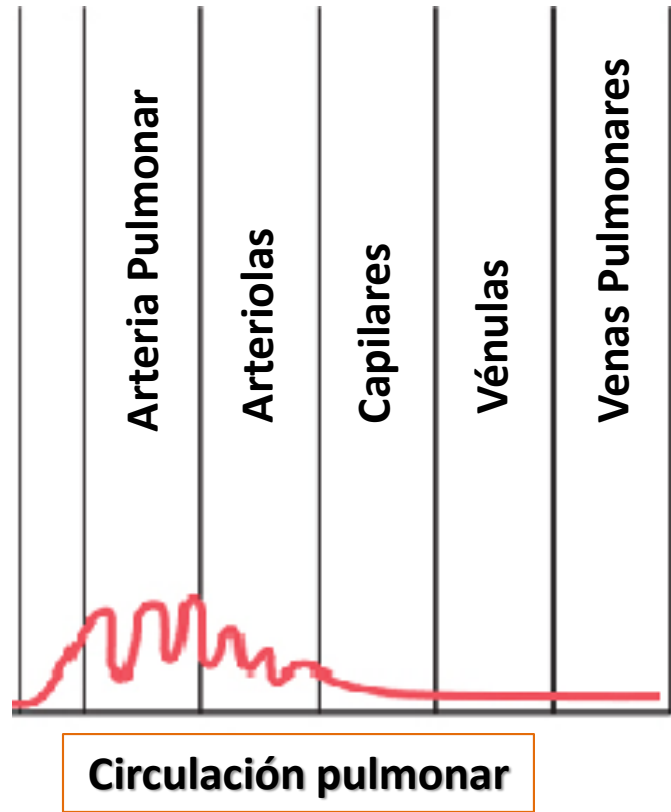
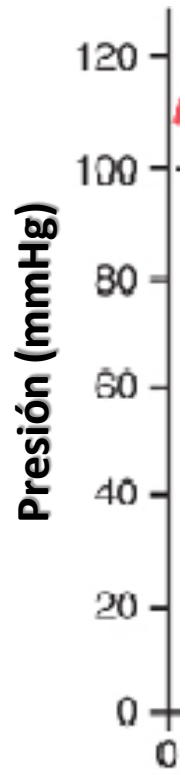


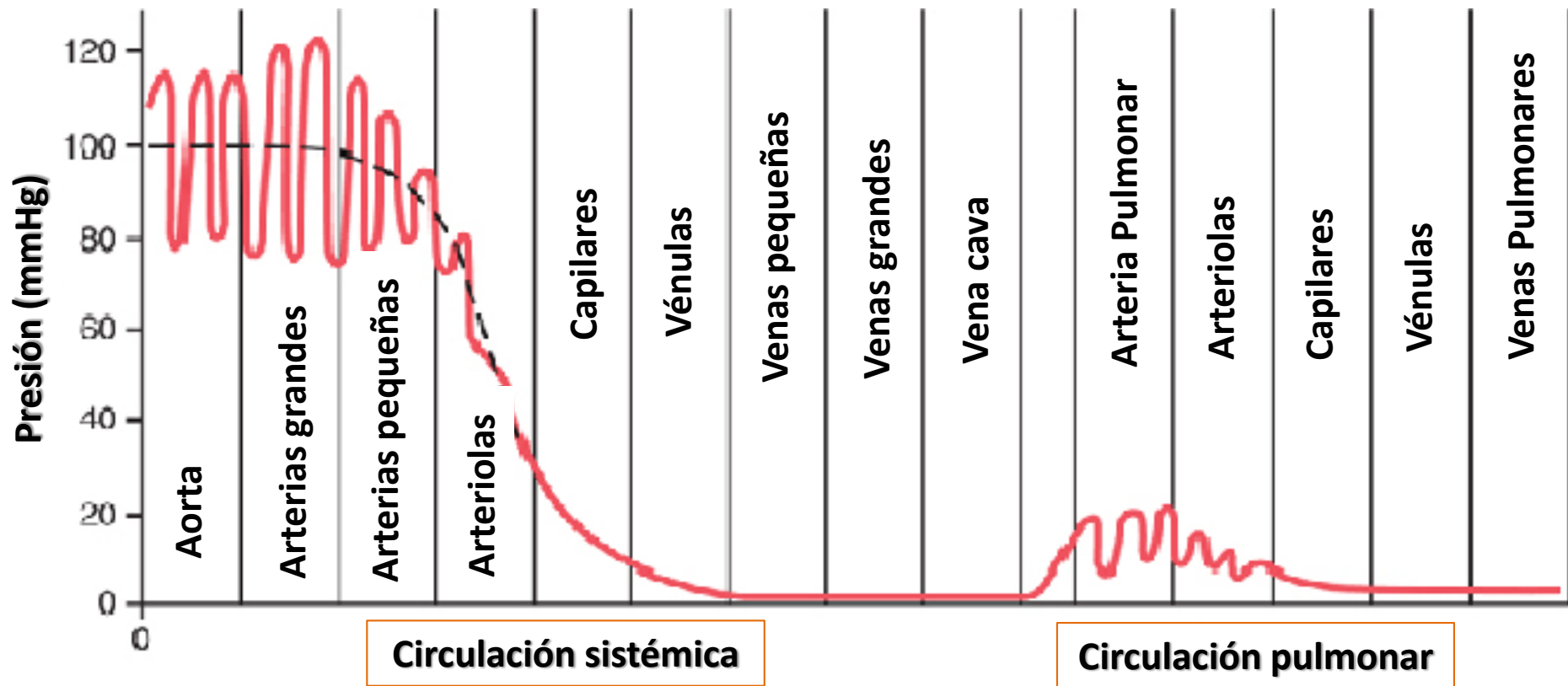
Presiones en las diversas secciones de la circulación

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

Se mide en mmHg o cm de agua.

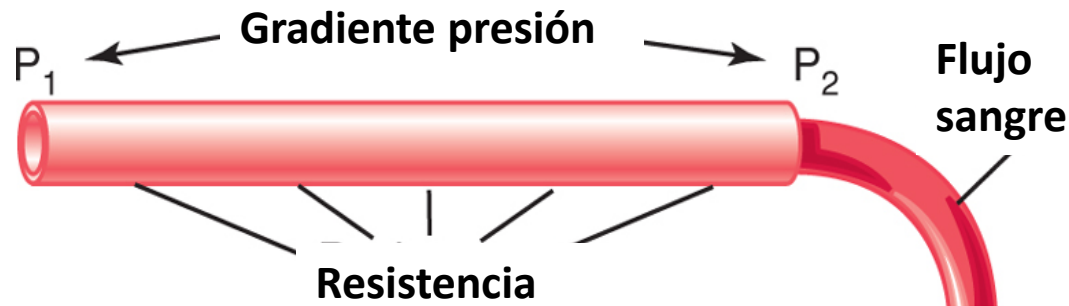






FLUJO SANGUÍNEO

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

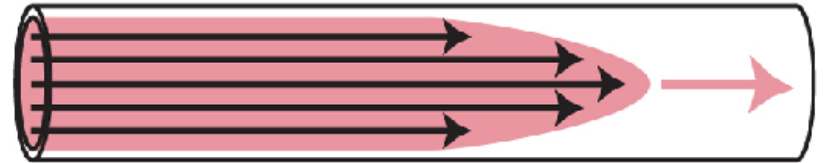
ΔP : gradiente de presión

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

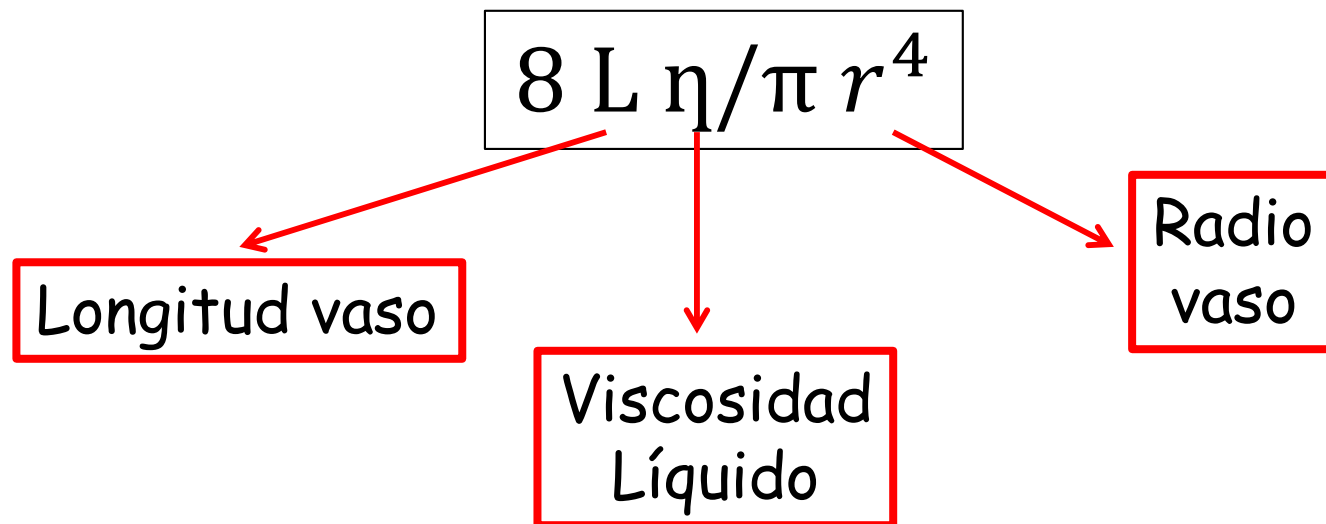


Turbulento



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 ²)
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.

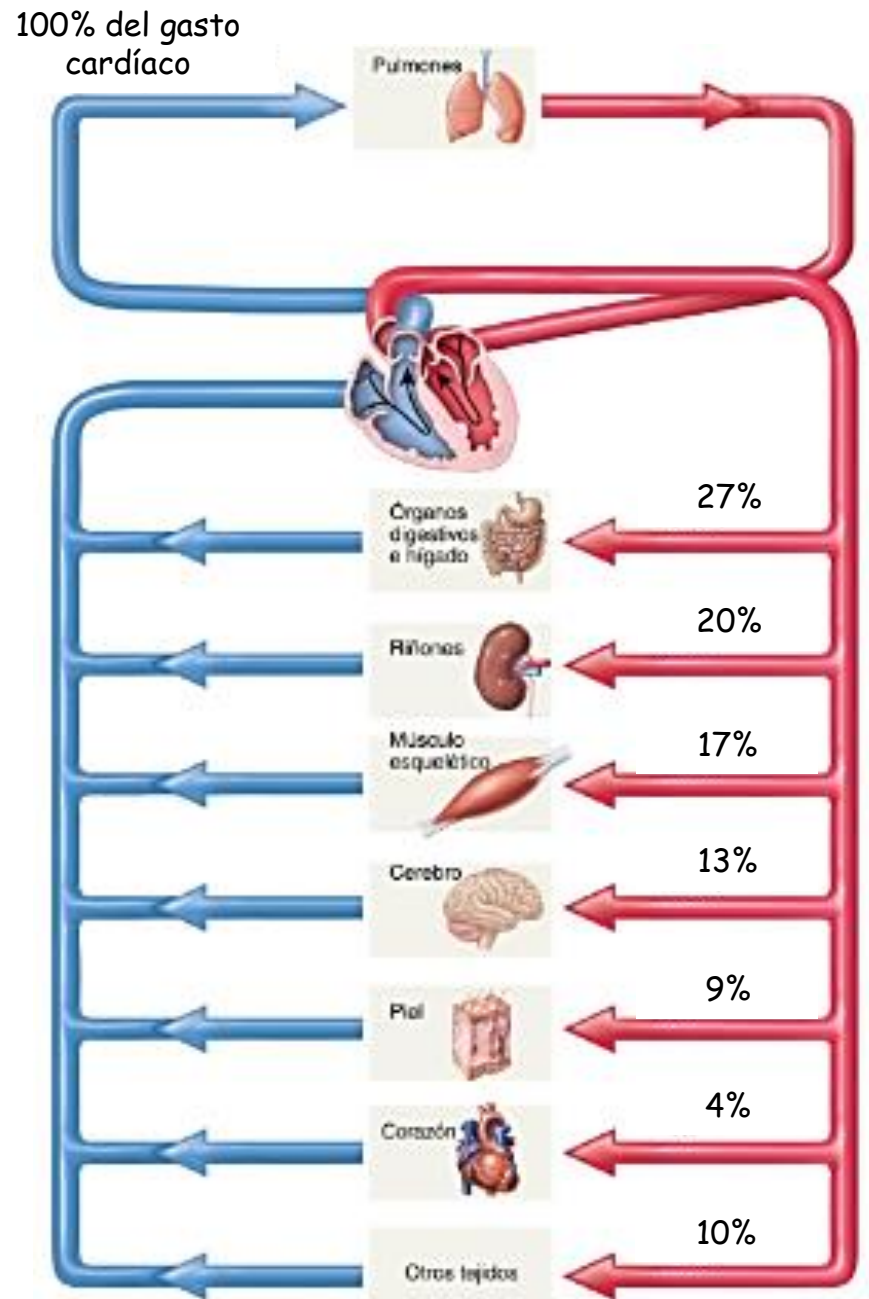
Velocidad media Aorta 33 cm/seg

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

Cambios físicos

Factores humorales

Control extrínseco

Sistema nervioso autónomo

Hormonas

Radio Vaso

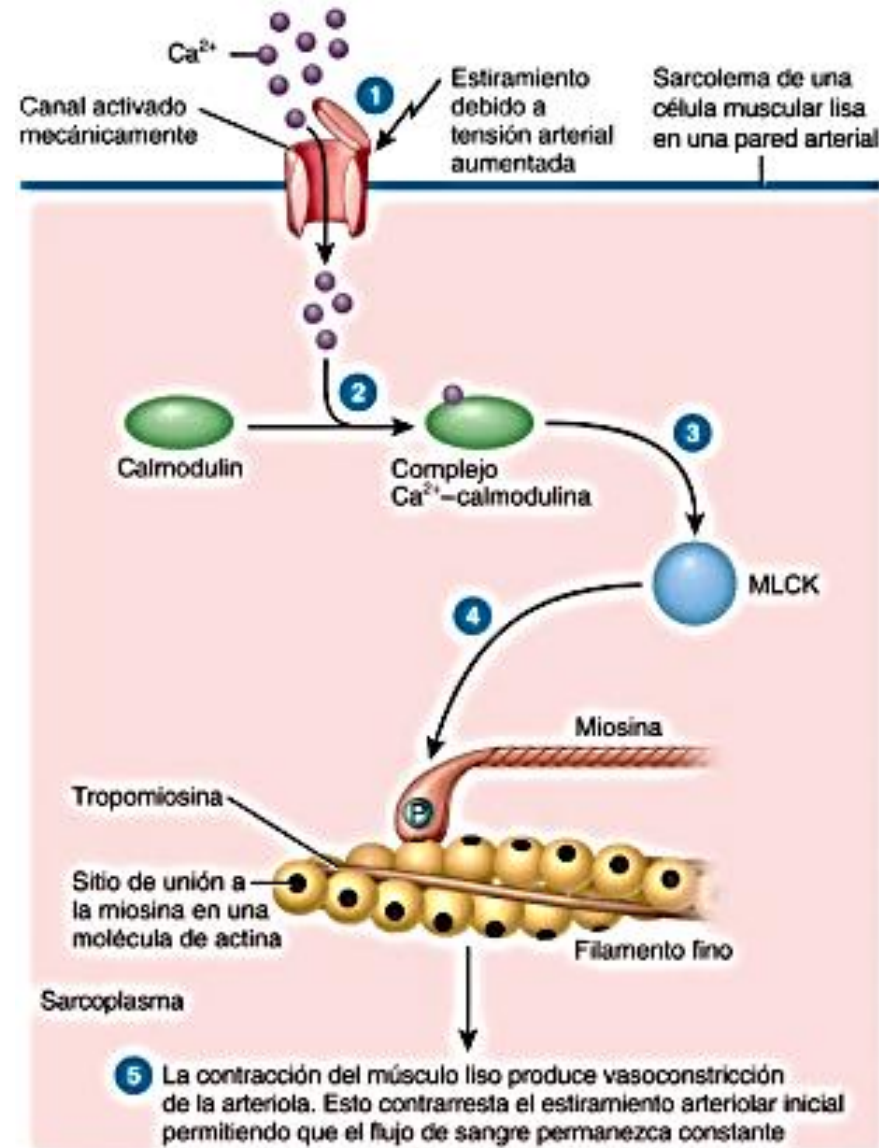
Control intrínseco

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 Ca^{2+} activado mecánicamente.
- 2 Ca^{2+} se une a la calmodulina para formar complejos.
- 3 El complejo 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.



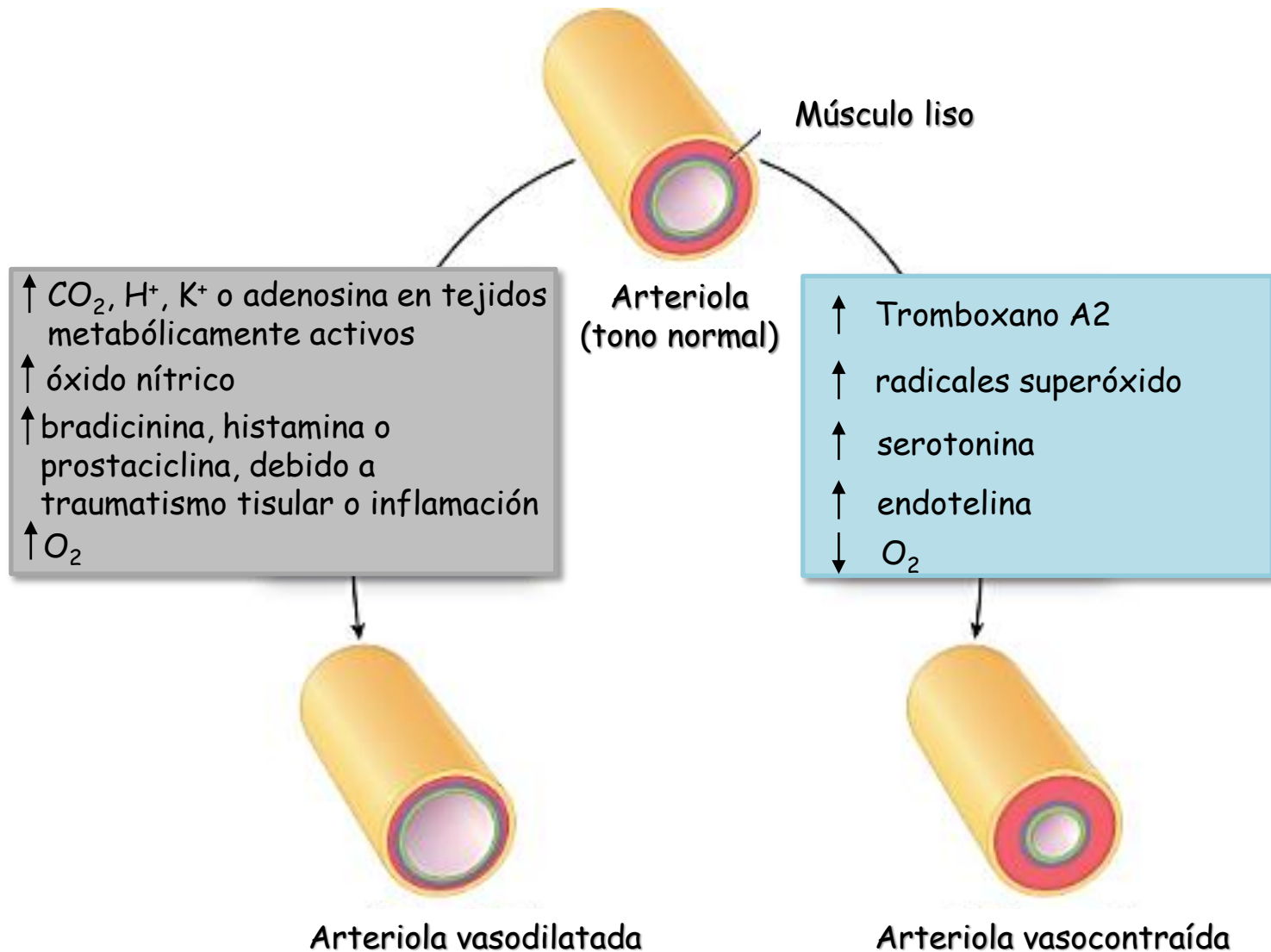
Radio Vaso

Control intrínseco

Factores humorales

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

Factores humorales



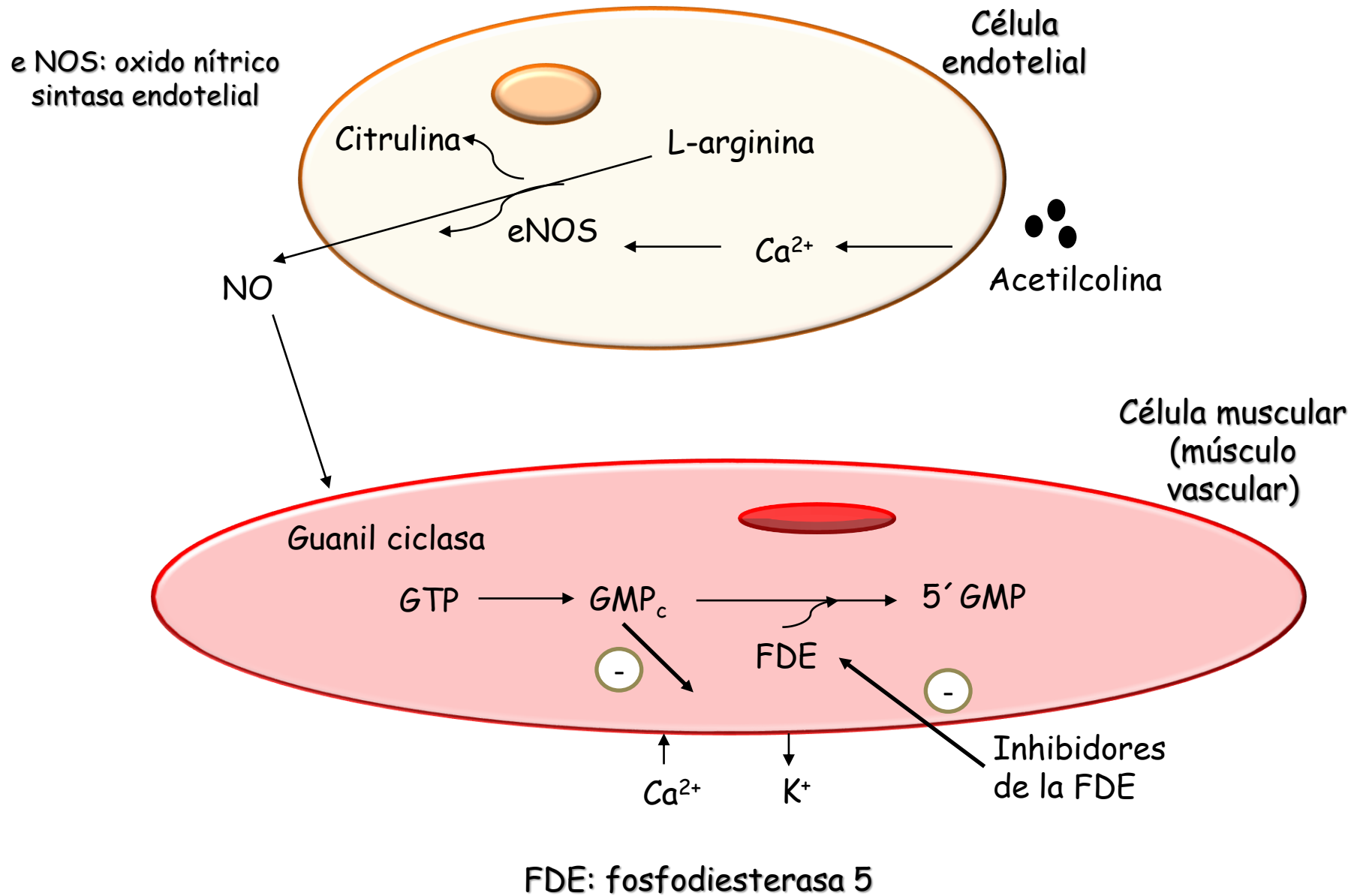
Endotelio Vascular

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

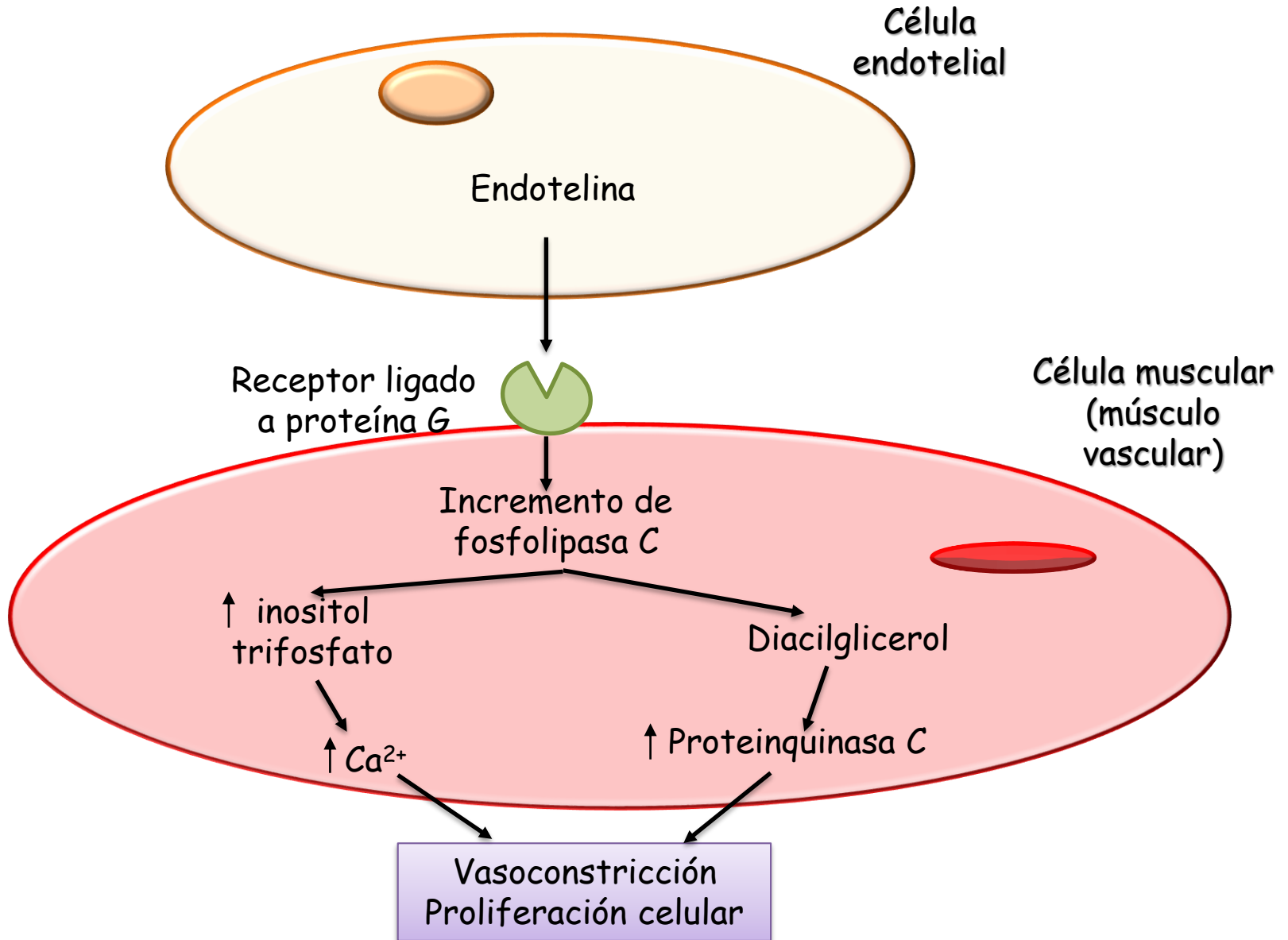
Funciones del endotelio

- 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 fibrinólisis.
- Regula la adhesión de plaquetas y leucocitos.
- Regula la agregación plaquetaria.
- Modula la peroxidación de lípidos.
- Angiogénesis.

Síntesis de NO



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

↑ CO_2 , H^+ , K^+ y adenosina

El incremento en el flujo aporta más O_2 y nutrientes y remueve metabolitos.

Hiperemia reactiva

Bloqueo
transitorio
del flujo

↓ O_2

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

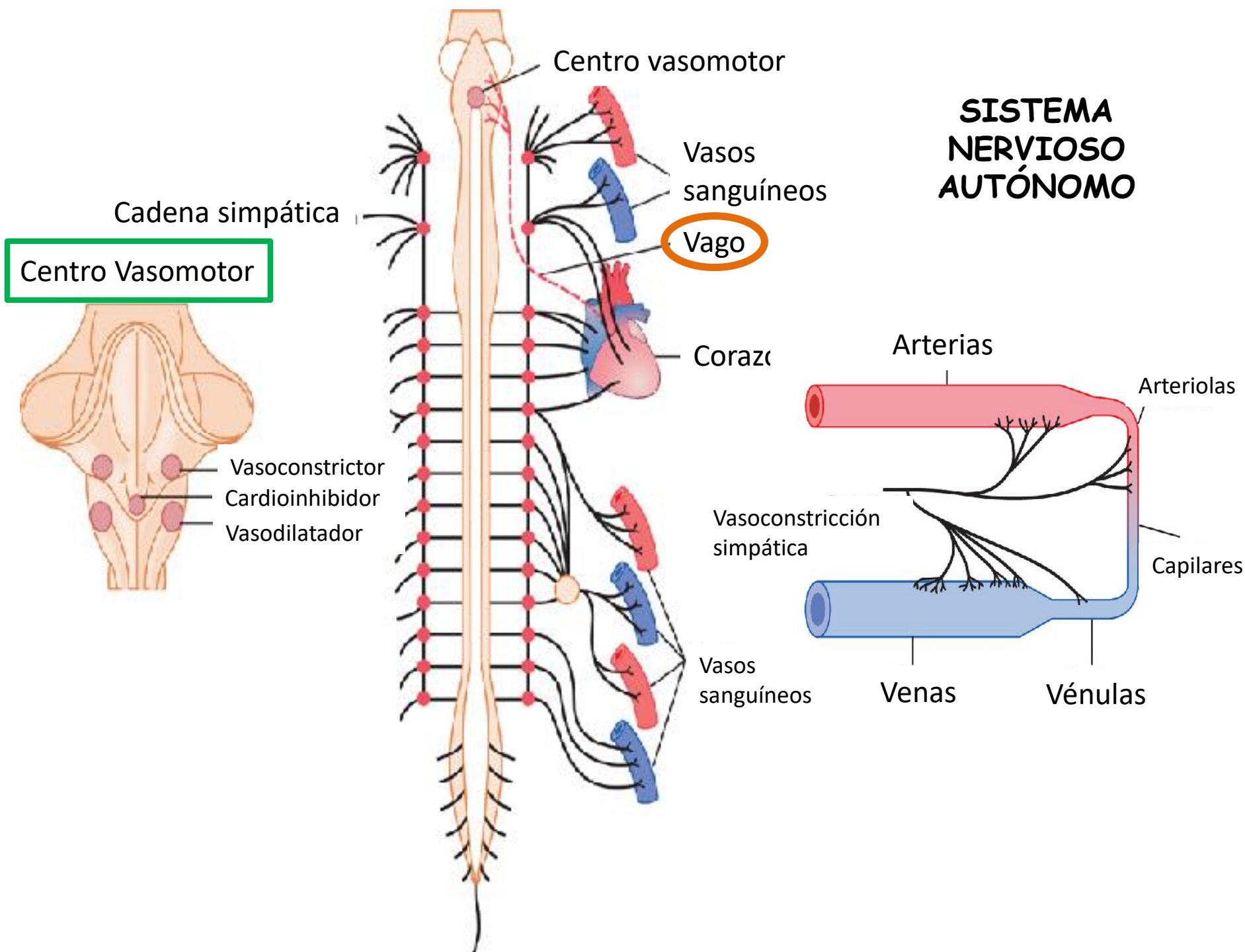
Radio Vaso

Control extrínseco

Sistema nervioso autónomo

Simpático	Parasimpático
Libera Noradrenalina Aumenta FC Aumenta el inotropismo Disminuye radio arteriolar	Libera Acetilcolina Disminuye FC Disminuye inotropismo

SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO



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

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

GC *RP*

PRESIÓN

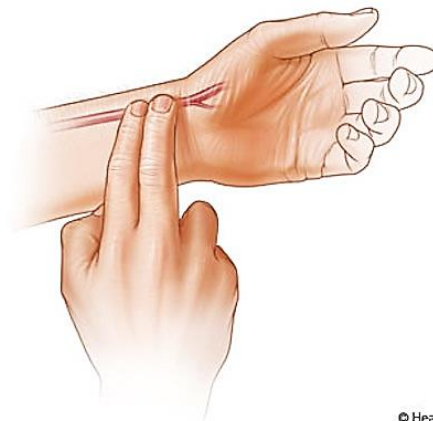
La contracción de los ventrículos genera la tensión arterial, la presión hidrostática que ejerce la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos

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 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.

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

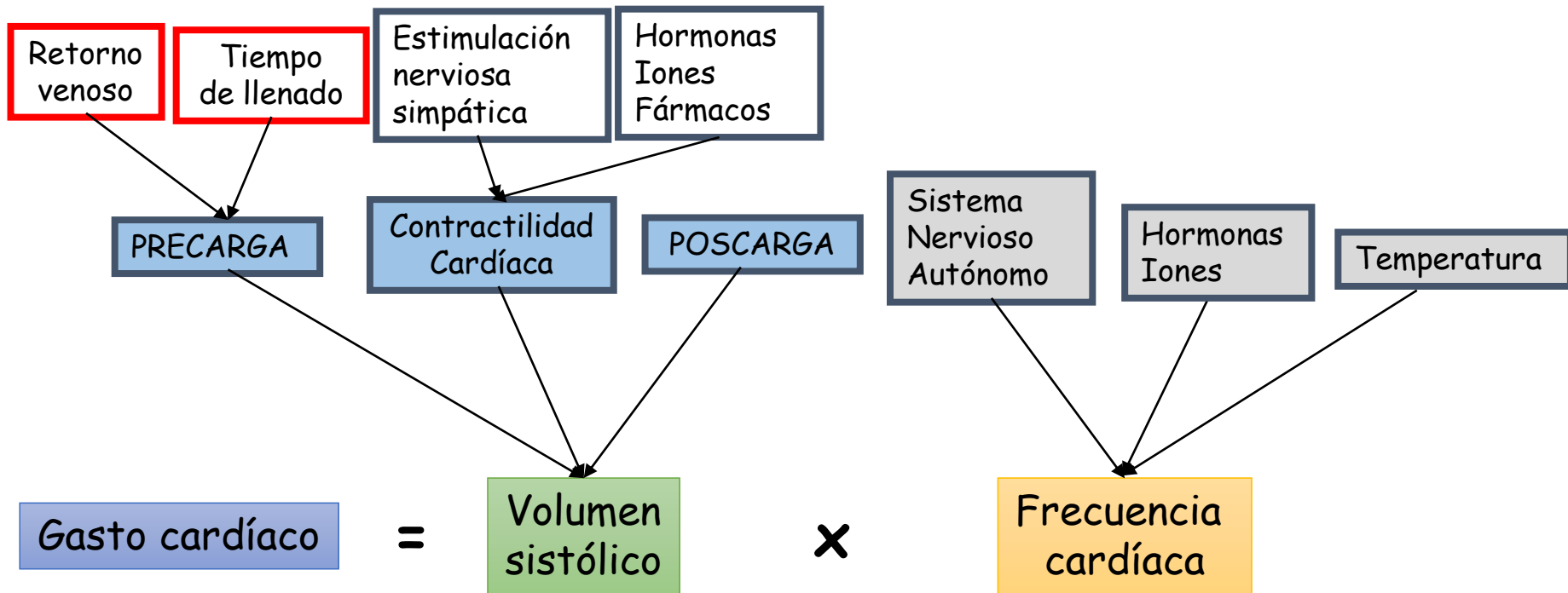
Se estima como la presión diastólica más 1/3 de la presión de pulso.

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

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

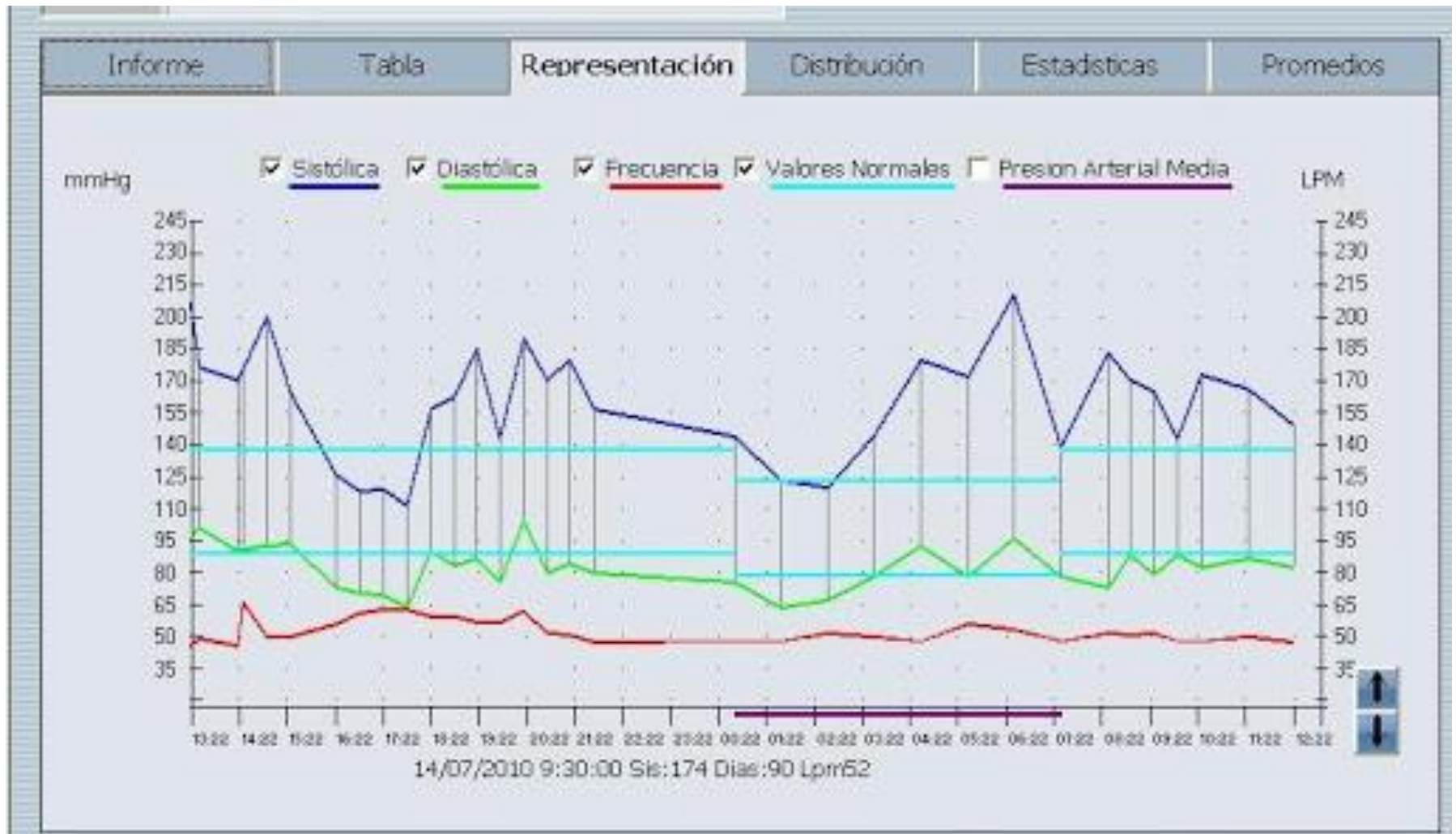


Clasificación de la Tensión Arterial

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

Séptimo Informe del Joint Nacional Comité sobre Prevención, Detección, Evaluación y Tratamiento de la Hipertensión Arterial (JNC 7)

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 grande 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

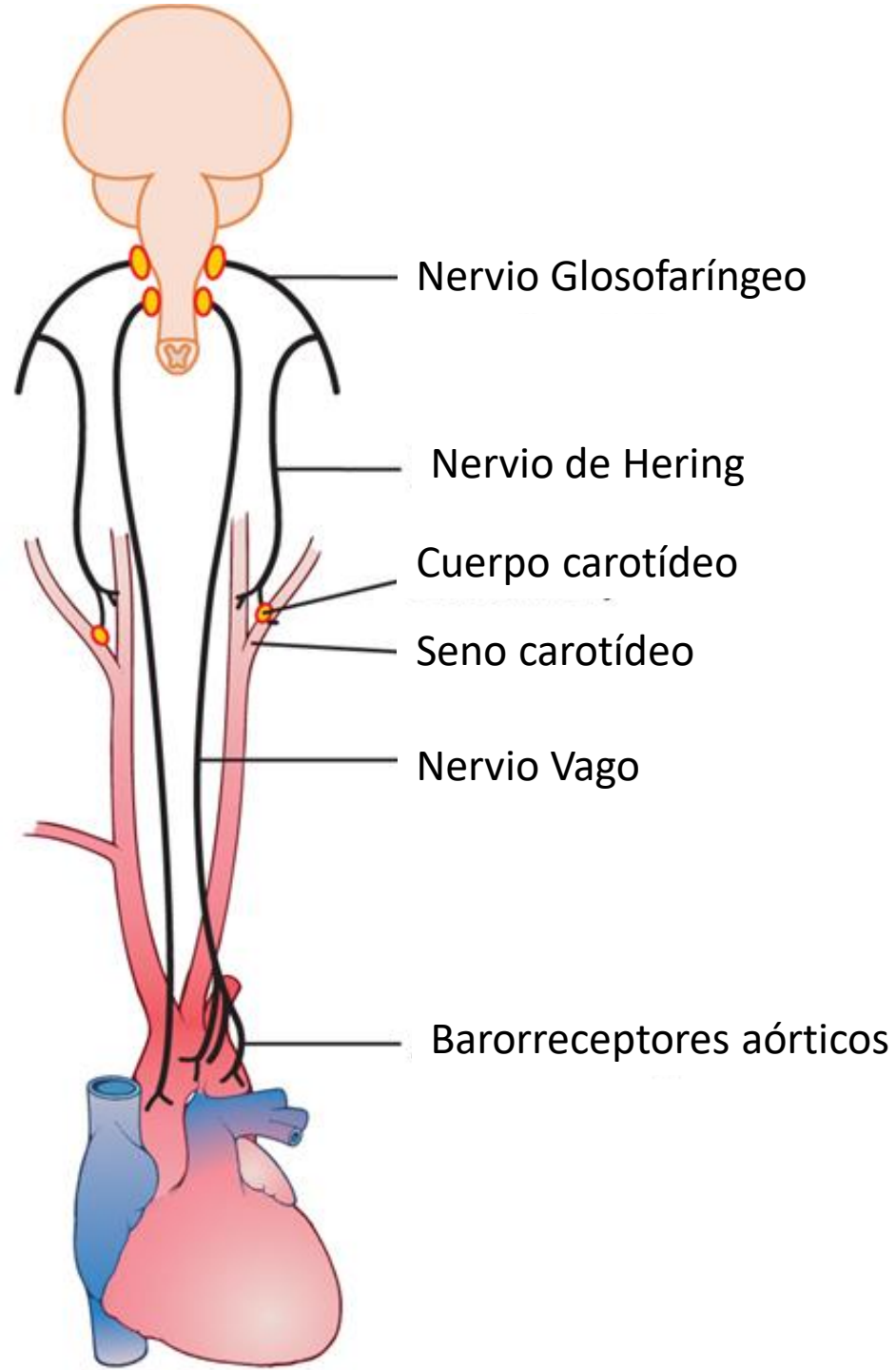
La presión arterial se modifica por el contenido de sangre (el flujo) dentro de los vasos sanguíneos, para lo cual interviene el
RIÑÓN

Mecanismos de Control de la Presión Arterial

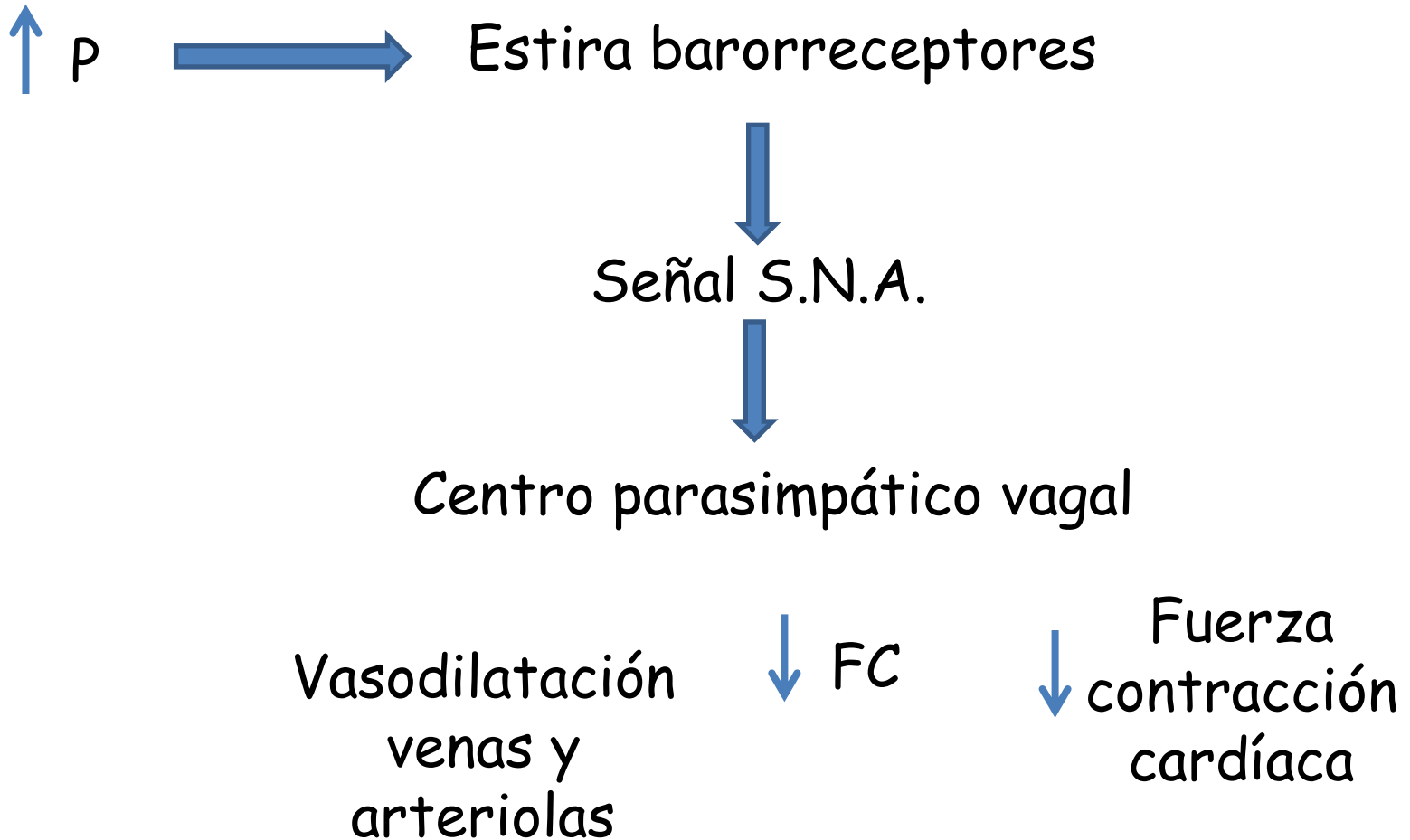
Barorreceptores

Quimiorreceptores

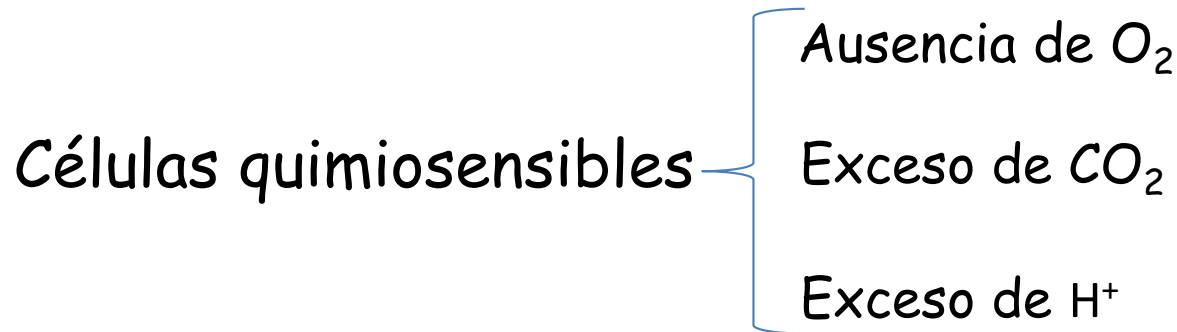
LOCALIZACIÓN BARORRECEPTORES



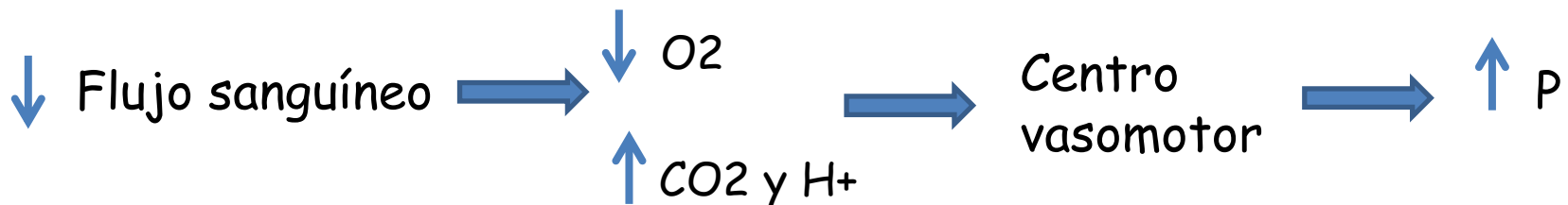
Reflejo Barorreceptor



Quimiorreceptores carotideos y aórticos



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



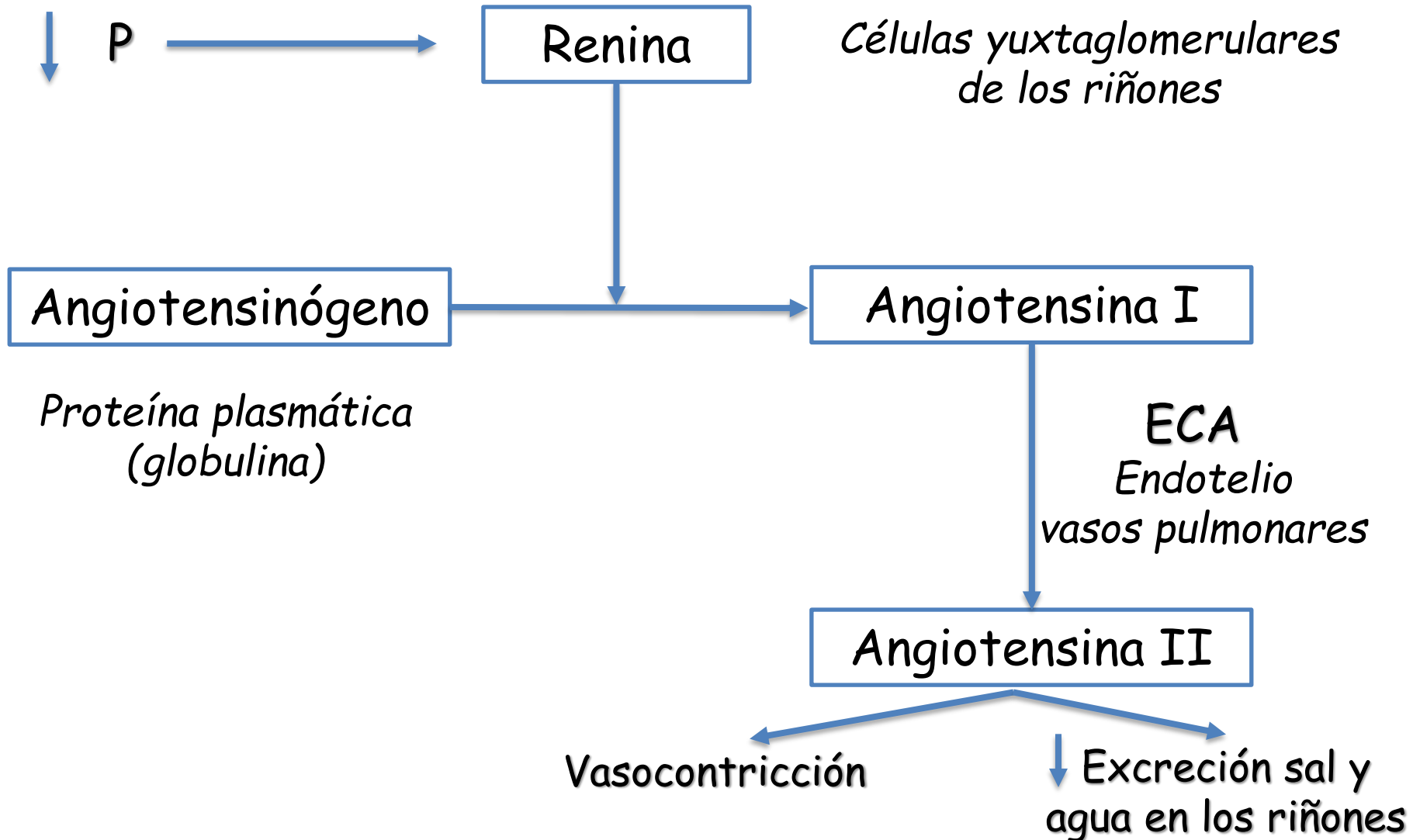
Mecanismos de Control de la Presión Arterial

Sistema renina - angiotensina - aldosterona

Hormona antidiurética

Péptido natriurético auricular

Mecanismo vasoconstrictor de renina - angiotensina



Angiotensina I

ECA

Angiotensina II

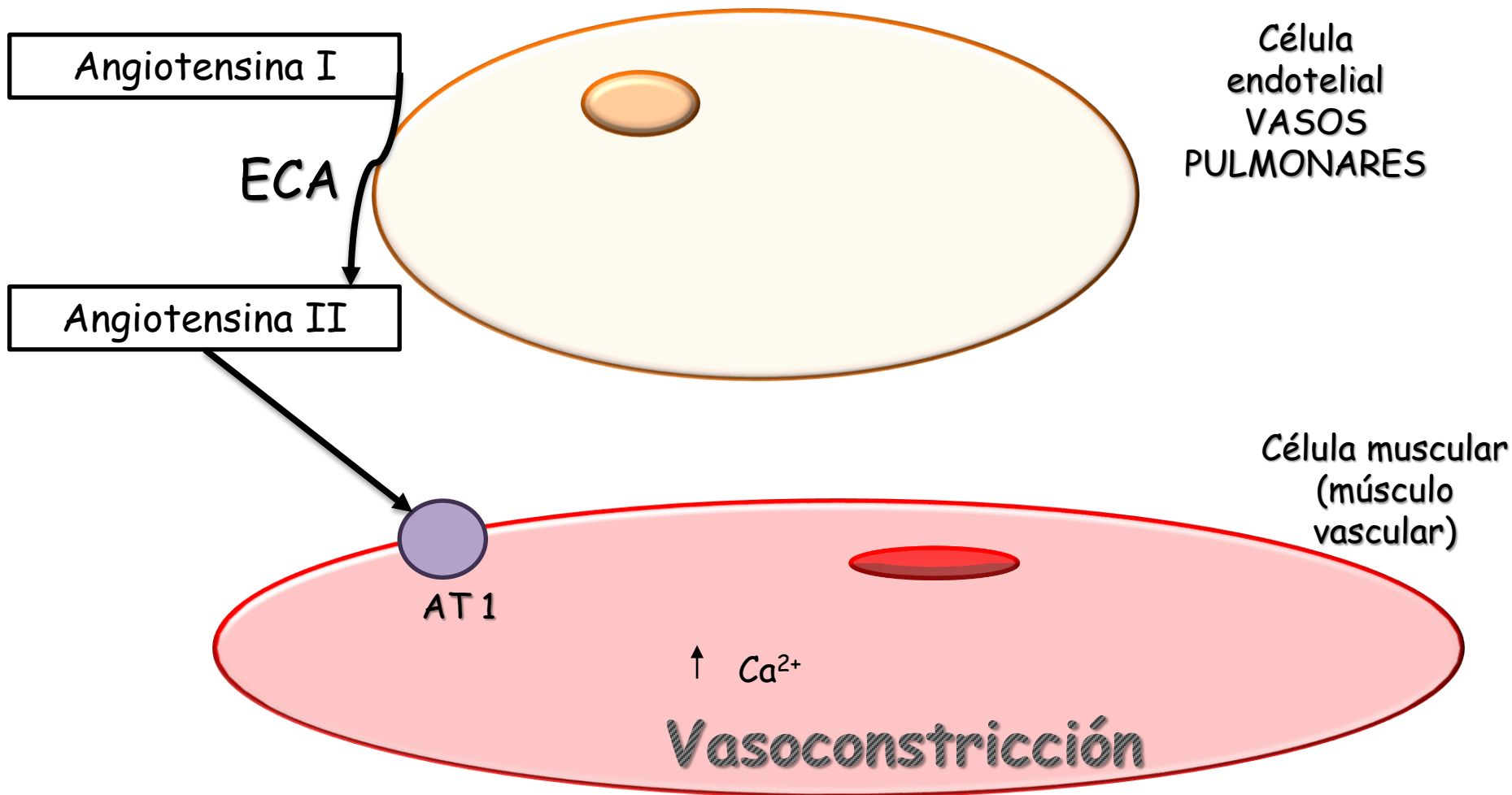
Célula
endotelial
VASOS
PULMONARES

Célula muscular
(músculo
vascular)

AT 1

↑ Ca^{2+}

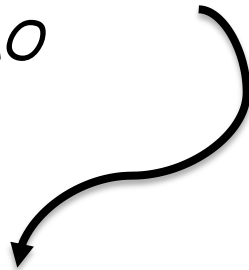
Vasoconstricción



Hormona antidiurética

Núcleo supraóptico
HIPOTÁLAMO

Neurohipófisis



↑ Osmolaridad

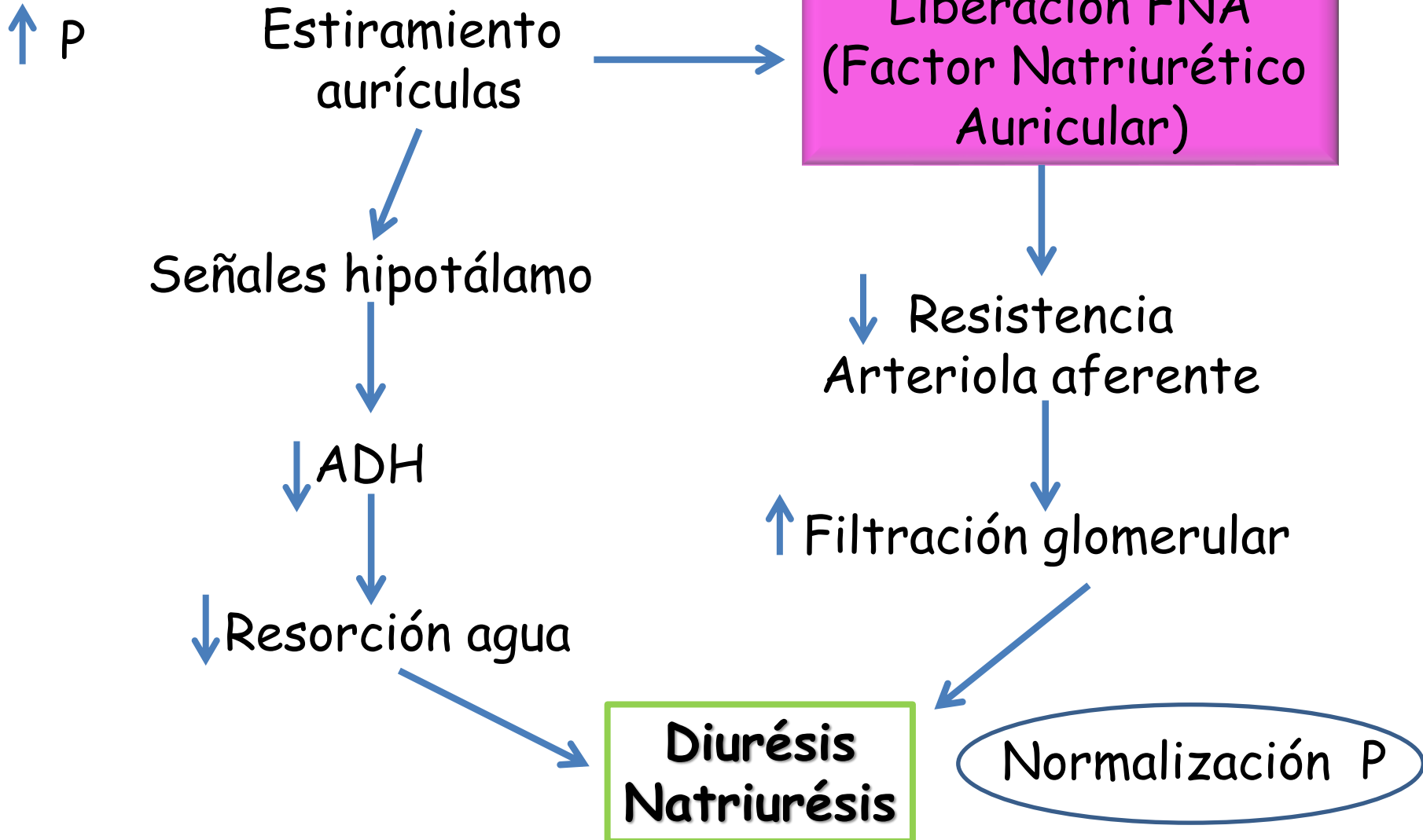
↓ Volemia

↓ Tensión arterial

Vasoconstricción

Reduce excreción
renal de agua

Reflejo Volumen



Marcadores Cardiológicos



```
graph TD; A[Marcadores Cardiológicos] --> B[Síndromes coronarios agudos]; A --> C[Insuficiencia cardíaca];
```

Síndromes
coronarios
agudos

Insuficiencia
cardíaca

Creatinquinasa

CK

Hasta 200 UI/L

Creatinquinasa - Mb

CK-MB

Mioglobina

Troponina T

Troponina I

< 0,01 ng/ml

Péptidos
natriúreticos

ANP

Zona atrial
del
Miocardio

BNP

Ventrículo
izquierdo

CNP

Vasos
sanguíneos

< 100 pg/ml

Bibliografía

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