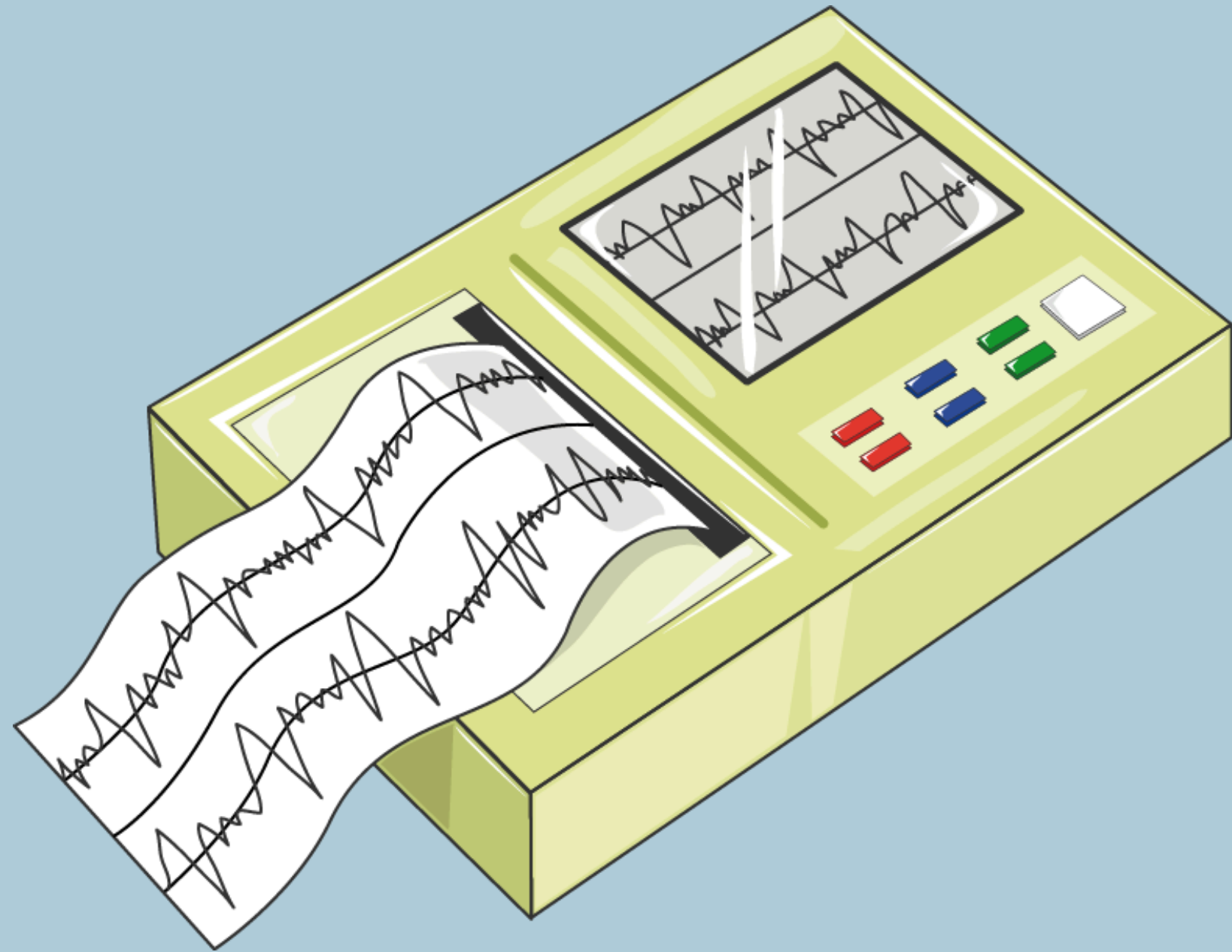


# Fisiología cardiovascular



Fisiología,  
hemodinámica y  
electrocardiografía

**Dr. Francisco Xavier Pérez Vilchis "CardioXavi"**

# Resultado de aprendizaje general

El estudiante explica los eventos relacionados con el ciclo cardíaco y los relaciona con los mecanismos que regulan la función cardiovascular, en la resolución de un problema fisiológico.

# Resultados de aprendizaje

## **Organización funcional del sistema cardiovascular**

- Describe los elementos que constituyen el sistema cardiovascular, sus características morfológicas y sus propiedades físicas.

## **Excitabilidad: Origen y conducción de la actividad eléctrica del corazón**

- Reconoce las propiedades biofísicas de las células en los diferentes tejidos cardíacos.
- Define los conceptos de excitabilidad celular, potencial de membrana en reposo y potencial de acción.

# Resultados de aprendizaje

## **Automatismo, conducción y contractilidad del corazón**

- Explica los mecanismos que participan en la regulación del sistema de conducción eléctrico del corazón, desde el inicio del impulso eléctrico, hasta la contracción y relajación del músculo cardíaco.

## **Fundamentos electrofisiológicos del electrocardiograma**

- Explica los fundamentos físicos del electrocardiograma.
- Analiza el significado de las ondas, intervalos, segmentos y complejo QRS en el electrocardiograma.

# Resultados de aprendizaje

## El corazón como bomba

- Explica los eventos mecánicos y eléctricos que participan en el ciclo cardíaco.
- Discuten los factores que determinan el gasto cardíaco.

## Hemodinámica

- Analiza el concepto de hemodinámica y las variables implicadas en su regulación.

## La circulación mayor

- Identifica los fenómenos mecánicos, eléctricos y físicos que participan en la regulación de la presión arterial.

# Resultados de aprendizaje

## Regulación de la función del sistema cardiovascular

- Reconoce los mecanismos humorales que participan en la regulación del tono vascular.
- Discute el papel del sistema nervioso en la regulación de la presión arterial.

## Circulación coronaria

- Describe el flujo coronario y los factores que lo regulan, así como su importancia en el mantenimiento del tejido cardíaco sano.

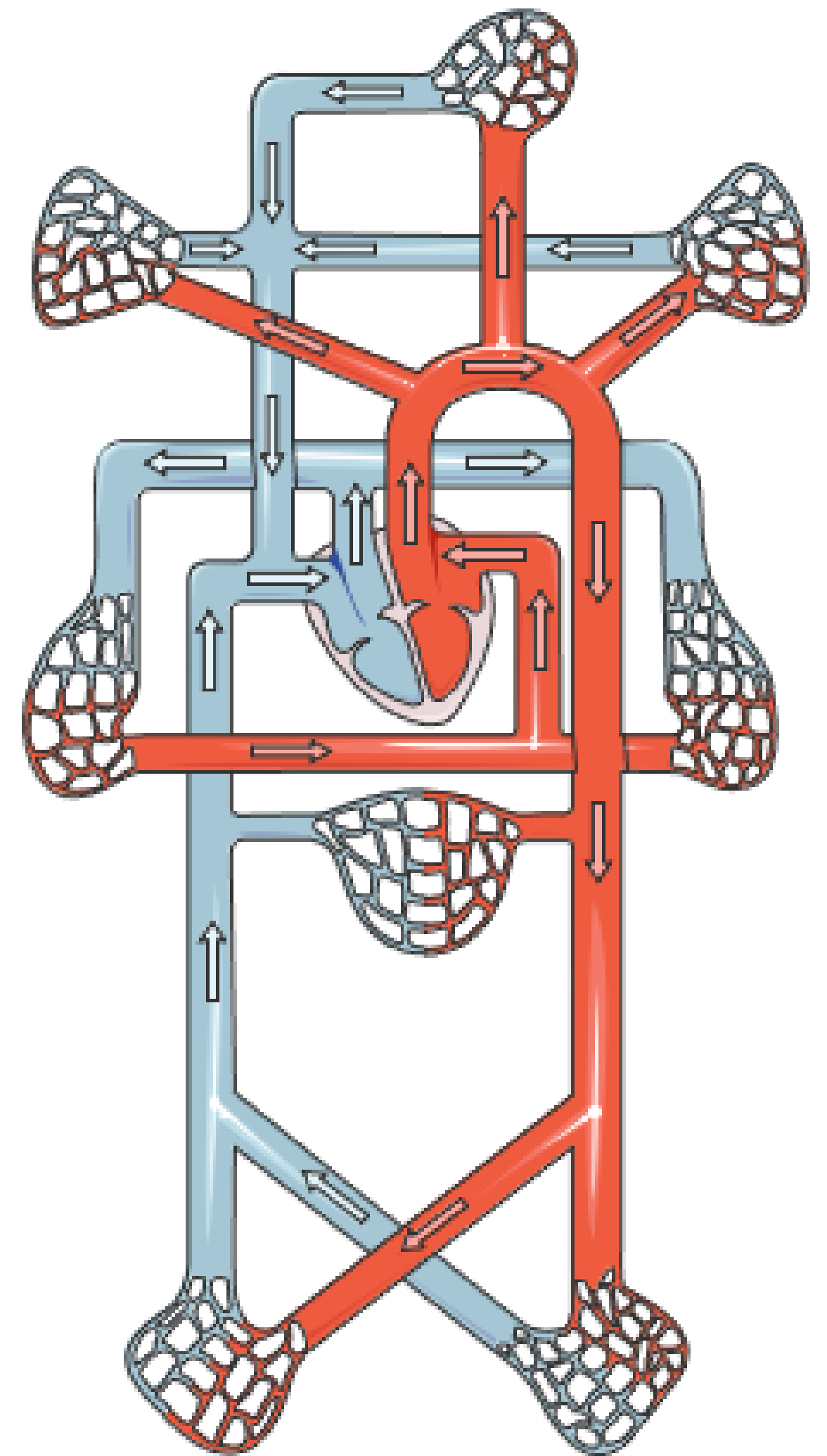
- **Circulación menor**
- **Circulación linfática**
- **Circulaciones regionales: cerebral, de la piel y entérica**

# **Organización funcional del sistema cardiovascular**

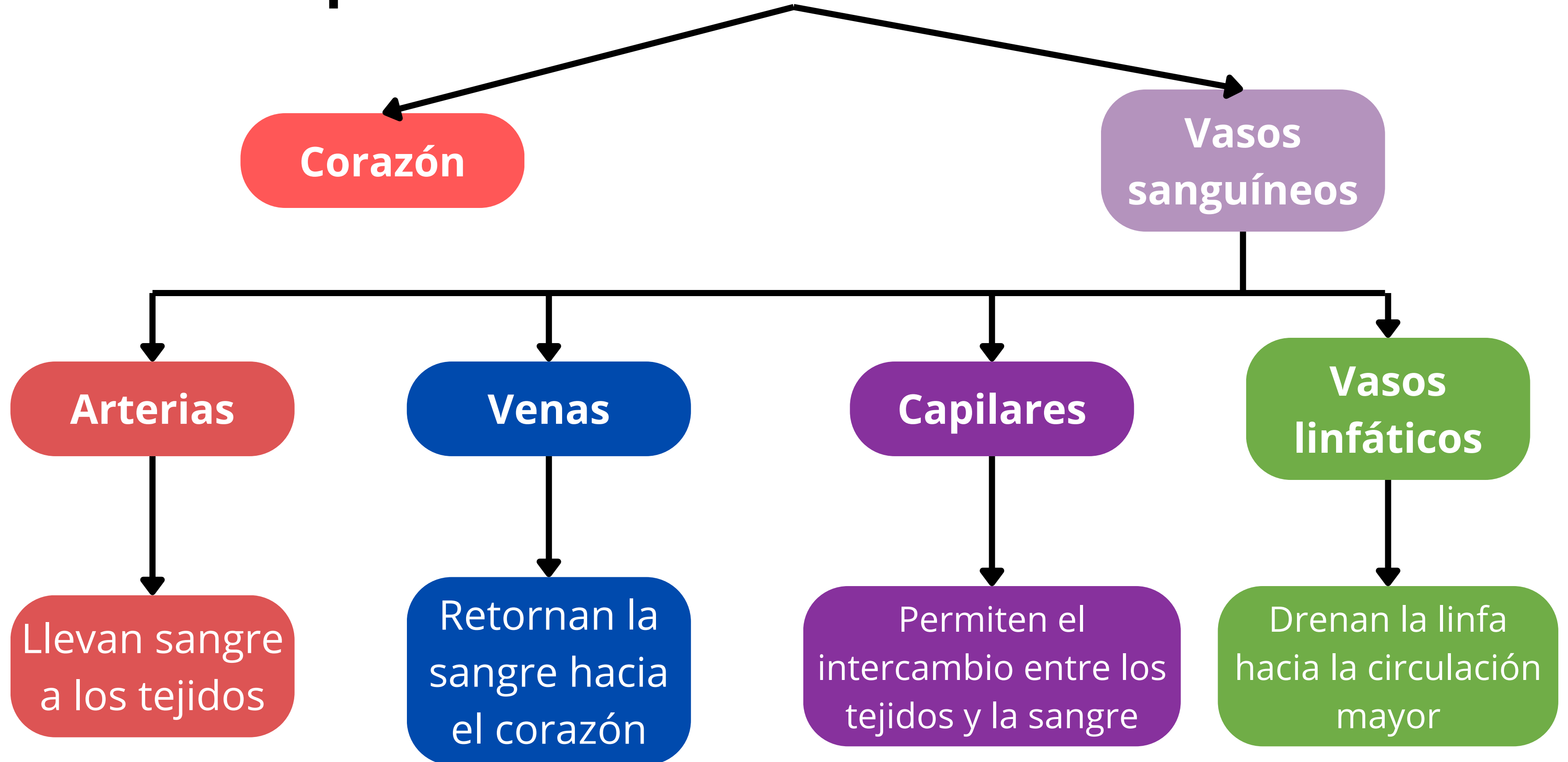
# Función del sistema cardiovascular

Proporcionar sangre a todos los tejidos para satisfacer sus necesidades metabólicas y eliminar sus deshechos.

Así como llevarla a los pulmones para oxigenarla.



# Componentes del Sistema cardiovascular

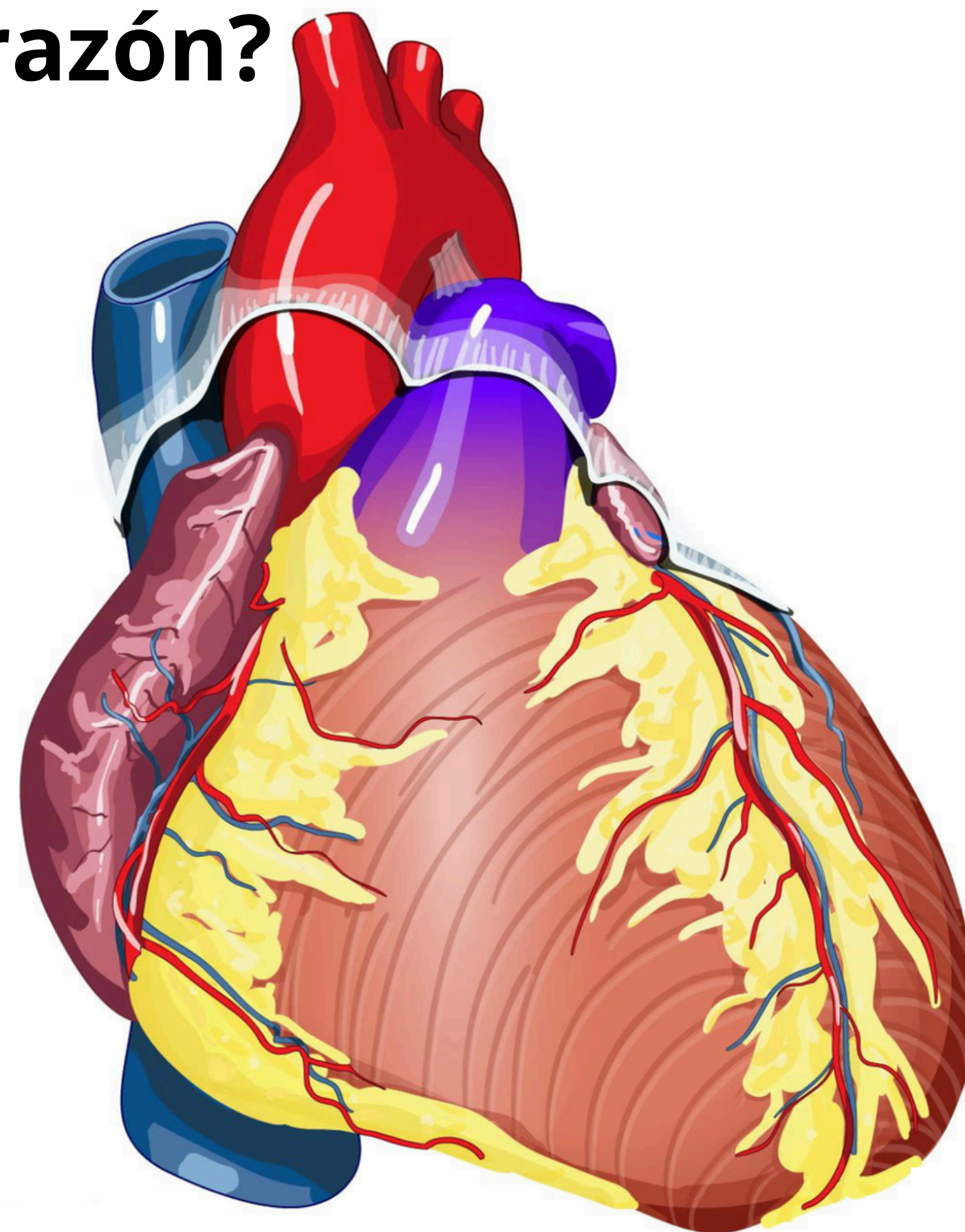


# ¿Qué es el corazón?

**Víscera hueca muscular** encargada de bombear la sangre hacia los pulmones y el resto de tejidos.

## Medidas generales:

- **Largo:** 12 centímetros
- **Ancho:** 8 centímetros
- **Peso:** 250 a 300 gramos en hombres y 200 a 250 gramos en mujeres

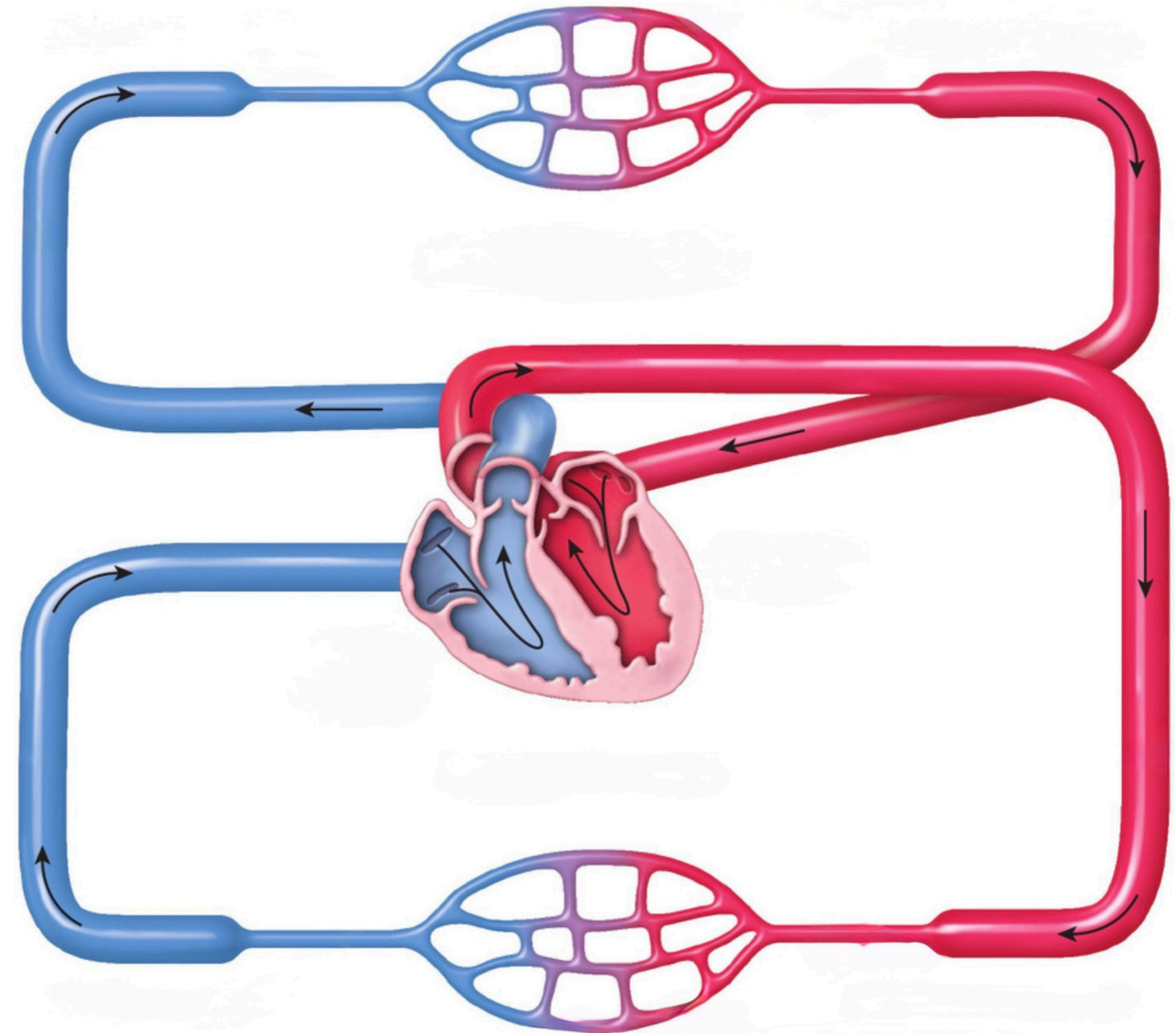


# La circulación como circuito

**Circuito cerrado:** Hay dos bombas principales conectadas entre sí, formando un circuito en serie.

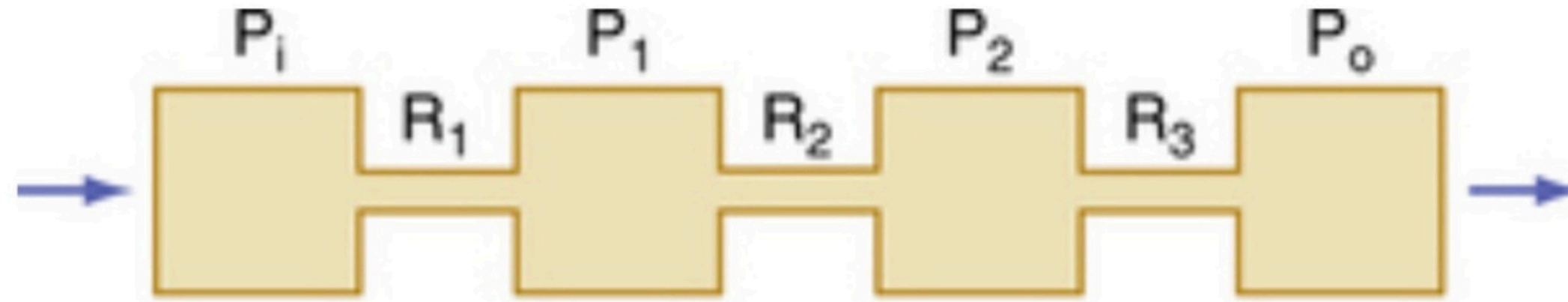
**Circulación mayor:** VI  $\rightarrow$  AD

**Circulación menor:** VD  $\rightarrow$  AI



# Dos circuitos conectados en serie = Circuito cerrado

Los componentes del circuito se ubican uno después del otro, en una sucesión.



$$(a) P_i - P_o = (P_i - P_1) + (P_1 - P_2) + (P_2 - P_o)$$

$$(b) \frac{P_i - P_o}{Q} = \frac{(P_i - P_1)}{Q} + \frac{(P_1 - P_2)}{Q} + \frac{(P_2 - P_o)}{Q}$$

$$(c) R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

# Cada circulación como un circuito en paralelo

Dentro de cada circuito los vasos se disponen en paralelo para irrigar de manera independiente a cada órgano (sistémica) y a cada segmento broncopulmonar (pulmonar).

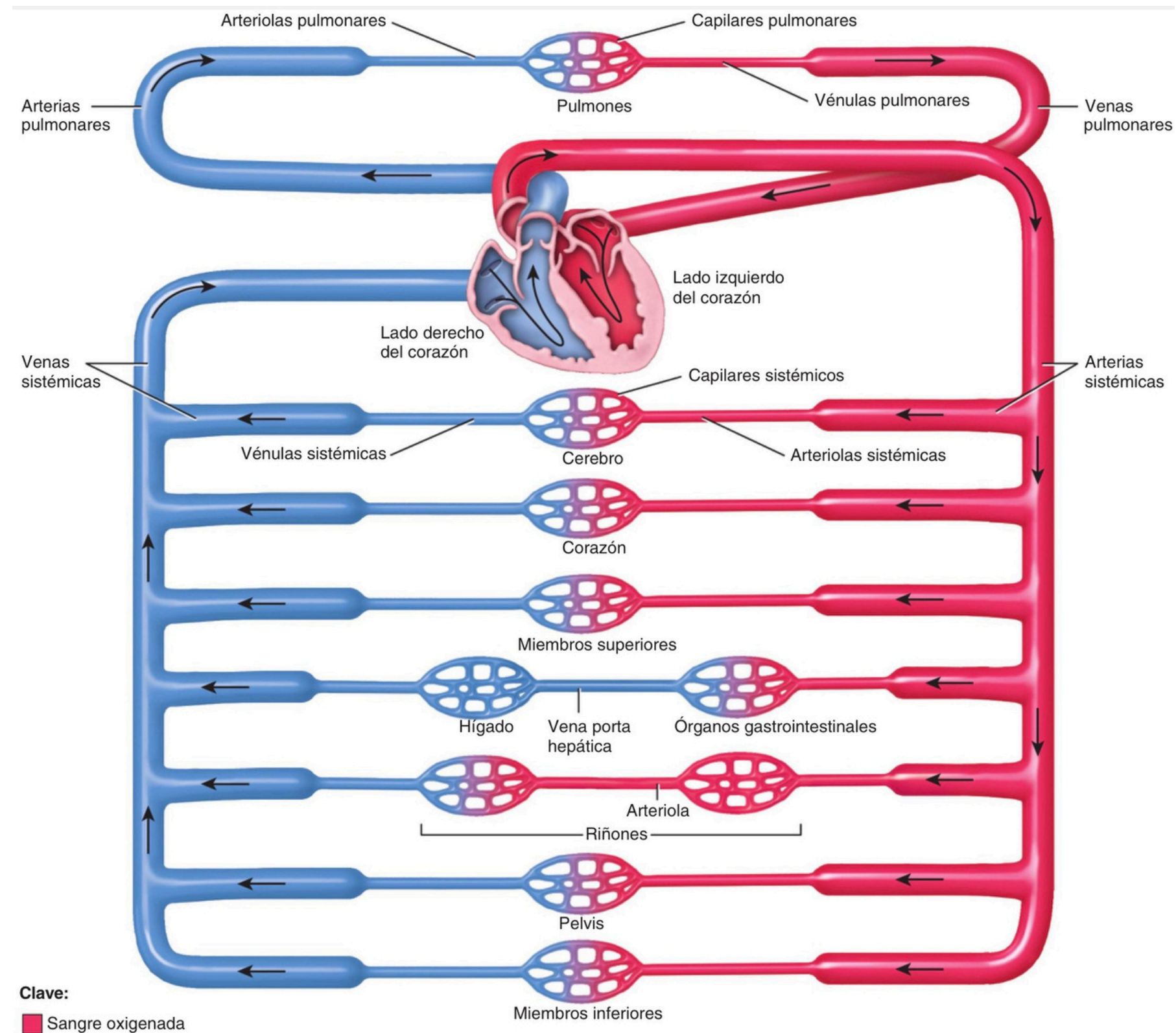


$$(a) Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$(b) \frac{Q_t}{P_i - P_o} = \frac{Q_1}{(P_i - P_o)} + \frac{Q_2}{(P_i - P_o)} + \frac{Q_3}{(P_i - P_o)}$$

$$(c) \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

# Circulaciones regionales = Circuito en paralelo



# Capas (túnicas) de los vasos sanguíneos

Íntima  
(interna)

Es el **endotelio**

Epitelio plano simple + lámina basal

Resistencia al flujo, **regulación de la presión arterial y la hemostasia**

Media  
(muscular)

Capas de **músculo liso** y algunas fibras conectivas

Produce **vasoconstricción** (al contraerse) o **vasodilatación** (al relajarse), modificando el diámetro vascular

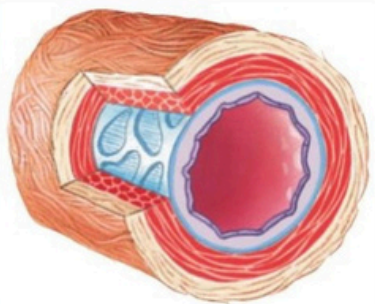




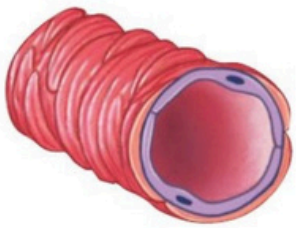







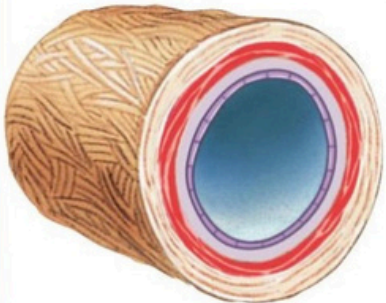




**Controla la tensión arterial**

Adventicia  
(externa)

**Venas:** Tejido colágeno, permite la distensión de los vasos y poder almacenar sangre

**Arterias:** Tejido elástico que les permite volver a su diámetro original tras el paso de la sangre

Vaso	Tipo	Función	Características	Ejemplos
<b>Arteria grande</b>	Elástico	Llevar la sangre a presión hacia las arterias de conducción	Tejido elástico prominente en la capa adventicia y muscular	Aorta abdominal, tronco braquiocefálico, aorta ascendente, arco aórtico
<b>Arterias medianas</b>	De conducción	Distribuyen la sangre a sus tejidos respectivos	Túnica muscular prominente	Arterias coronarias, arteria braquial, arteria radial, arteria ulnar
<b>Arteriola</b>	De resistencia	Se oponen al flujo sanguíneo para regularlo	Menor diámetro, mayor presencia de colágeno en la adventicia	N/A
<b>Capilar</b>	De intercambio	Permiten el paso de nutrientes, gases y desechos entre la sangre y los tejidos	Carece de adventicia y túnica media. Solo tienen la íntima.  En algunos casos carecen de membrana basal y/o están fenestrados.	N/A
<b>Vénulas y venas</b>	De capacitancia	Almacenan la sangre al actuar como reservorios	Presencia alta de tejido colágeno y fibras elásticas irregulares	Todas las venas con nombre

		Diámetro	Espesor parietal medio	Endotelio	Tejido elástico	Músculo liso	Tejido fibroso
Arteria		0,1-10+ mm	1 mm				
Arteriola		10-100 μm	6 μm				
Capilar		4-10 μm	0,5 μm				
Vénula		10-100 μm	1 μm				
Vena		0,1-100+ mm	0,5 mm				

Vaso	Diámetro	Túnica íntima (capa interna)	Túnica media (capa intermedia)	Túnica adventicia (capa externa)
Arteria grande (arteria elástica)	> 10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso Membranas (láminas) elásticas	Tejido conjuntivo Fibras elásticas Más delgada que la túnica media
Arteria mediana (arteria muscular)	2-10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso Membrana elástica interna prominente	Músculo liso Fibras colágenas Relativa escasez de tejido elástico	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más delgada que la túnica media
Arteria pequeña	0,1-2 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso Membrana elástica interna	Músculo liso (8-10 capas celulares) Fibras colágenas	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más delgada que la túnica media
Arteriola	10-100 μm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso (1-2 capas celulares)	Fina vaina de tejido conjuntivo mal definida
Capilar	4-10 μm	Endotelio	No hay	No hay
<b>Venas</b>				
Vaso	Diámetro	Túnica íntima (capa interna)	Túnica media (capa intermedia)	Túnica adventicia (capa externa)
Vénula poscapilar	10-50 μm	Endotelio Pericitos	No hay	No hay
Vénula muscular	50-100 μm	Endotelio	Músculo liso (1-2 capas celulares)	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media
Vena pequeña	0,1-1 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso (2-3 capas)	Músculo liso (2-3 capas continuas con la túnica íntima)	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media
Vena mediana	1-10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso Membrana elástica interna en algunos casos	Músculo liso Fibras colágenas	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas Más gruesa que la túnica media
Vena grande	> 10 mm	Endotelio Tejido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso (2-15 capas) Músculo cardíaco cerca del corazón Fibras colágenas	Tejido conjuntivo Algunas fibras elásticas, músculo liso longitudinal Mucho más gruesa que la túnica media

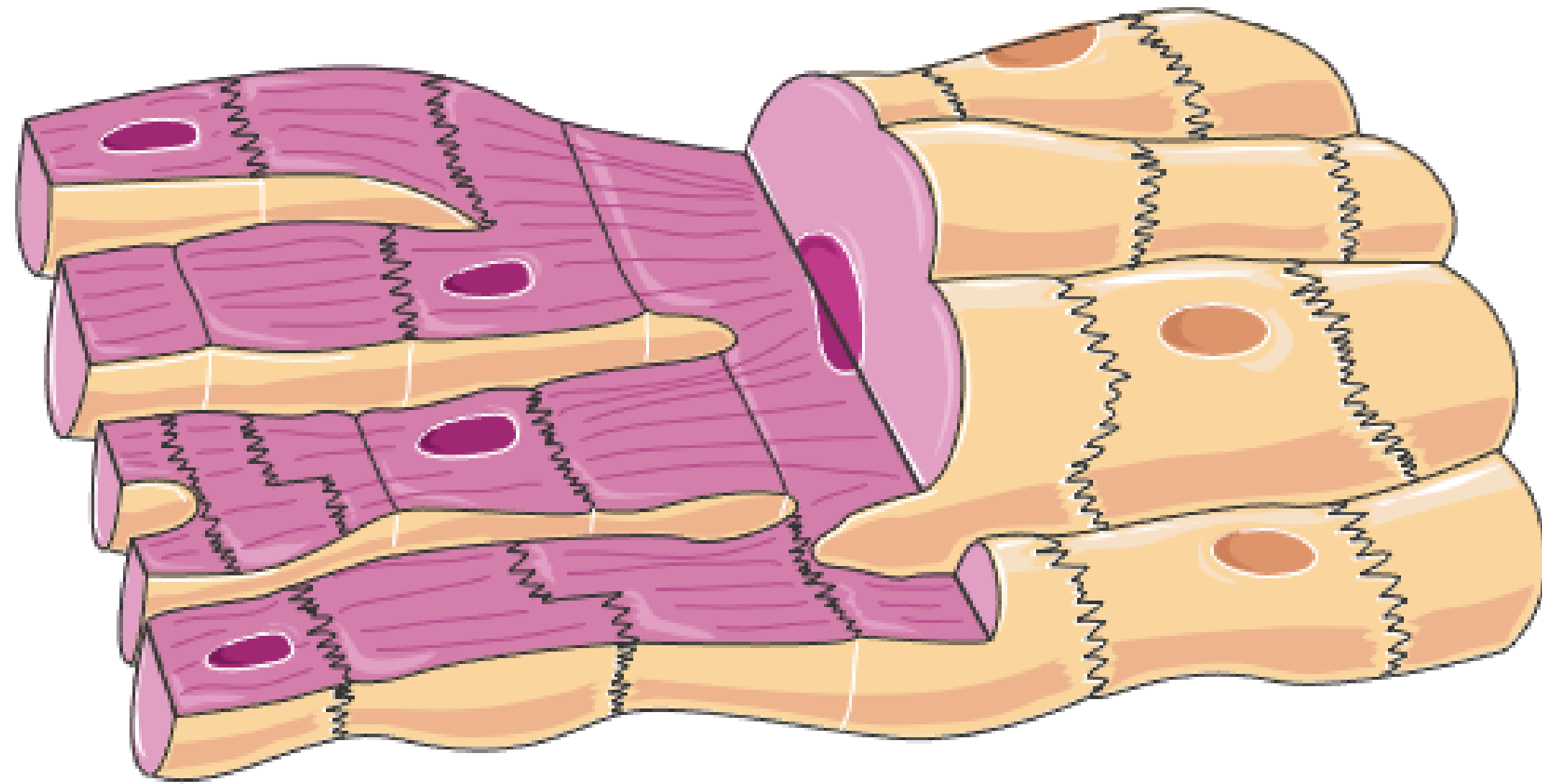
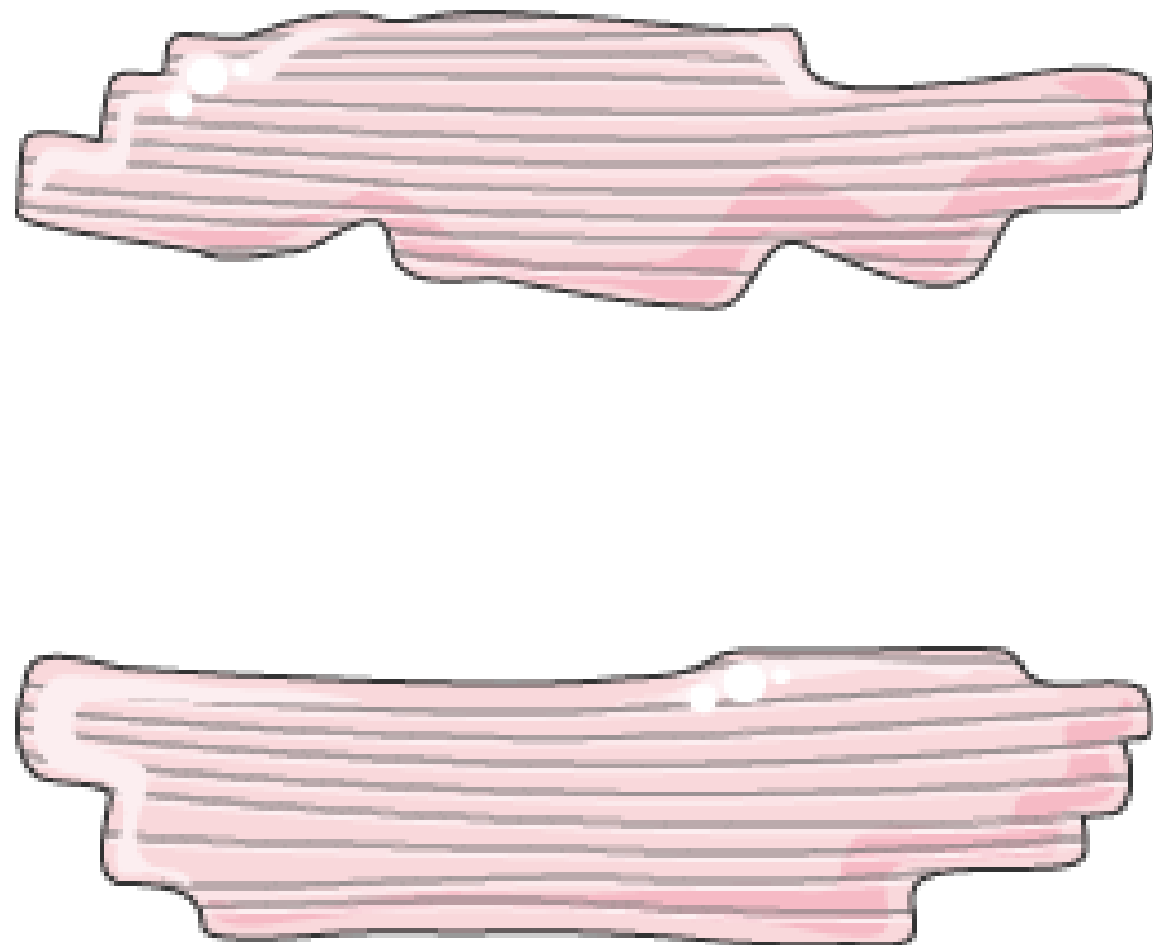
# Las cinco propiedades funcionales del corazón

<b>Término</b>	<b>Nombre</b>	<b>Concepto</b>
<b>Cronotropismo</b>	Automatismo	Capacidad de generar sus propios potenciales de acción, de manera rítmica
<b>Inotropismo</b>	Contractilidad	Capacidad de contraerse y producir tensión
<b>Badmotropismo</b>	Excitabilidad	Capacidad de la célula de poder ser estimulada por otra y generar una respuesta (potencial de acción)
<b>Dromotropismo</b>	Conducción	Capacidad de transmitir los potenciales de acción de una célula a otra
<b>Lusitropismo</b>	Relajación	Capacidad de los miocitos de relajarse después de una contracción

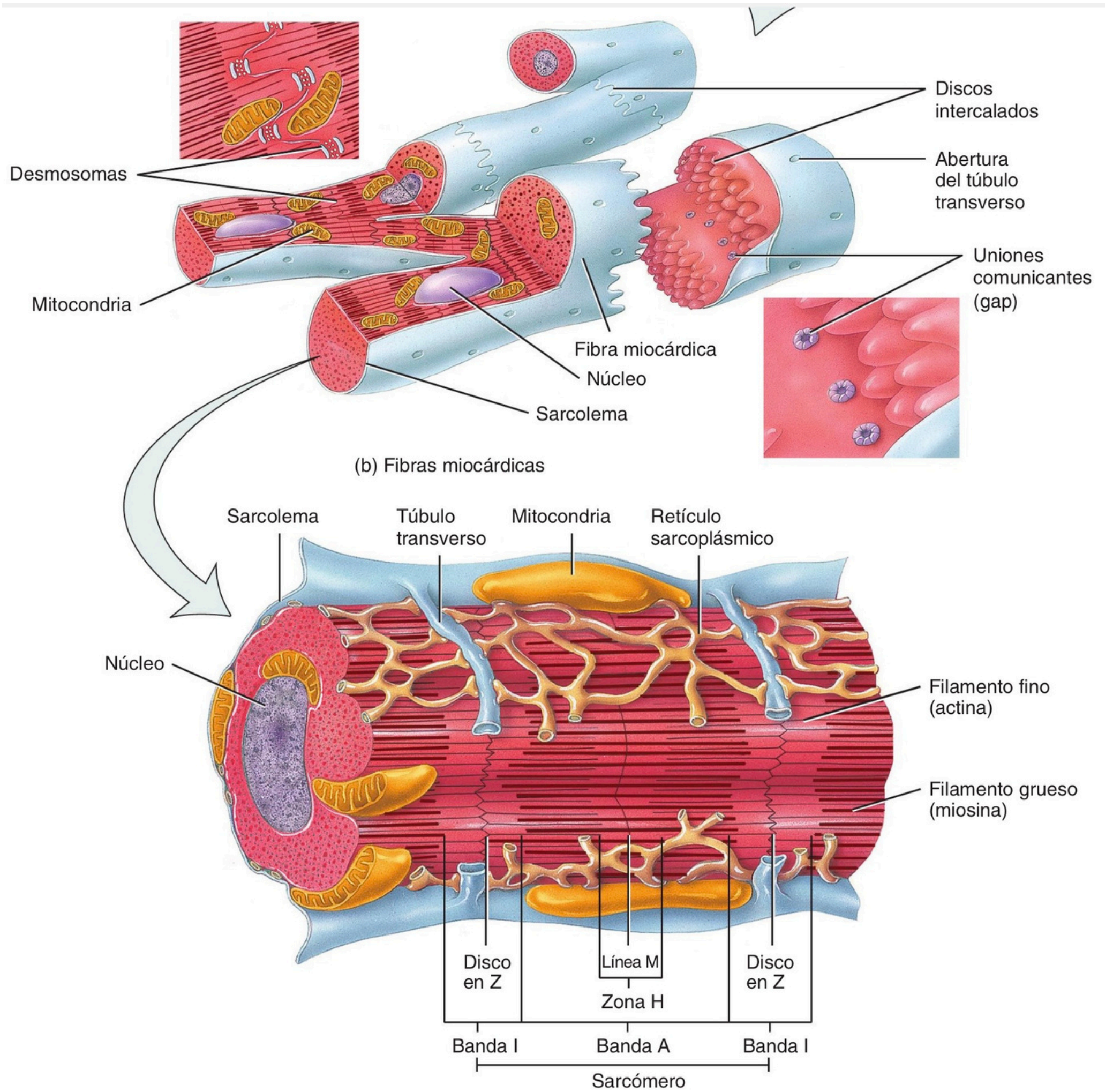
# Histología del miocardio

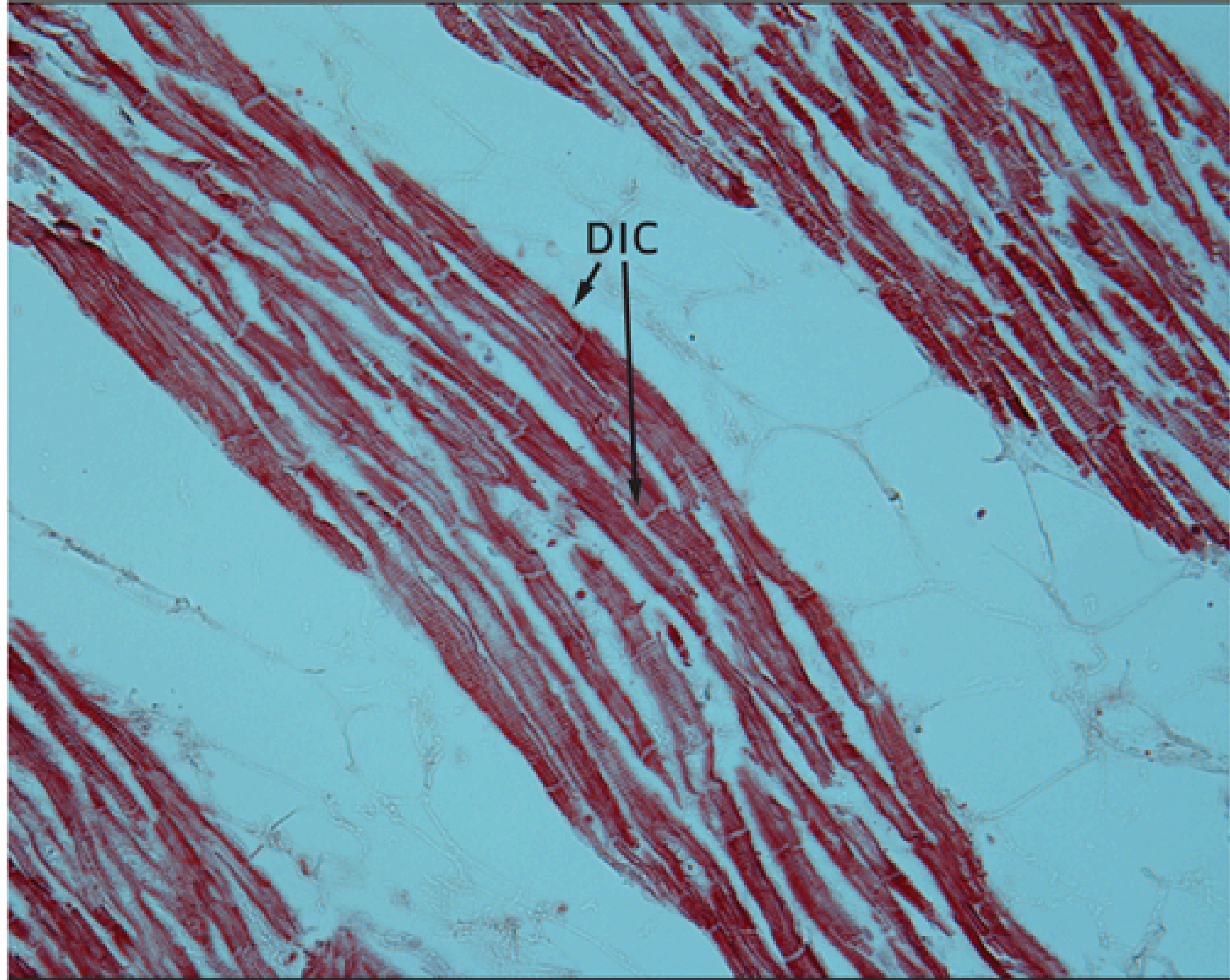
**Miocardiocitos:** encargados de la contracción. Forman un sincitio mecánico y uno eléctrico.

- **Miocardio atrial:** contiene gránulos con ANP
- **Miocardio ventricular:** no contiene gránulos de BNP



# Estructura de la sarcómera y los discos intercalares de los cardiomiocitos





Fuente: Teresa I. Fortoul van der Goes: *Histología y biología celular*, 3e:

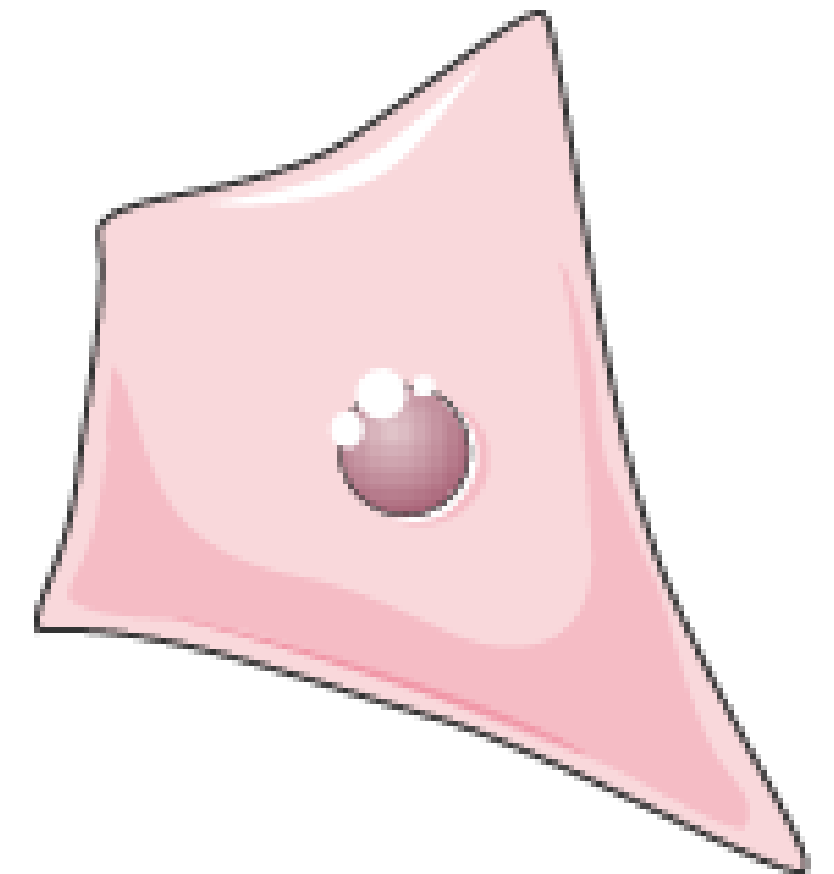
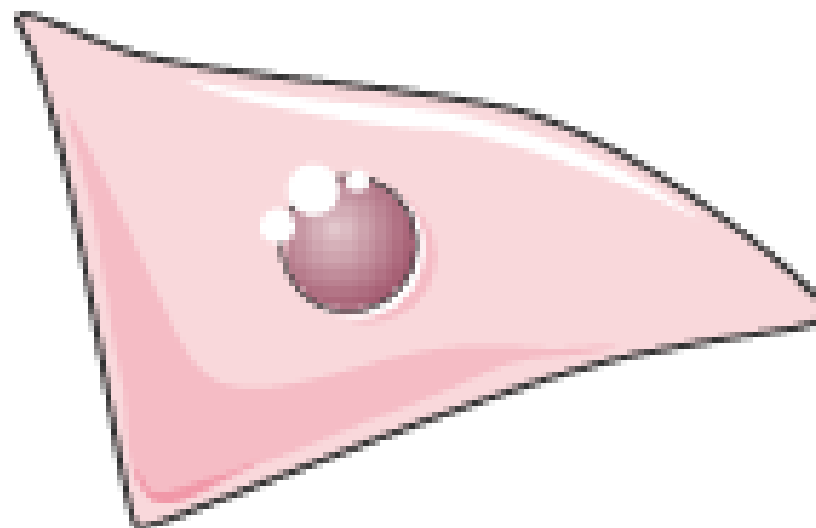
[www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)

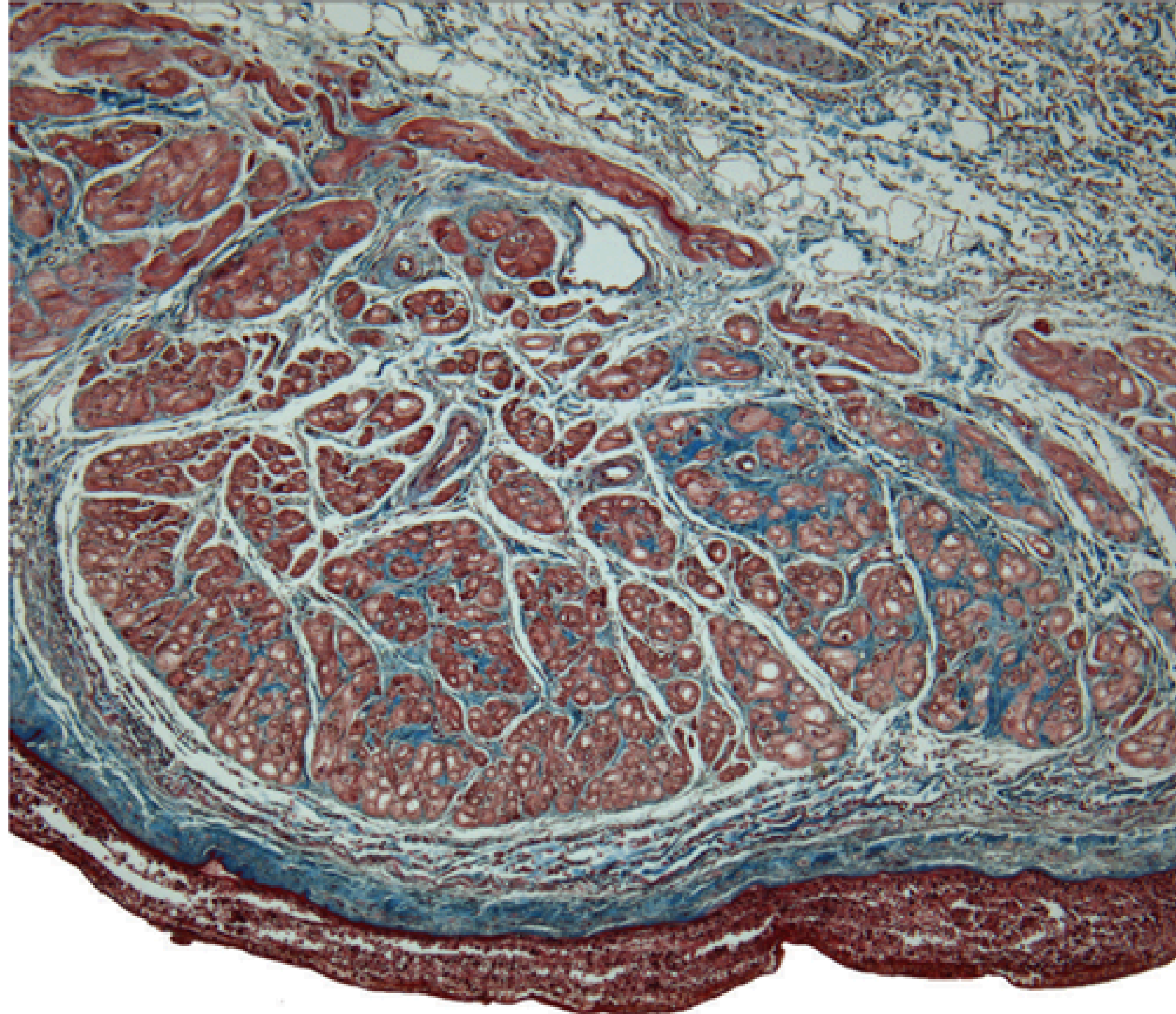
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

# Histología del miocardio

**Células del sistema de conducción:** forman el impulso eléctrico que inicia cada latido cardíaco, y lo conducen a través de las cuatro cámaras cardíacas. Carecen de miofibrillas.

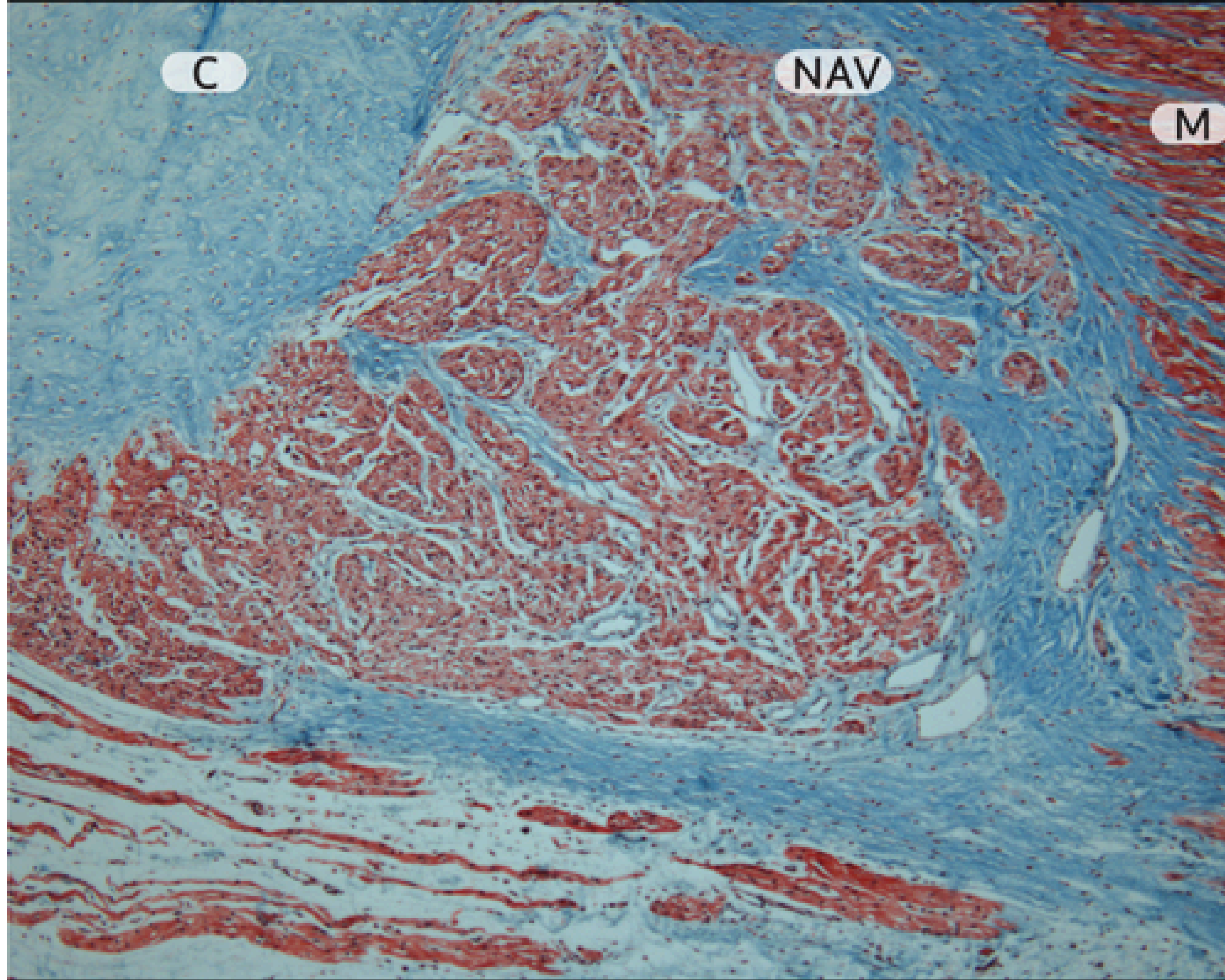
- **Células P:** Marcapasos.
- **Células T:** De Transición.
- Células atriales y ventriculares (**de Purkinje**).





Fuente: Teresa I. Fortoul van der Goes: *Histología y biología celular*, 3e:  
[www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)

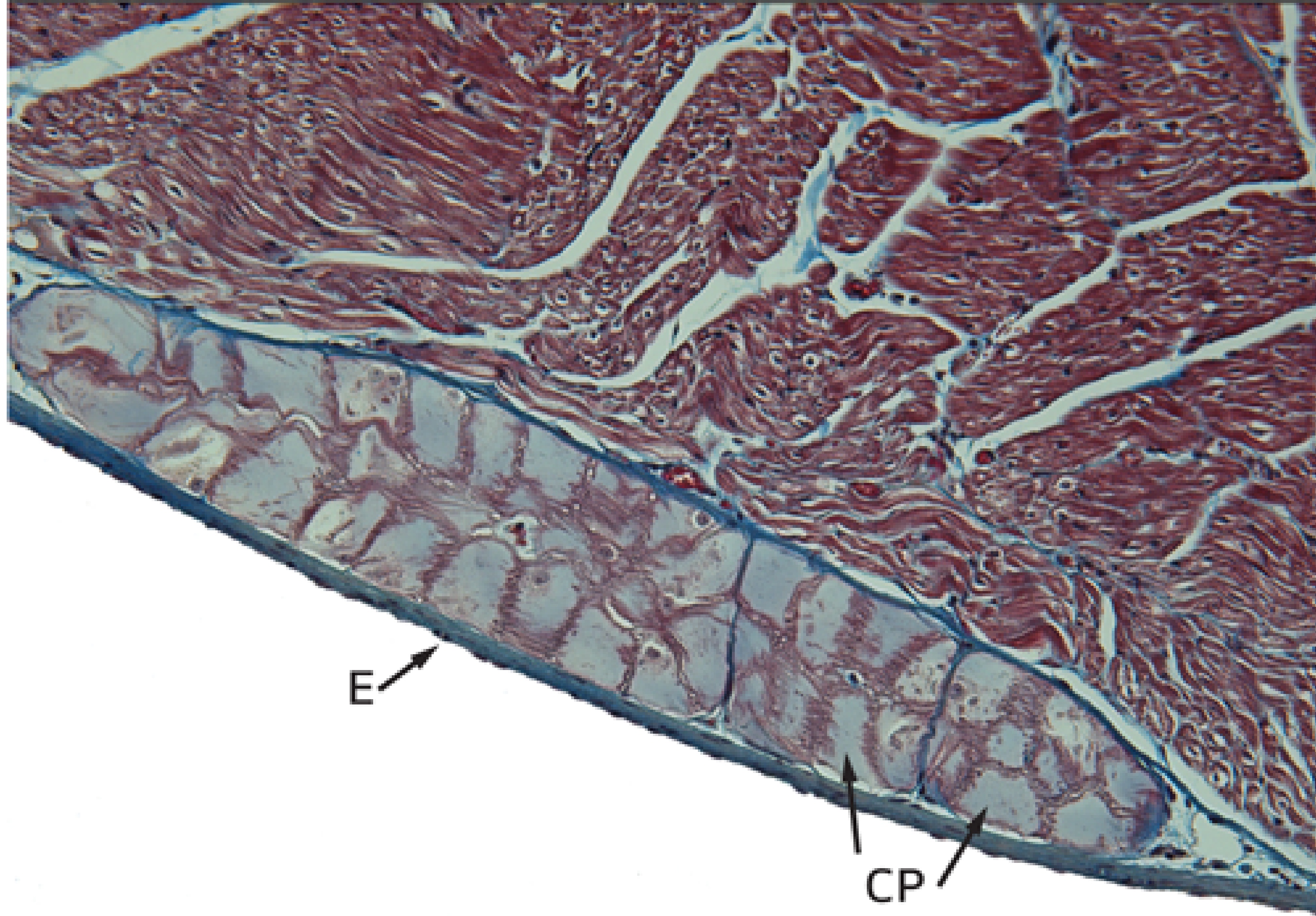
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.



Fuente: Teresa I. Fortoul van der Goes: *Histología y biología celular*, 3e:

[www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)

Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.



Fuente: Teresa I. Fortoul van der Goes: *Histología y biología celular*, 3e:  
[www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)  
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

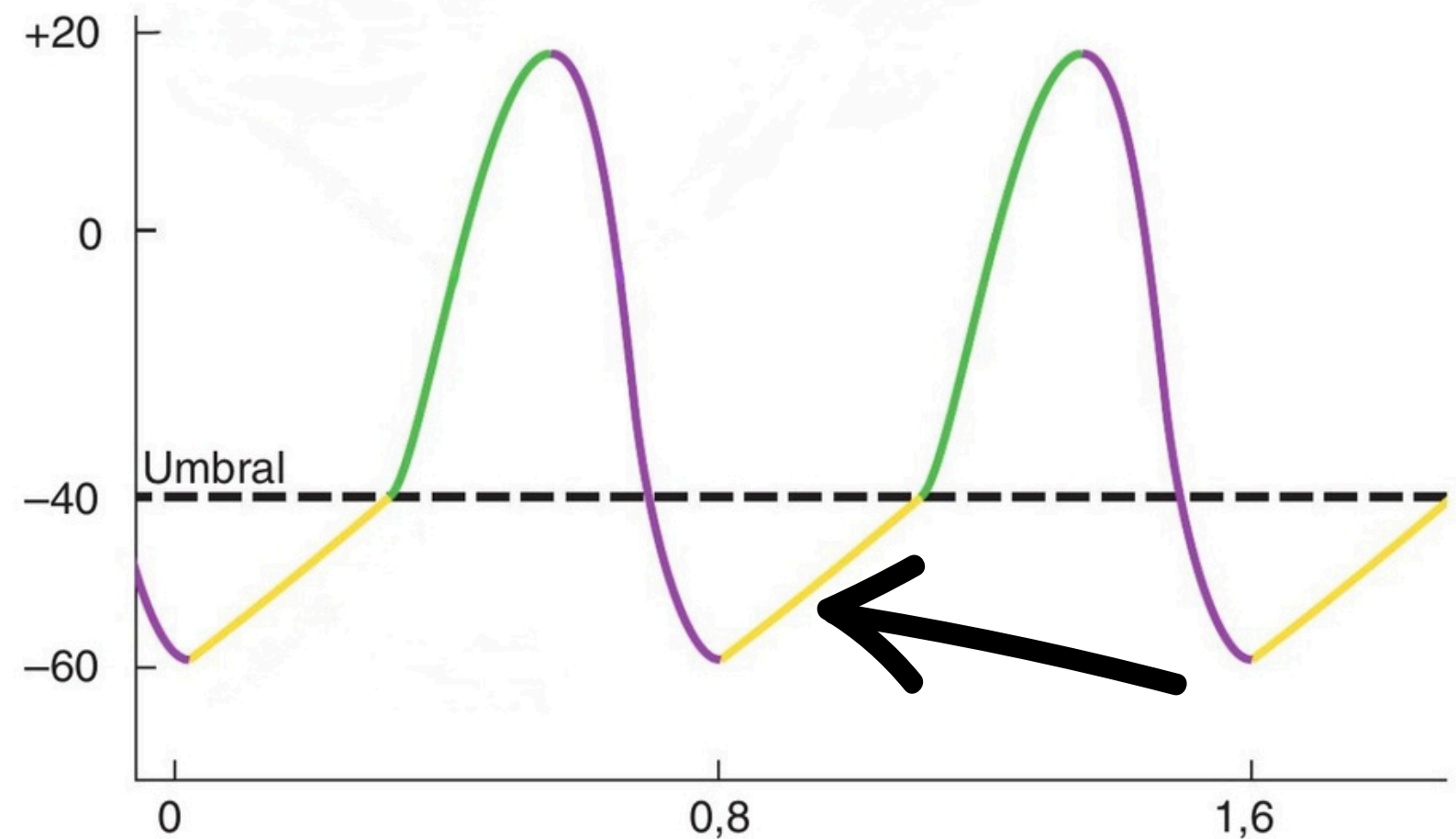
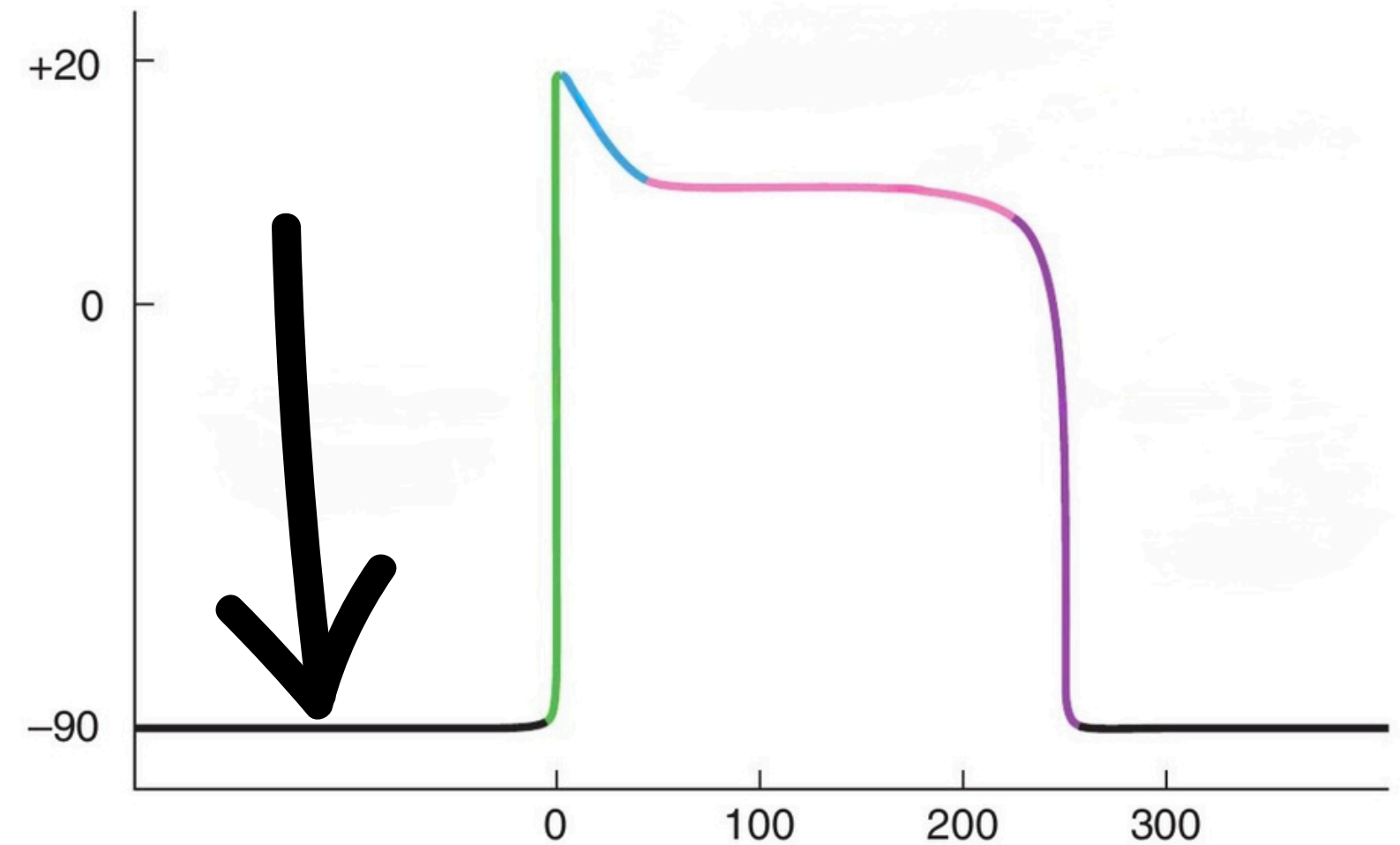
# **Excitabilidad: origen y conducción de la actividad eléctrica del corazón**

# Potencial de membrana en reposo

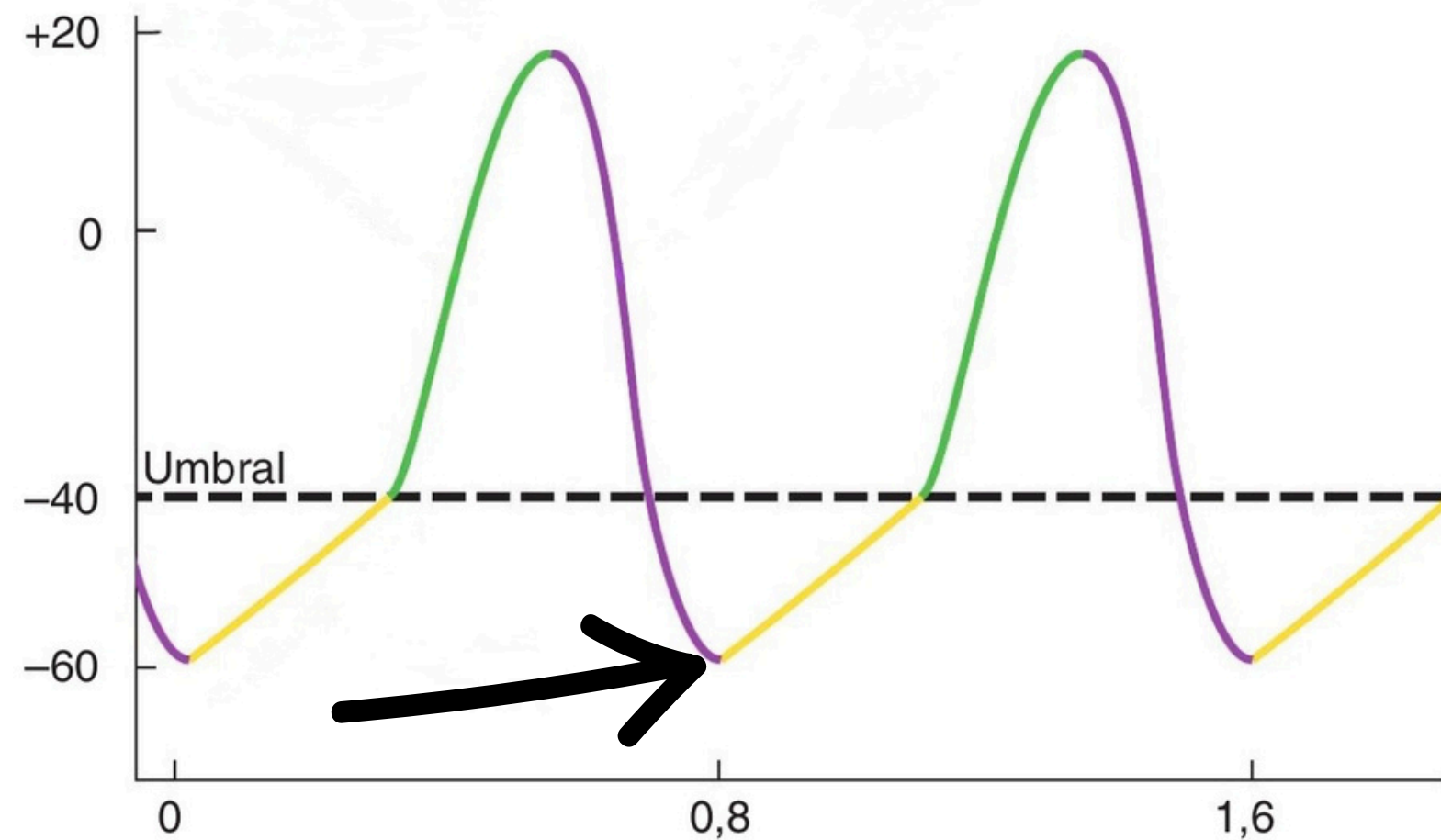
Es la diferencia de cargas que existentes entre el lado externo e interno de la membrana celular.

**Células contráctiles:** -90 mV. Es la fase 4 del potencial de acción.

**Células autorrítmicas:** -60 mV



# Potencial diastólico máximo (PDM)

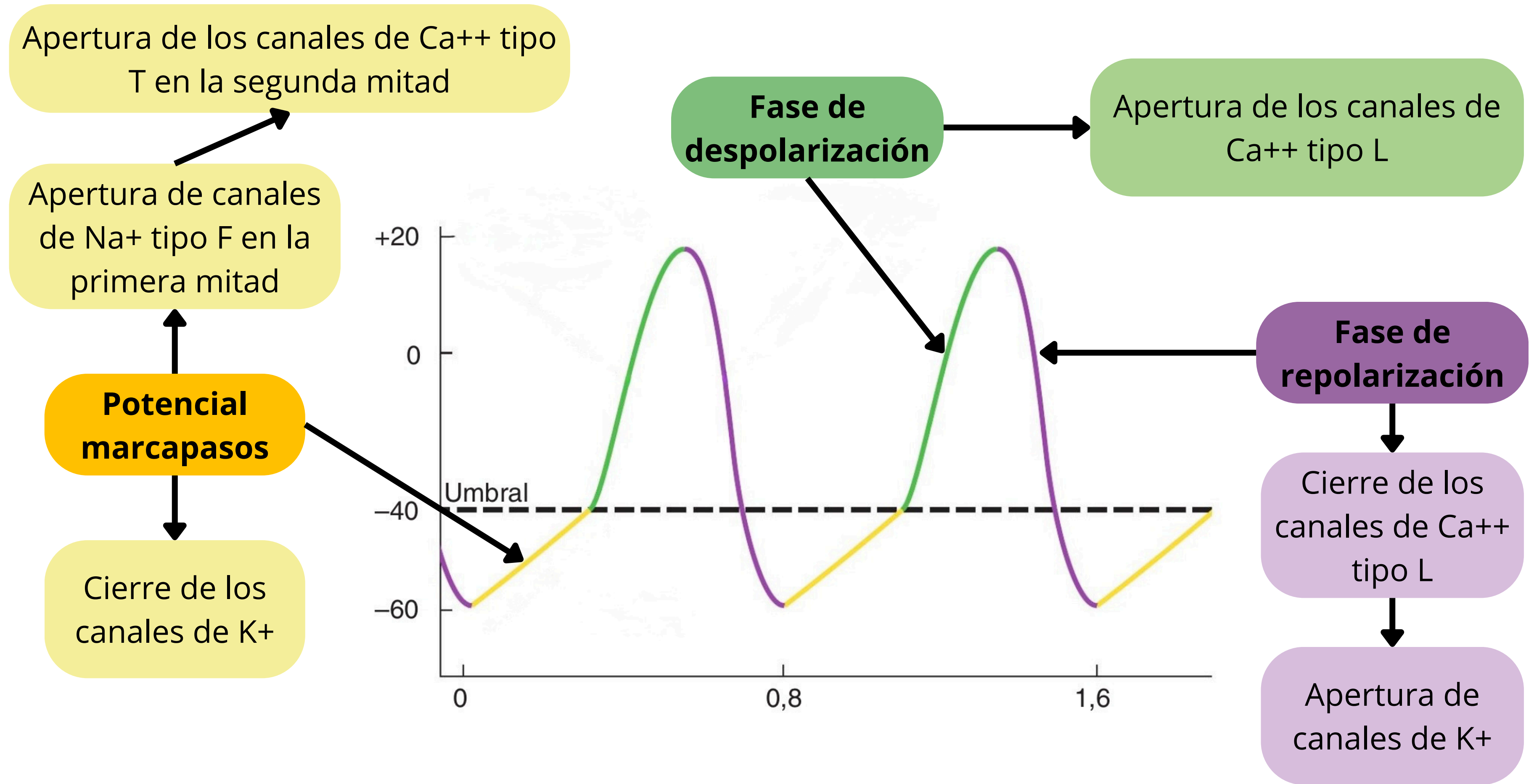


Punto de máxima negatividad del potencial de membrana durante la diástole.

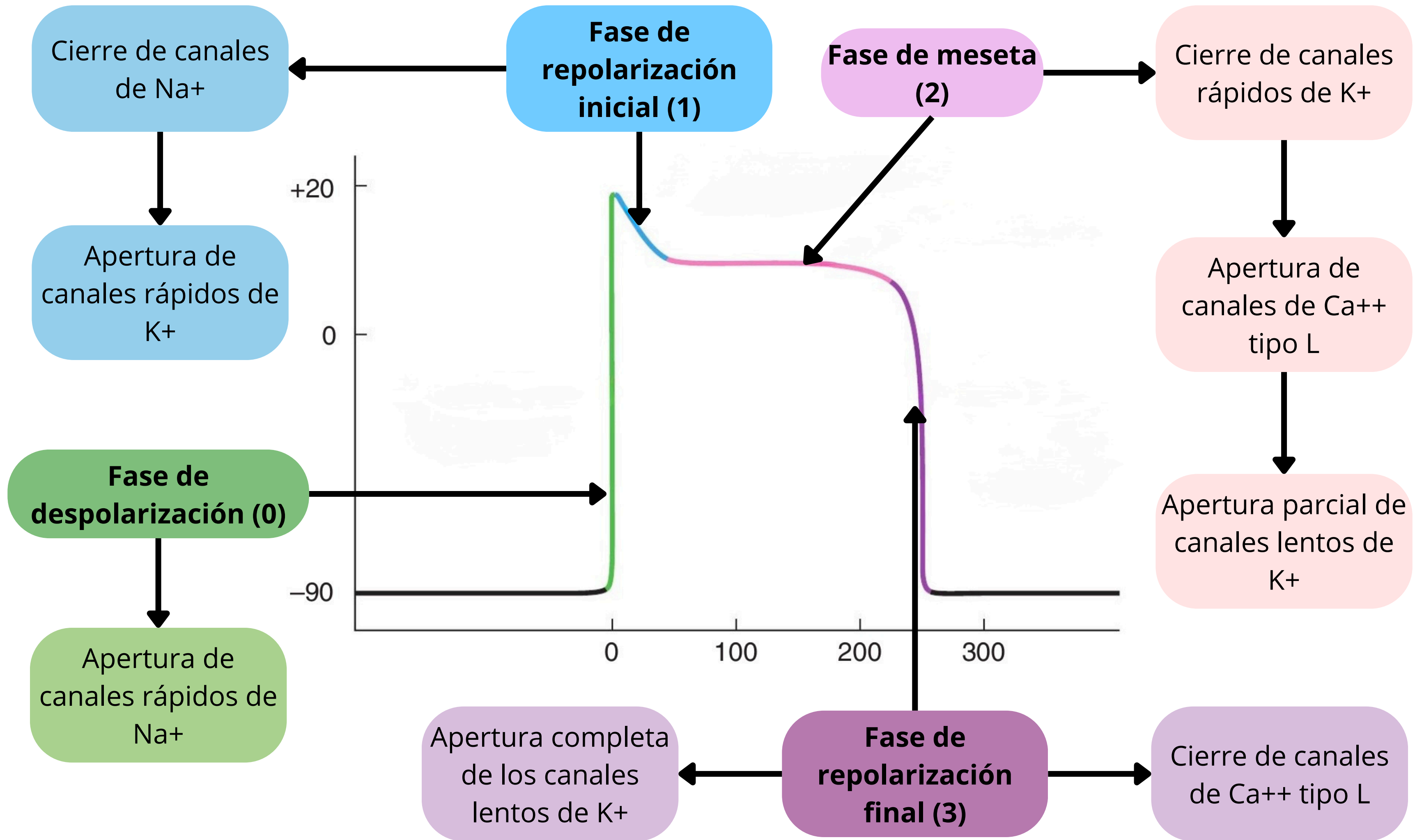
**Base del automatismo.**

**Células autorritmicas: -60 a -65 mV**

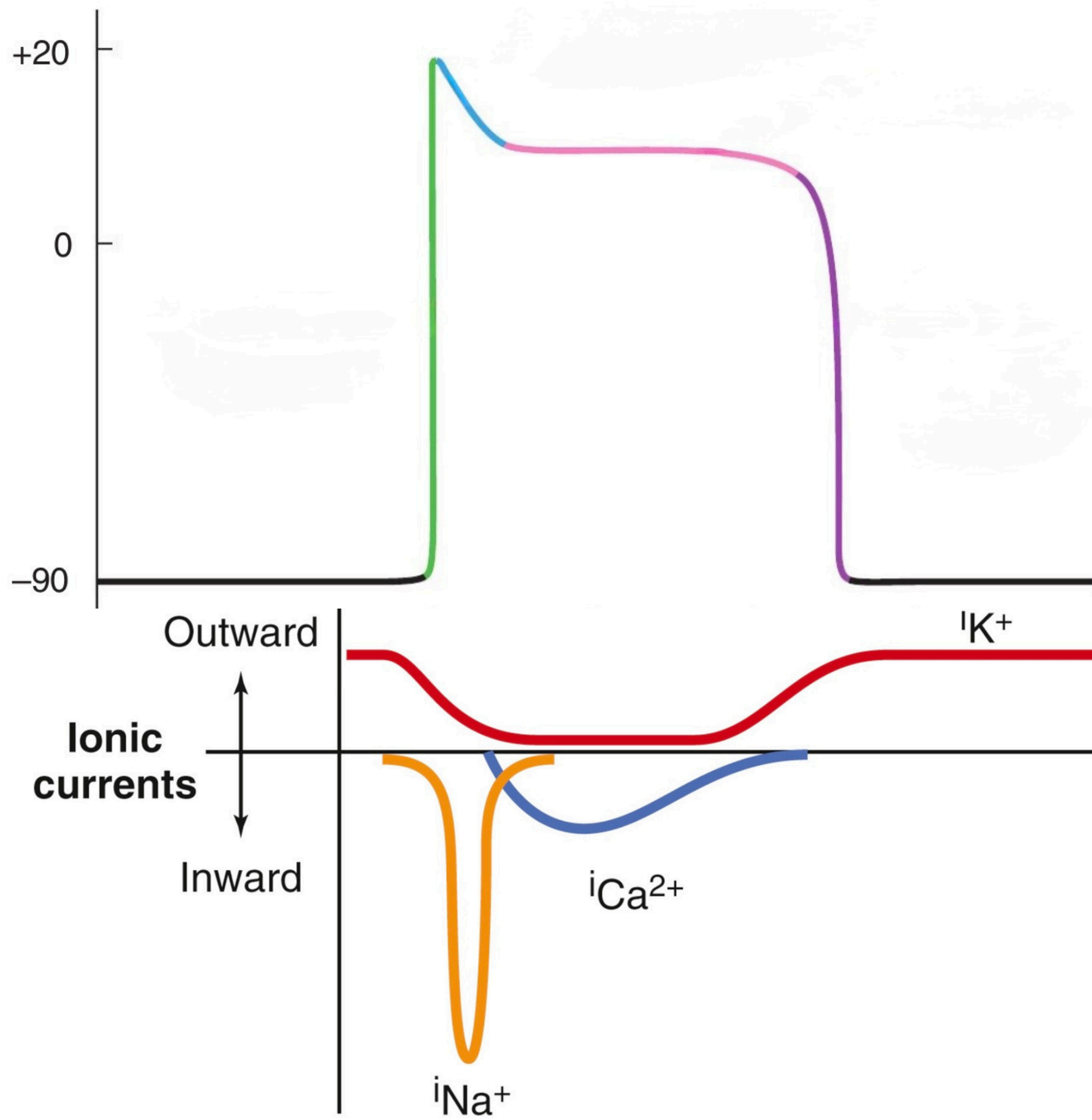
# Potencial de acción de células autorrítmicas



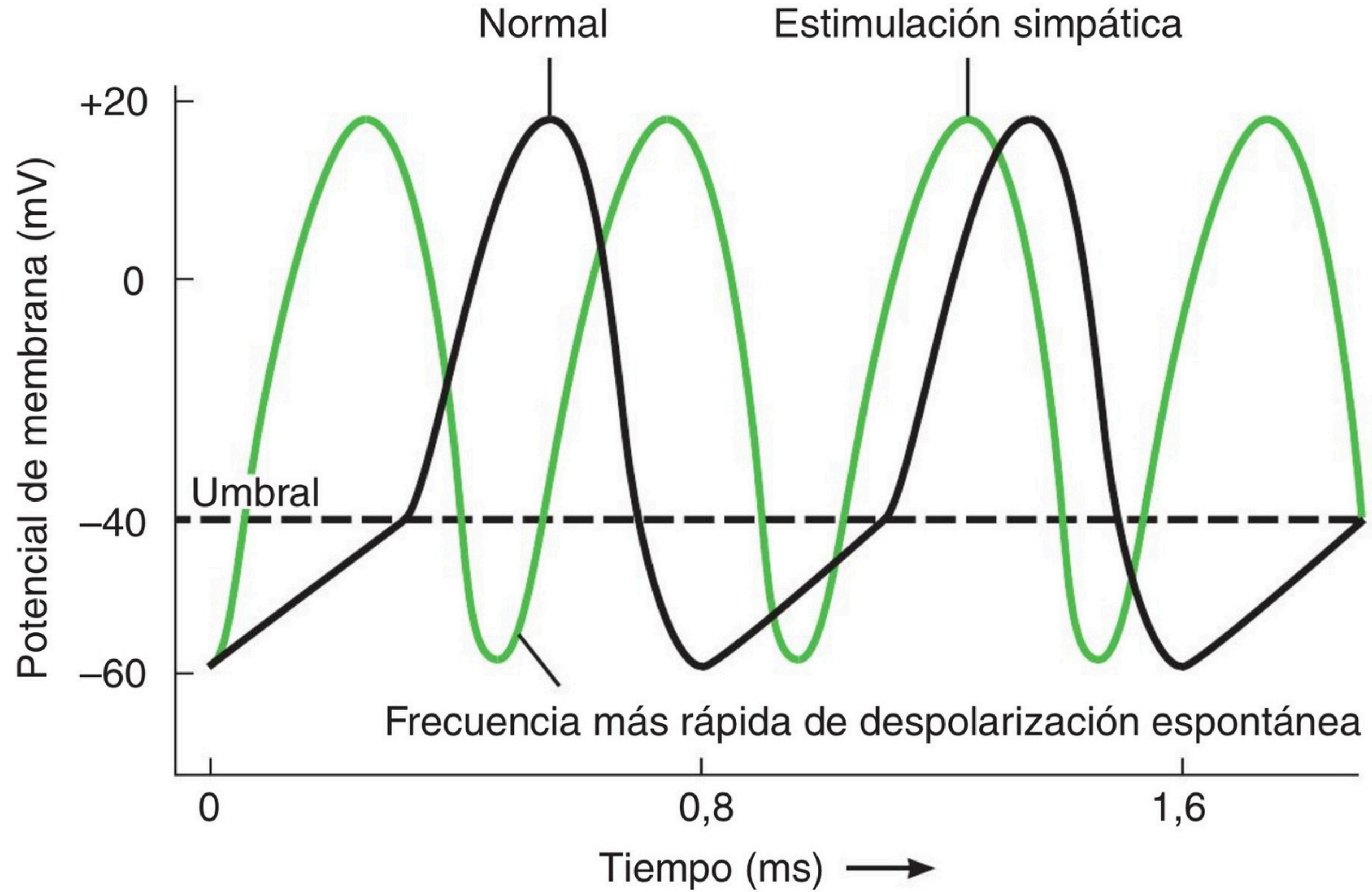
# Potencial de acción de células contráctiles



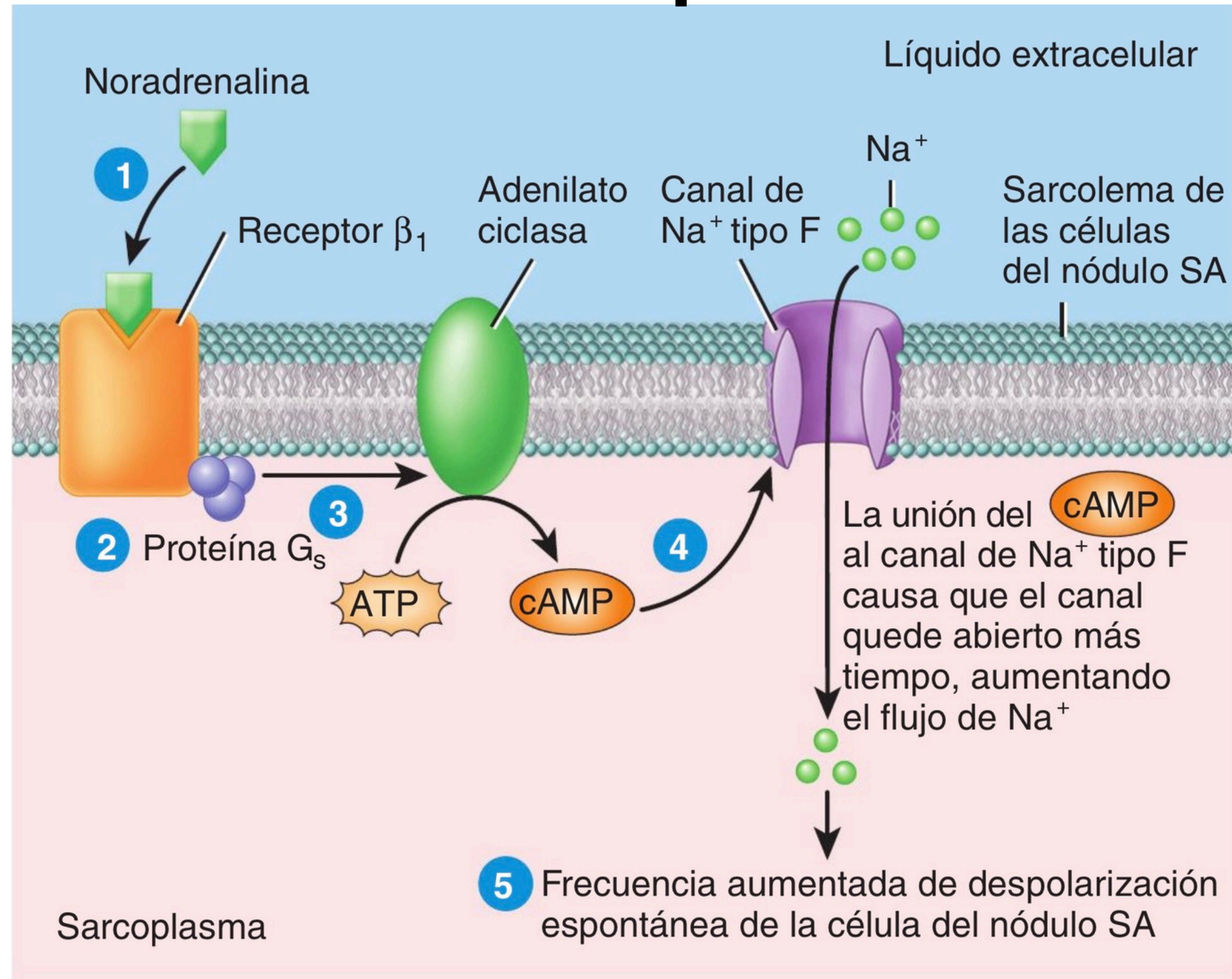
# Corrientes iónicas del potencial de acción



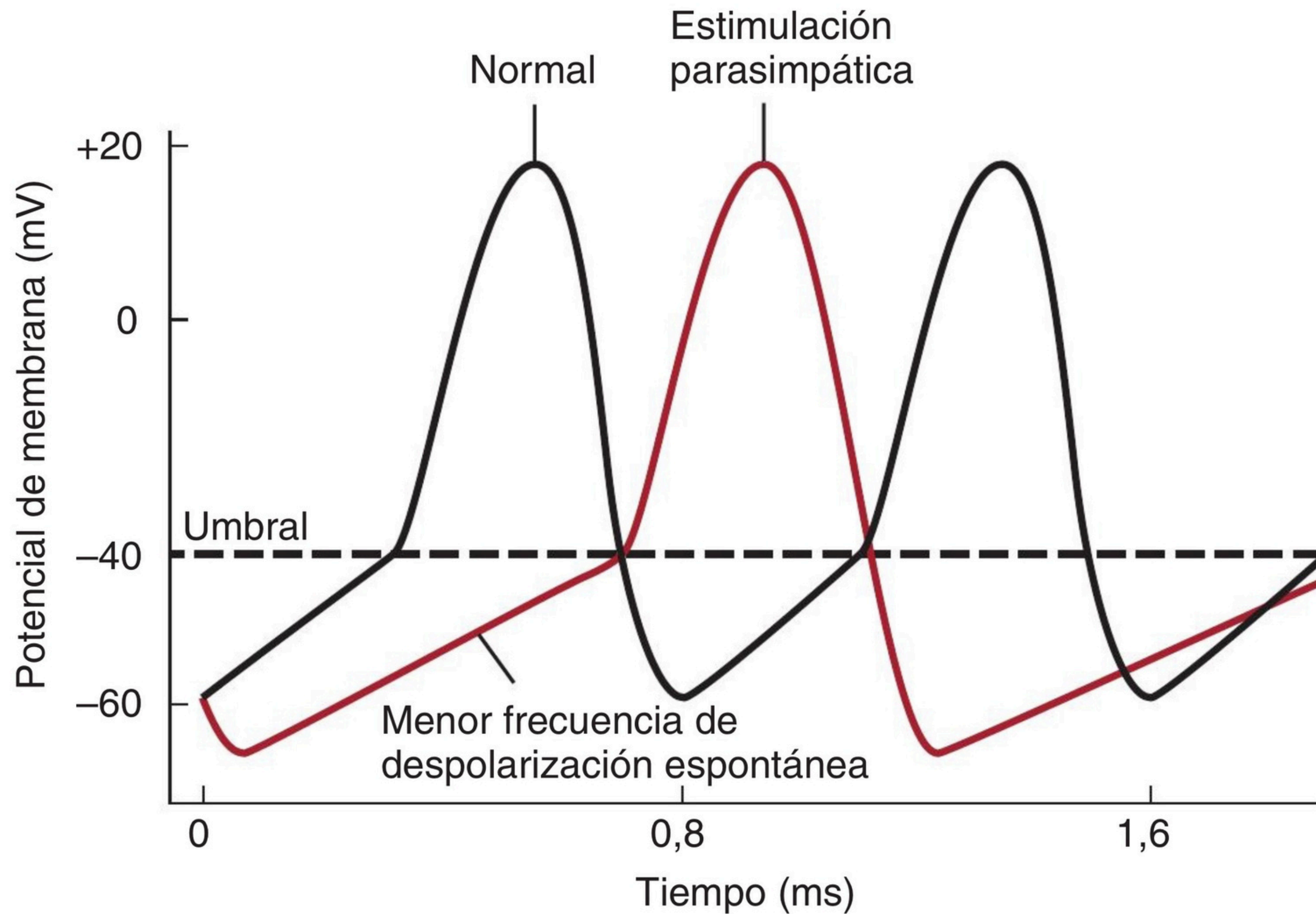
# Efecto del estímulo simpático sobre el Nodo SA



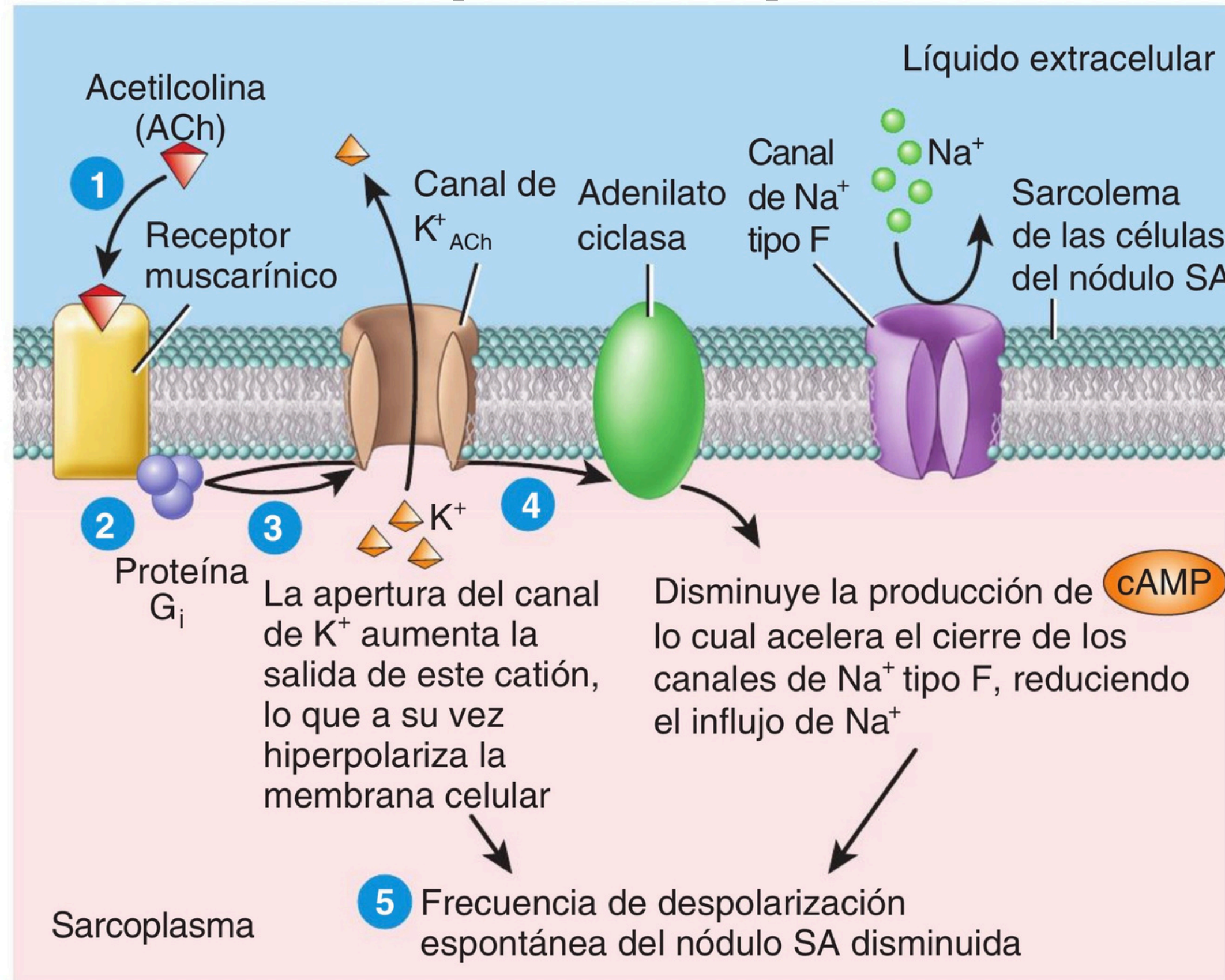
# Mecanismo del efecto simpático sobre el Nodo SA



# Efecto del estímulo parasimpático sobre el Nodo SA

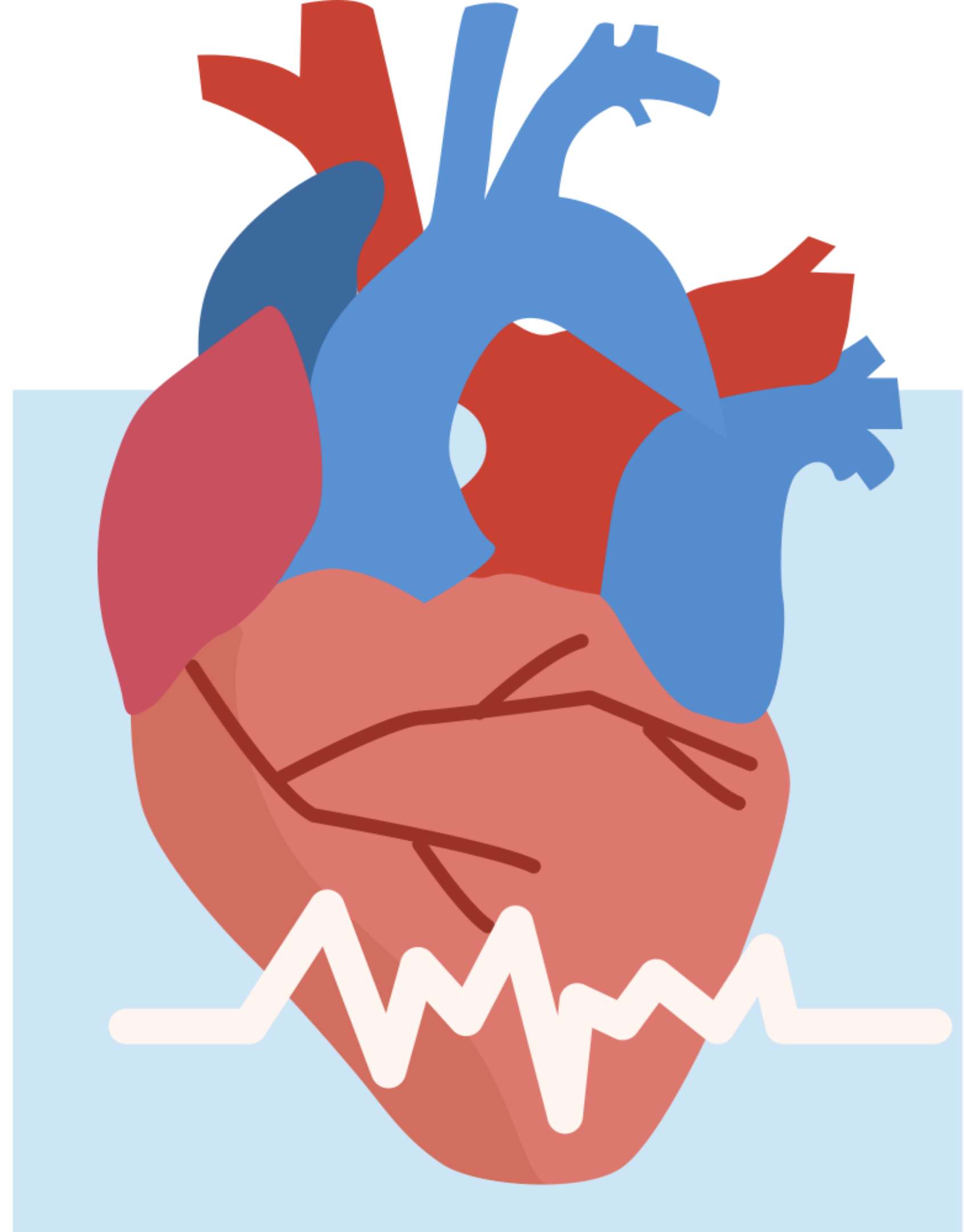


# Mecanismo del efecto parasimpático sobre el Nodo SA

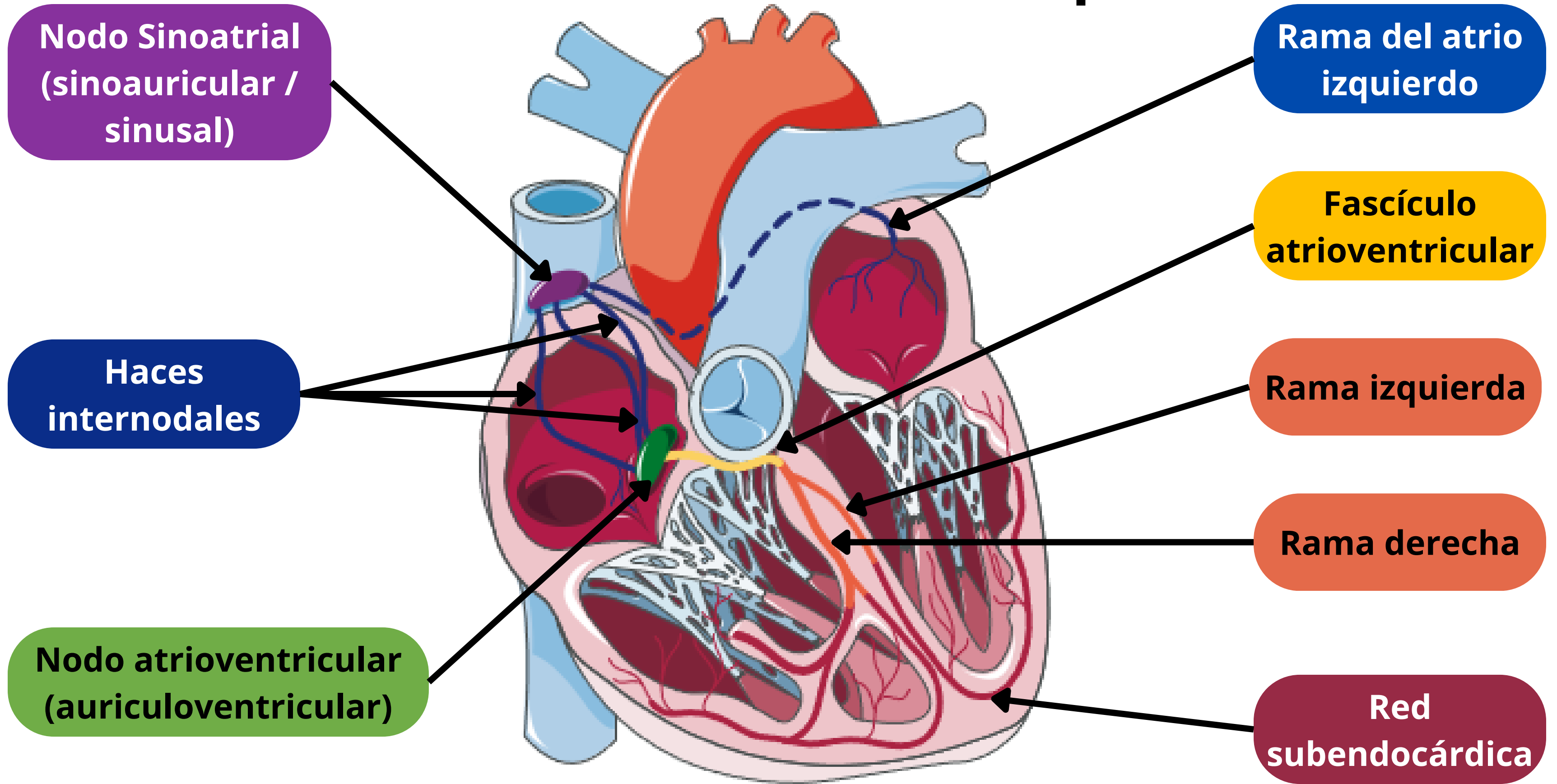


# **Automatismo, conducción y contractilidad del corazón**

# Automatismo



# Sistema de conducción - Componentes

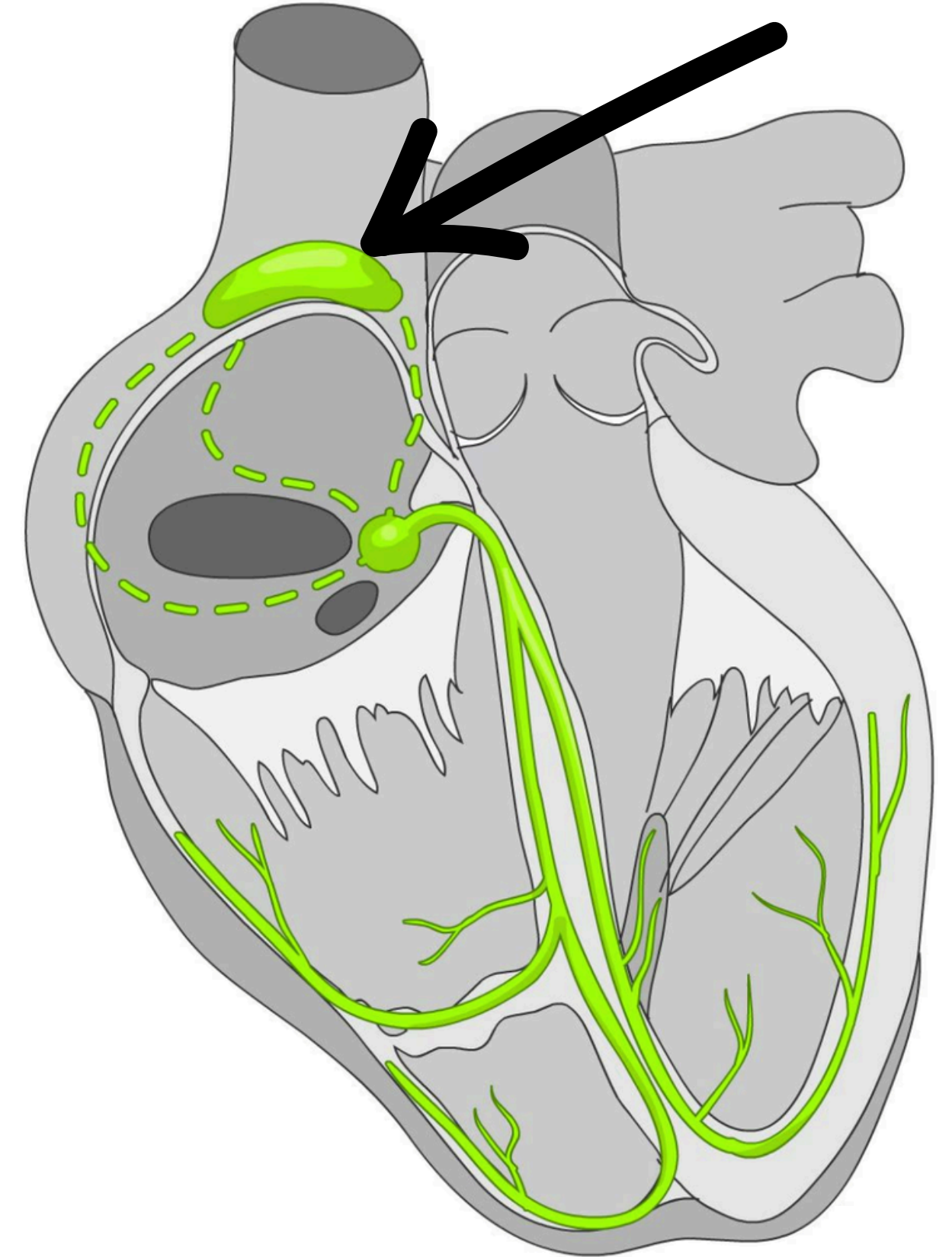


# Nodo sinoatrial (SA) (de Keith-Flag)

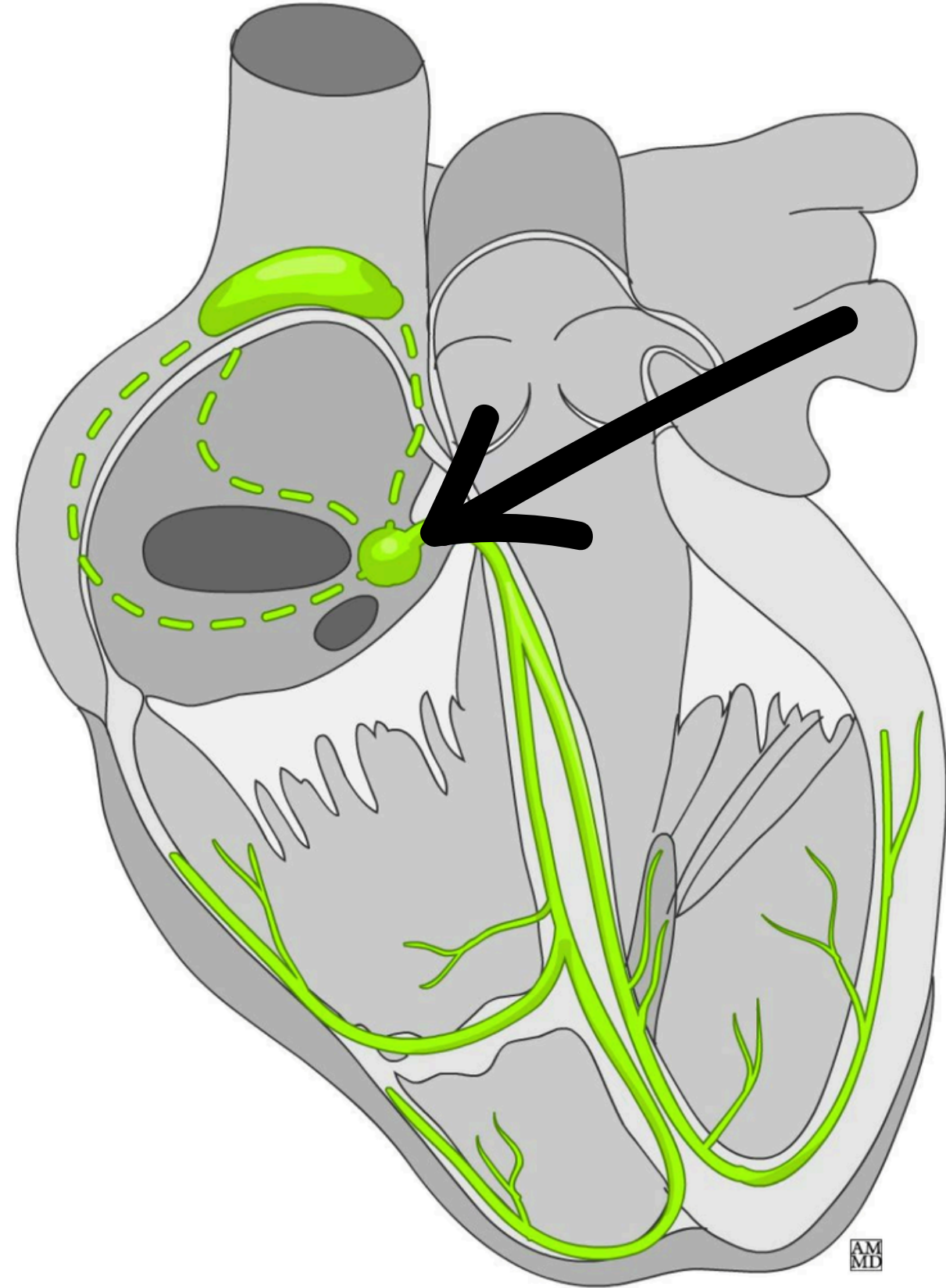
**Marcapasos fisiológicos:** Todos los impulsos del corazón sano se originan aquí.

## ¿Por qué?

Su potencial marcapasos es el más corto, activando a todos los demás antes de que se activen solos.



# Nodo atrioventricular (AV) (de Aschoff-Tawara)



**Función:** Transmitir los impulsos eléctricos de los atrios a los ventrículos, con cierto retraso.

Posible marcapasos si el SA deja de funcionar o si el AV adquiere más automatismo.

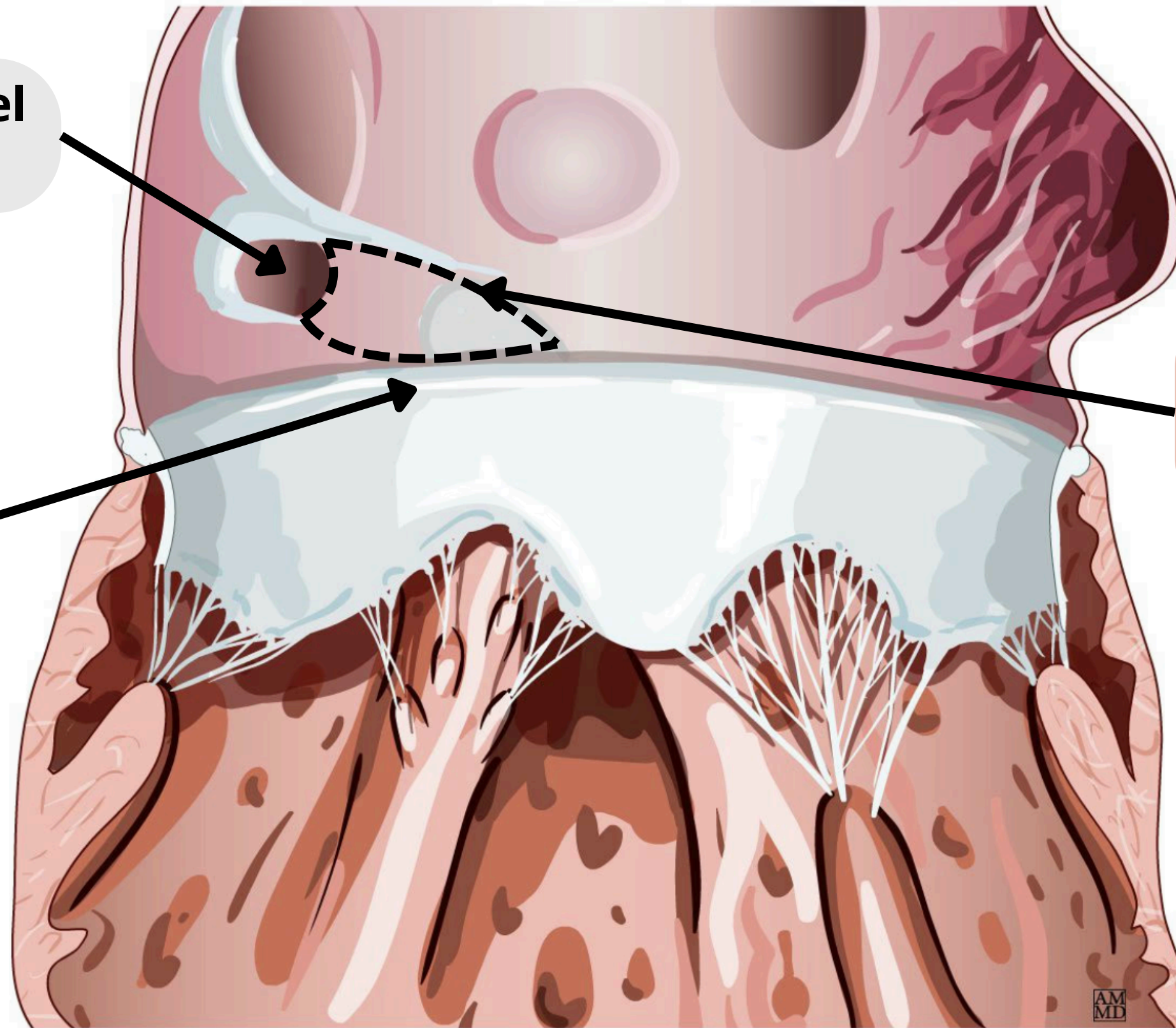
**FC:** 40-60 lpm.

# Triángulo atrioventricular (de Koch)

Válvula y orificio del seno coronario

Valva septal de la tricúspide

Tendón de la válvula de la vena cava inferior

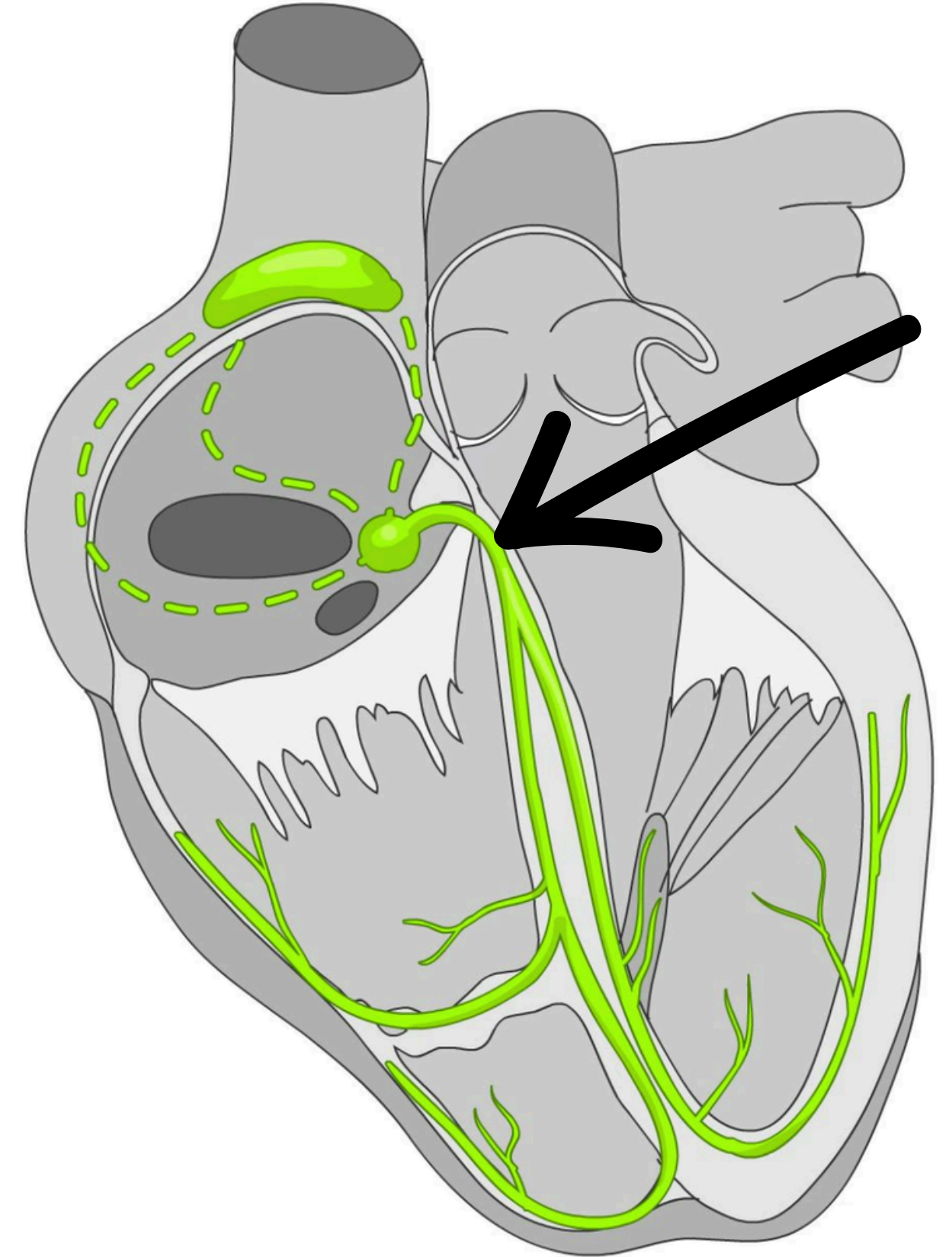


# Marcapasos subsidiarios

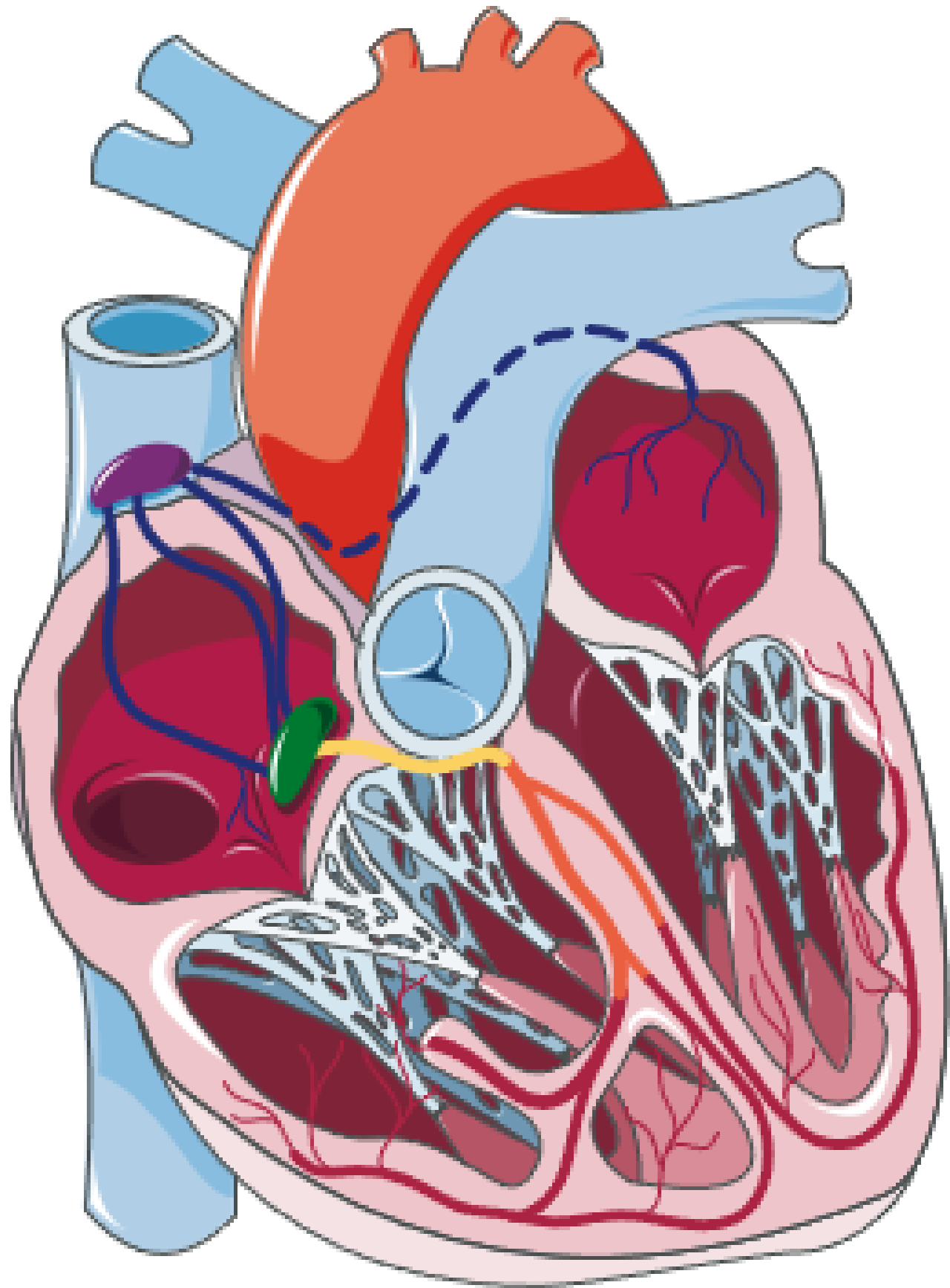
**Fascículo AV o sus ramas:** FC de 40 a 50 lpm

**Red de Purkinje:** FC de 25 a 40 lpm

**Miocardio ventricular:** FC de 25 lpm



# Focos ectópicos



**Mangas de miocardio de las venas pulmonares:** Generan la fibrilación auricular.

**Atriales:** Cualquier miocito atrial puede adquirir automatismo y superar al SA.

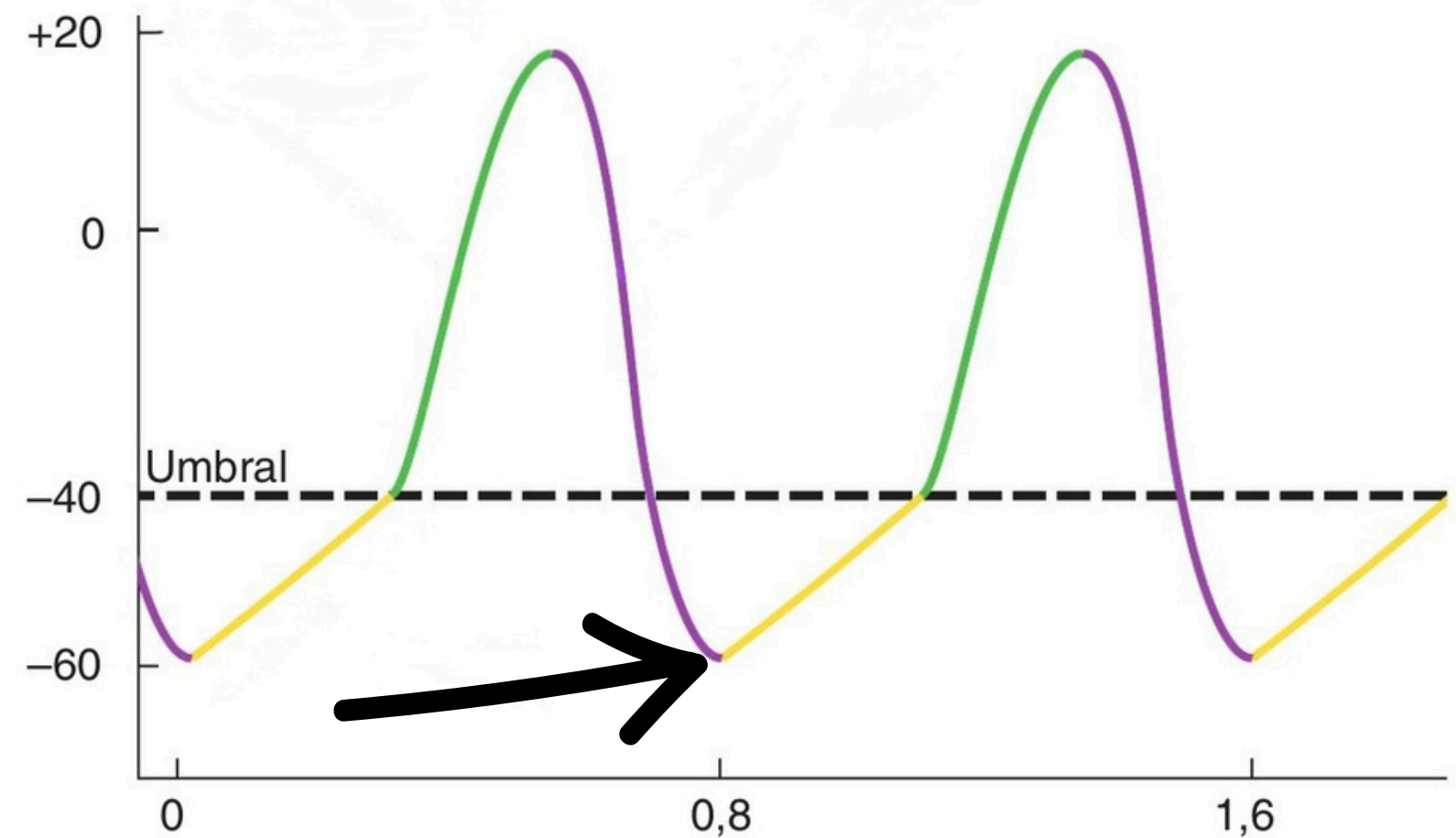
**Miocardio ventricular:** Ante isquemia y otras alteraciones puede generar circuitos de reentrada o mayor automatismo.

# PDM como base del automatismo

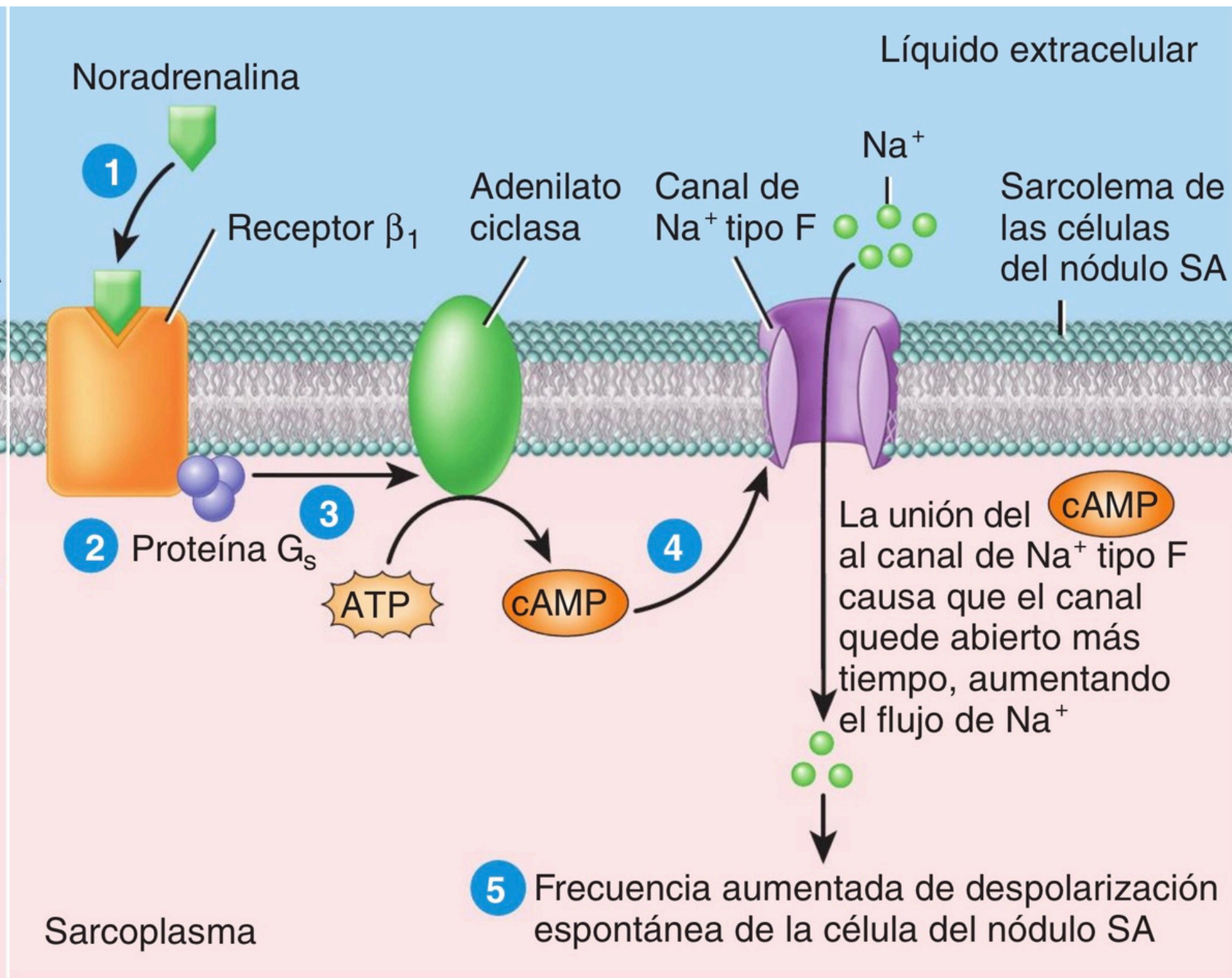
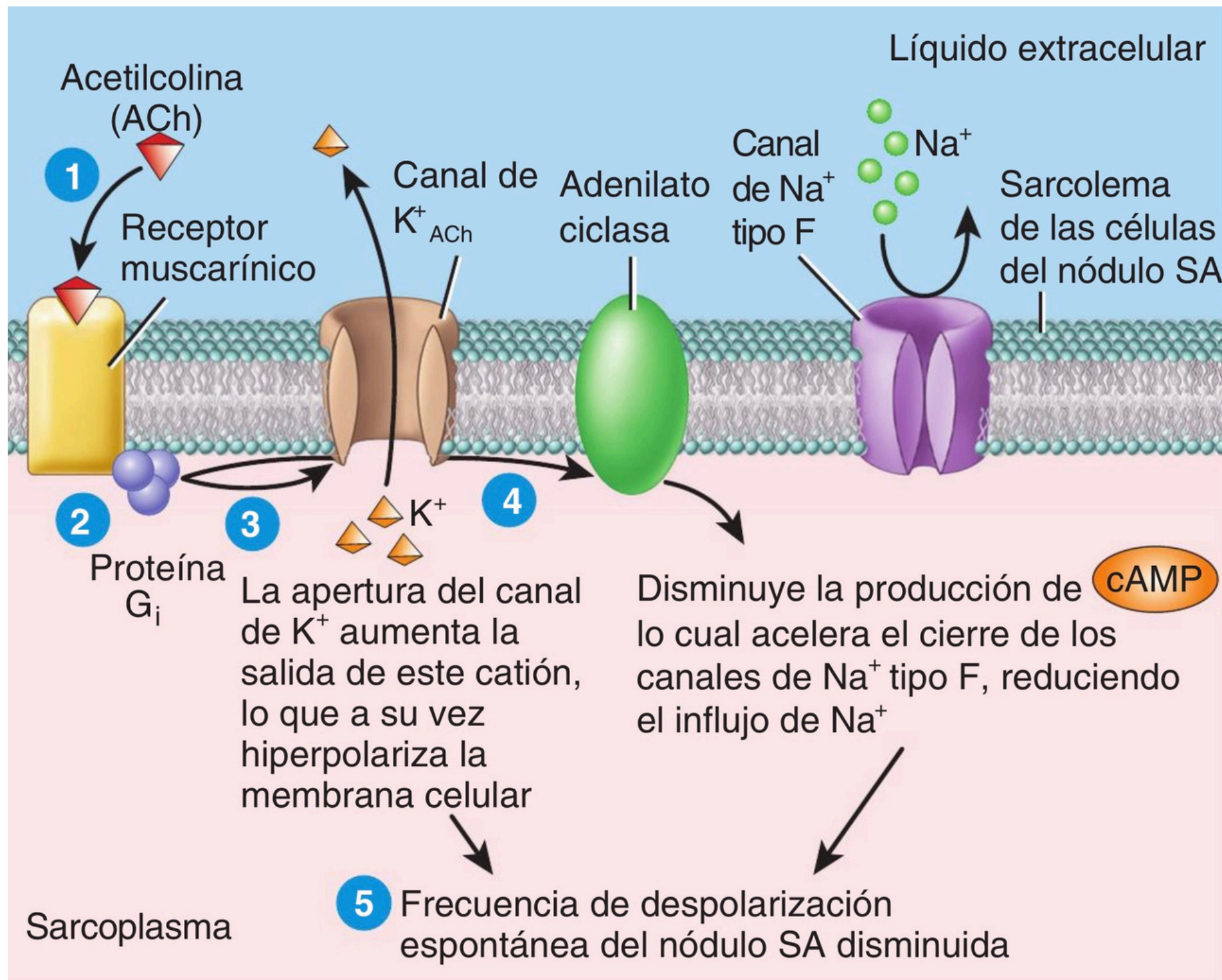
Canales de sodio tipo F =  
Canales tipo HCN...

HCN = Canales de  
nucleótidos activados por  
hiperpolarización.

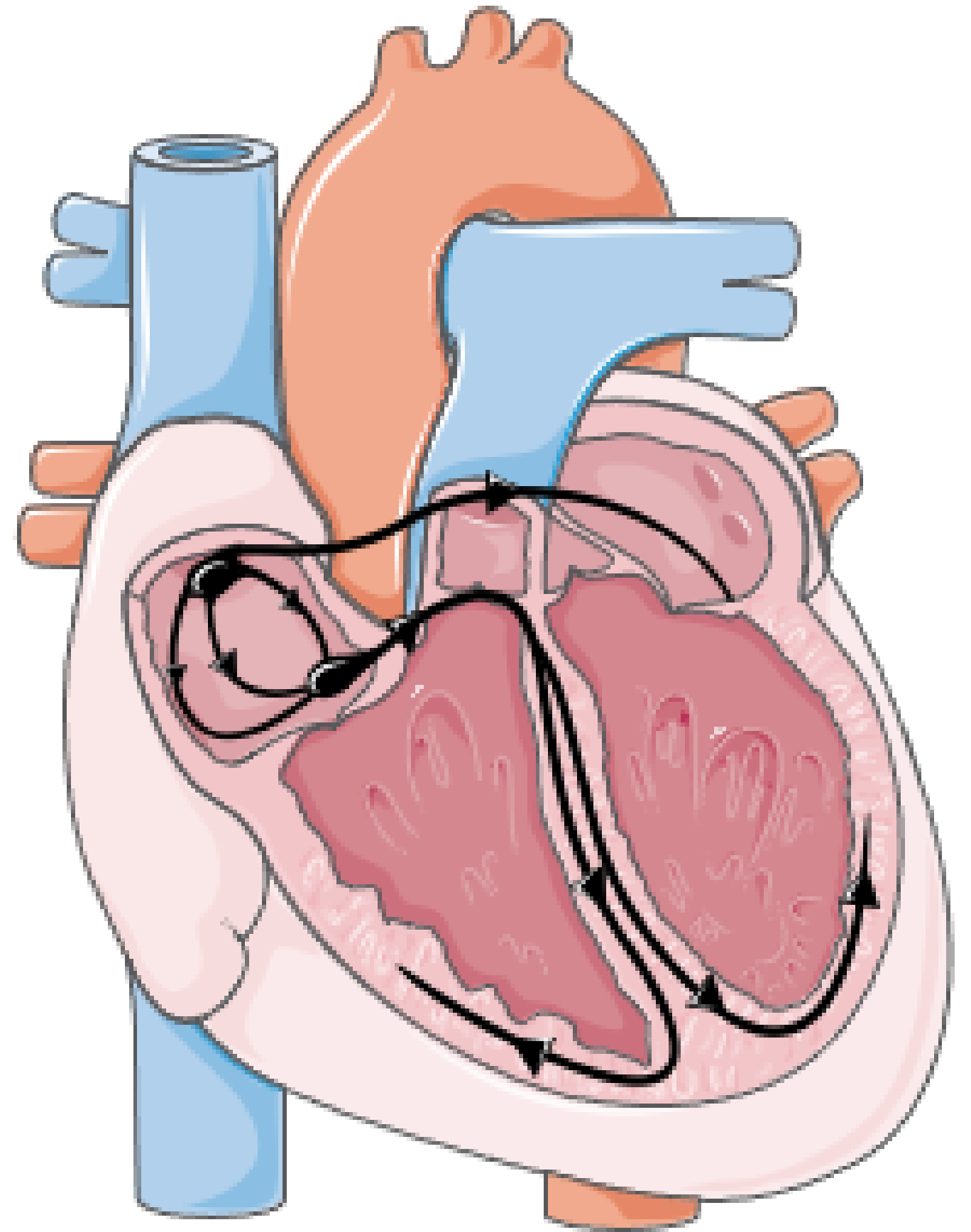
Al llegar a **-60 mV** se abren  
los canales. La velocidad  
depende de otros factores.



# Mecanismos iónicos que determinan la Despolarización diastólica



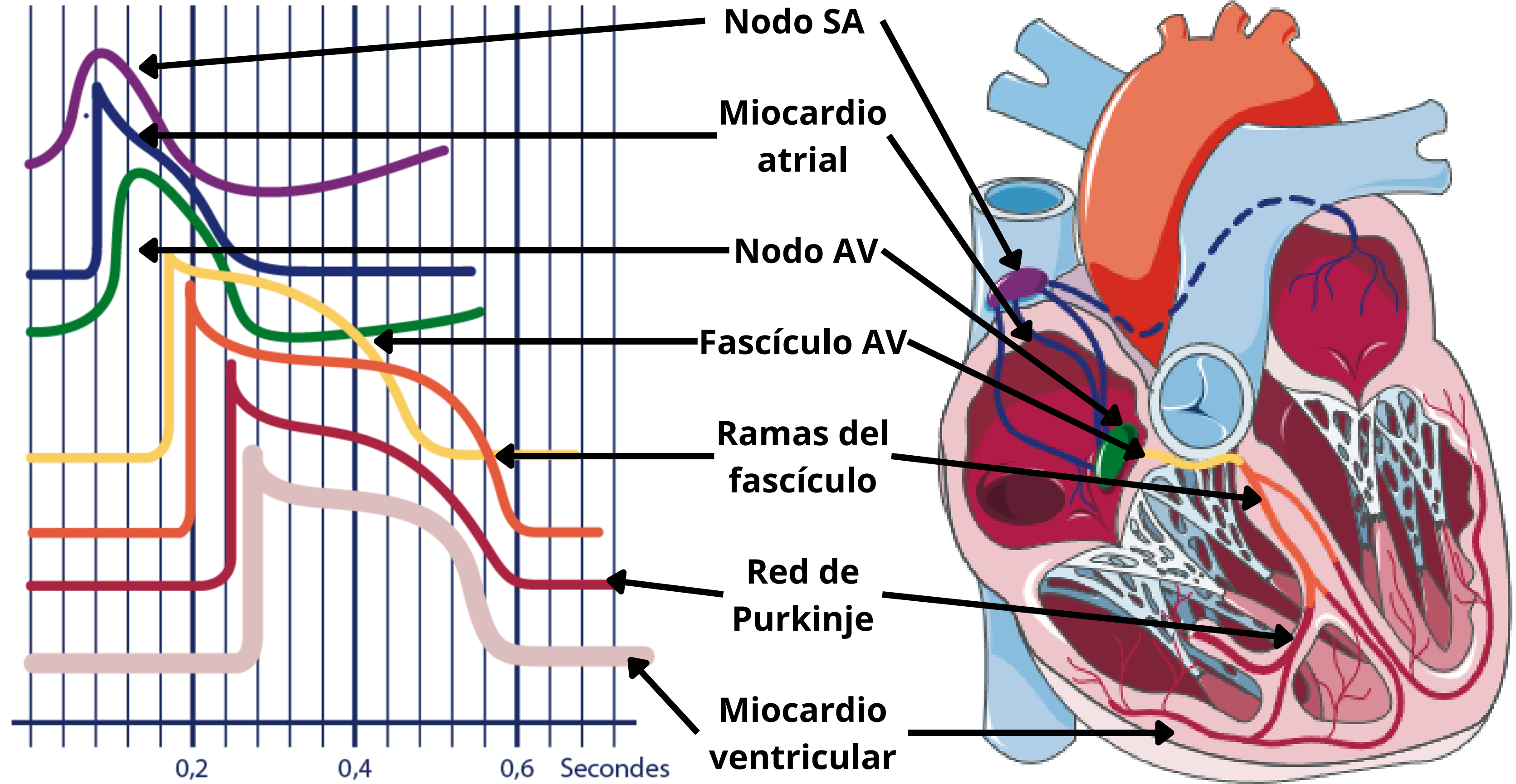
# Conducción



# Secuencia normal de activación

Inicio

Final



# Retraso fisiológico de la conducción

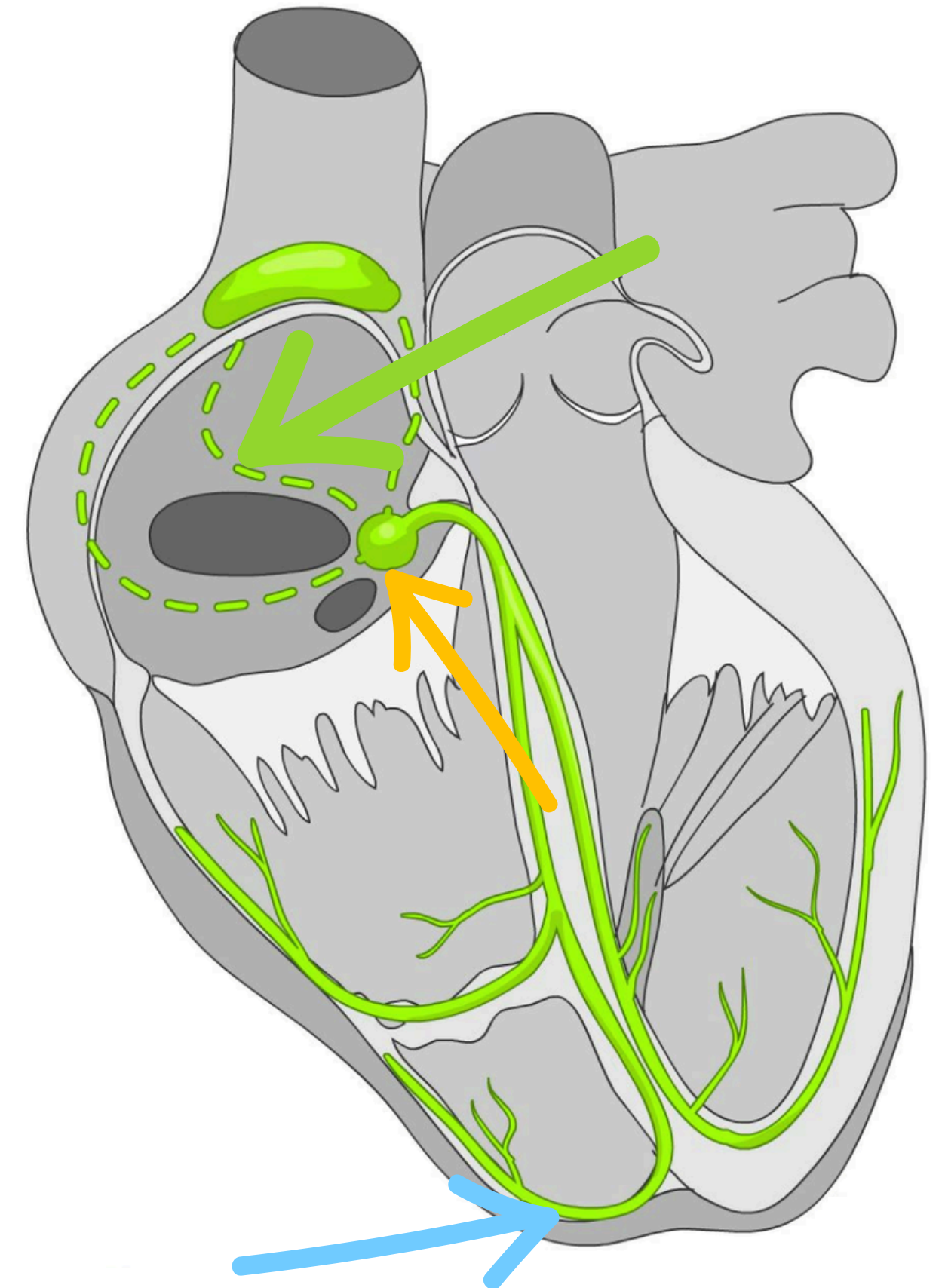
**Tractos internodales: 0.03 seg.**

**Unión atrioventricular: 0.12 seg.**

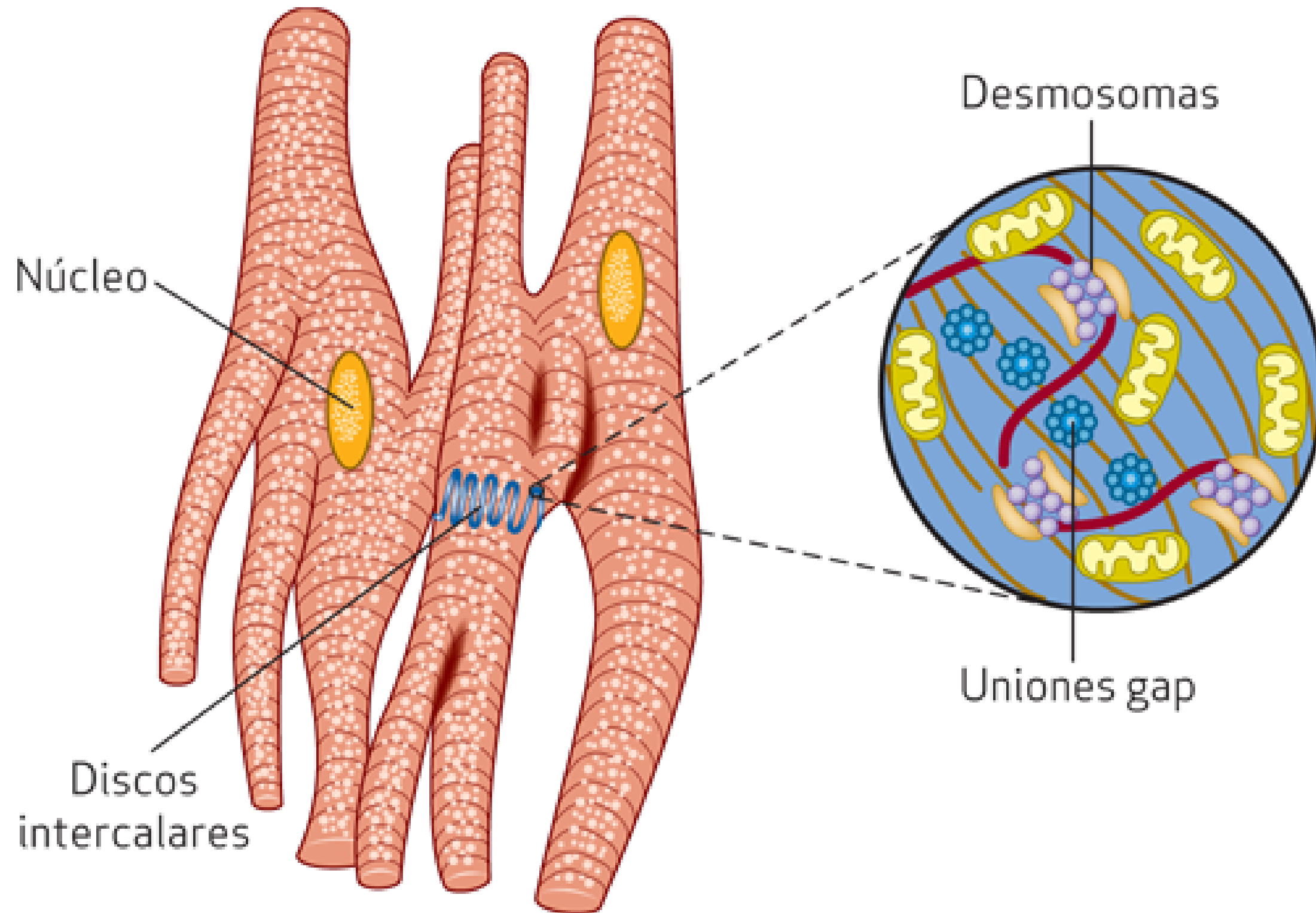
0.15 seg en total de retraso fisiológico entre el nodo SA y los ventrículos.

**Vértice a base: 0.06 segundos.**

**TOTAL = 0.21-0.22 segundos.**



# Papel de las uniones comunicantes

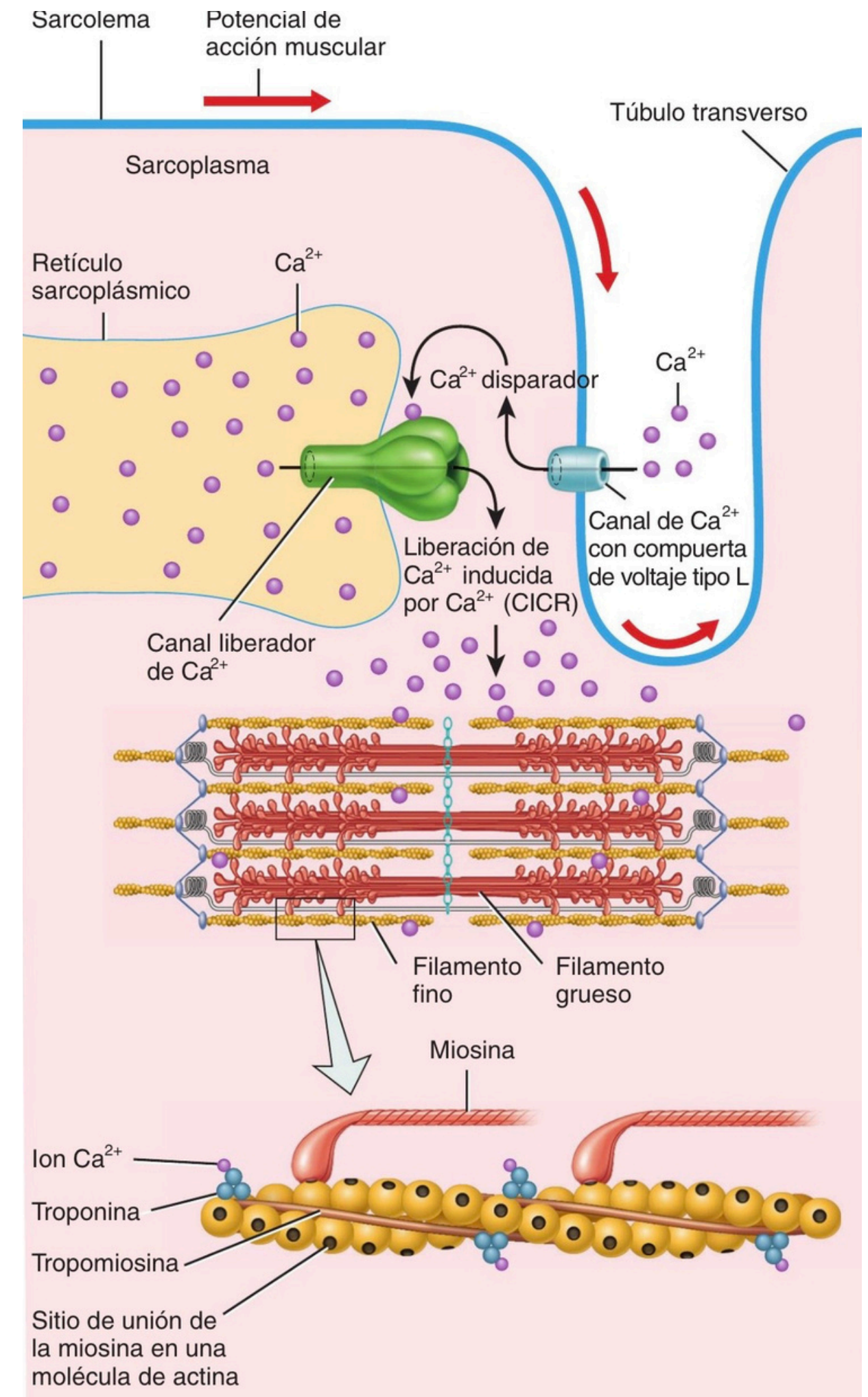
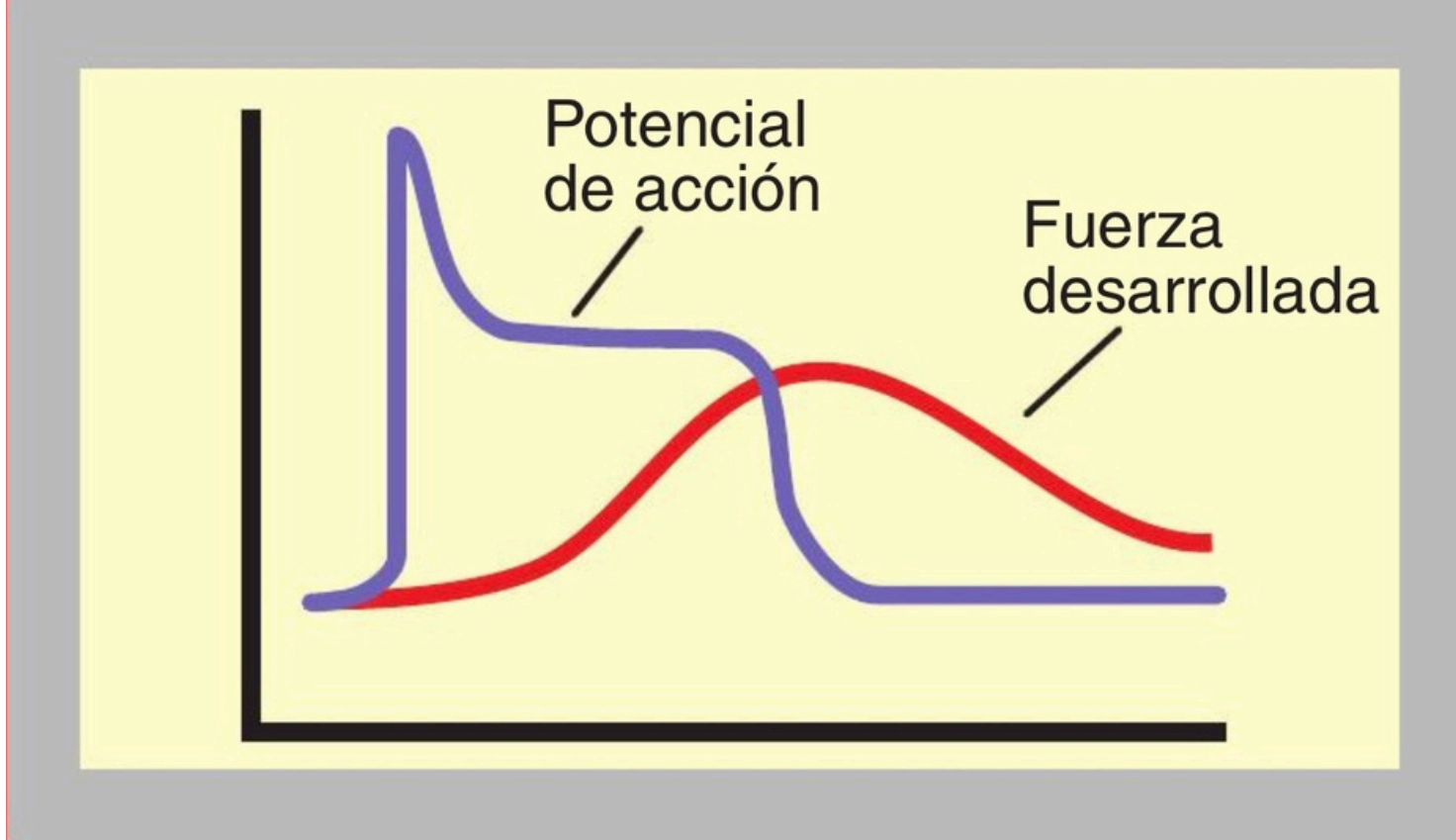
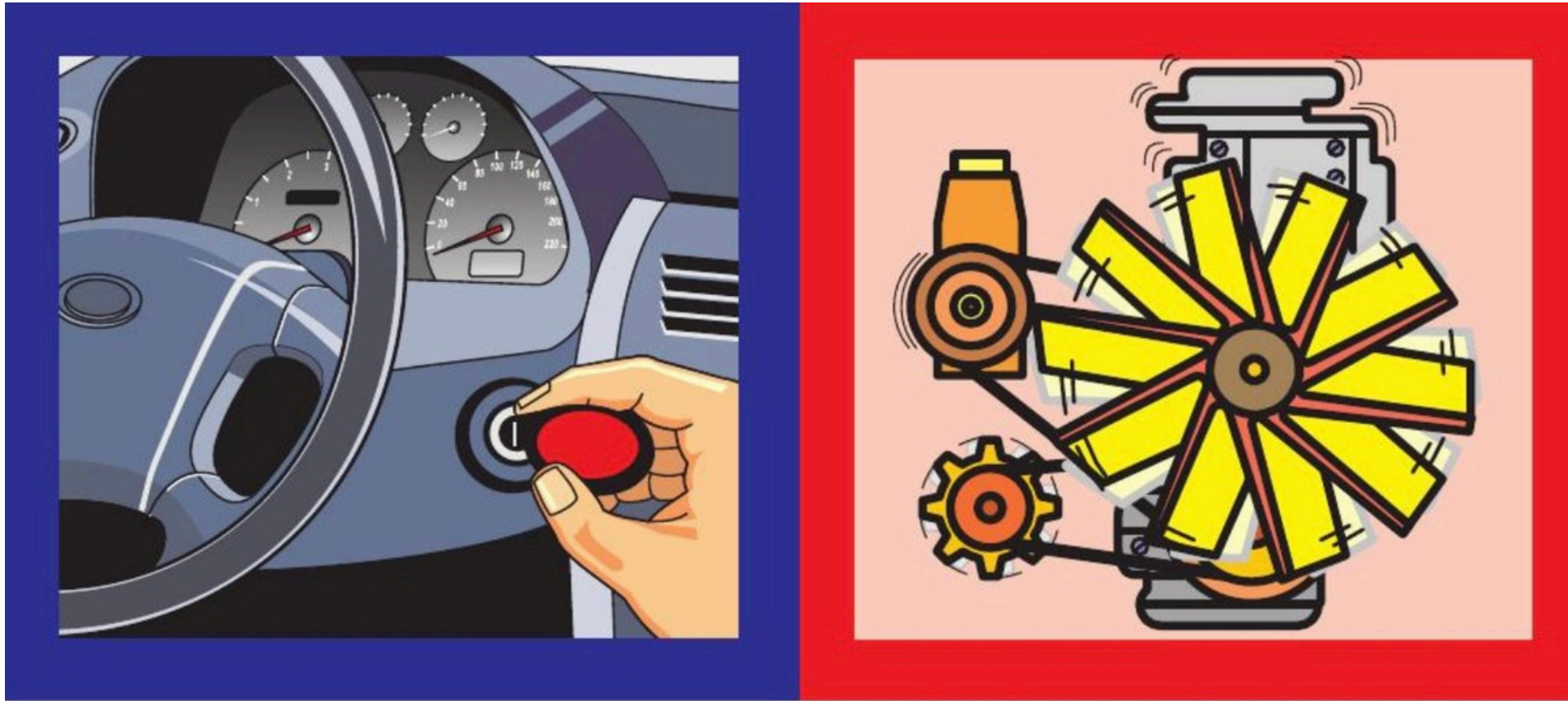


**Función:** Permiten que el potencial de acción de transmita de una célula a otra.

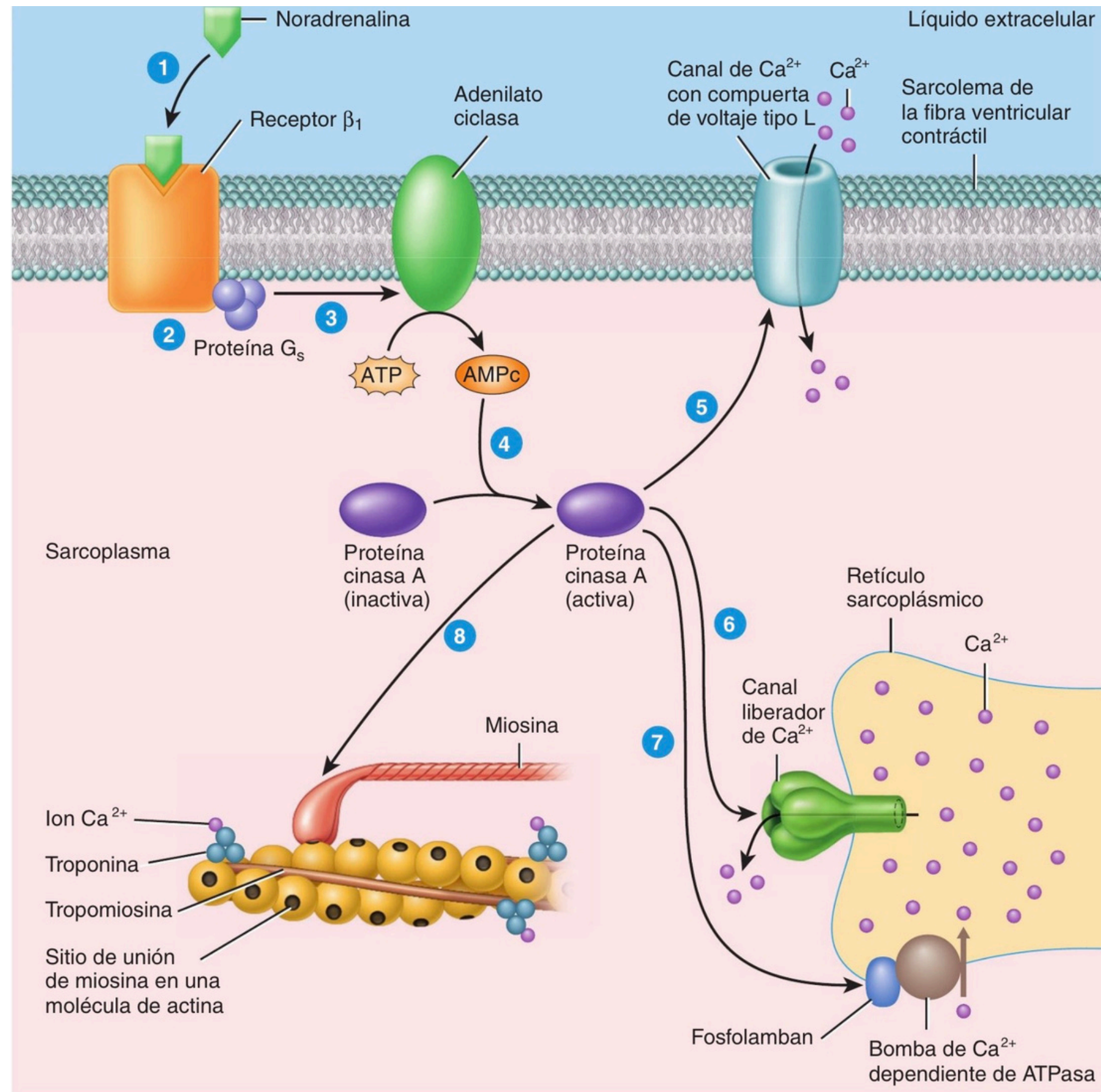
El número de uniones determina la velocidad de conducción.

**Nodo AV:** Pocas uniones = retraso fisiológico.

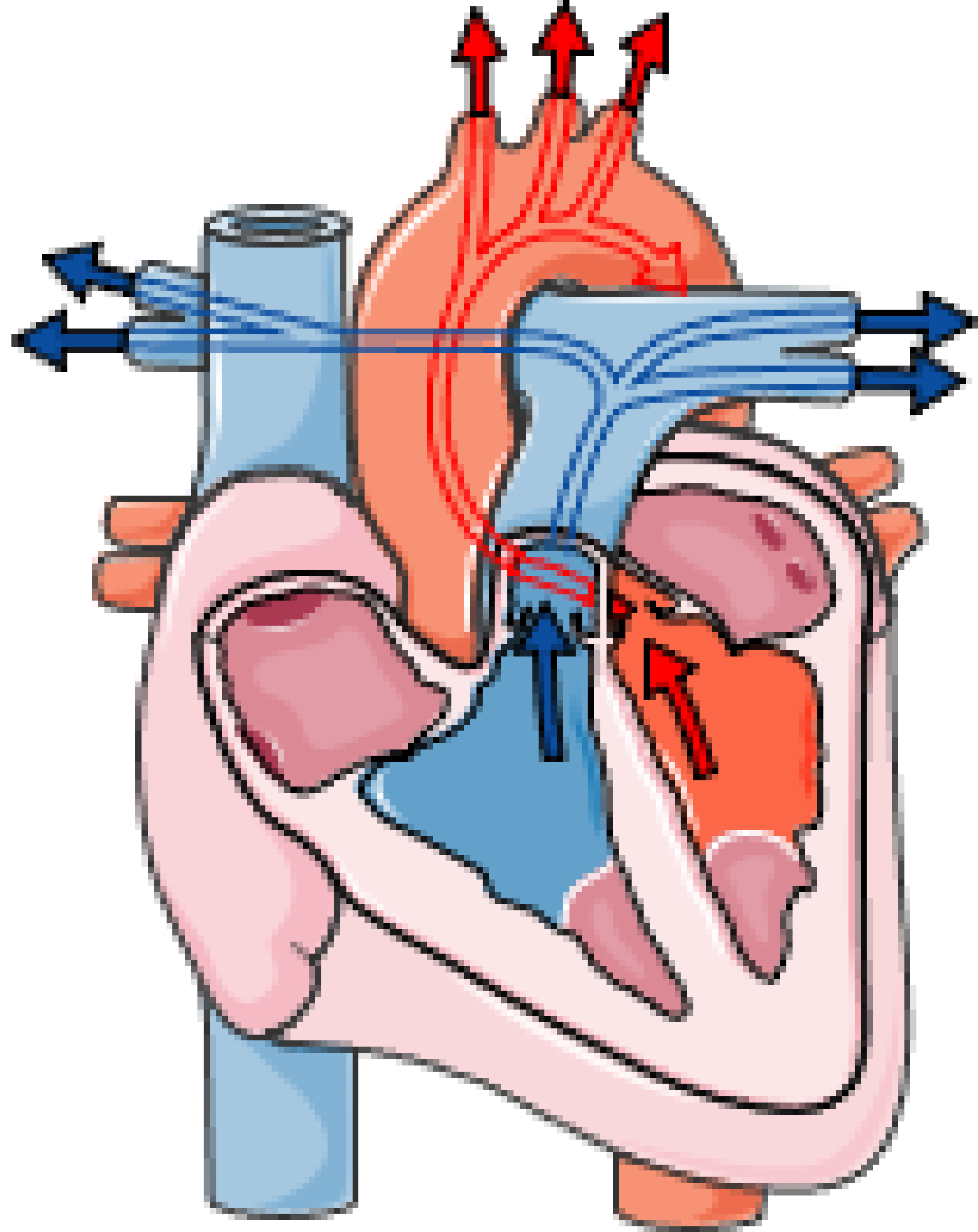
# Acople excitación-contracción



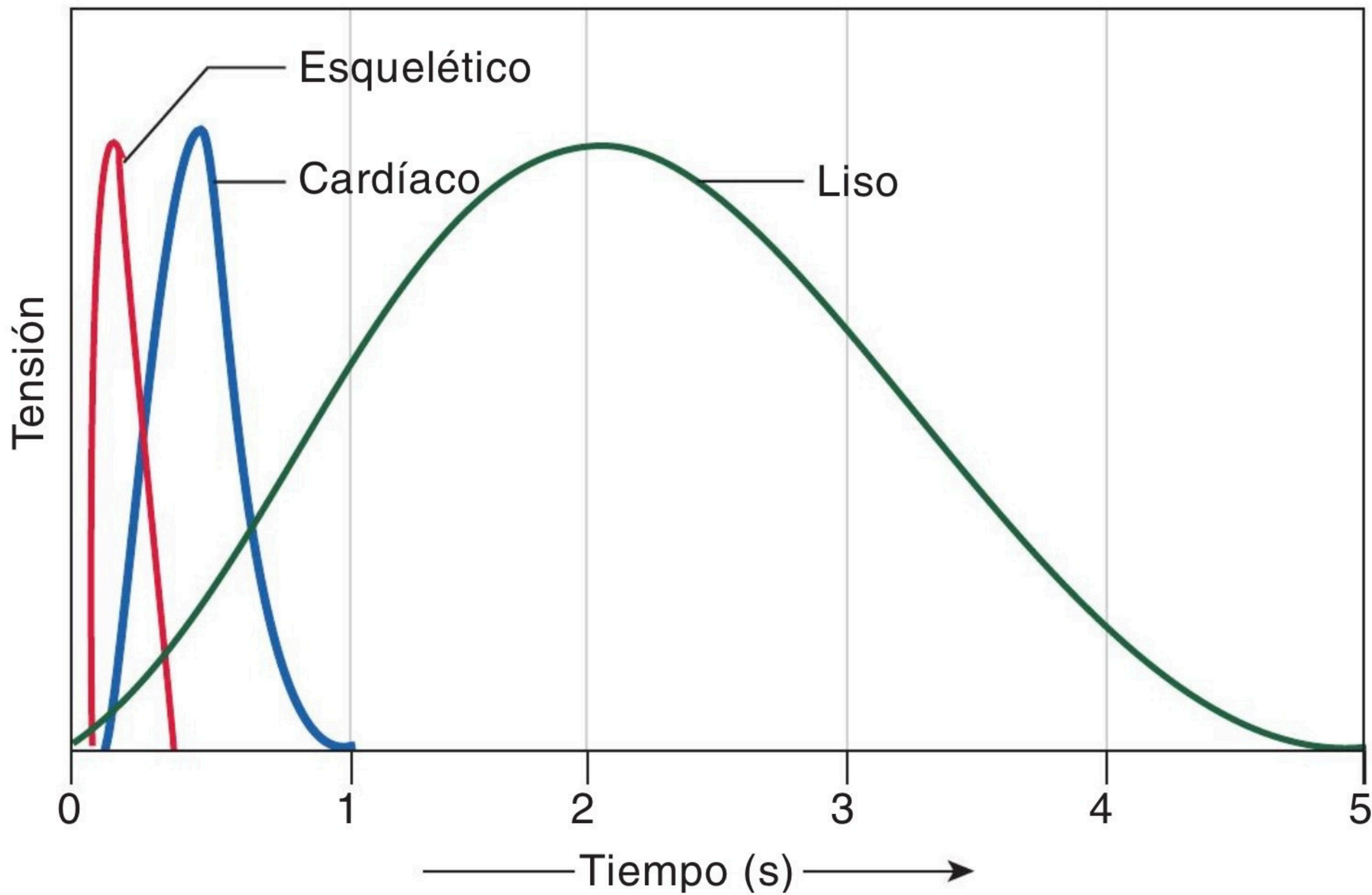
# Efecto del sistema simpático sobre la contractilidad



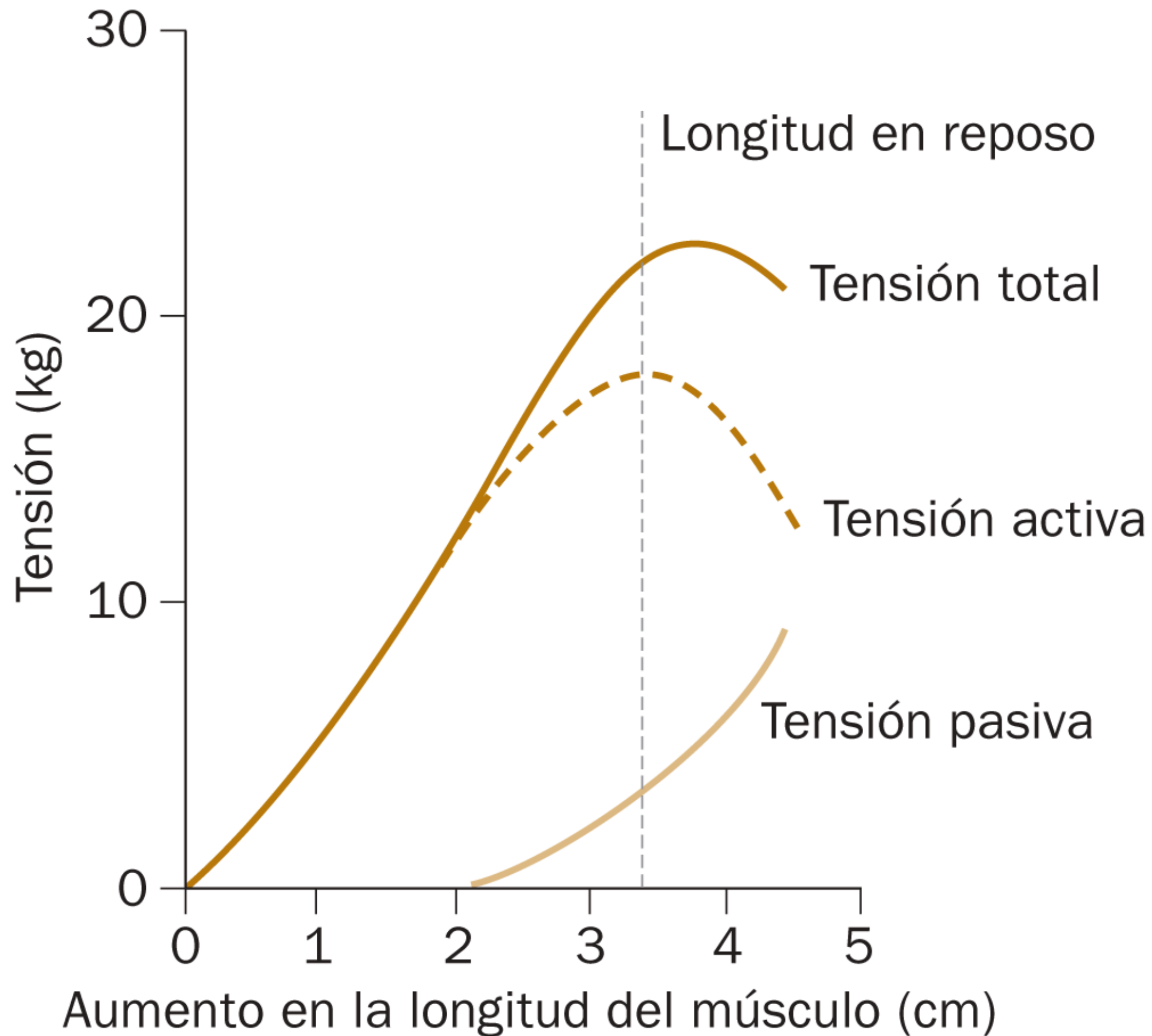
# Contractilidad



# Tiempo de contracción entre cada tipo de músculo



# Curva tensión - longitud

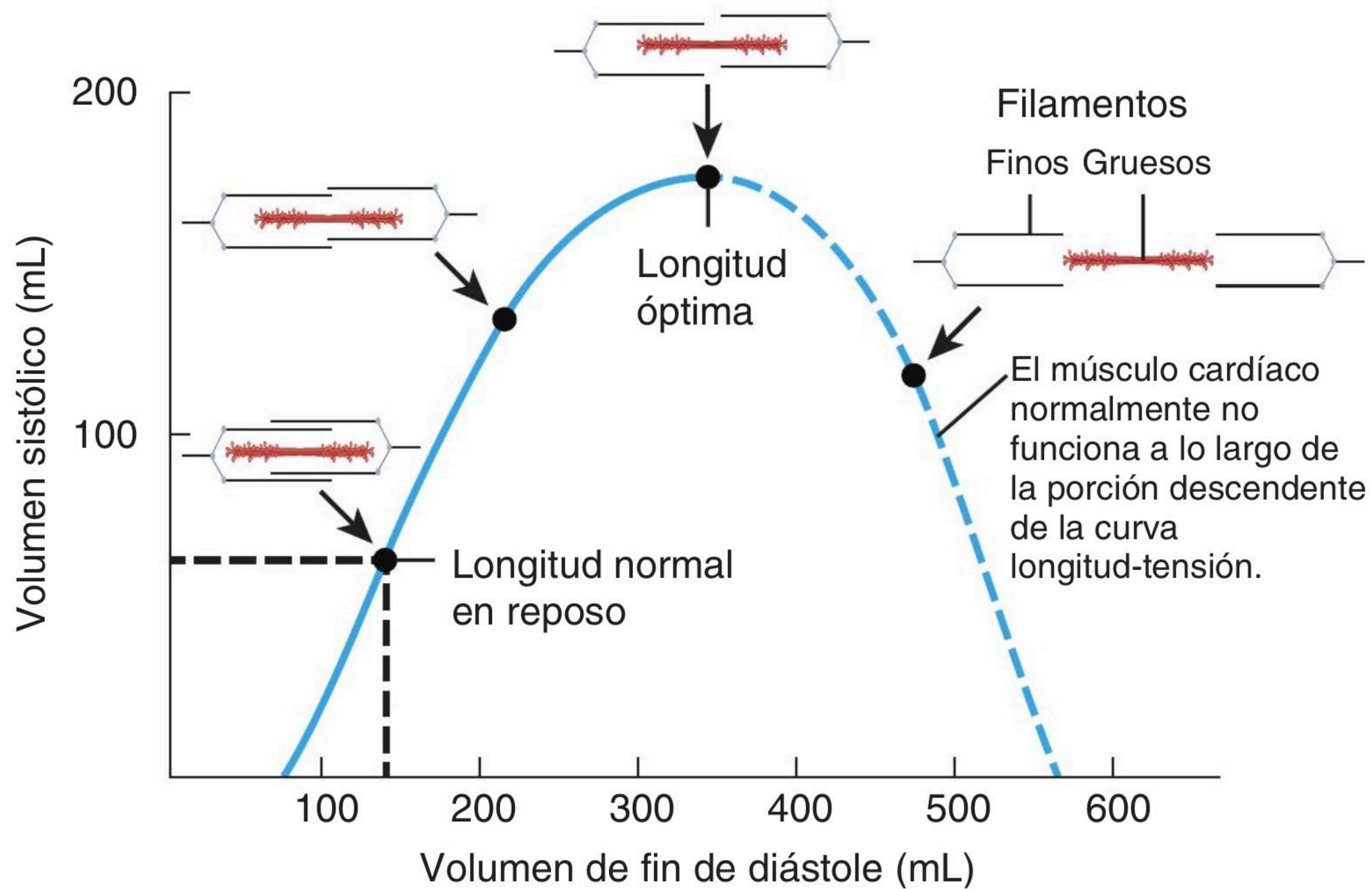


**Tensión pasiva:** Dada por elementos elásticos como la titina o tejido conectivo.

**Tensión activa:** Por los puentes cruzados de actina y miosina.

**Óptima:** Máxima fuerza por solapamiento de miofibrillas.

# Mecanismo de Frank - Starling



A mayor distensión inicial de la fibra muscular, mayor separación entre la miosina y actina. Al llegar a cierta longitud, la fuerza ejercida es mayor u óptima. Pero si se distiende de más, se pierde el acople y la fuerza puede ser de 0.

# Determinantes del mecanismo de Frank-Starling

Tiempo de llenado

Si la diástole dura más, como a FC bajas, hay mayor llenado de los ventrículos, y con ello mayor volumen

Retorno venoso

A mayor retorno venoso, mayor volumen de final de diástole

Mecanismo de Frank - Starling = **PRECARGA**

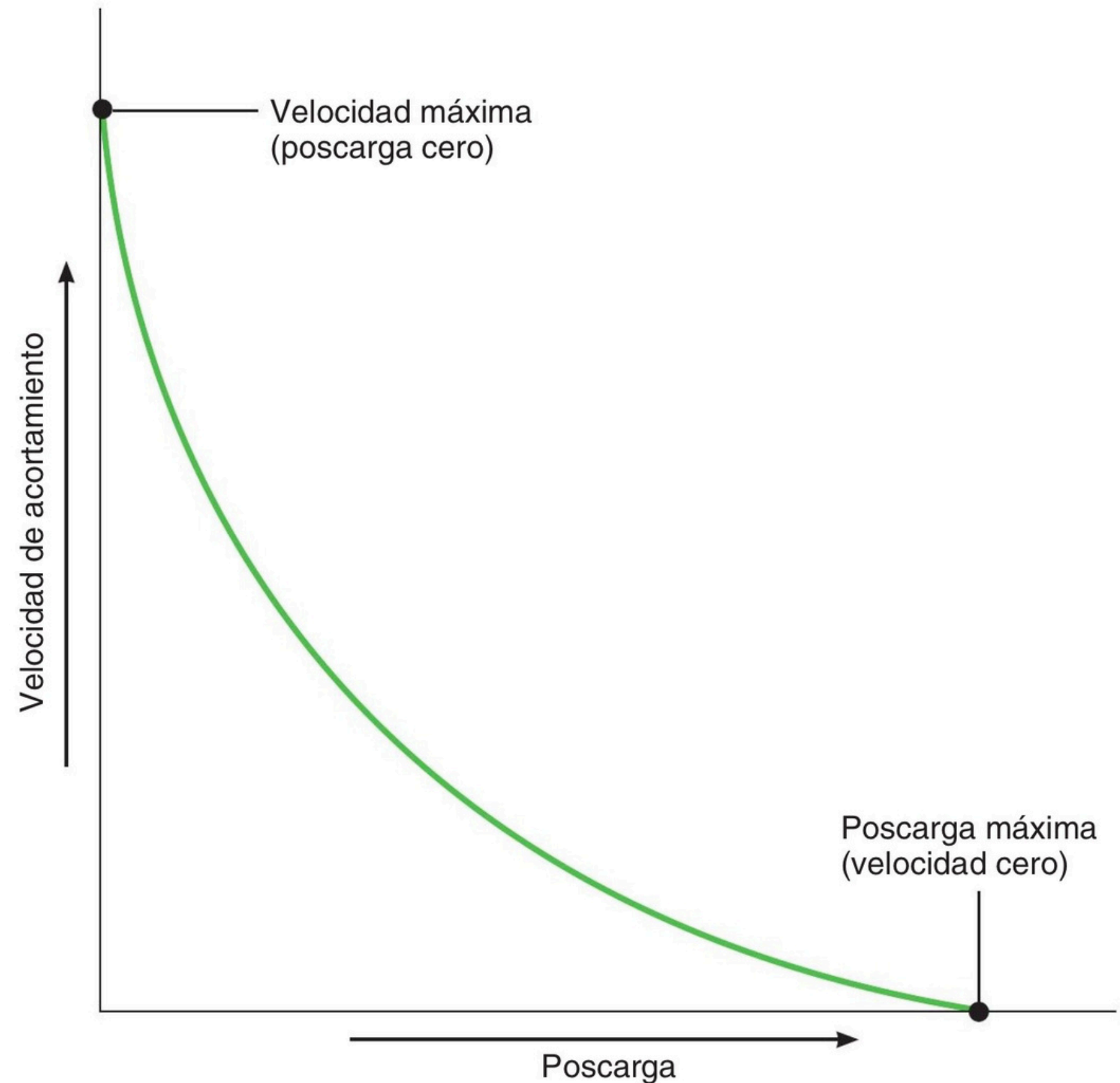
A mayor precarga, mayor volumen sistólico

# Curva velocidad de acortamiento - tensión

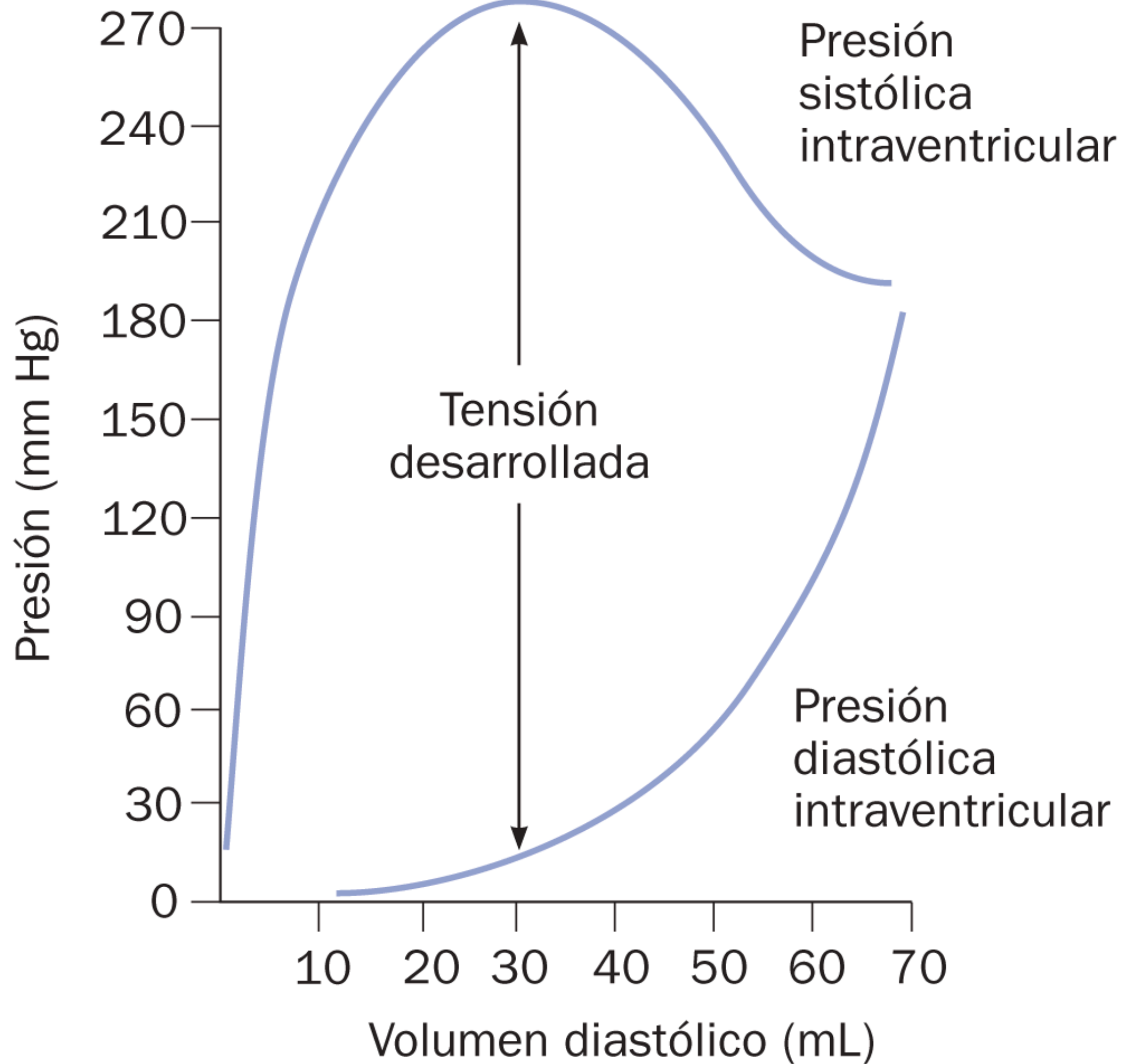
Es un Índice de contractilidad cardíaca.

La poscarga cero sirve para valorar la contractilidad intrínseca del miocardio.

A medida que la carga aumenta, la velocidad disminuye.



# Curva presión - tensión - volumen



**Volumen diastólico:** A mayor volumen diastólico disminuye la presión sistólica y aumenta la tensión.

A mayor volumen diastólico aumenta la presión diastólica y disminuye la tensión desarrollada.

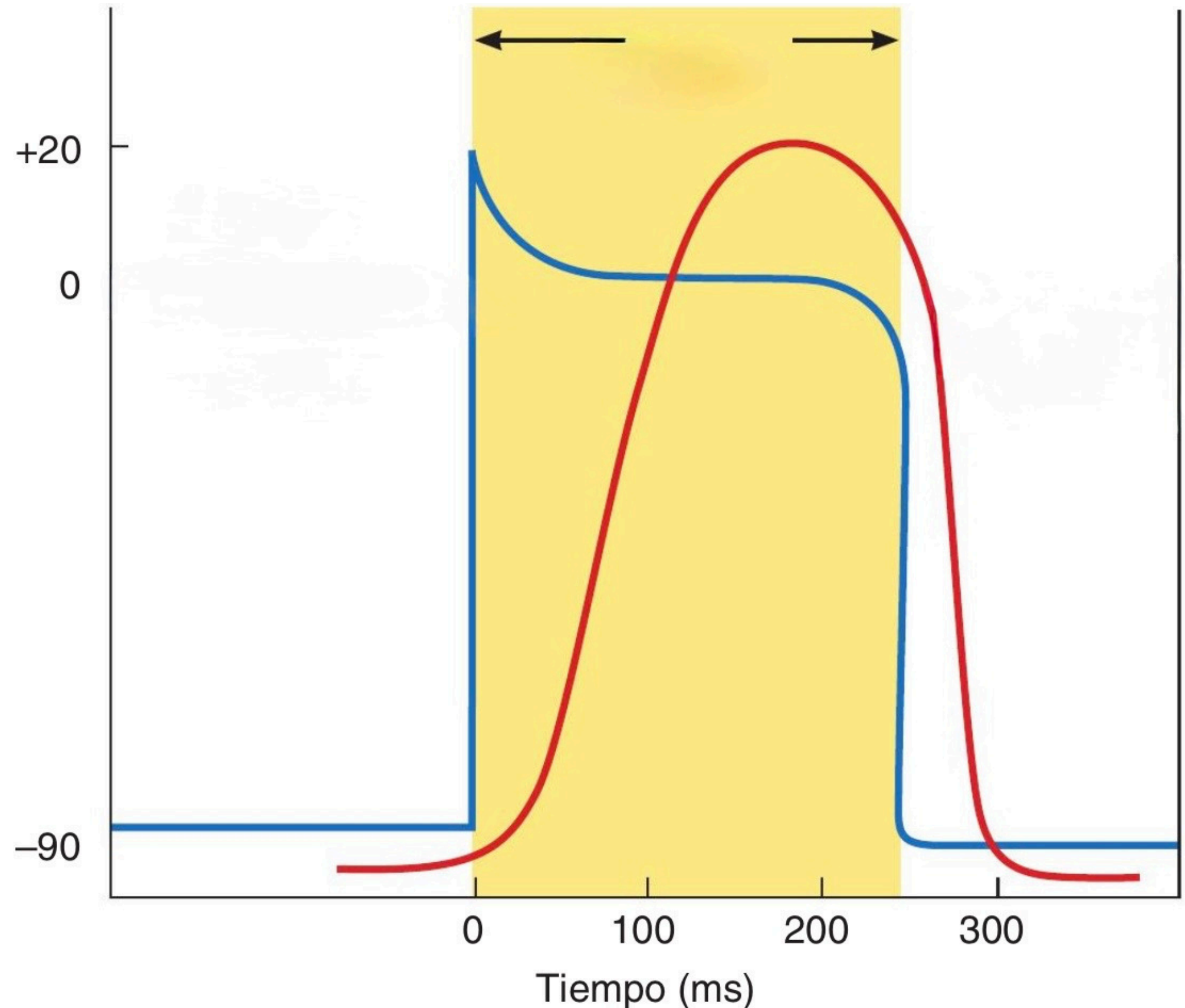
# Periodo refractario

Es el intervalo de tiempo donde una célula cardíaca no puede ser excitada por un estímulo.

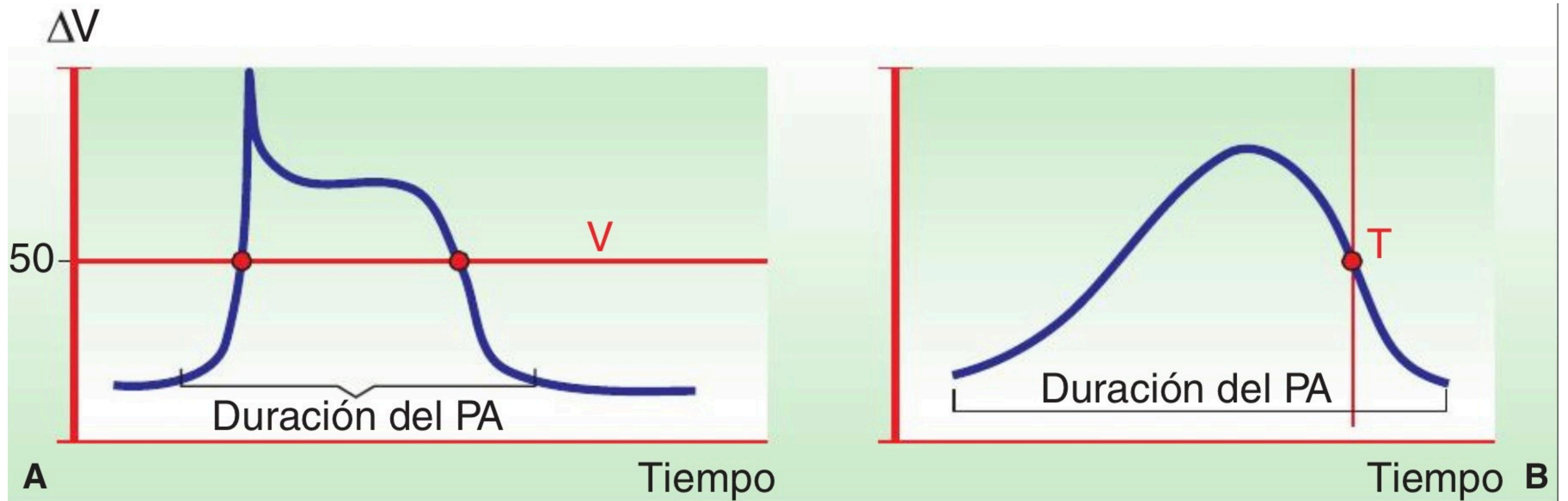
**PR Absoluto:** Ningún estímulo puede excitarla = Fases 0, 1 y 2.

**PR Relativo:** Solo un estímulo fuerte puede activarlas = Fase 3.

El periodo refractario dura casi todo el aumento de tensión.

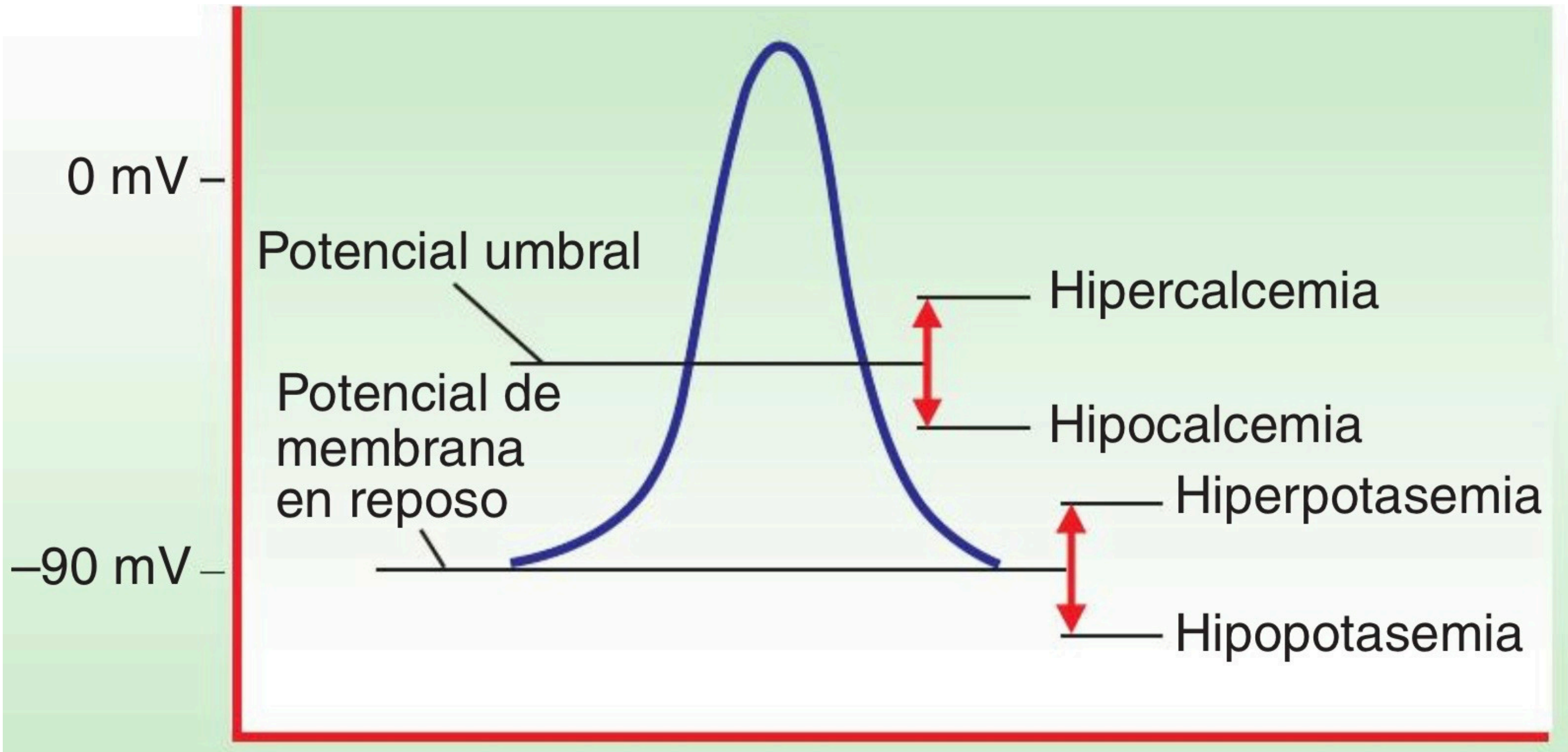


# Refractariedad dependiente de voltaje y tiempo

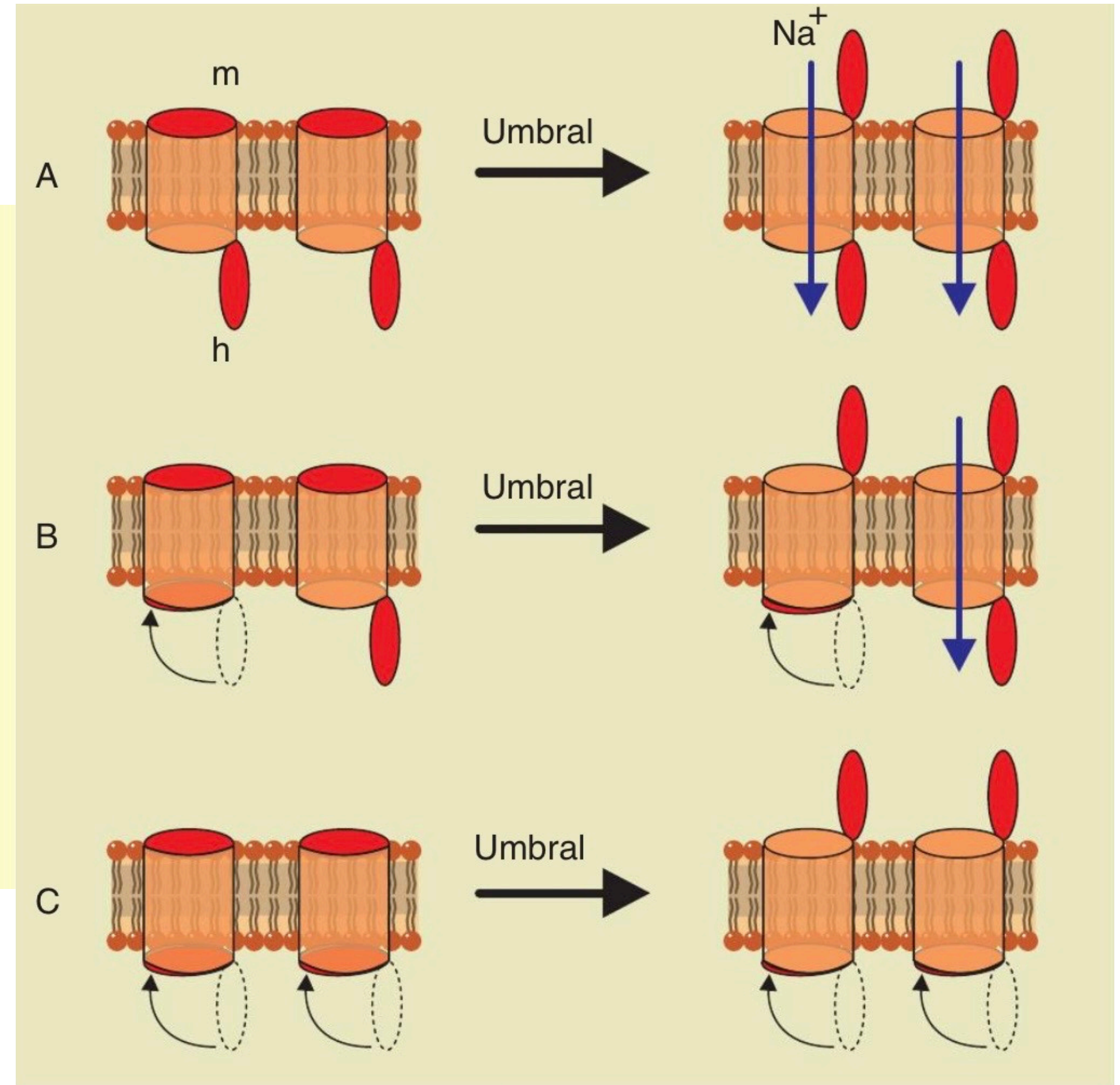
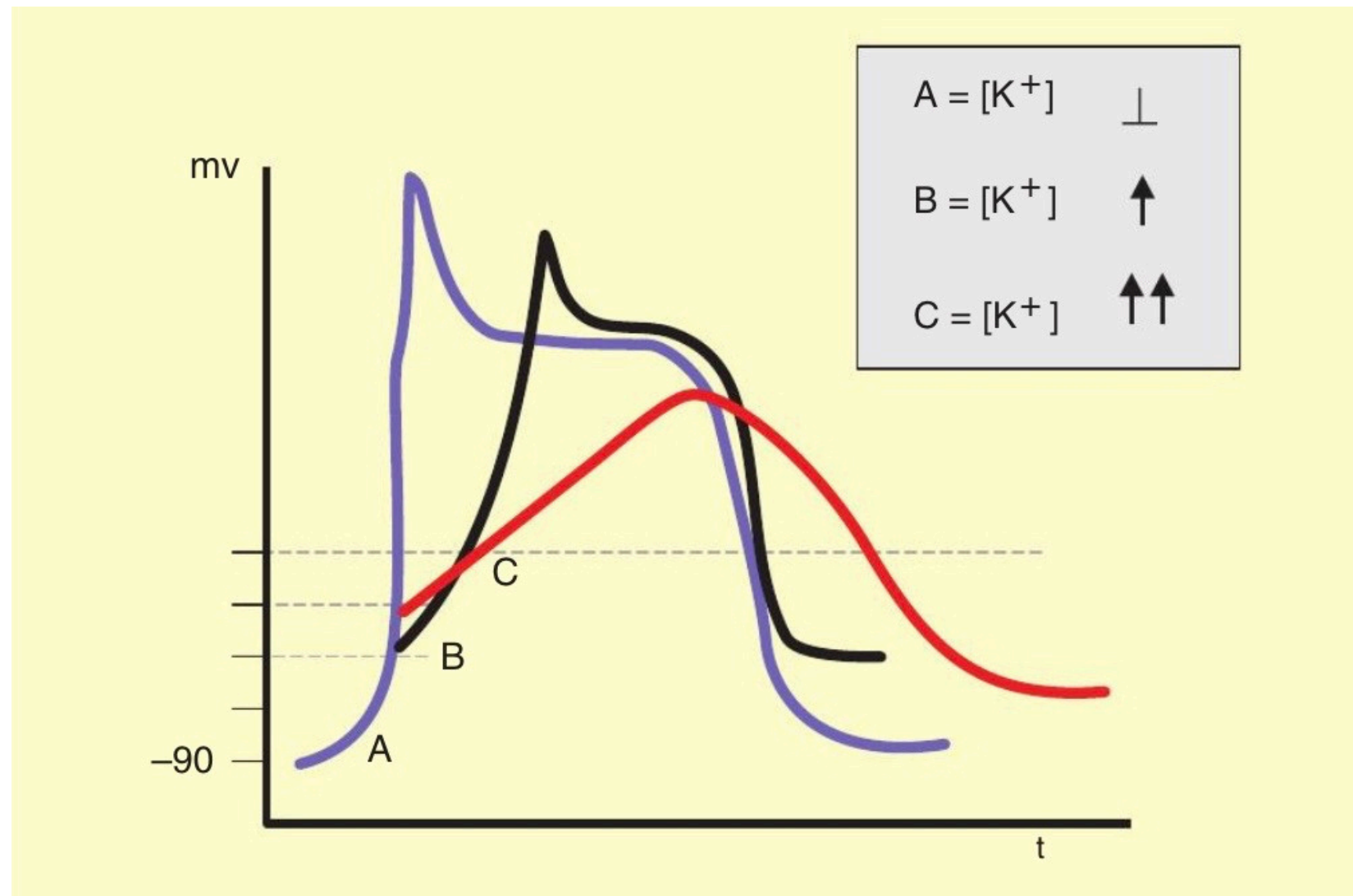


El periodo refractario inicia con la despolarización y acaba cuando el potencial de membrana es inferior a -50 mV. En el tiempo esto coincide con la segunda mitad de la onda T del electrocardiograma.

# Relación del potencial de membrana, el valor de umbral para el PA y las alteraciones electrolíticas

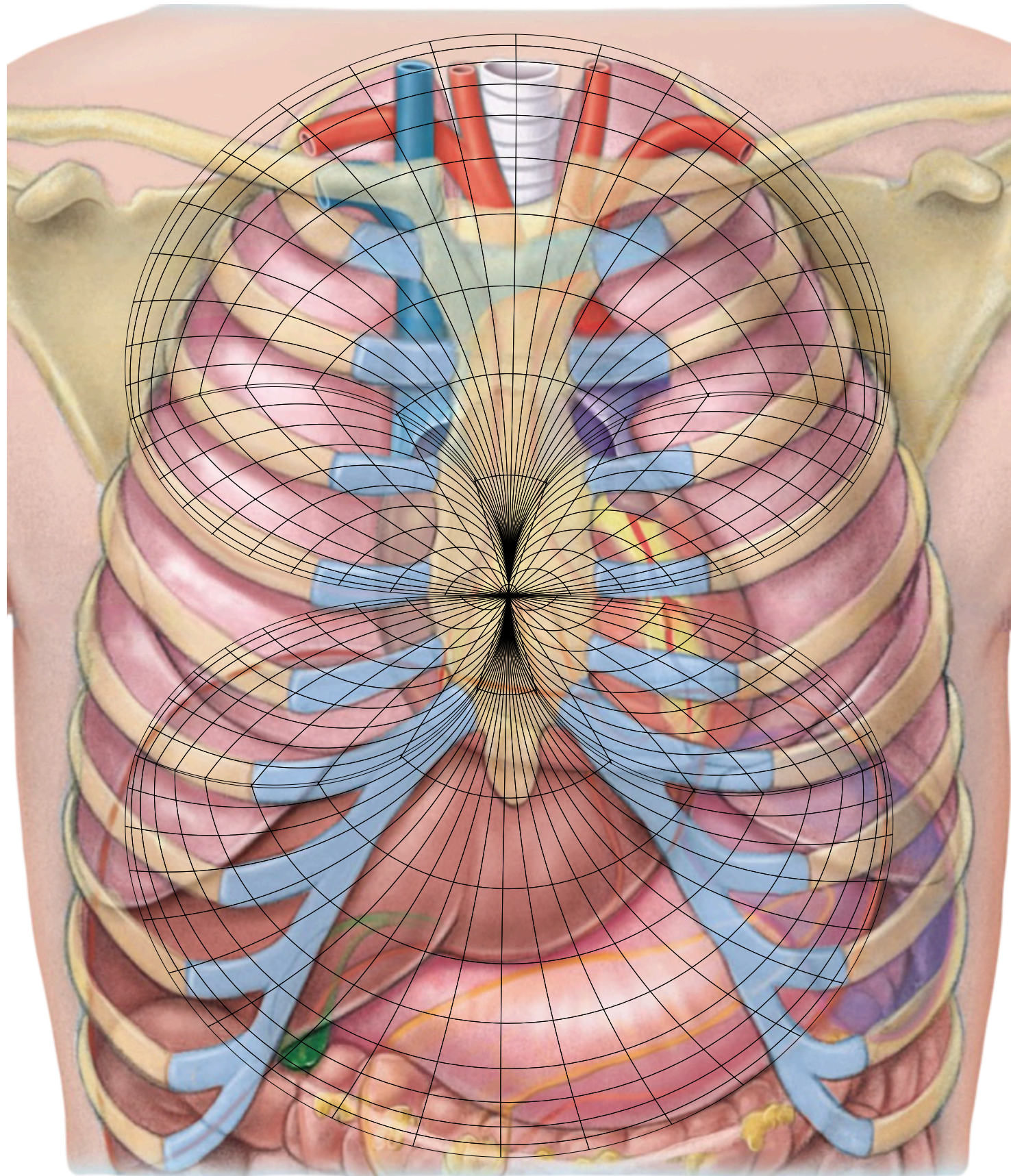


# Efectos de la hipercalcemia sobre las corrientes de sodio



# **Fundamentos electrofisiológicos del electrocardiograma**

# El campo eléctrico

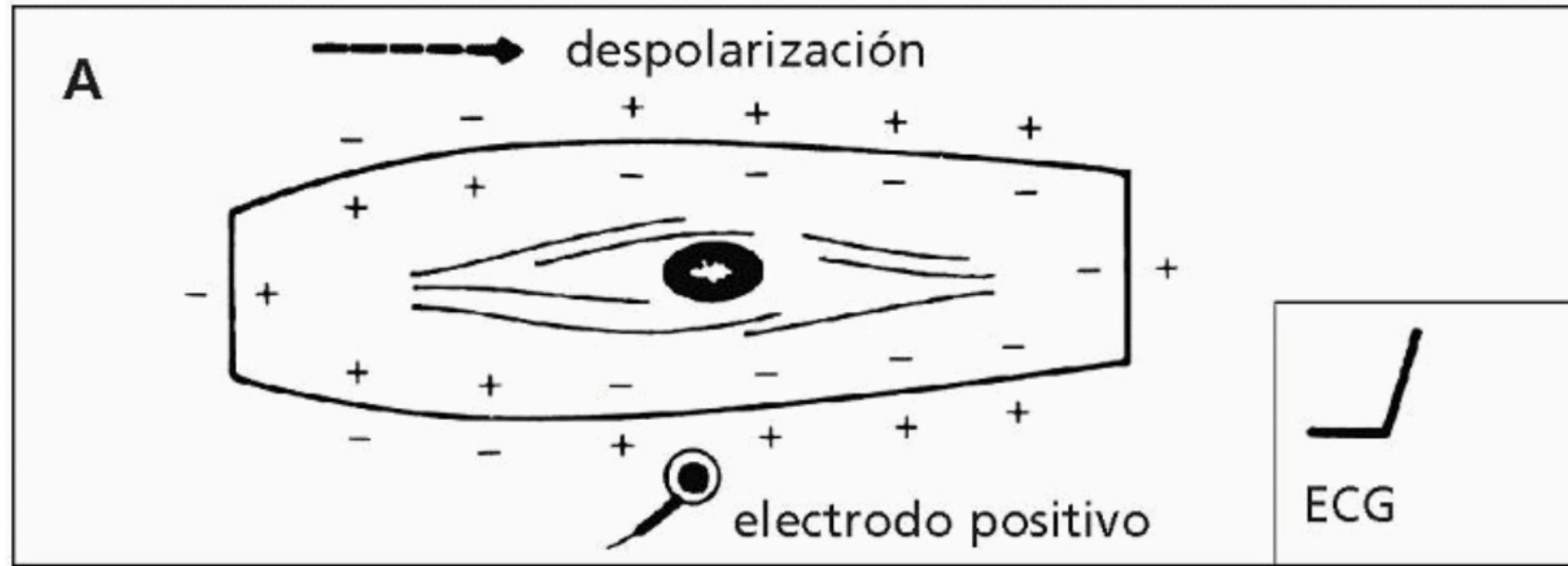


**El impulso eléctrico cardíaco se transmite hacia la superficie corporal a través de los tejidos blandos**

**Tejidos blandos:** Pericardio, pleura, pulmón, grasa, músculo y piel

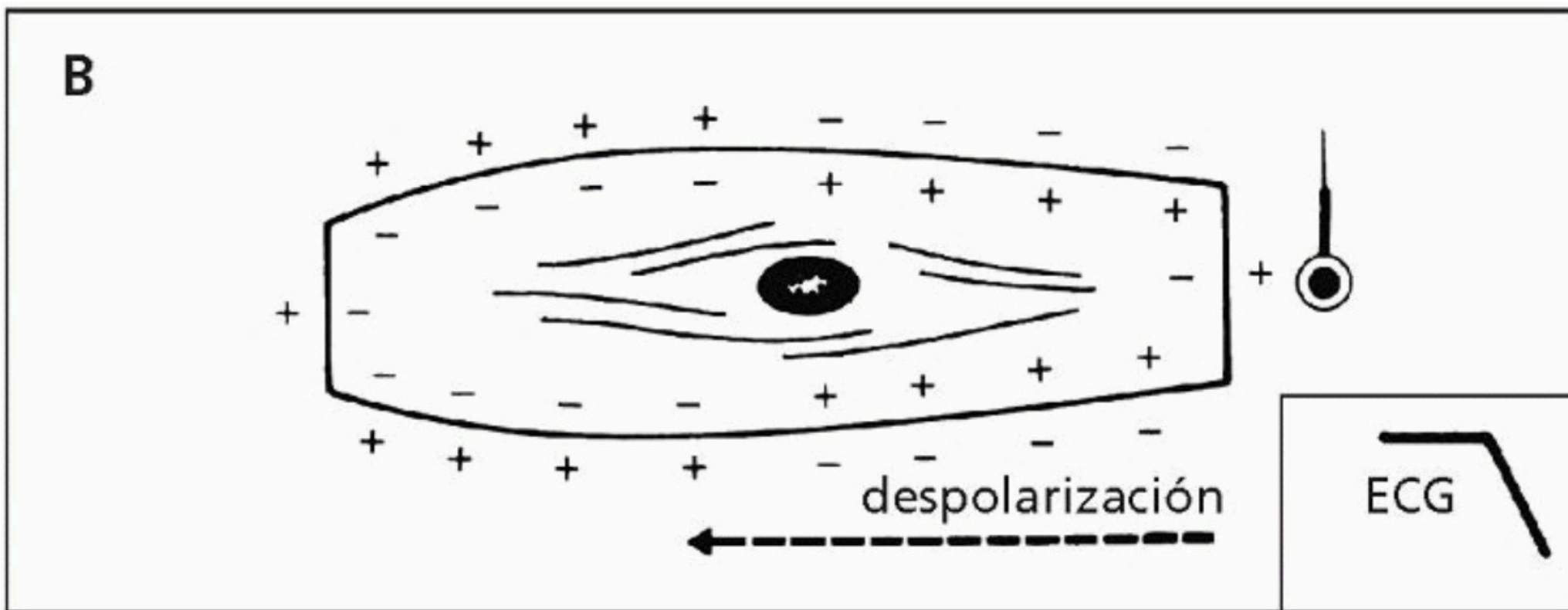
**Por el paso por esas estructuras, poco a poco se va disipando la electricidad pero aun es detectable en la superficie**

# Bases físicas del registro electrocardiográfico



Los electrodos detectan corrientes eléctricas.

Cuando un vector eléctrico con carga negativa se acerca al electrodo, este lo gráfica como una deflexión positiva.



Cuando se aleja, lo gráfica como una onda negativa.

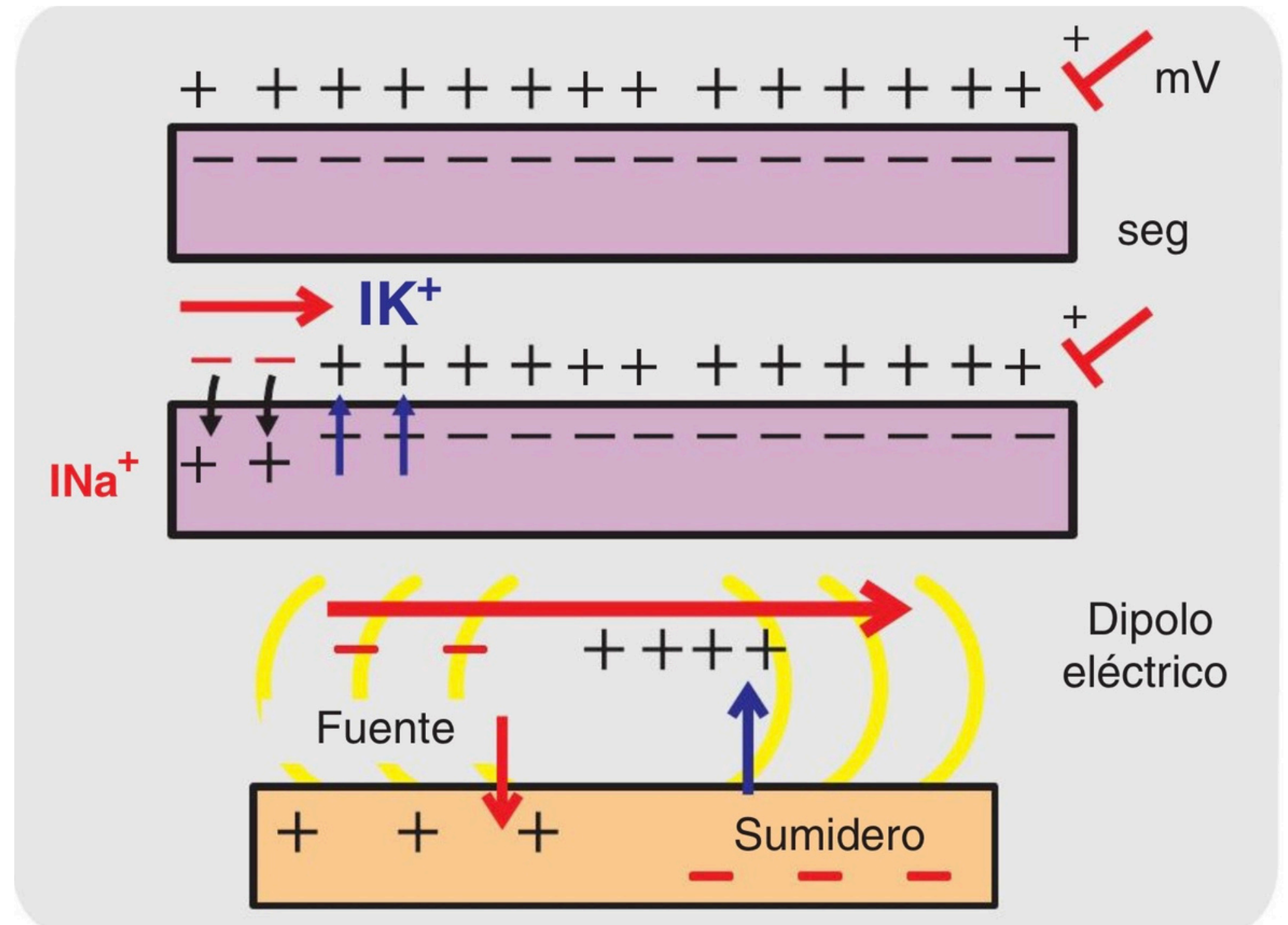
# Teoría del dipolo

## Polaridad de membrana

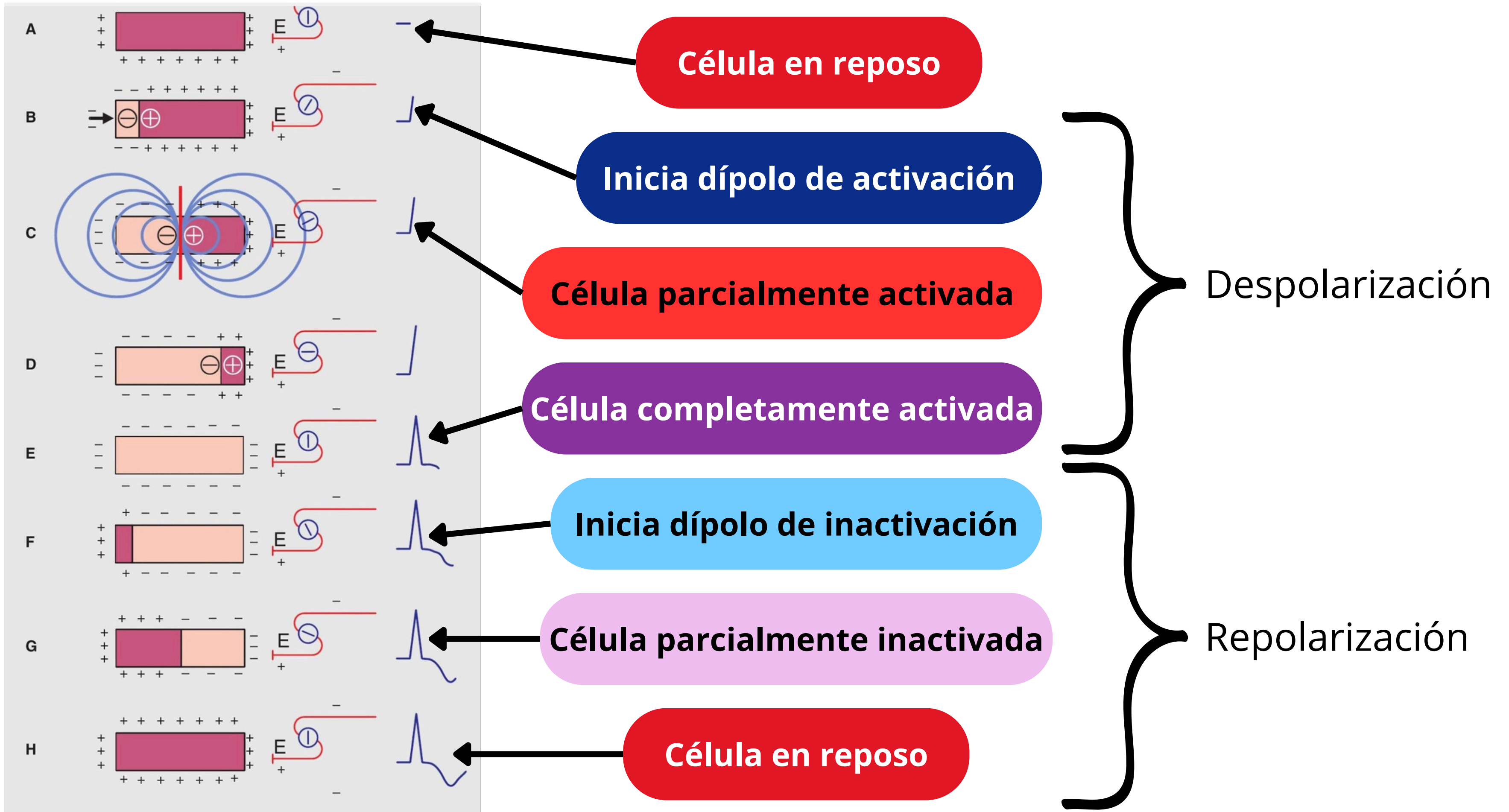
La membrana celular tiene una polaridad negativa en el interior y positiva en el exterior.

Al despolarizarse, las cargas se invierten formando dos polos diferentes a lo largo de la membrana.

El dipolo de activación vuelve al exterior negativo. El de inactivación lo restaúra a positivo.



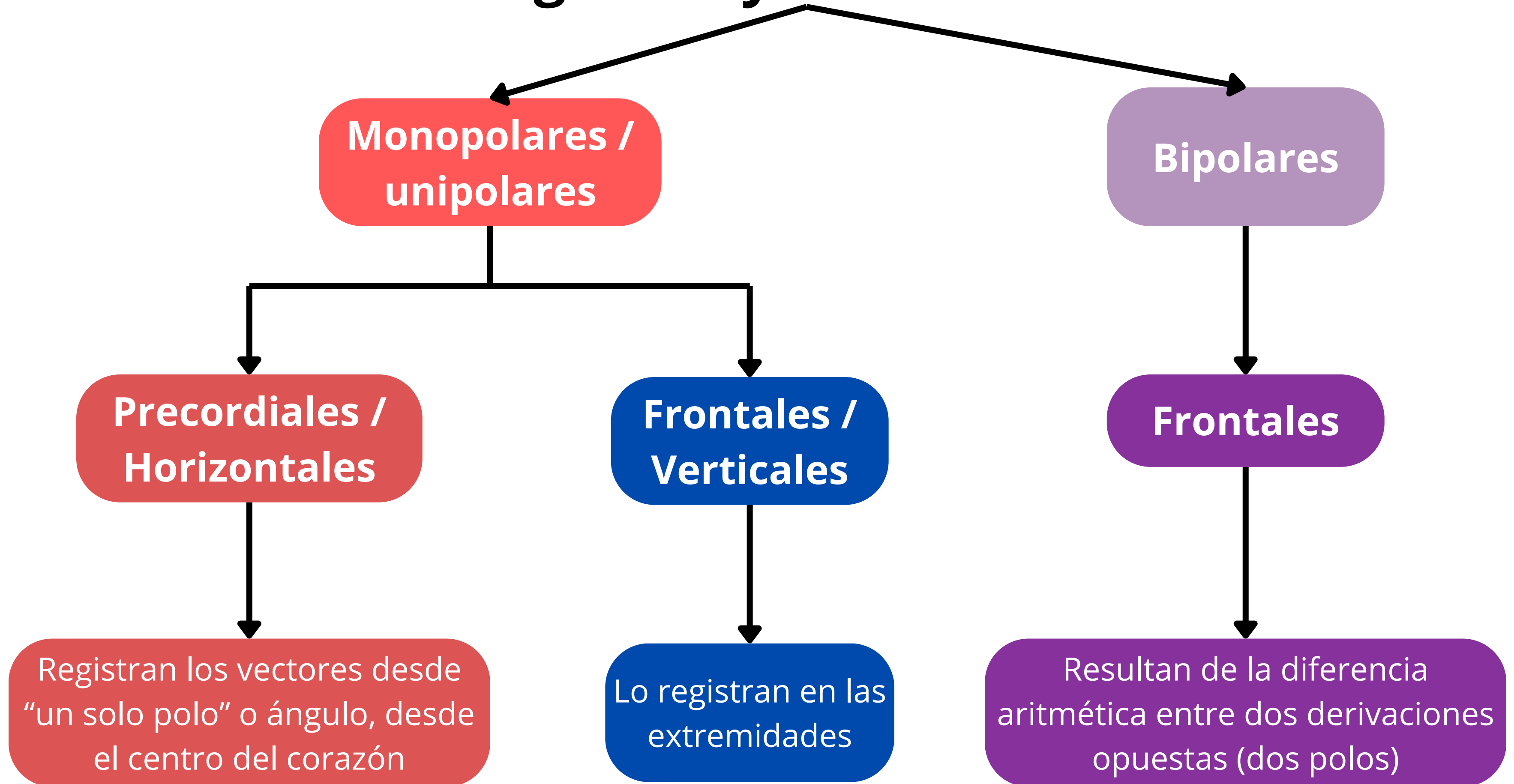
# Dípolo de activación y desactivación



# Colocación de electrodos estándar del ECG

Derivación	Espacio intercostal / extremidad	Línea vertical	Tipo
V1	Cuarto espacio intercostal derecho	Línea paraesternal	Precordial, "unipolar"
V2	Cuarto espacio intercostal izquierdo	Línea paraesternal	Precordial / Horizontal
V3	Entre V2 y V4	Entre V2 y V4	Precordial
V4	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea medioclavicular	Precordial
V5	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea axilar anterior	Precordial
V6	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea axilar media	Precordial
aVR	Brazo derecho	Muñeca o lo más distal	Vertical / Frontal, "unipolar"
aVL	Brazo izquierdo	Muñeca o lo más distal	Vertical / Frontal
aVF	Pierna izquierda	Tobillo o lo más distal posible	Vertical / Frontal

# Registros y derivaciones



**Monopolares /  
unipolares**

**Bipolares**

**Precordiales /  
Horizontales**

**Frontales /  
Verticales**

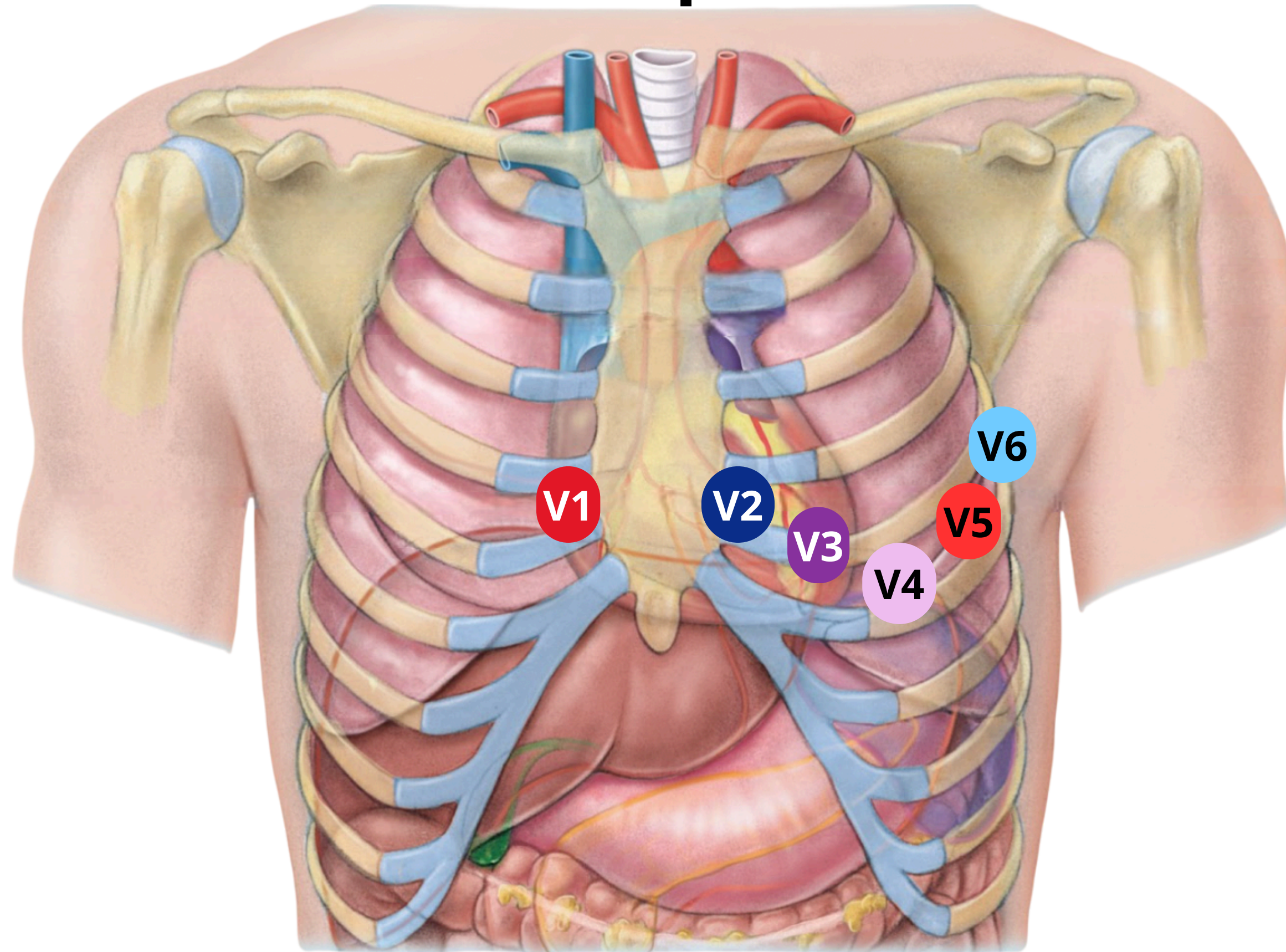
**Frontales**

Registran los vectores desde  
"un solo polo" o ángulo, desde  
el centro del corazón

Lo registran en las  
extremidades

Resultan de la diferencia  
aritmética entre dos derivaciones  
opuestas (dos polos)

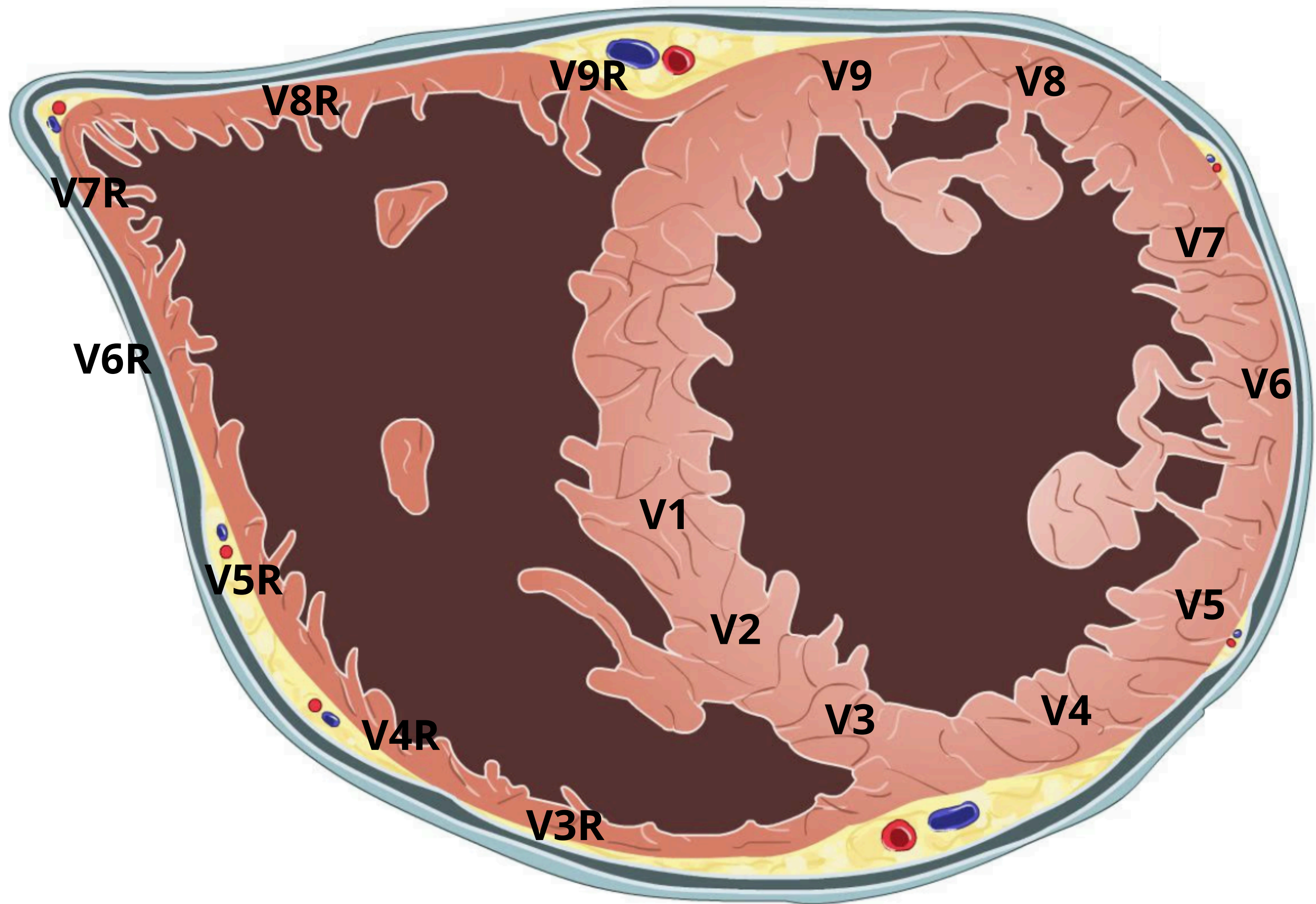
# Derivaciones precordiales



# Circulo torácico del electrocardiograma

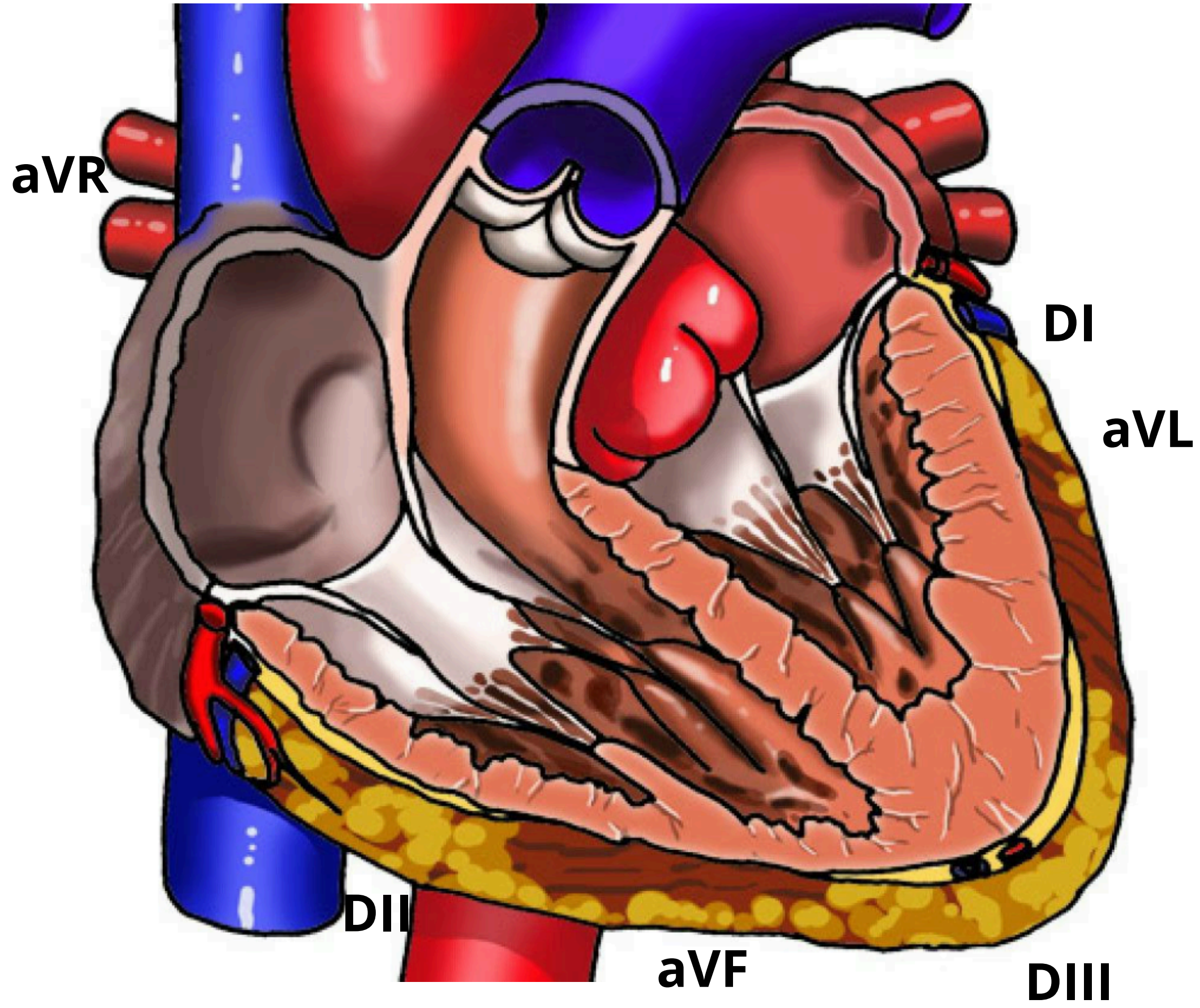
Derivación	Espacio intercostal	Línea vertical	Solicitado en caso de...
V7	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea axilar posterior	Sospecha de infarto de cara posterior o para completar el estudio del síndrome de Wolf-Parkinson-White
V8	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea medioescapular	
V9	Quinto espacio intercostal izquierdo	Línea escapulovertebral	
V3R	Entre V1 y V4R	Entre V1 y V4R	Sospecha de infarto de ventrículo derecho cuando hay infarto de cara inferior o para completar el estudio del síndrome de Wolf-Parkinson-White
V4R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea medioclavicular	
V5R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea axilar anterior	Completar el estudio del síndrome de Wolf-Parkinson-White
V6R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea axilar media	
V7R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea axilar posterior	
V8R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea medioescapular	
V9R	Quinto espacio intercostal derecho	Línea escapulovertebral	

# Electrocardiograma - bases anatómicas

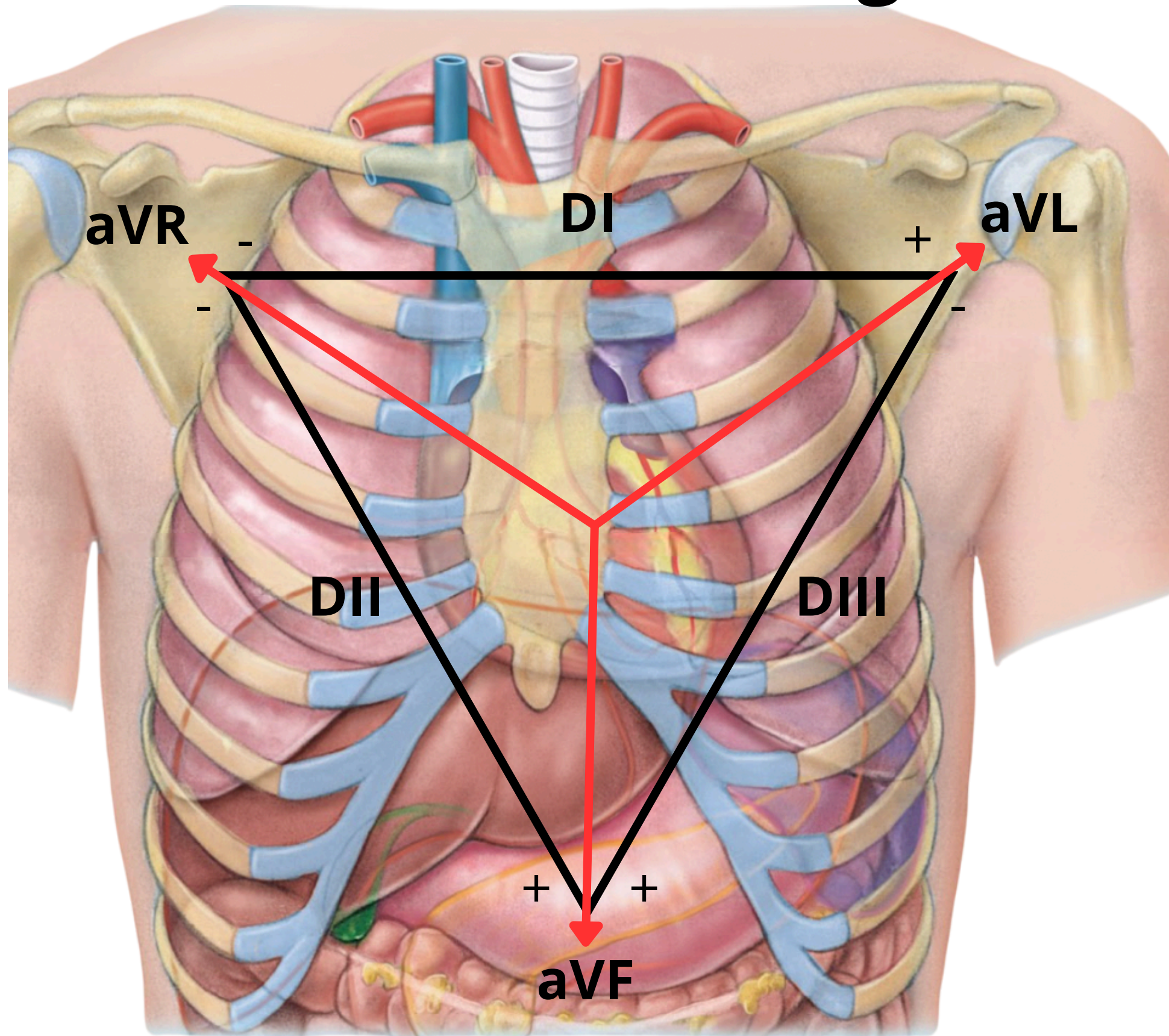


# Electrocardiograma

- bases anatómicas



# Triángulo de Einthoven



$$\mathbf{DI} = aVL - aVR$$

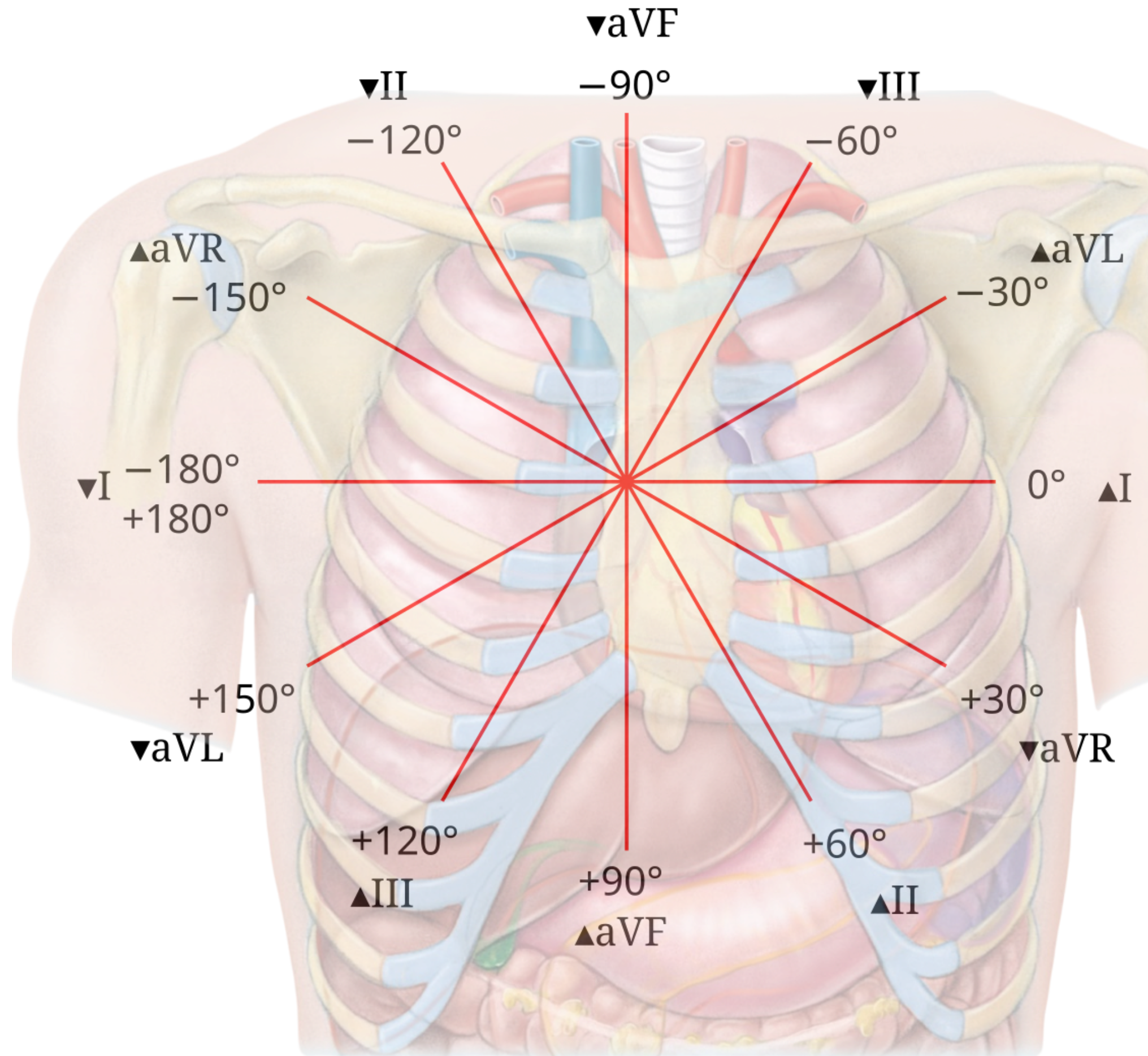
$$\mathbf{DII} = aVF - aVR$$

$$\mathbf{DIII} = aVF - aVL$$

$$\mathbf{Ley de Einthoven} = \mathbf{DI} + \mathbf{DIII} = \mathbf{DII}$$

$$(aVL - aVR) + (aVF - aVL) = (aVF - aVR)$$

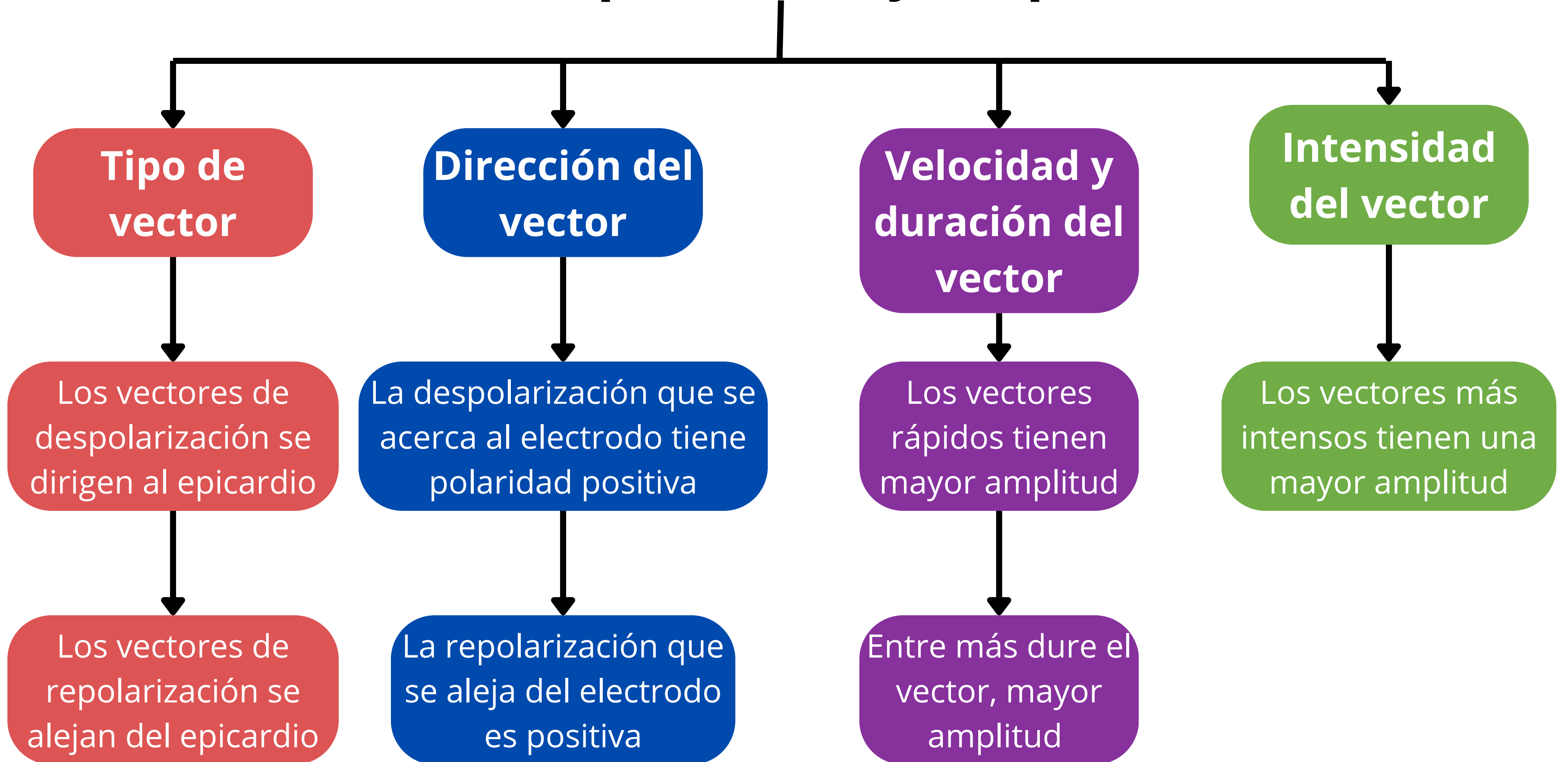
# Diagrama hexaxial de Bailey



# Electrocardiograma - bases anatómicas

Derivaciones	Cara	Arteria	Otra importancia
<b>V1 y V2</b>	Septal (2/3 anteriores)	Arteria interventricular anterior	Irriga a la rama izquierda del fascículo atrioventricular
<b>V3 y V4</b>	Anterior	Anterior interventricular anterior	En infarto: Ruptura ventricular como complicación
<b>V5 y V6</b>	Lateral baja (apical)	Arteria circunfleja	Área mas vulnerable de todo el miocardio, ante la isquemia
<b>DI y aVL</b>	Lateral alta	Arteria circunfleja	En infarto: Ruptura ventricular como complicación
<b>DII, DIII y aVF</b>	Inferior (diafragmática)	Arteria coronaria derecha (80-85%)	Irriga al nodo y fascículo AV y al músculo papilar posteromedial
<b>V3R y V4R</b>	Pared libre anterior del ventrículo derecho	Arteria coronaria derecha	Puede afectar al nodo SA, se revisan si se afecta la cara inferior
<b>V7, V8 y V9</b>	Base del corazón (cara posterior)	Arteria coronaria derecha (80%)	El infarto puede extenderse a cara inferior o al VD
<b>V5R y V6R</b>	Pared libre lateral del ventrículo derecho	Arteria coronaria derecha	Solo importante para síndrome de Wolf-Parkinson-White (WPW)
<b>V7R, V8R y V9R</b>	Pared posterior del ventrículo derecho	Arteria coronaria derecha	Solo importante para síndrome de Wolf-Parkinson-White (WPW)

# Determinantes de la polaridad y amplitud de las ondas

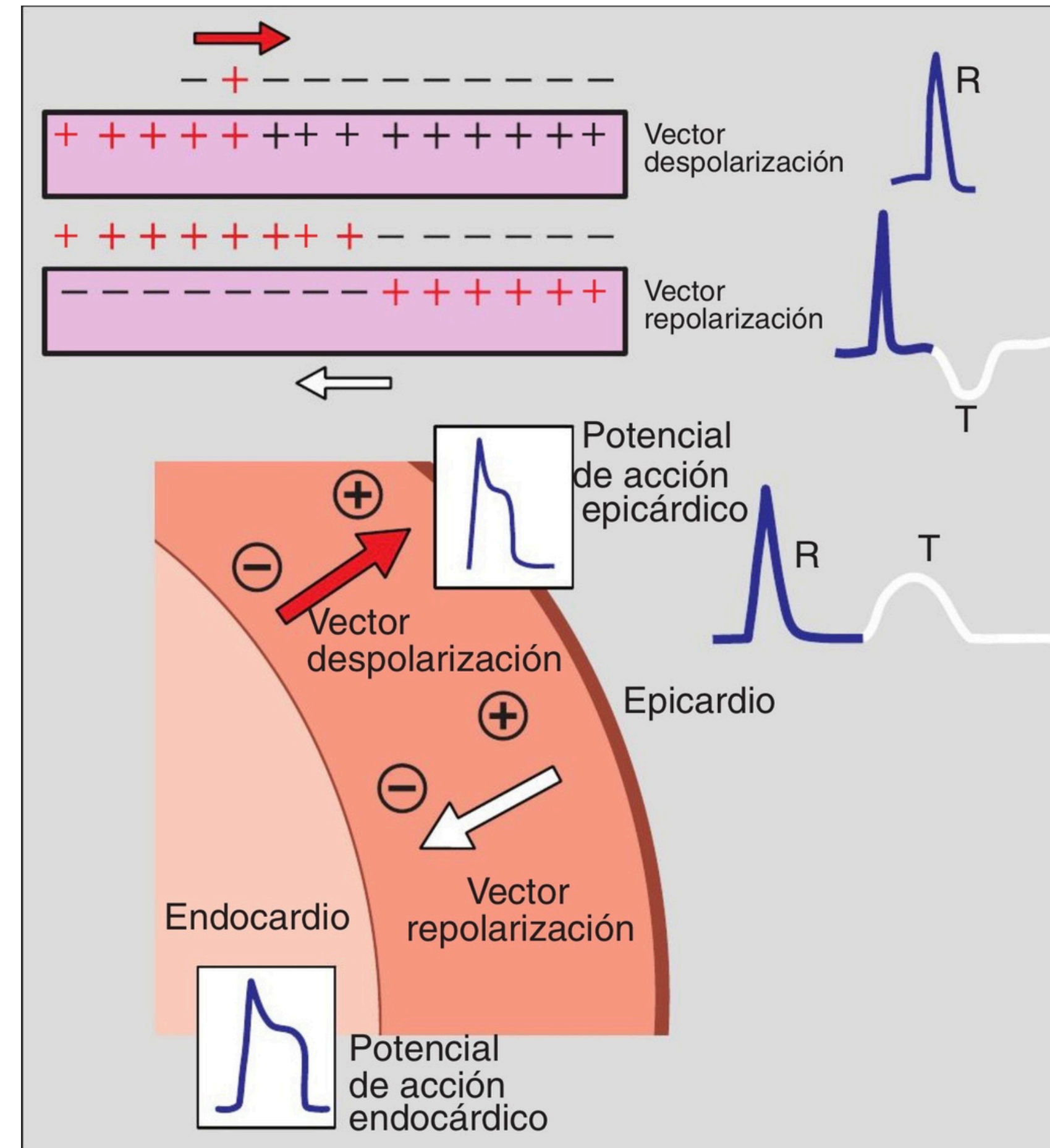


# Vectores de despolarización y repolarización

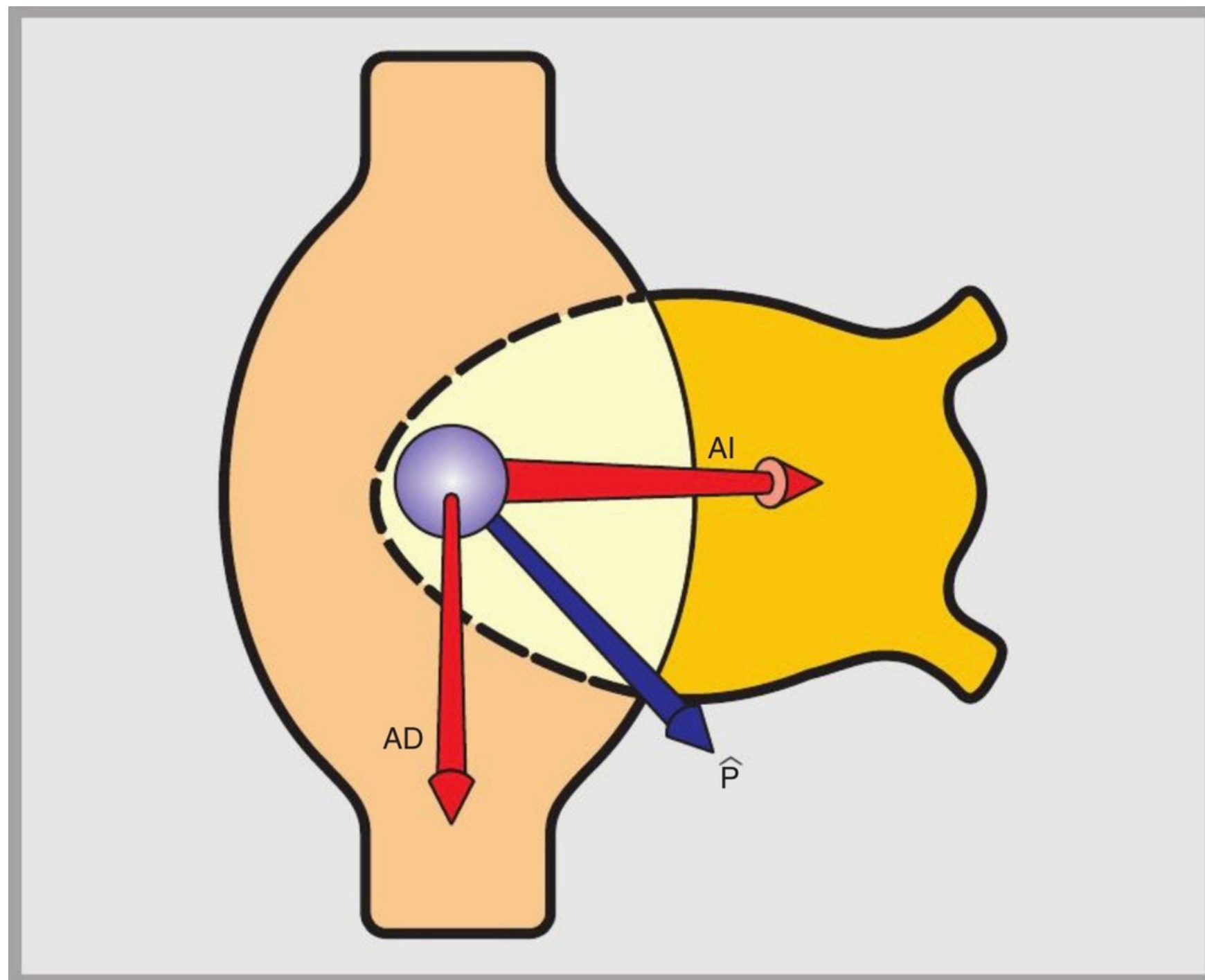
**Vector de despolarización:** Es de subendocardio a subepicardio.

**Vector de repolarización:** Es de subepicardio a subendocardio.

**Dos potenciales de acción:** Hay un potencial subendocárdico que inicia antes y término después que el subepicárdico.



# Vectores atriales



**Vector del atrio derecho:** Del Nodo SA se dirige hacia anterior, inferior y ligeramente a la derecha.

**Vector del atrio izquierdo:** Del Nodo SA hacia posterior, izquierda y ligeramente hacia superior.

**Vector atrial:** Es un vector resultante de la suma de los dos instantáneos. Se dirige del Nodo SA hacia abajo, a la izquierda y anterior.

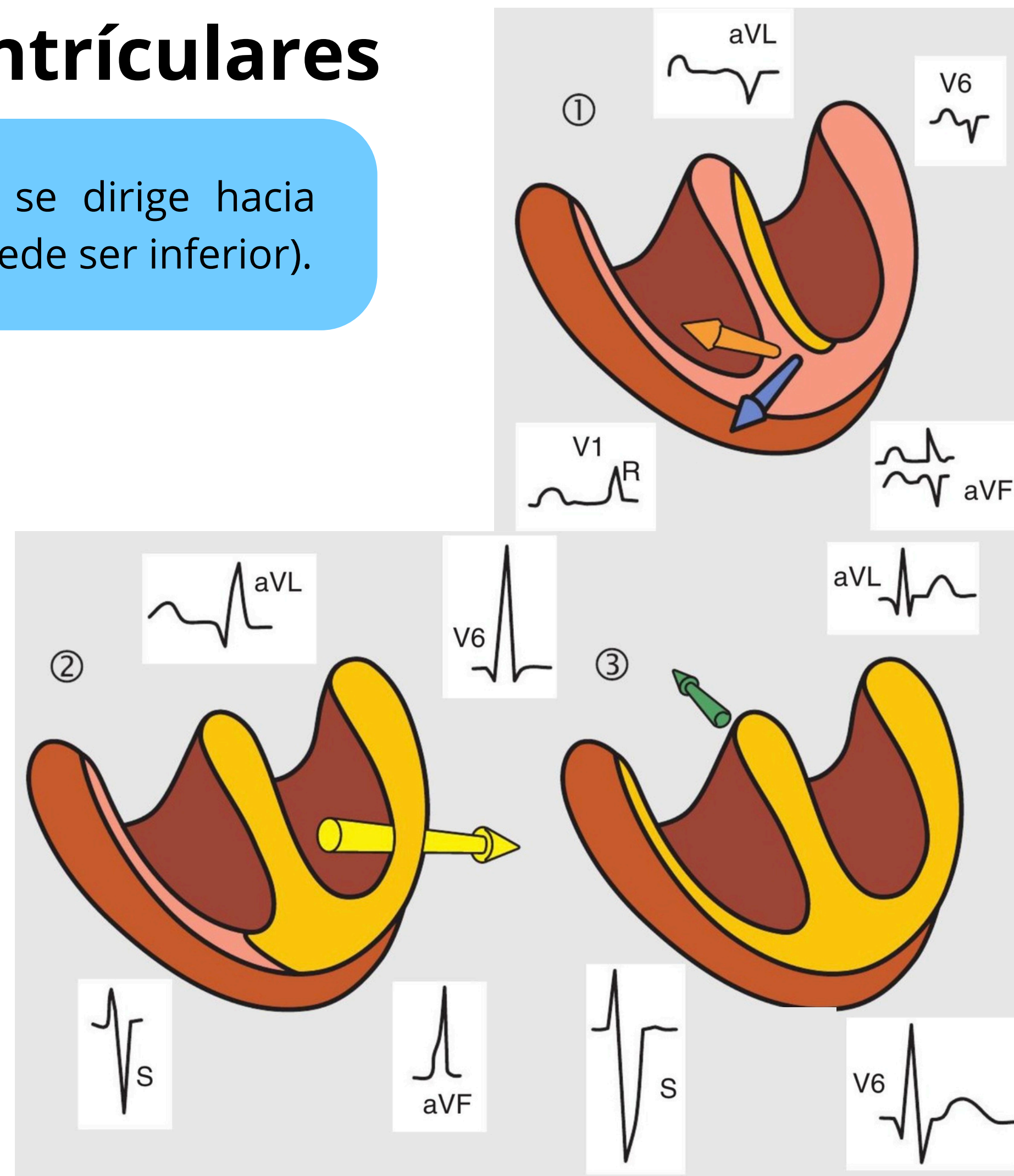
# Vectores ventriculares

**Vector 1:** Inicia en el tabique interventricular, se dirige hacia anterior, derecha y usualmente hacia superior (puede ser inferior).

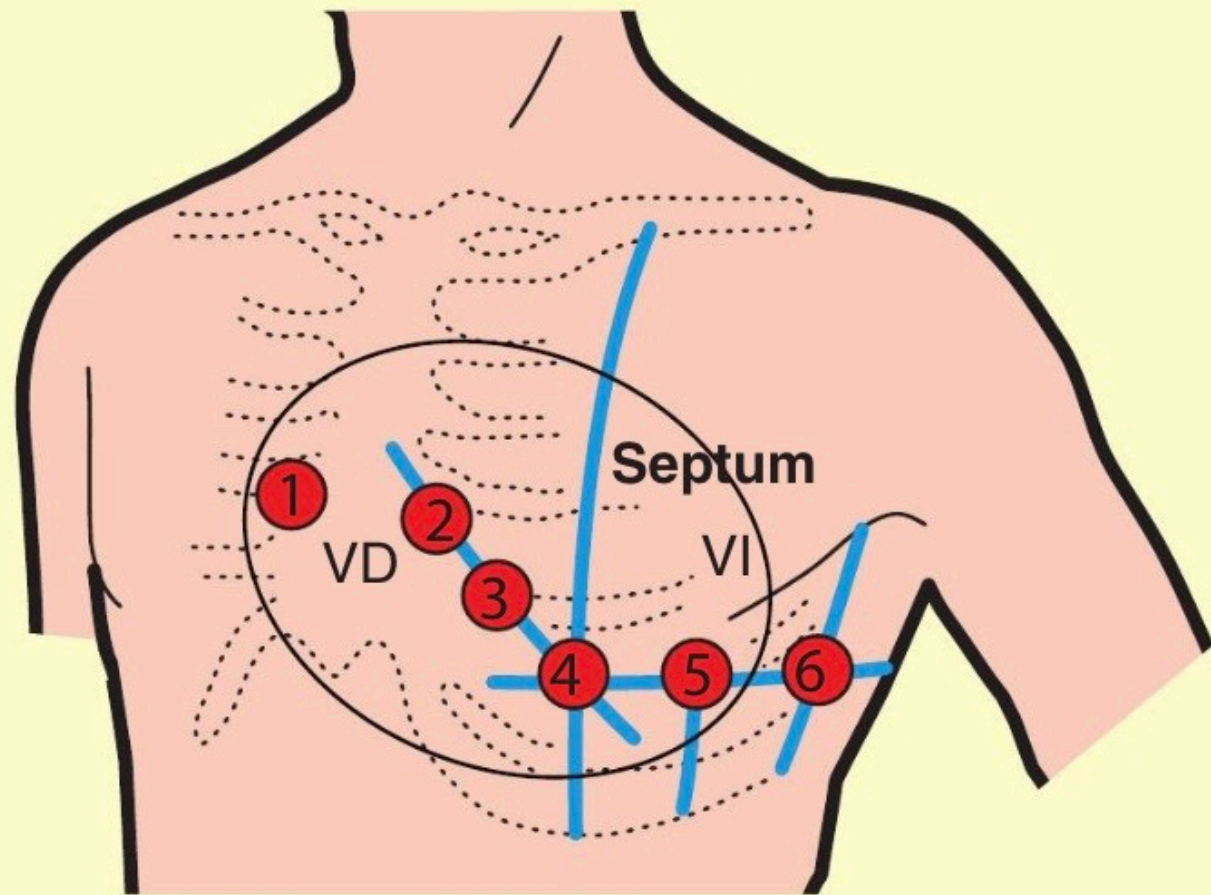
**Vector 2:** Despolarización de la pared libre del VI hacia la izquierda, superior y posterior.

**Vector 3:** Despolarización del VD, se dirige hacia la derecha, anterior y usualmente superior.

**Vector 2S:** Al mismo tiempo que el 2, activa el remanente del septo, es anterior, derecho e inferior.

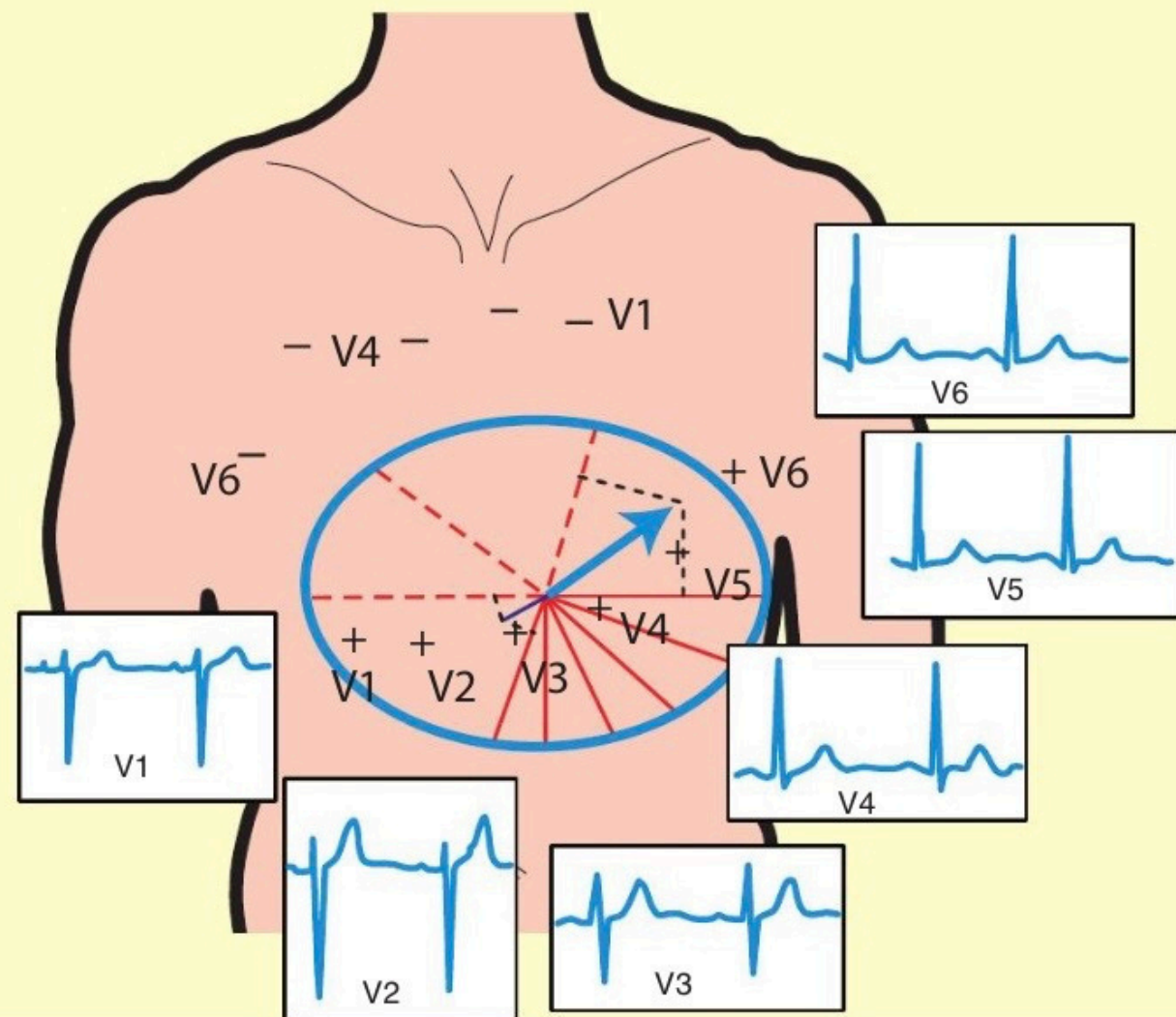


# Análisis vectorial - Base del ECG



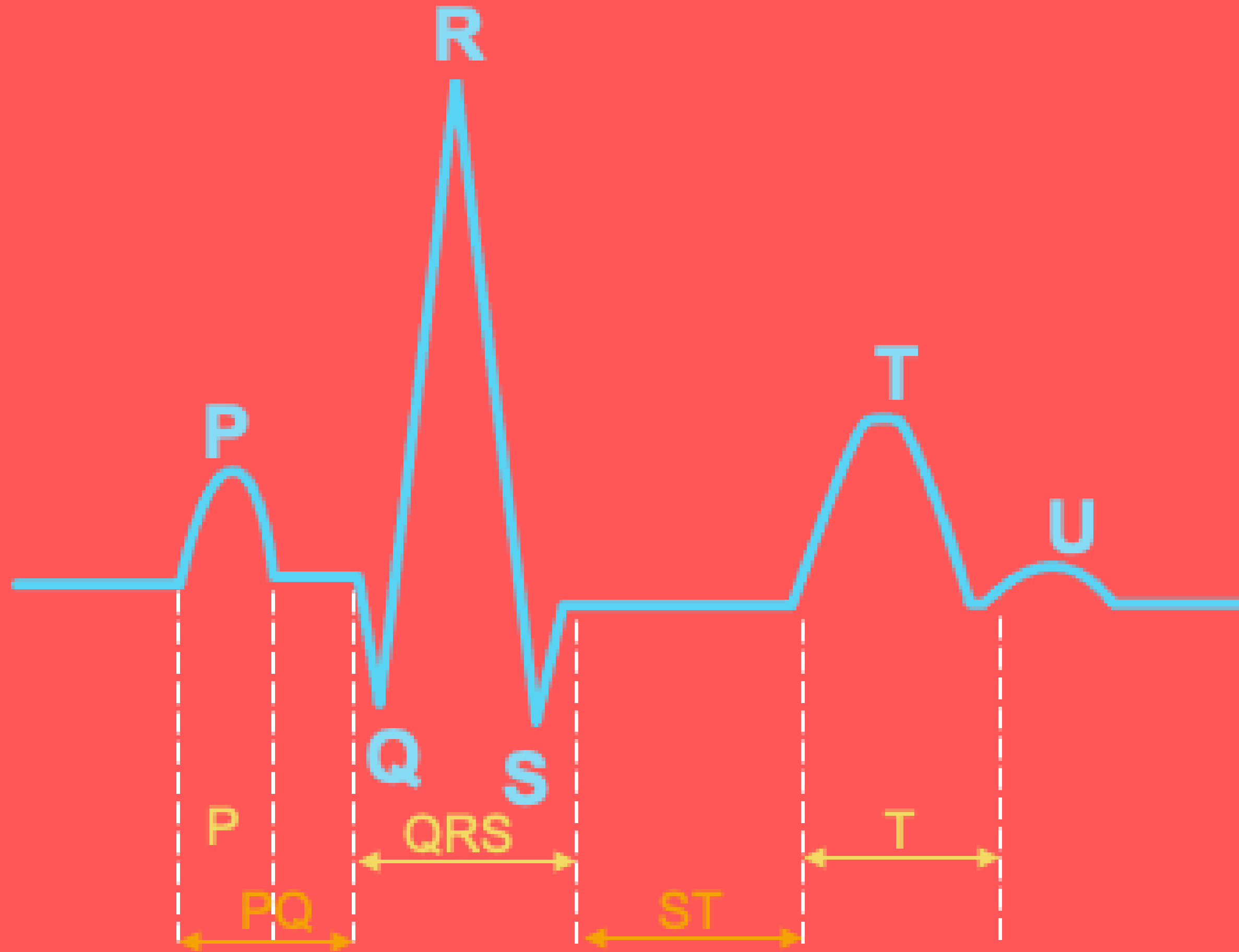
Vector que se **acerca** al electrodo:  
**POSITIVO.**

Vector que se **aleja** del electrodo:  
**NEGATIVO.**



Vector que es **perpendicular**: Tiene una polaridad positiva y otra negativa, tal vez de la misma intensidad (**isodifásica**).

# Interpretación del electrocardiograma



# Calibración del electrocardiógrafo



## Datos del paciente:

- Nombre completo
- Edad
- Fecha de nacimiento

## Velocidad del papel:

- 25 mm/seg y 10 mm/mV

## Opcionales:

- Signos vitales
- Peso y talla

# Papel del electrocardiograma

1 mm = 0.1 mV

5 mm = 0.5 mV

10 mm = 1 mV

**Horizontoal = tiempo**

**Vertical = voltaje**

1 cuadro pequeño = 1 mm

1 cuadro mediano = 5 mm

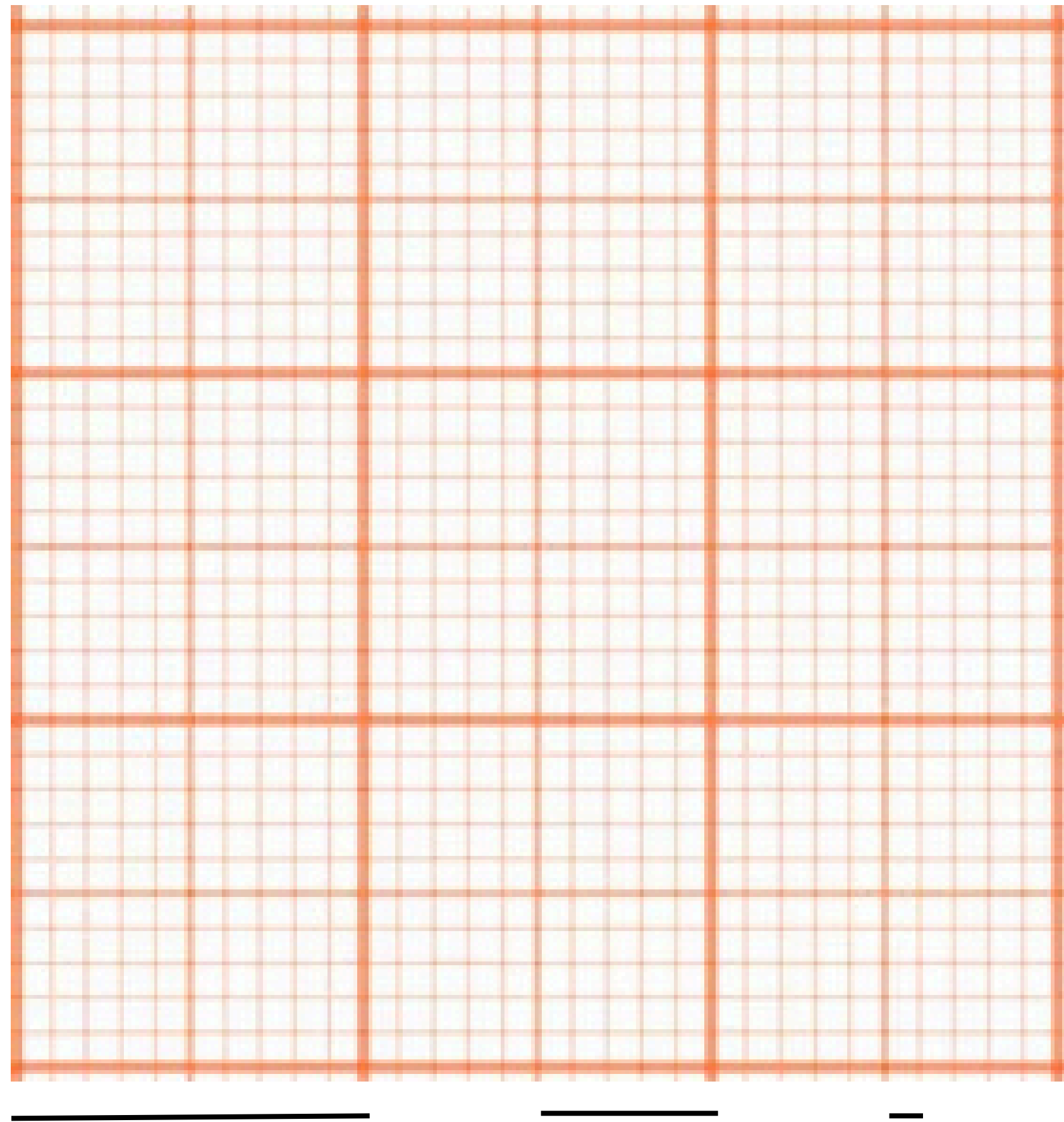
1 cuadro grande = 10 mm = 1 cm

5 mm = 200 mseg

25 mm = 1 segundo

10 mm = 400 mseg

1 mm = 40 mseg



# Ritmo sinusal



**Origen:** Nodo SA como marcapasos fisiológico

## **Criterios:**

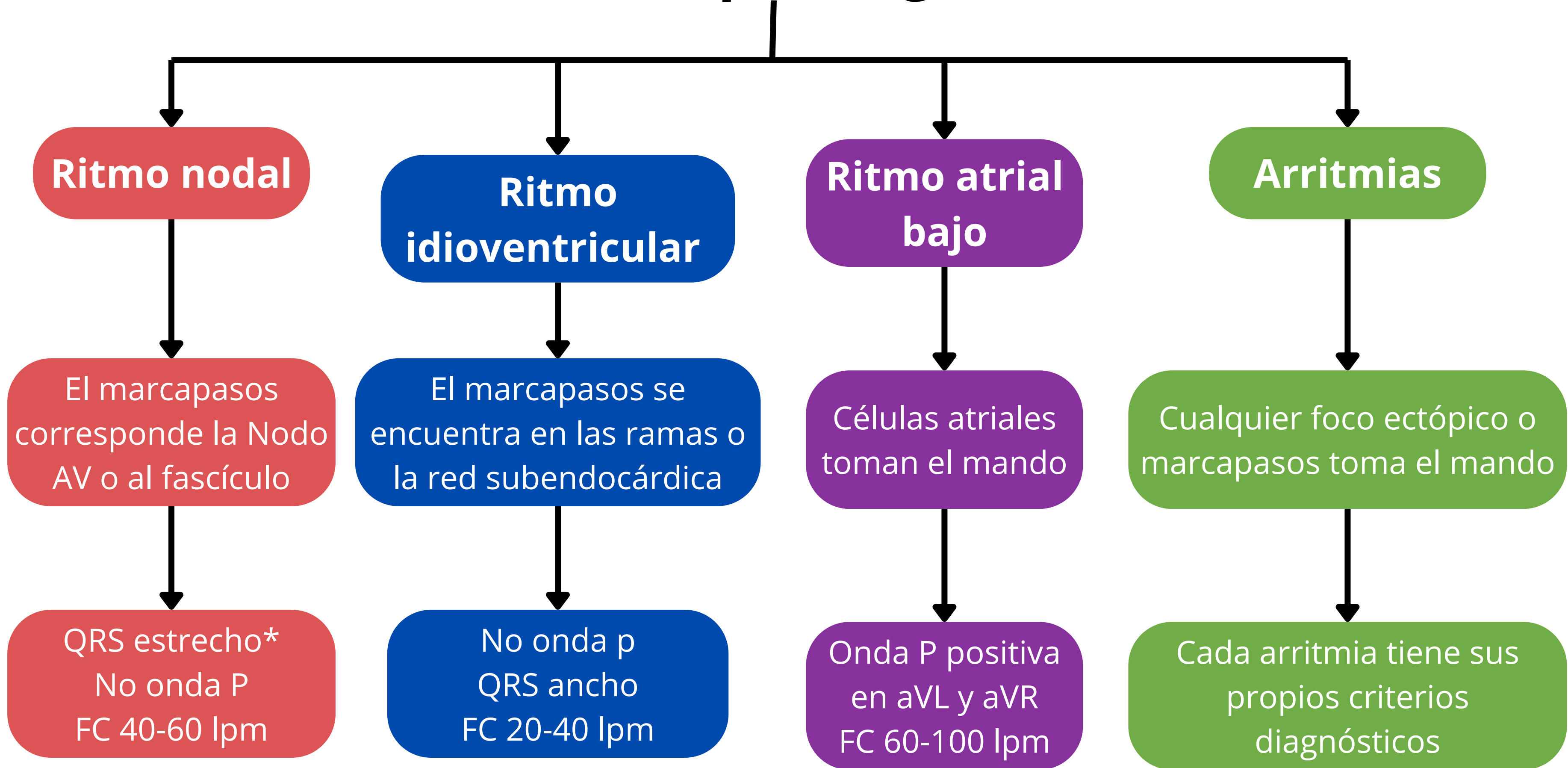
- Onda P positiva en DII
- Onda P negativa en aVR
- Onda P antes de cada QRS
- Onda P 1:1 con cada QRS
- FC de 60 a 100 lpm
- Intervalo R-R regular
- QRS estrecho\*

# Intervalos R-R y P-P



**Normalidad:** Regularidad es la misma distancia entre una onda R (o P) y otra onda R.

# Ritmos patológicos



# Frecuencia cardíaca - Ritmos regulares



**Cuenta regresiva por cuadro mediano:** 300  $\rightarrow$  150  $\rightarrow$  100  $\rightarrow$  75  $\rightarrow$  60  $\rightarrow$  50...

**Cuadros medianos:** 300 dividido entre cuadros medianos entre el pico de la onda R de cada QRS.

**Cuadros pequeños:** 1,500 dividido entre cuadros pequeños que hay entre dos QRS. El mejor método.

# Frecuencia cardíaca - Ritmos irregulares



## ¿Cuándo usar?

Cuando el intervalo R-R sea irregular.

## Método de la Frecuencia Ventricular Media:

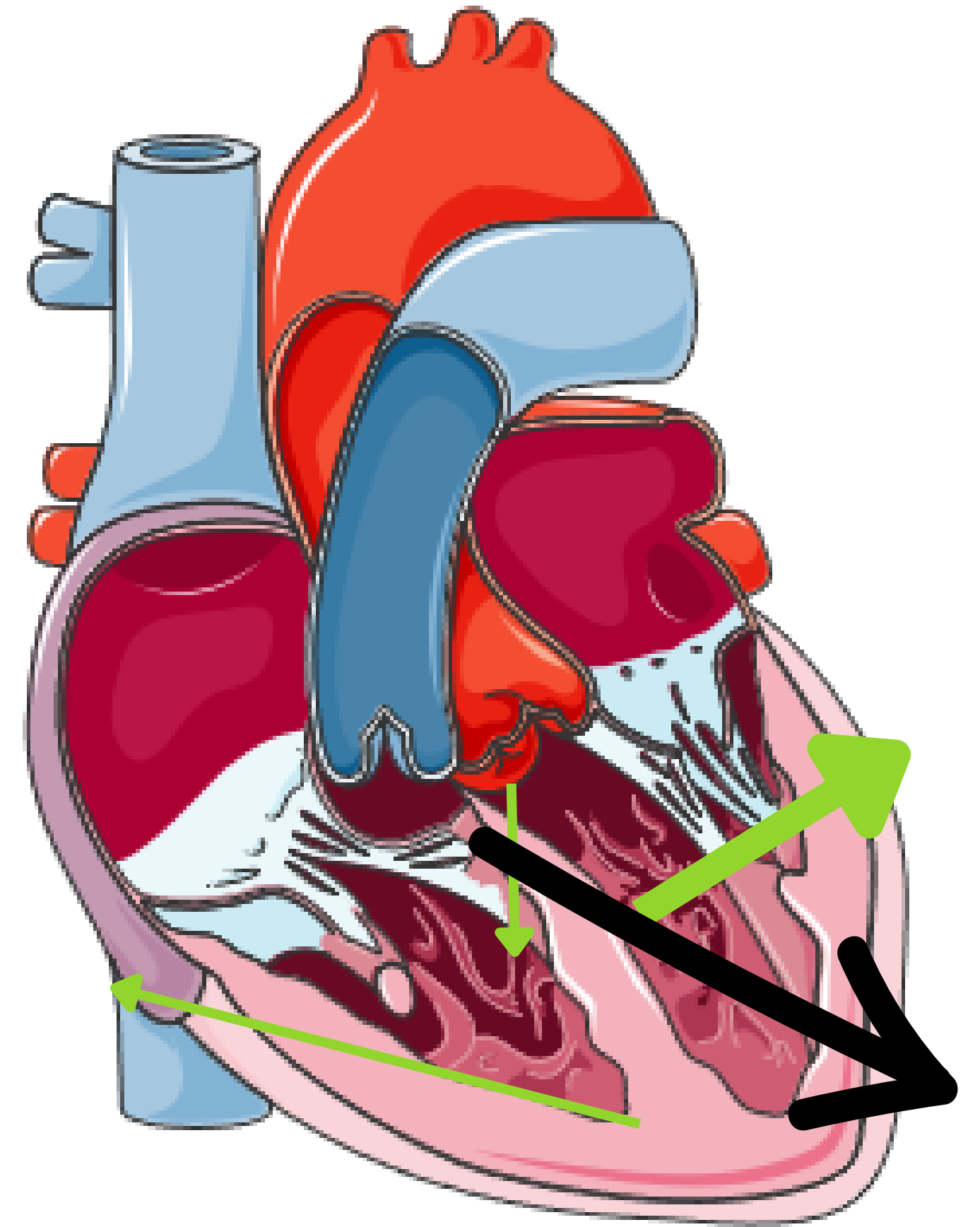
1. Tomar 30 cuadros medianos
2. Denteo de esos 30 cuadros contar el número de QRS
3. Multiplicar ese resultado por 10 (o sea QRS en 6 segundos x 10 = QRS en 60 segundos).

# Eje eléctrico - Determinantes

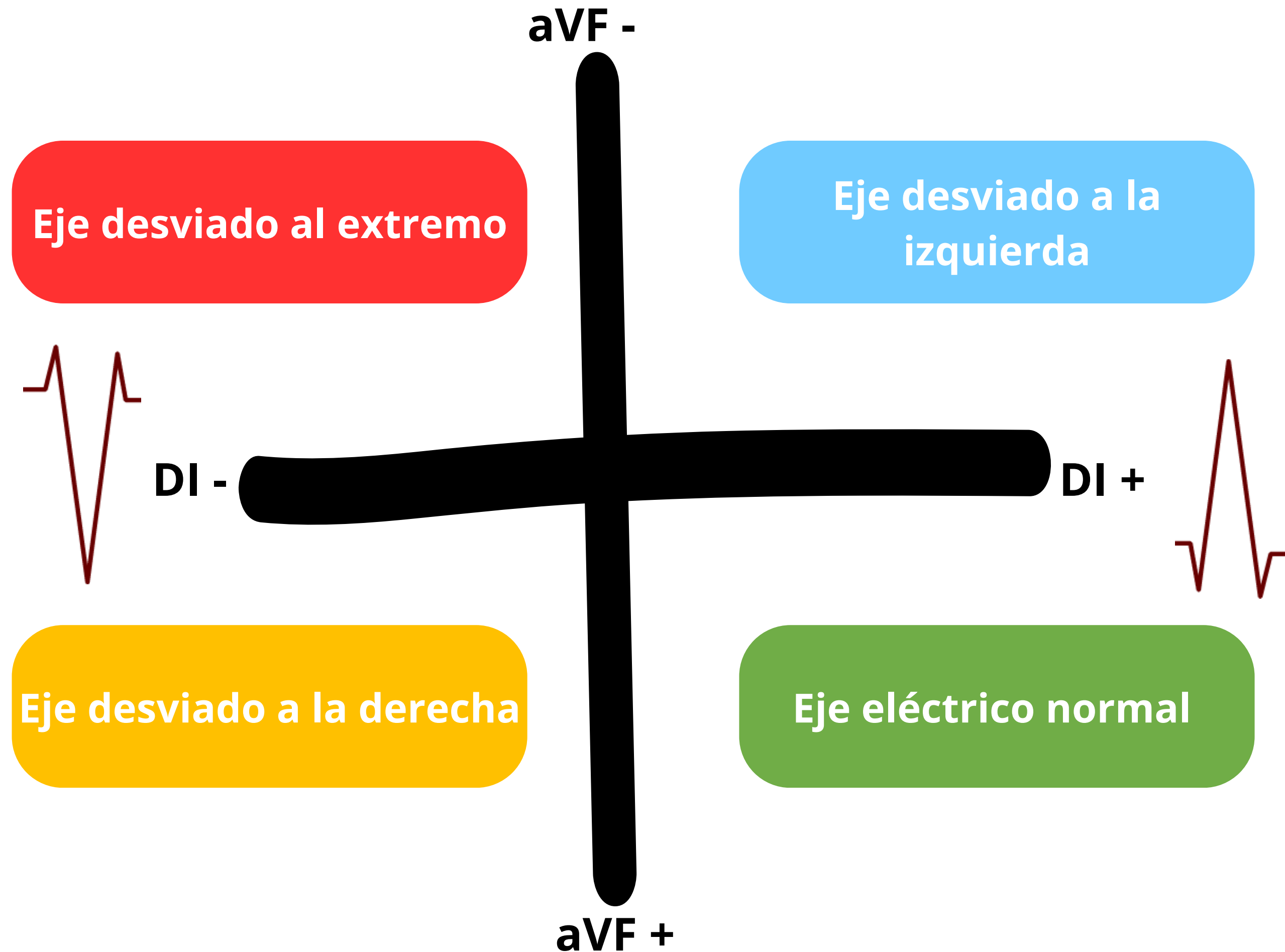
**Vectores ventriculares instantáneos:** Son 4, y tienen direcciones y magnitudes diferentes.

**Vectores sumados:** Los 4 vectores se suman o restan algebraicamente, generando un único vector ventricular mayor.

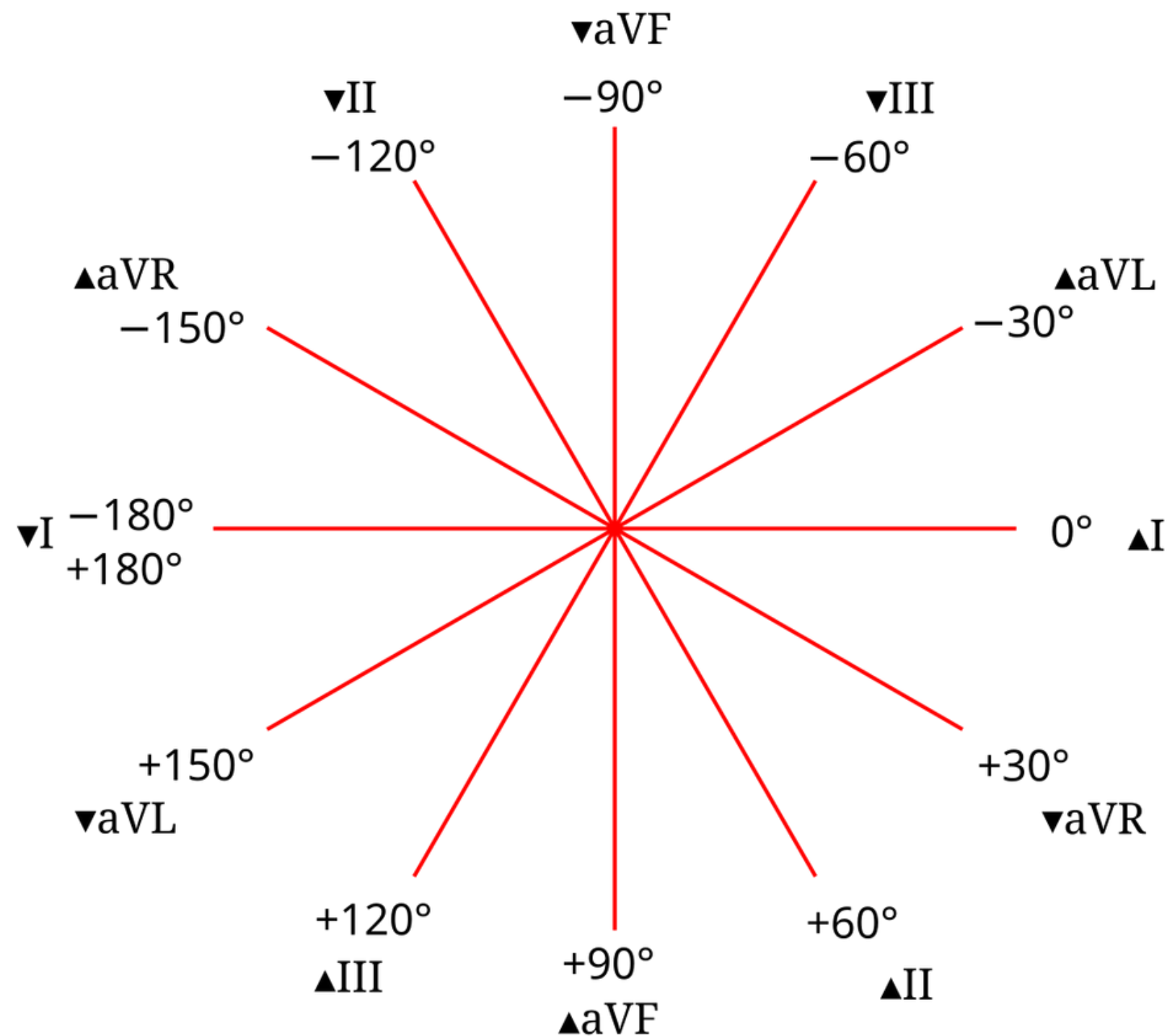
**Vector ventricular mayor:** Determina hacia donde se va la mayor fuerza eléctrica del corazón en el plano cartesiano.



# Eje eléctrico - Método del paralelogramo



# Eje eléctrico - Método de la perpendicular



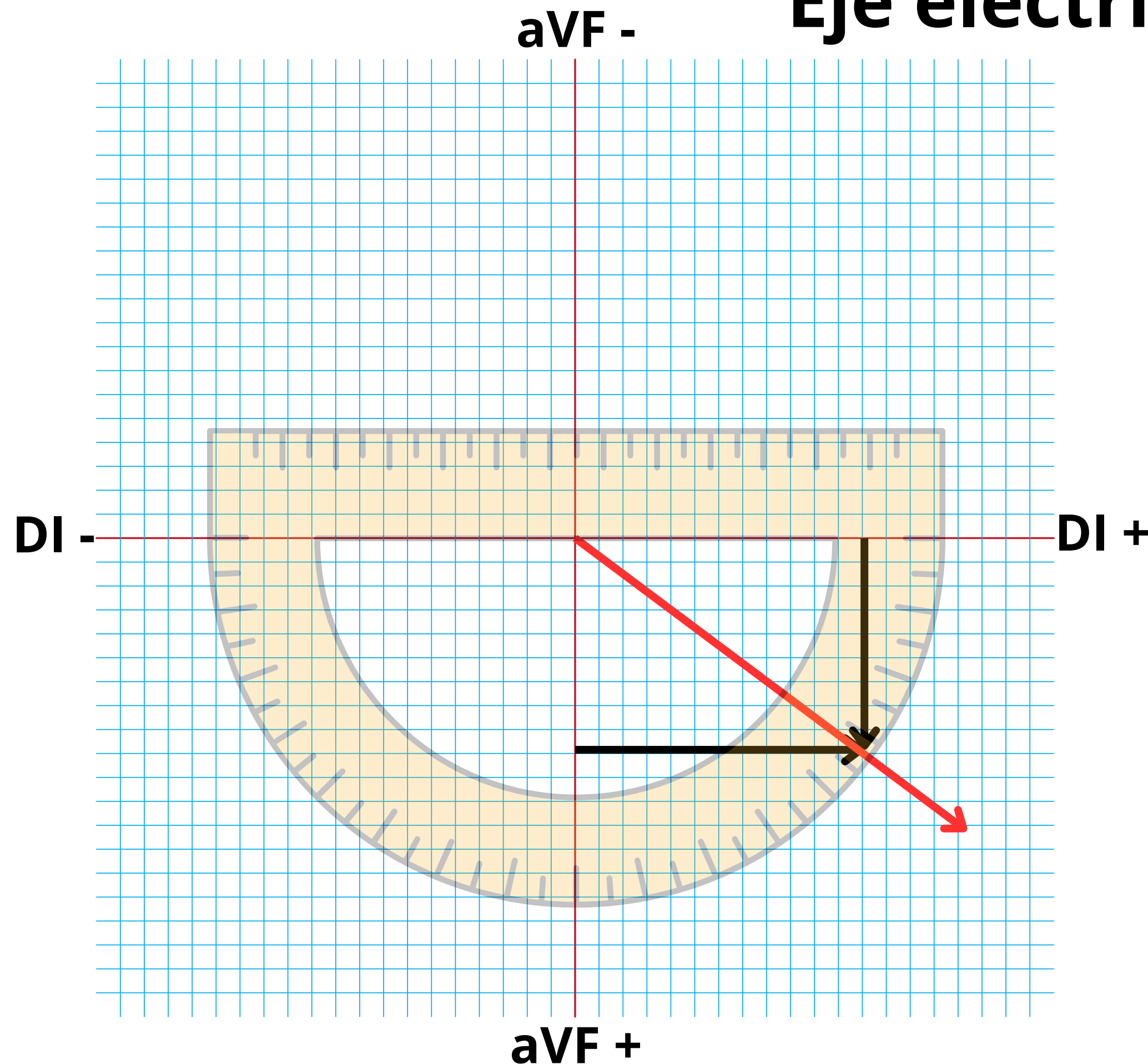
**Paso 1:** Encontrar la derivación más isodifásica.

**Paso 2:** Buscar su perpendicular.

- DI  $\longleftrightarrow$  aVF
- DII  $\longleftrightarrow$  aVL
- DIII  $\longleftrightarrow$  aVR

**Paso 3:** Ver hacia que dirección es (+ o -) y corregir +/-15° si no es isodifásica.

# Eje eléctrico - Método algebraico



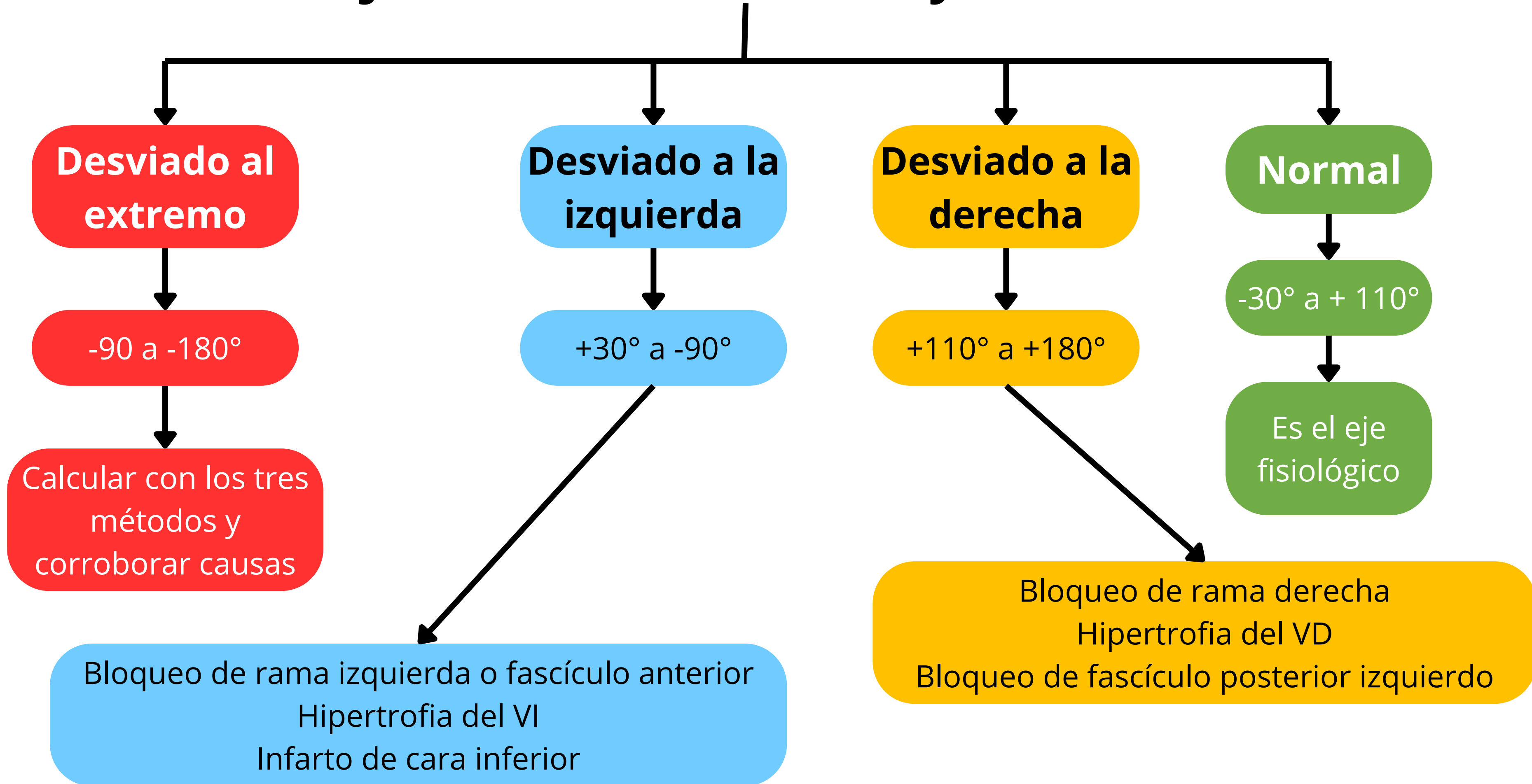
**Paso 1:** Sumar algebraicamente: los mm de voltaje positivo y negativo en DI y aVL.

**Pasó 2:** Graficarlos en el plano cartesiano

**Paso 3:** Unir ambos puntos, trazar una línea desde le punto 0,0 que se una al vértice.

**Paso 4:** Calcular los grados exactos con un transportador

# Eje eléctrico - Valores y causas



# Onda P



**Origen:** Despolarización de los atrios.

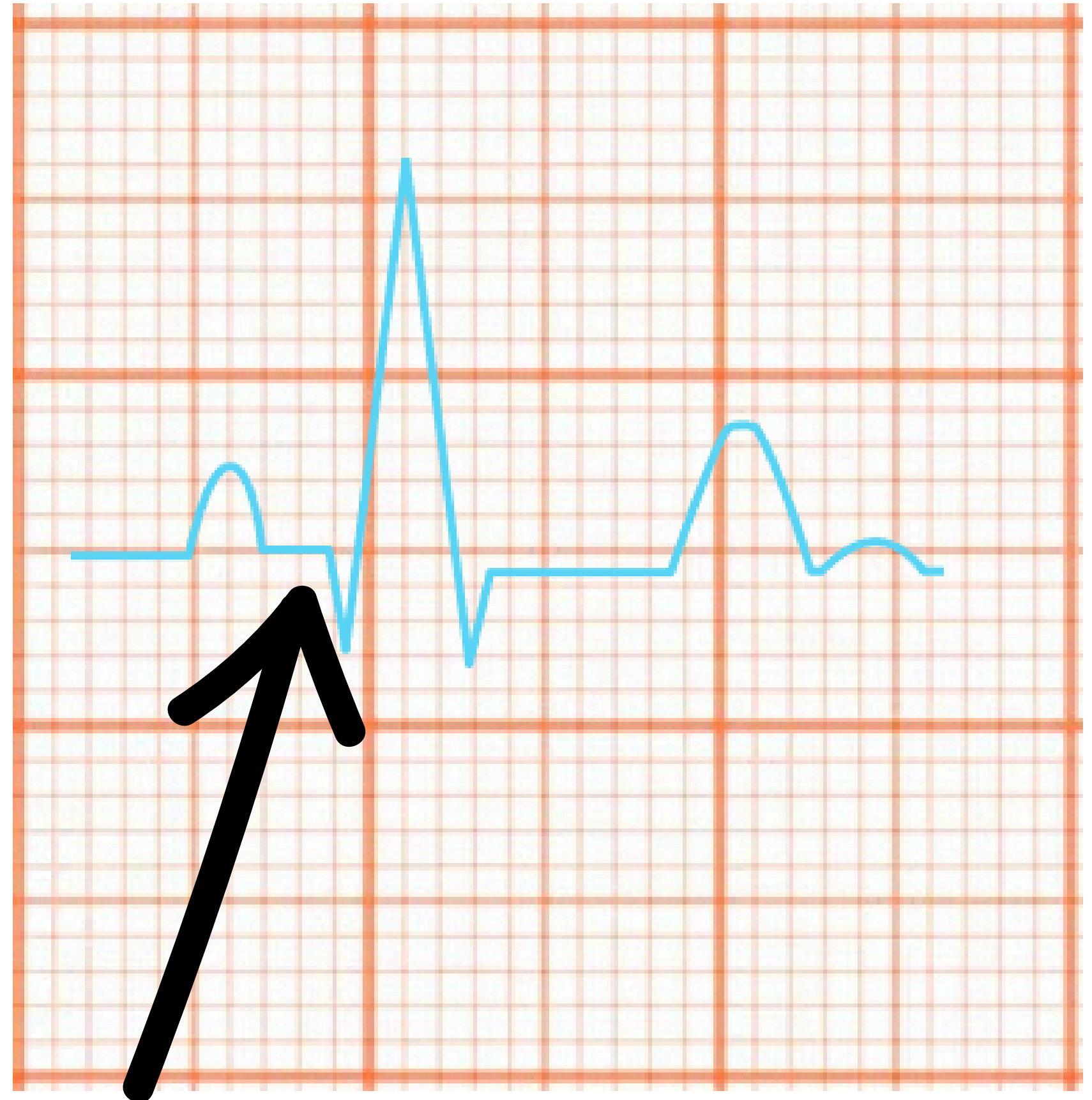
## Características normales:

- **Voltaje:**  $<0.25$  mV.
- **Duración:** 80-100 mseg.
- Simétrica.
- **Eje:**  $+54^\circ$
- **Negativa:** aVR
- **Positiva:** DII y el resto

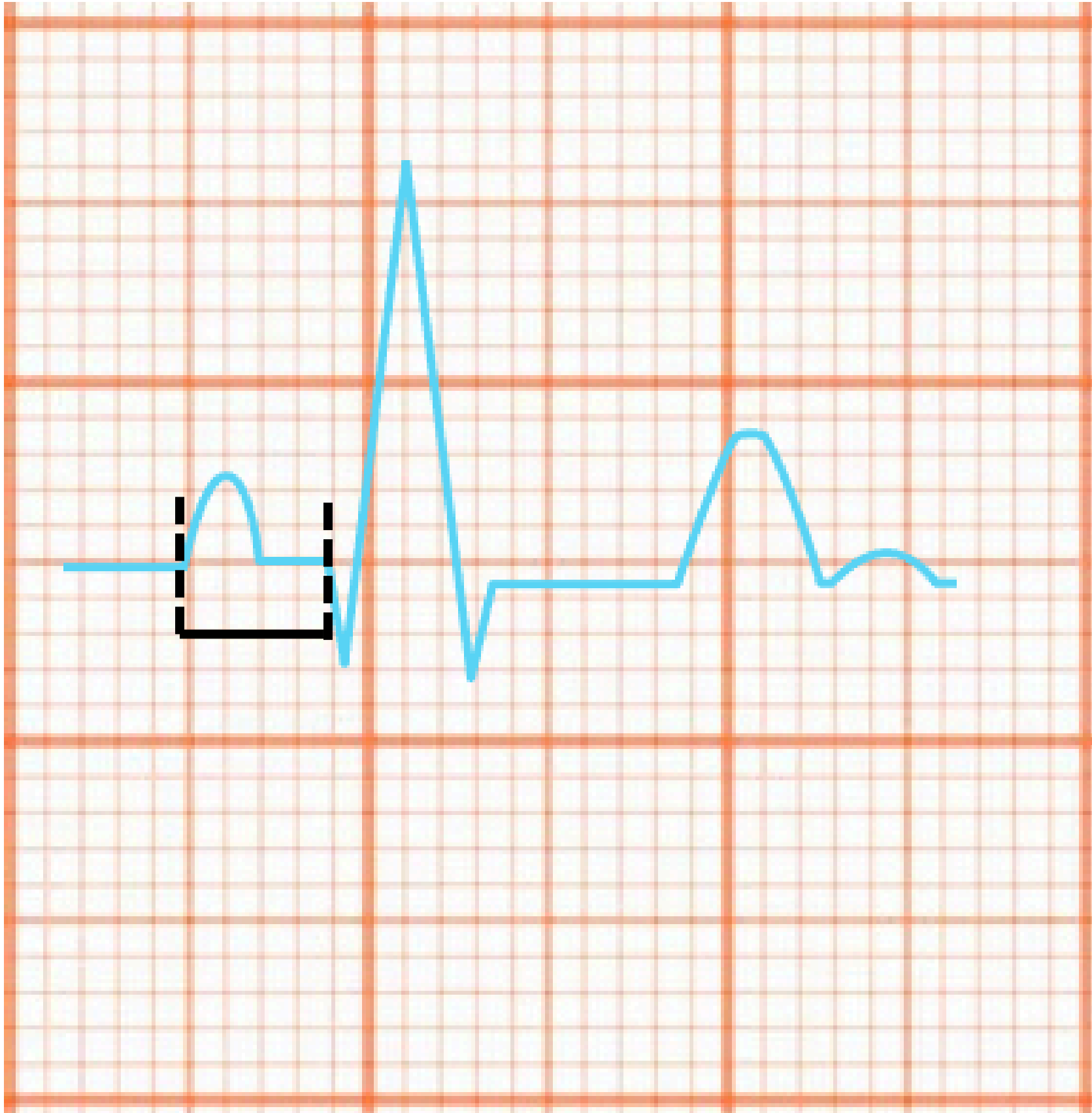
# Segmento PQ

**Origen:** Conducción y activación del Nodo y fascículo AV.

**Normalidad:** Isoeléctrico.



# Intervalo PR / PQ



**Origen:** Despolarización de los atrios y conducción AV.

**Normalidad:** Duración de 120 a 200 mseg (3 a 5 cuadros pequeños).

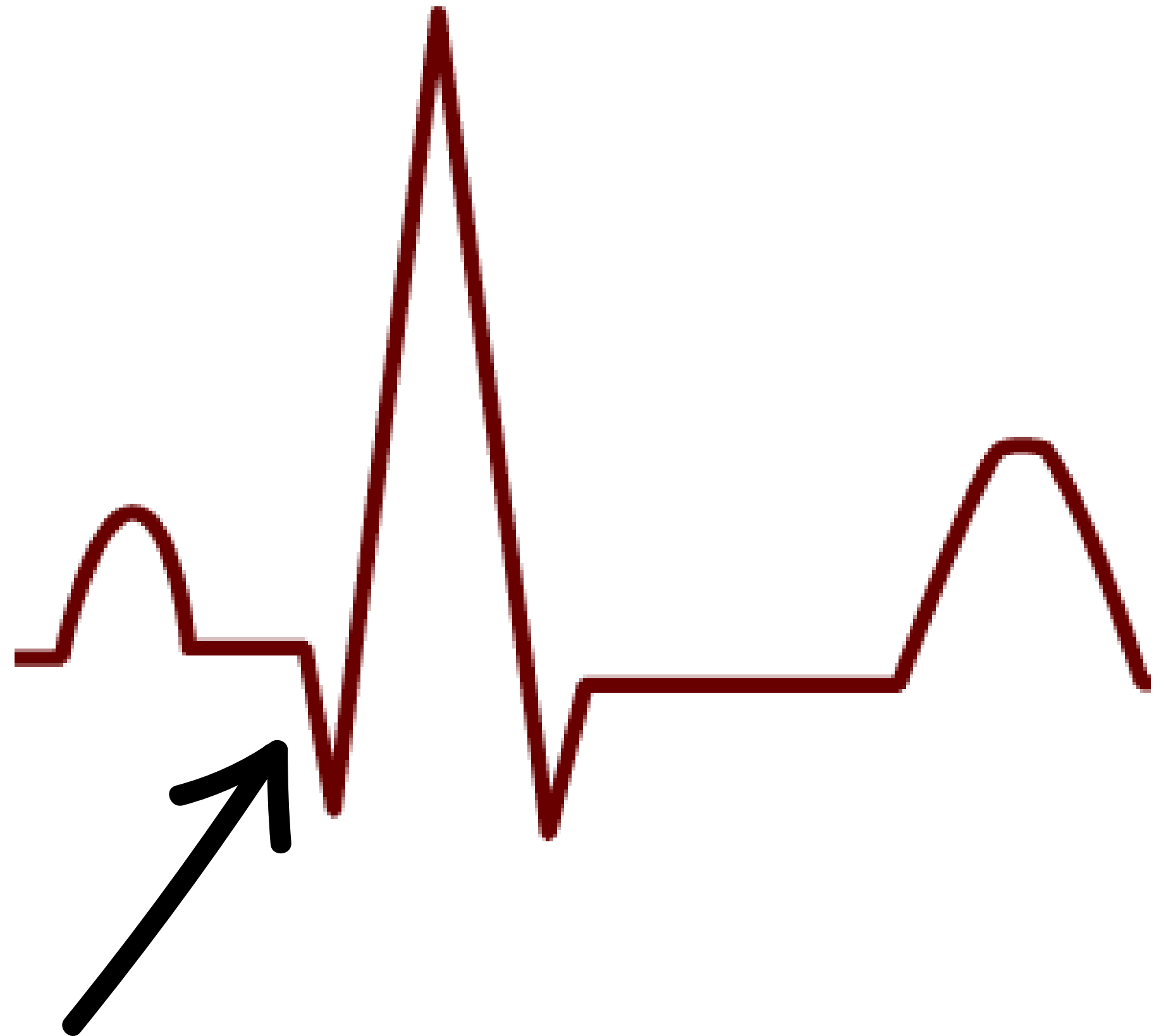
# Onda Q

**Concepto:** Primera onda negativa del completo QRS. Siempre previa a la onda R.

## Características normales:

- Duración: <40 mseg.
- Voltaje: <25% del de la R.

**Origen:** Despolarización septal.



# Onda R



**Concepto:** Primera onda positiva del complejo QRS.

## **Voltaje normal:**

- 0.5 a 1.5 mV en frontales
- 0.5 a 2.5 mV en precordiales

**Origen:** Despolarización subendocárdica.

# Onda S

**Concepto:** Onda negativa subsecuente a la onda R.

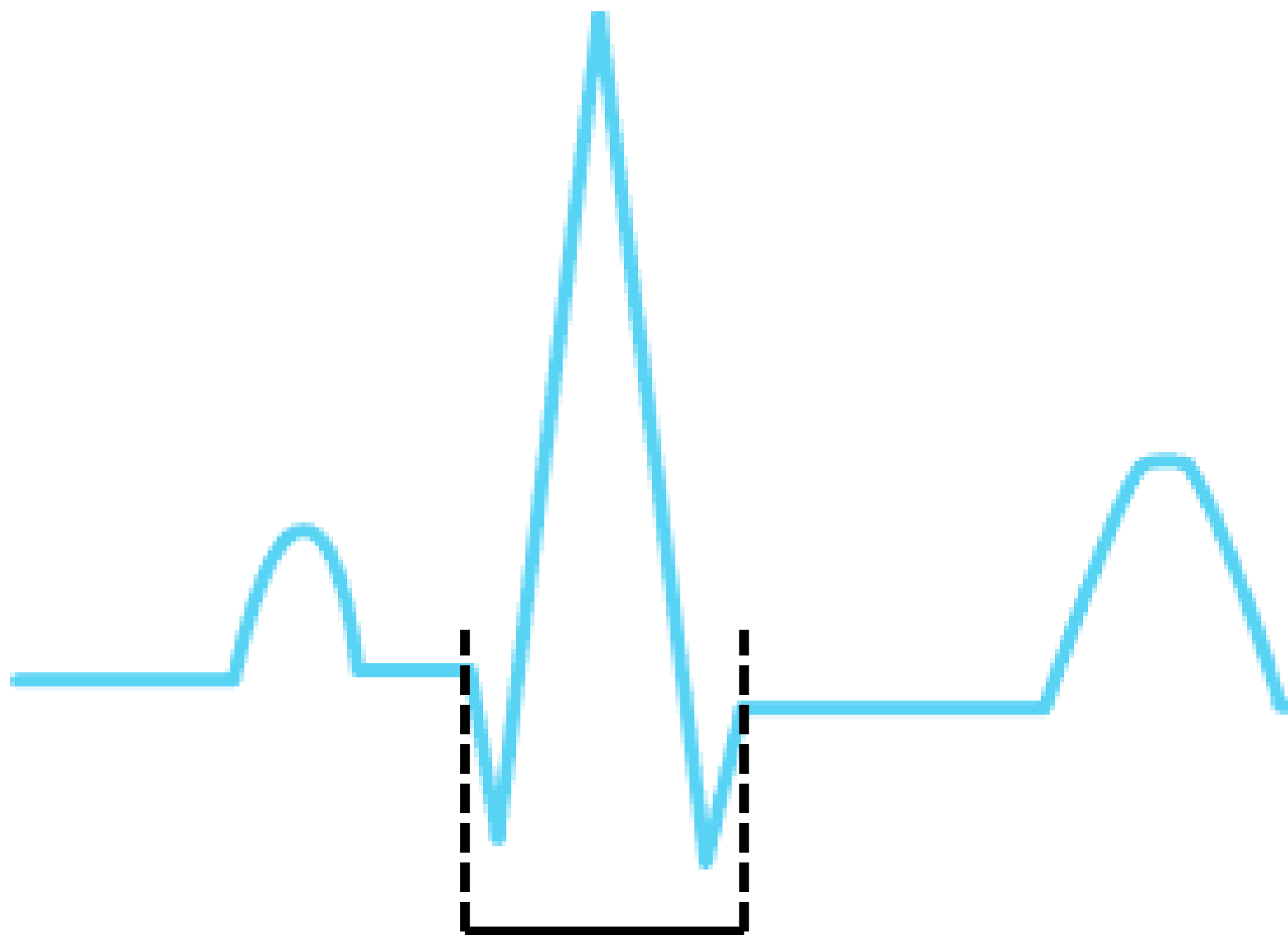
## Voltaje normal:

- 0.5 a 2.5 mV en precordiales
- 0.5 a 3.5 mV en frontales

**Origen:** Despolarización subepicárdica.



# Complejo QRS

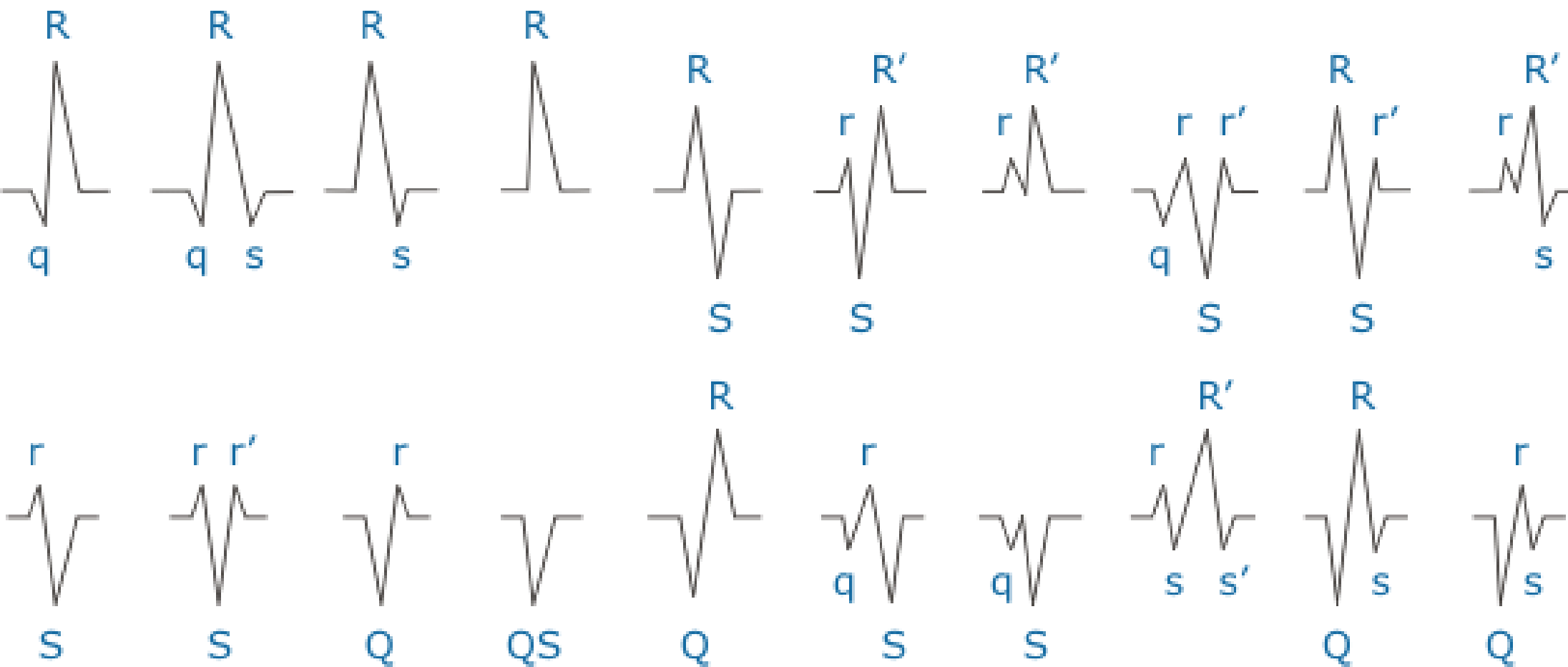


**Origen:** Despolarización ventricular.

## Características normales:

- Duración: 60 a 100 mseg.
- Voltaje: Depende cada onda.
- Morfología variable en cada derivación.

# Nomenclatura del QRS



## Orden de las letras:

1. Q si es negativa y R si es positiva
2. R si hay onda Q previa
3. S después de la R
4. R' si va después de la RS
5. S' si va después de la RSR'

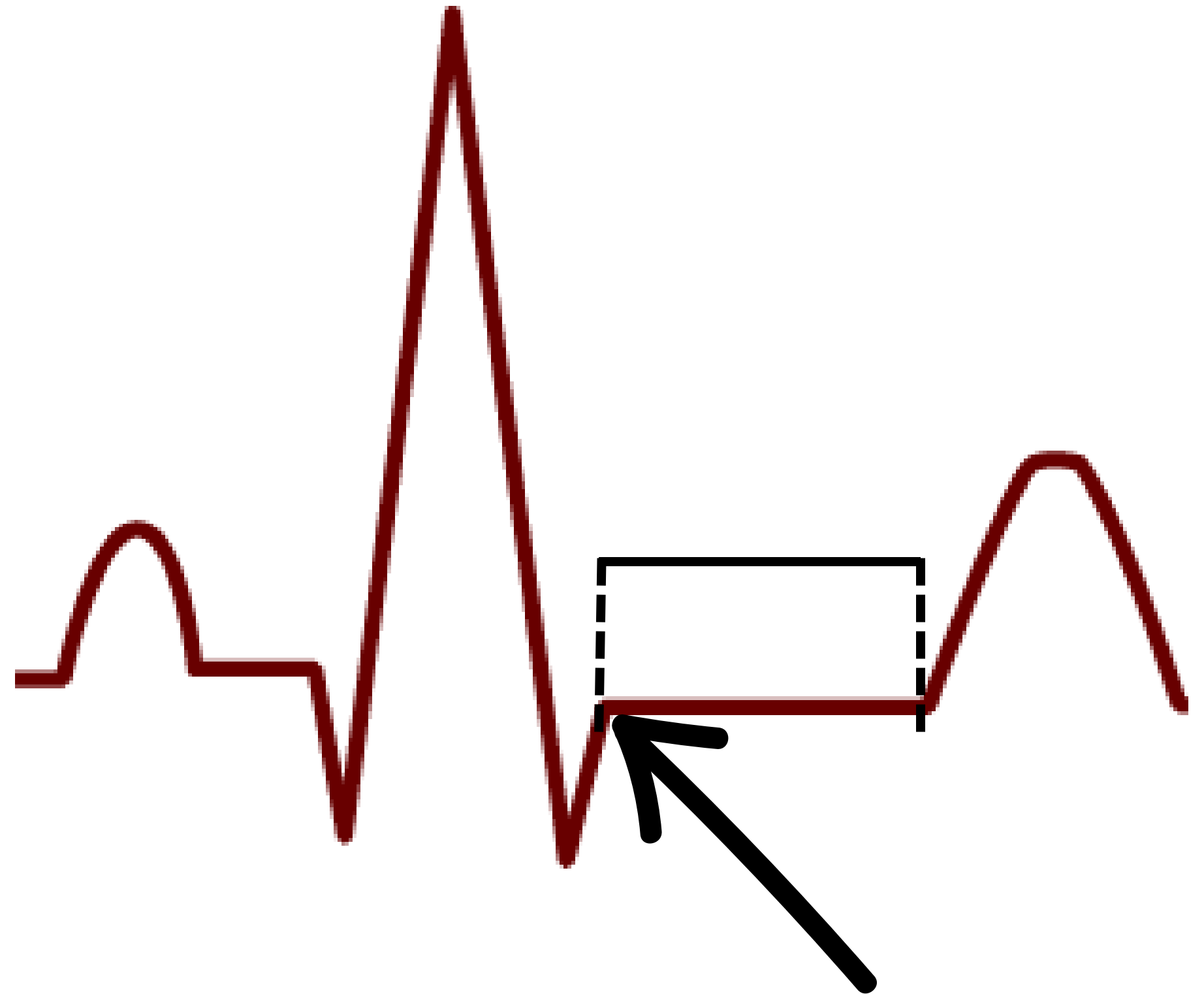
## Mayúscula o minúscula:

- Minúscula si mide menos de 0.5 mm
- Mayúscula si mide más de 0.5 mm de voltaje

# Punto J y segmento ST

**Segmento ST:** Fase 2 del potencial de acción ventricular. Debe ser isoelectrico.

**Punto J:** Es la unión entre el final del QRS y el inicio del ST. Lo normal es que sea isoelectrico.



# Onda T



**Origen:** Fase 3 del potencial de acción.

## Características normales:

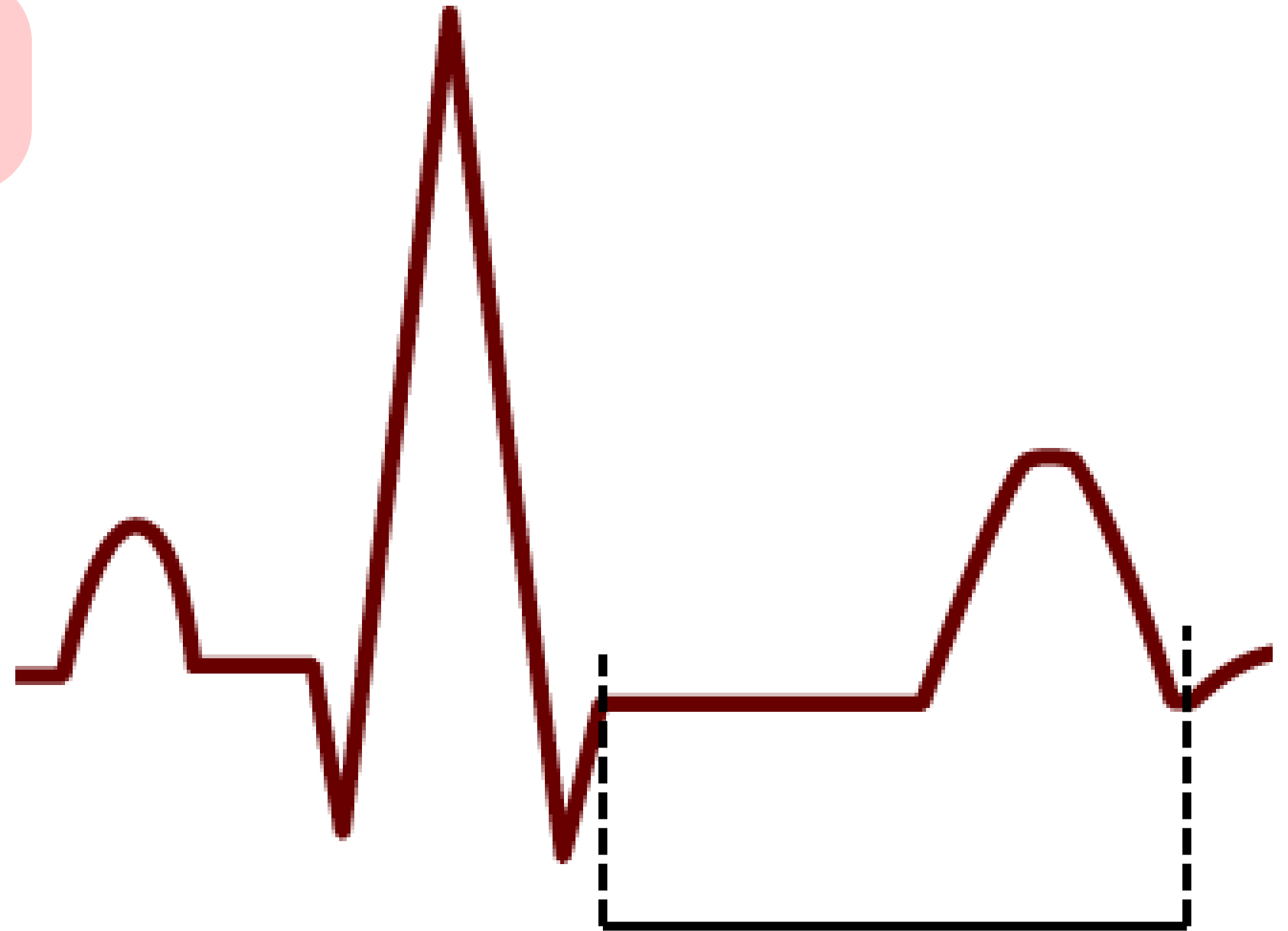
- Asimétrica.
- **Voltaje:** 0.1 a 0.5 mV
- **Duración:** 120 mseg aprox.
- Negativa en aVR y V1.
- **Eje:** +/- 45° del eje del QRS.

# Intervalo QT

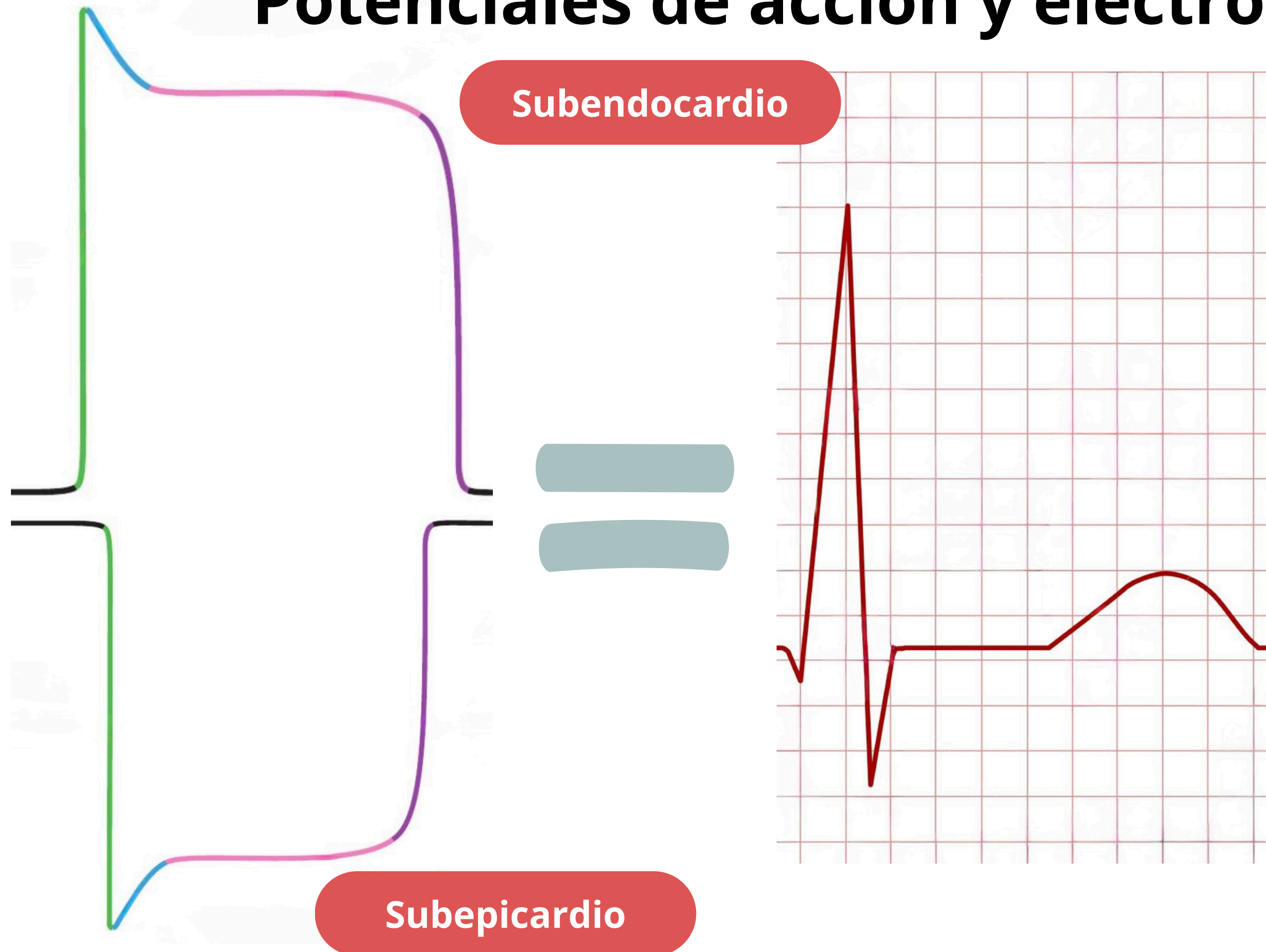
**Origen:** Todo el potencial de acción ventricular.

## Normalidad:

- **Medición:**
  - **Mujeres:** 360 a 460 mseg.
  - **Hombres:** 360 a 440 mseg.
- **Corregido:** +/-40 mseg. del medido
  - **Bazett:** FC 60-100 lpm
  - **Fredericia:** FC anormal



# Potenciales de acción y electrocardiograma



El electrocardiograma que vemos es el resultado de la diferencia algebraica entre el potencial de acción subendocárdico y el subepicárdico

# Onda U



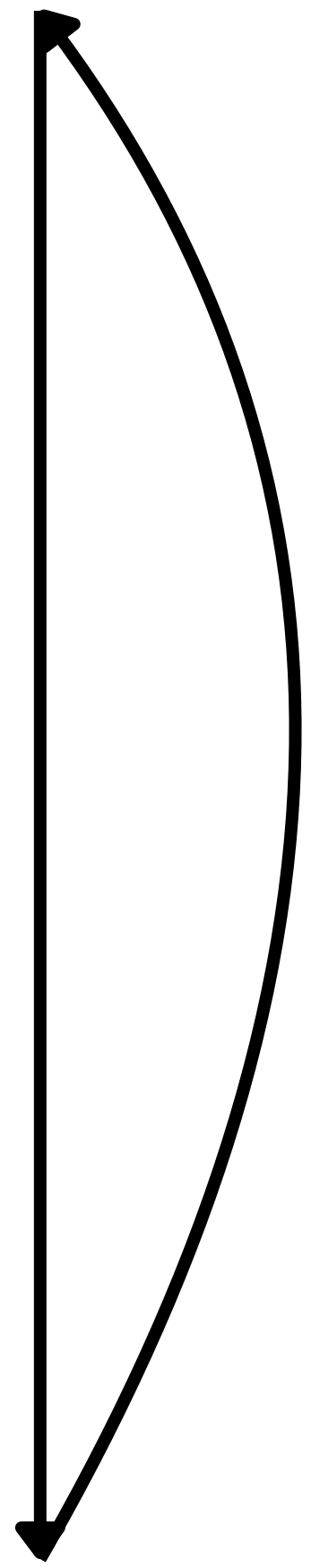
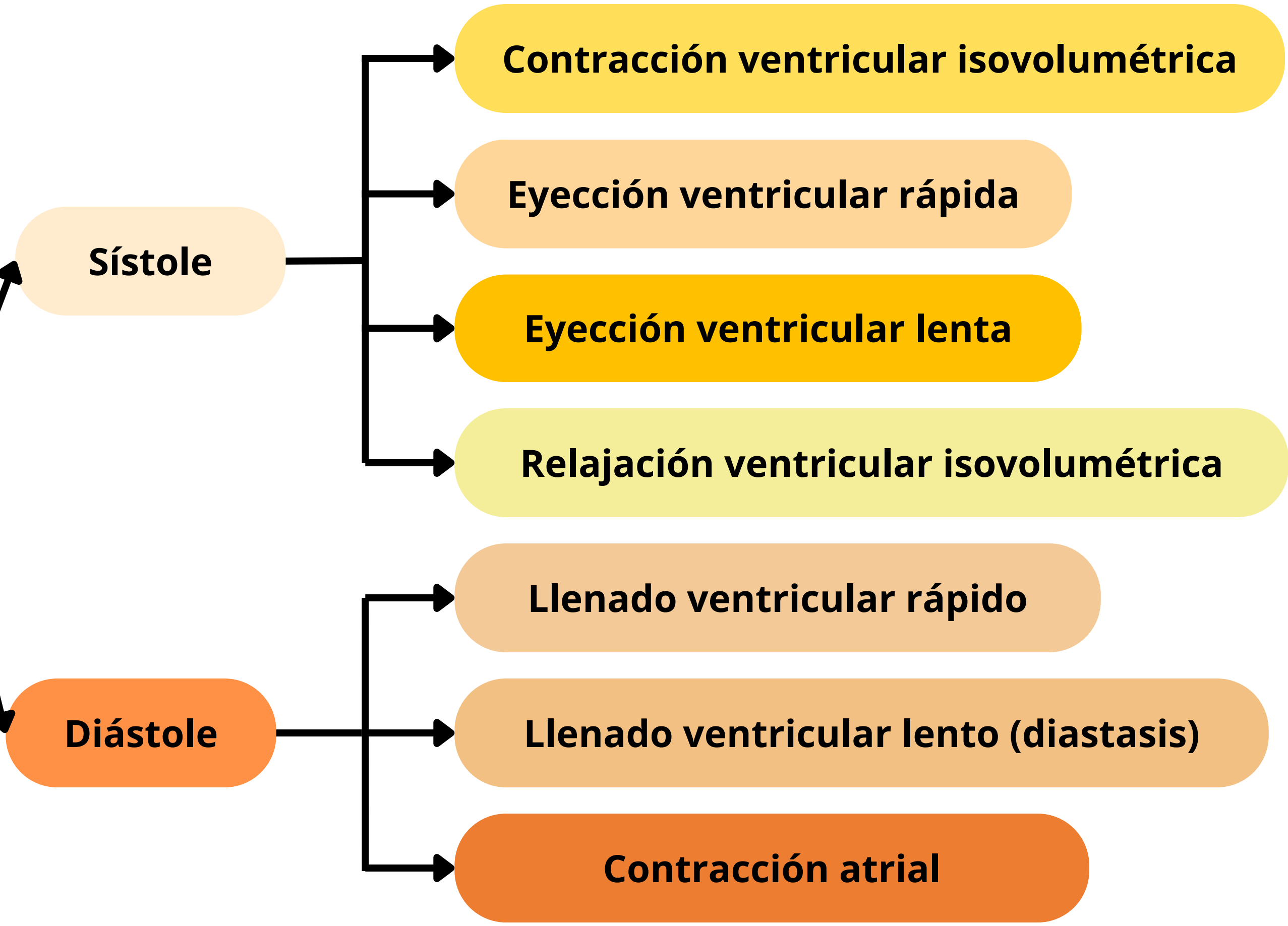
**Normalidad:** Positivas y siempre de menos amplitud que las T.

## Teorías de su origen:

- Potencial diastólico máximo.
- Repolarización de los músculos papilares.
- Repolarización tardía de las fibras de Purkinje.

**El corazón como bomba**

# Fases del ciclo cardíaco



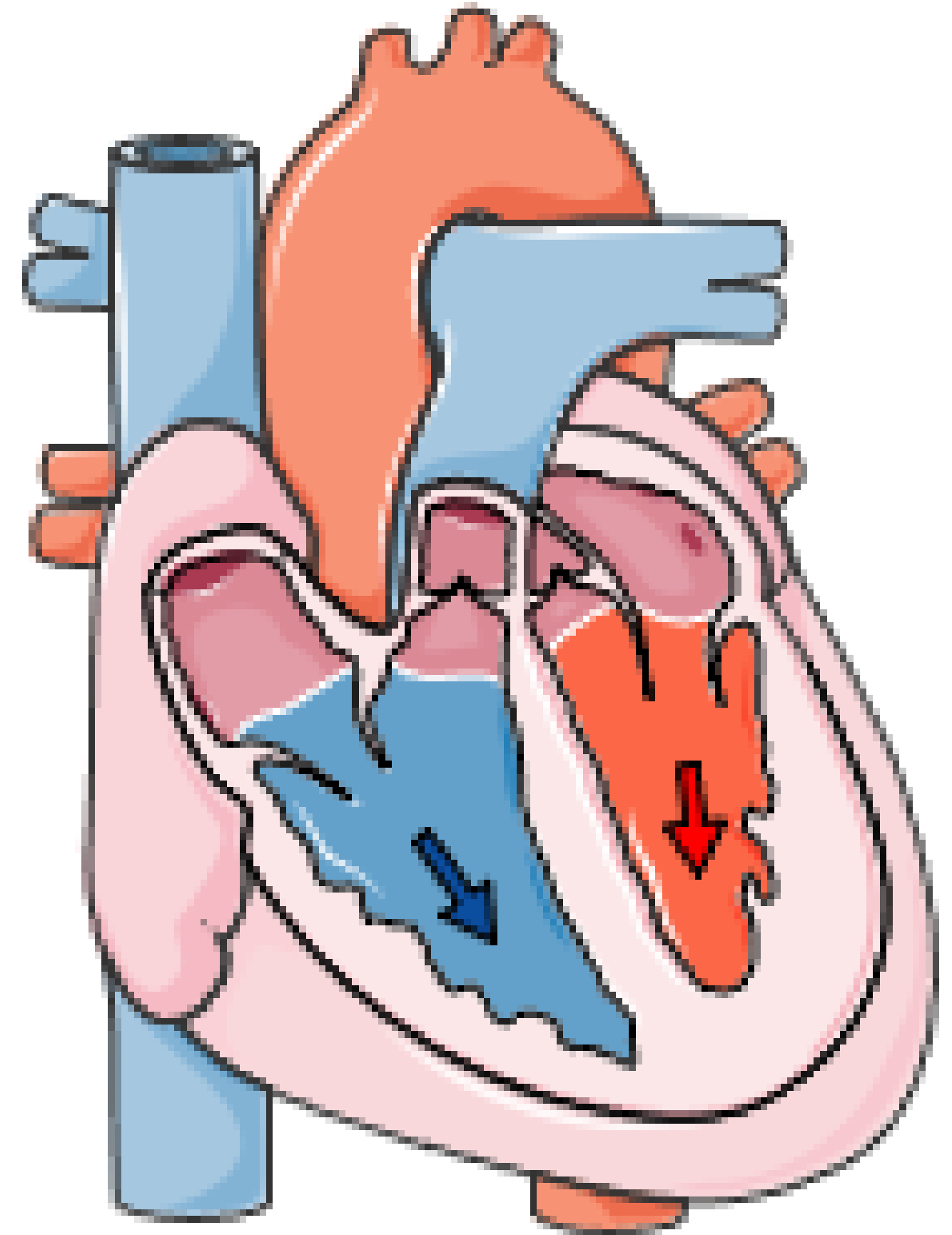
# Contracción atrial

**Fenómeno eléctrico:** Se despolarizan los atrios = inicia onda P del ECG.

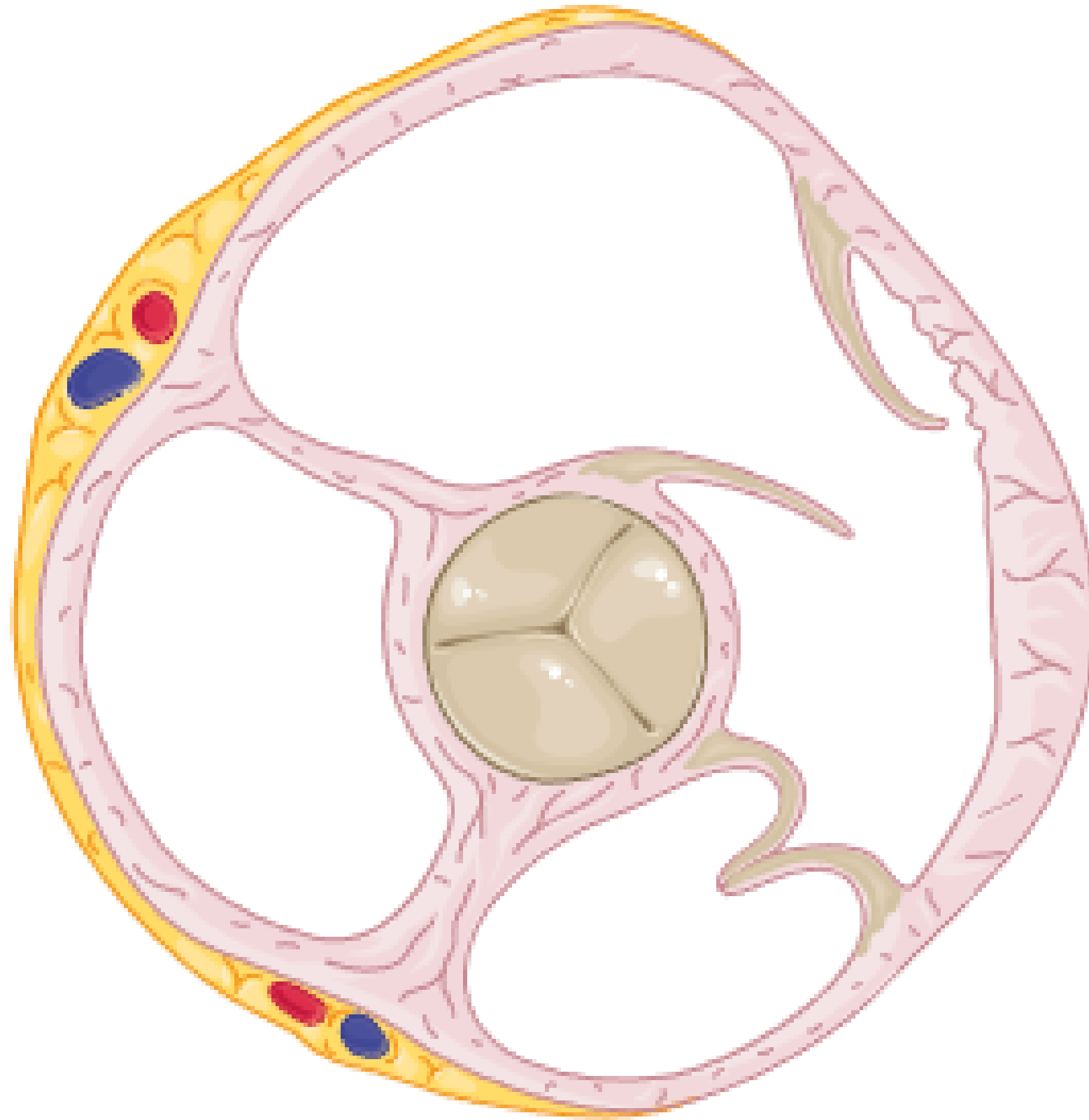
**Fenómeno mecánico:** Contracción de los atrios.

**Fenómeno hemodinámico:** Aportan un 20% del volumen final de diástole.

**Fenómeno acústico:** Cuarto ruido cardíaco (patológico).



# Contracción ventricular isovolumétrica



**Fenómeno eléctrico:** Se despolariza el miocardio ventricular. Inicio de la onda Q.

**Fenómeno mecánico:** Contracción inicial de los ventrículos.

**Fenómeno hemodinámico:** Aumenta la presión, se cierran las válvulas AV. El volumen ventricular no se modifica.

**Fenómeno acústico:** Primer ruido cardíaco.

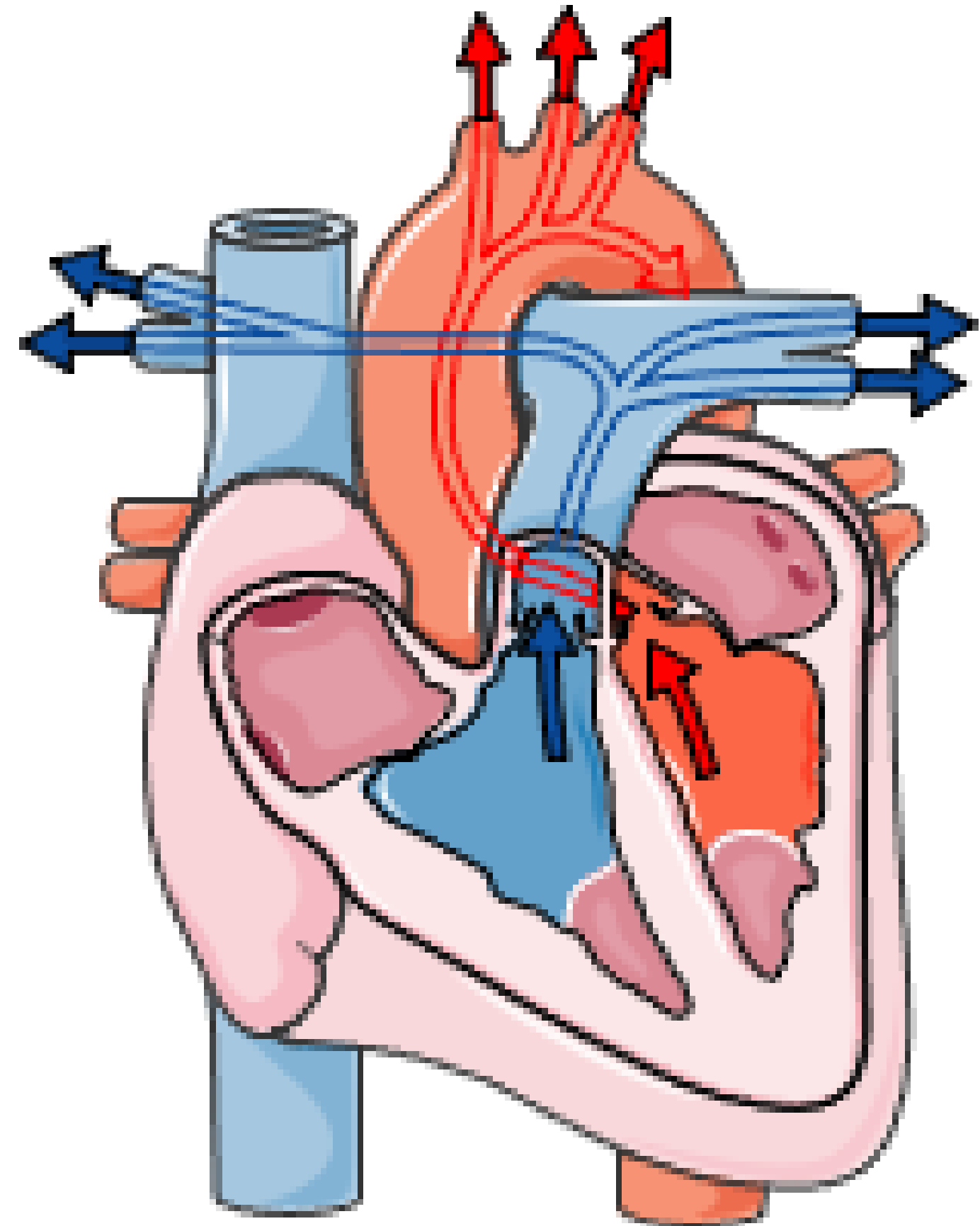
# Eyección ventricular

**Fenómeno eléctrico:** Segmento ST. O sea la fase 2 del potencial de acción.

**Fenómeno mecánico:** Contracción efectiva ventricular.

**Fenómeno hemodinámico:** La presión ventricular supera a la aórtica, se abren las válvulas AV y se vacía el ventrículo.

**Fenómeno acústico:** Silencio acústico.



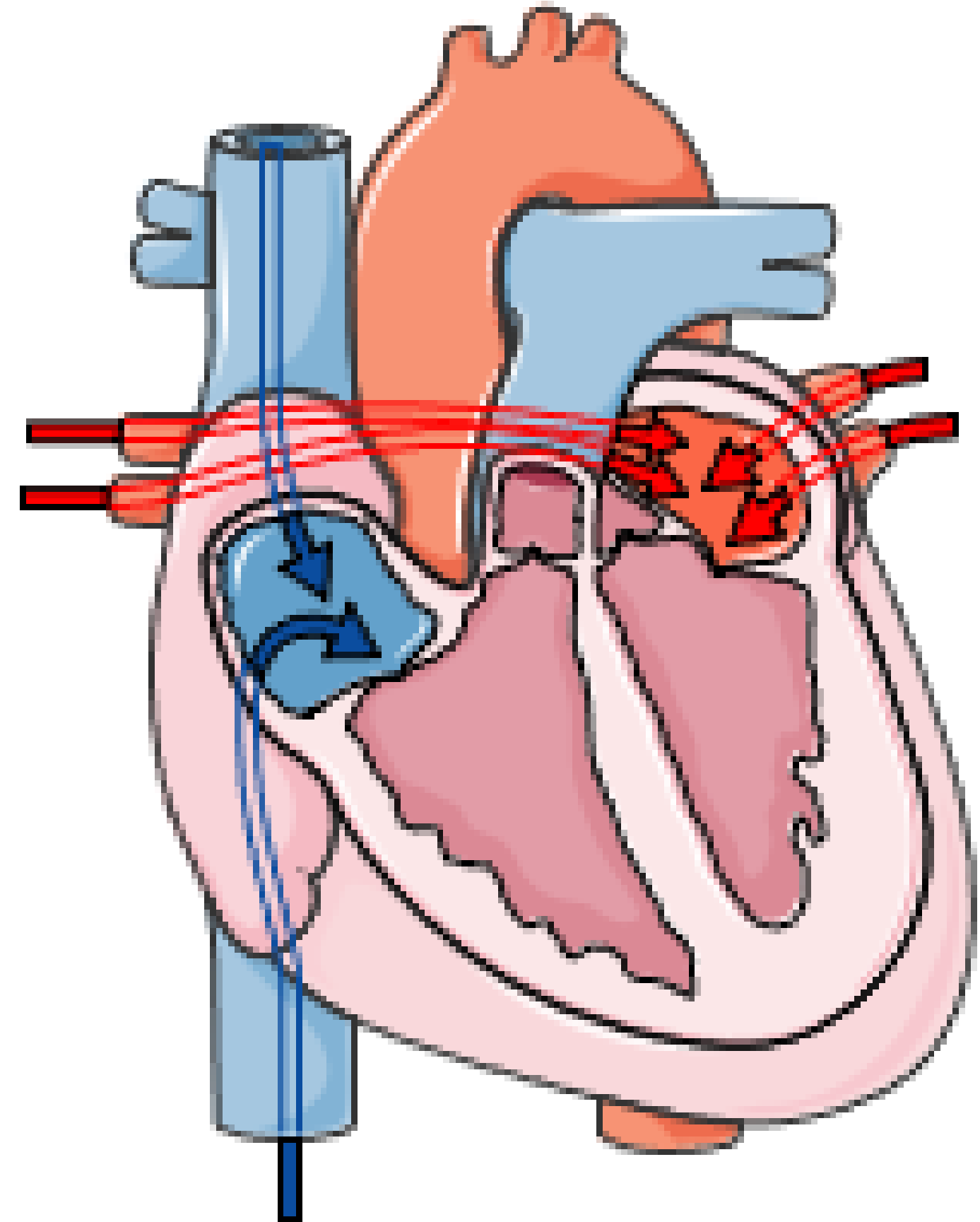
# Relajación ventricular isovolumétrica

**Fenómeno eléctrico:** Repolarización de los ventrículos = onda T.

**Fenómeno mecánico:** Desciende la presión al relajarse los ventrículos.

**Fenómeno hemodinámico:** Las válvulas semilunares se cierran. No hay modificaciones del volumen ventricular.

**Fenómeno acústico:** Segundo ruido cardíaco.



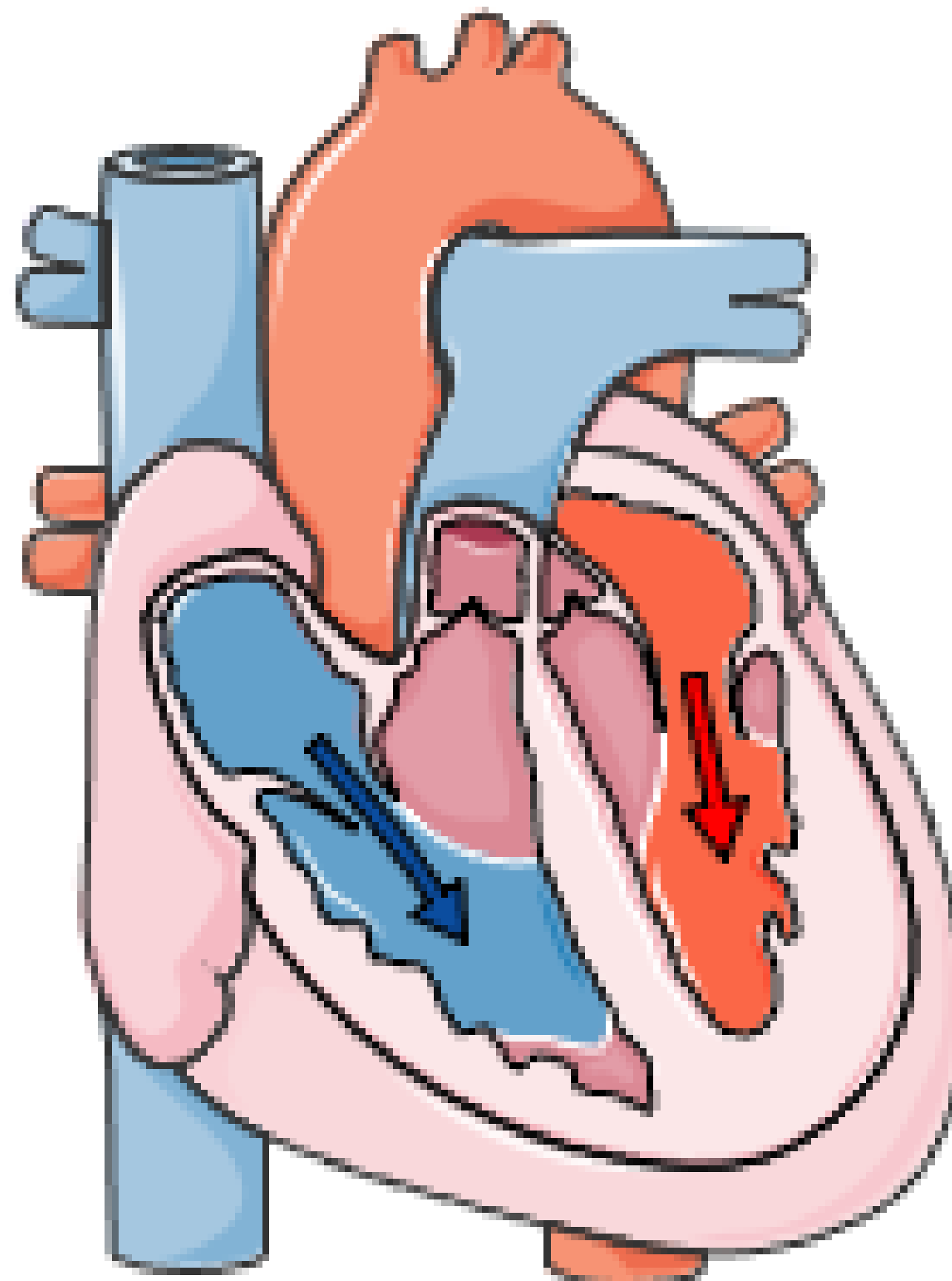
# Llenado ventricular

**Fenómeno eléctrico:** Segmento TP = Fase de reposo.

**Fenómeno mecánico:** Relajación de los ventrículos.

**Fenómeno hemodinámico:** Apertura de las válvulas AV. Paso de sangre de forma pasiva de los atrios a los ventrículos.

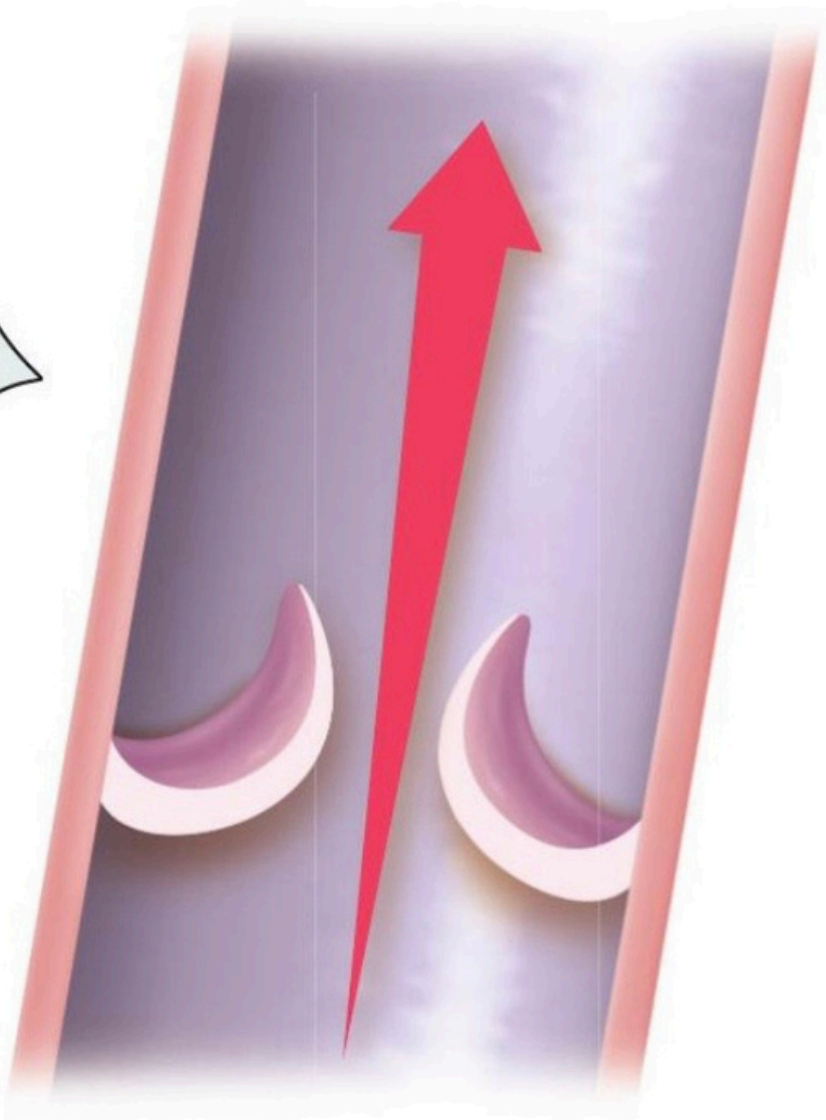
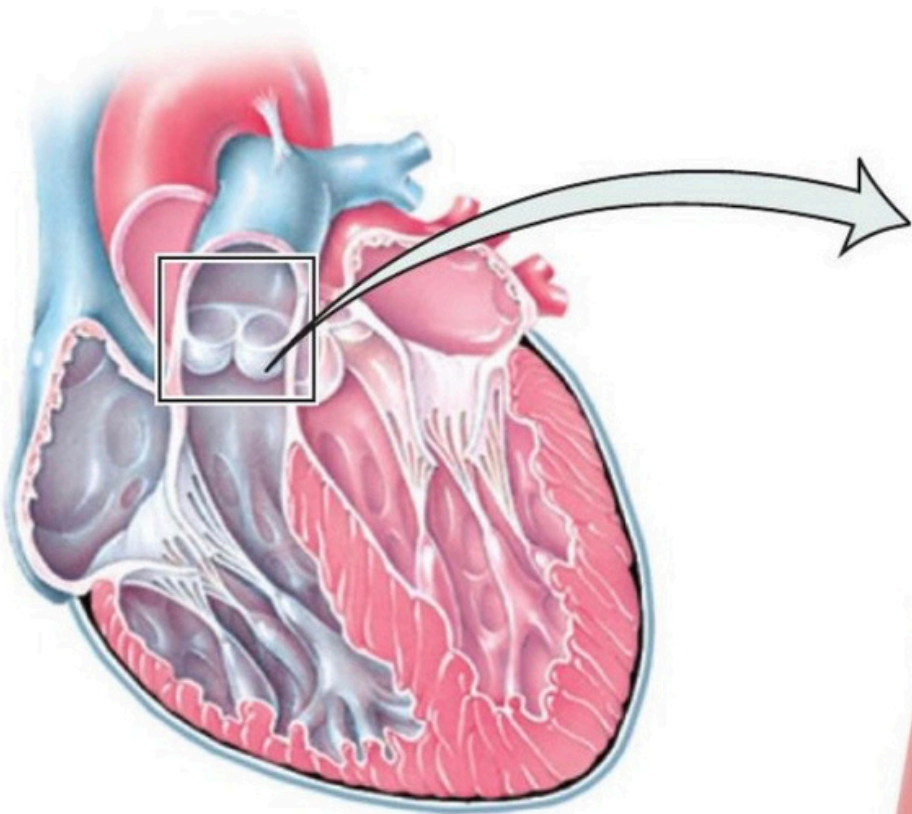
**Fenómeno acústico:** Tercer ruido cardíaco.



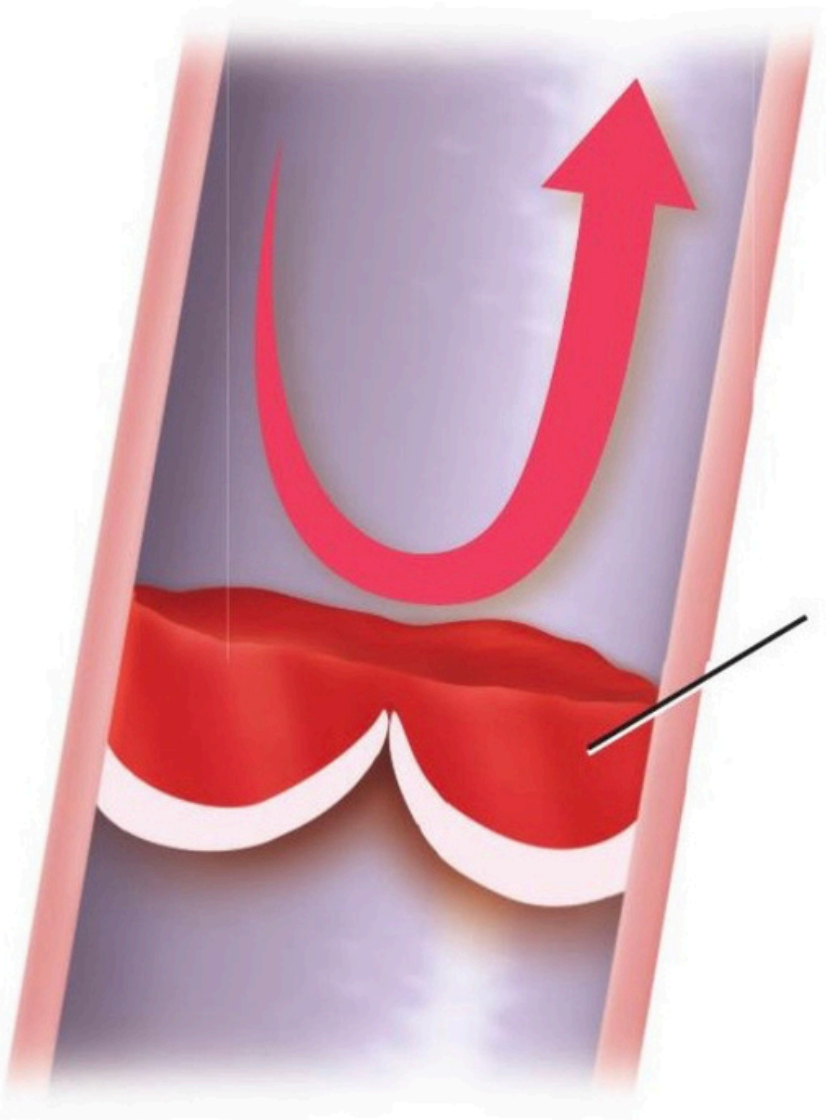
# Válvulas semilunares

**Sístole**

**Diástole**



(c) Válvula pulmonar abierta



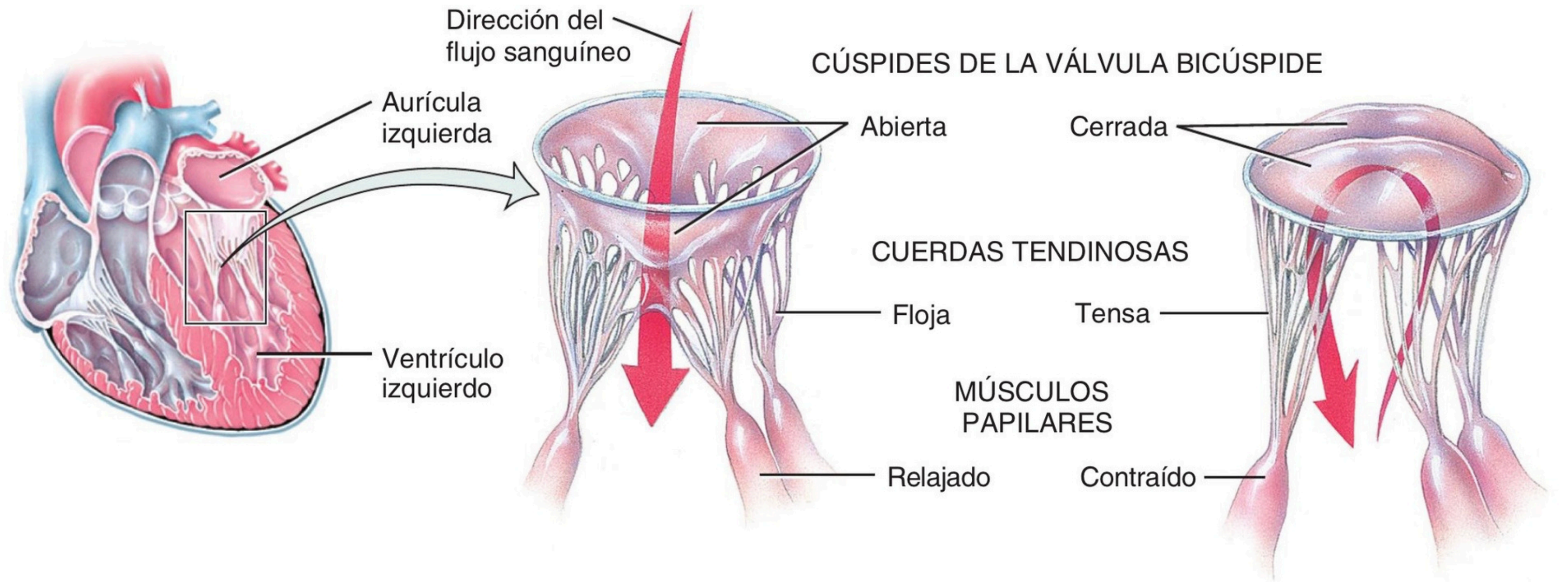
A medida que la sangre comienza a fluir hacia atrás, llena las cúspides de las valvas, causando que la válvula se cierre.

(d) Válvula pulmonar cerrada

# Válvulas atrioventriculares (AV)

**Diástole**

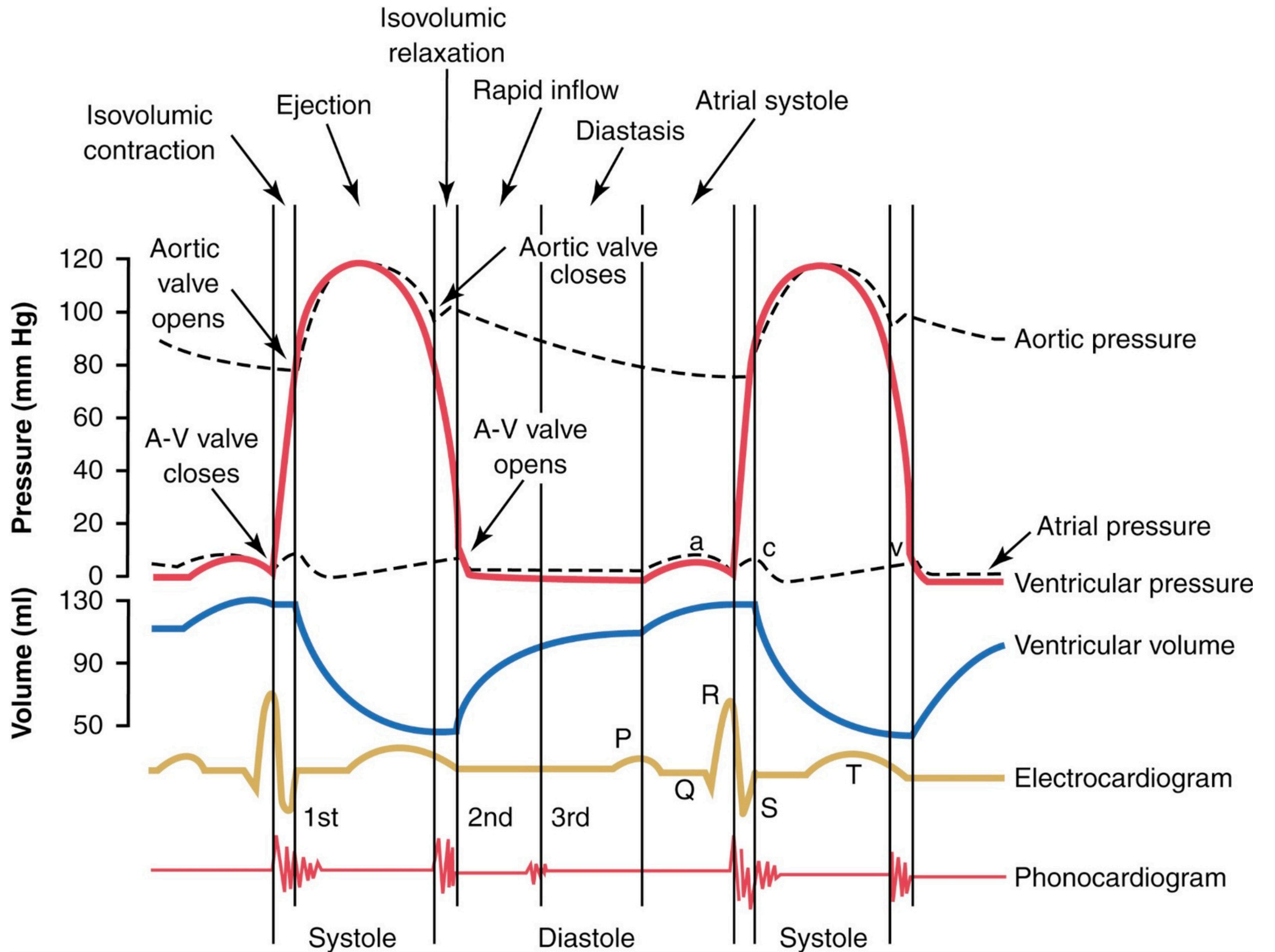
**Sístole**



(a) Válvula bicúspide abierta

(b) Válvula bicúspide cerrada

# Esquema de Wiggers modificado



# La banda miocárdica

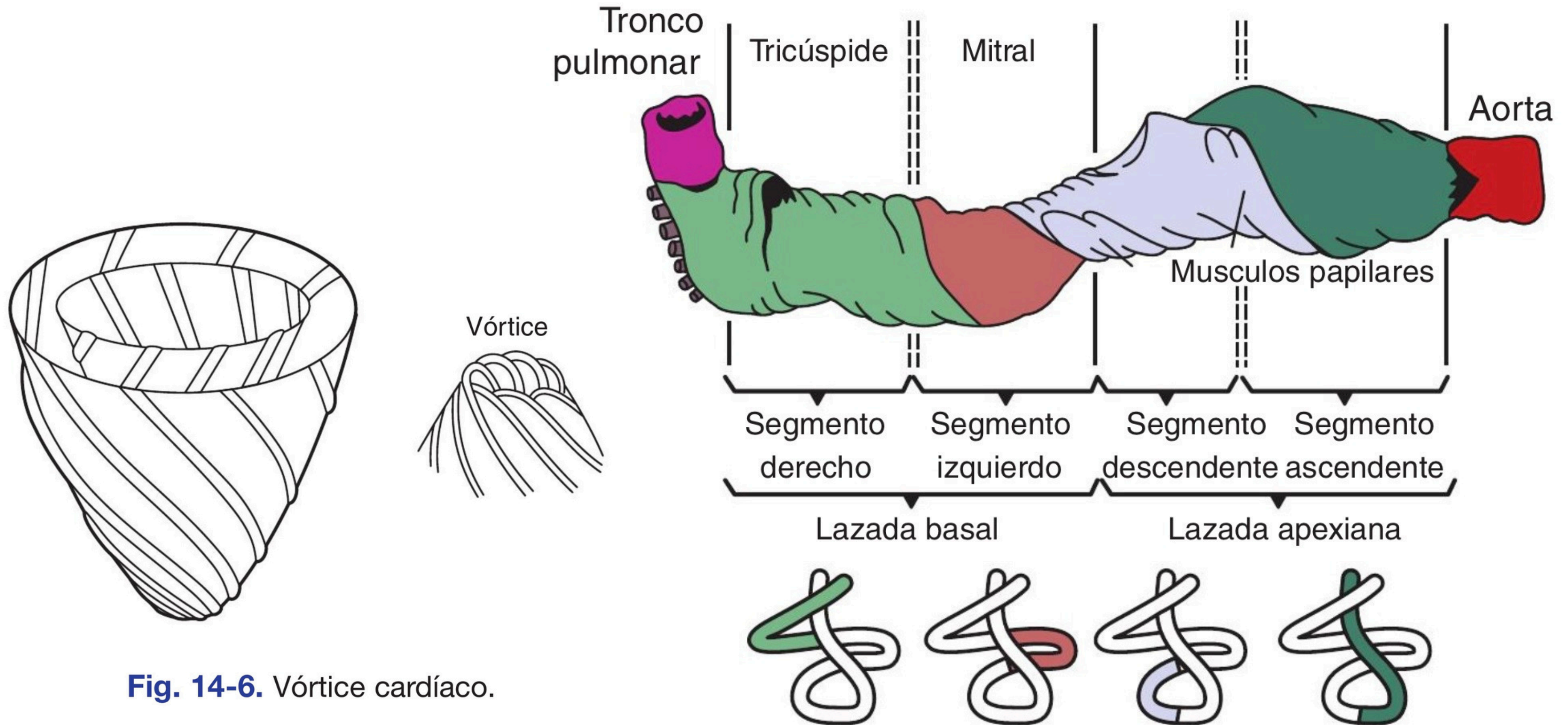
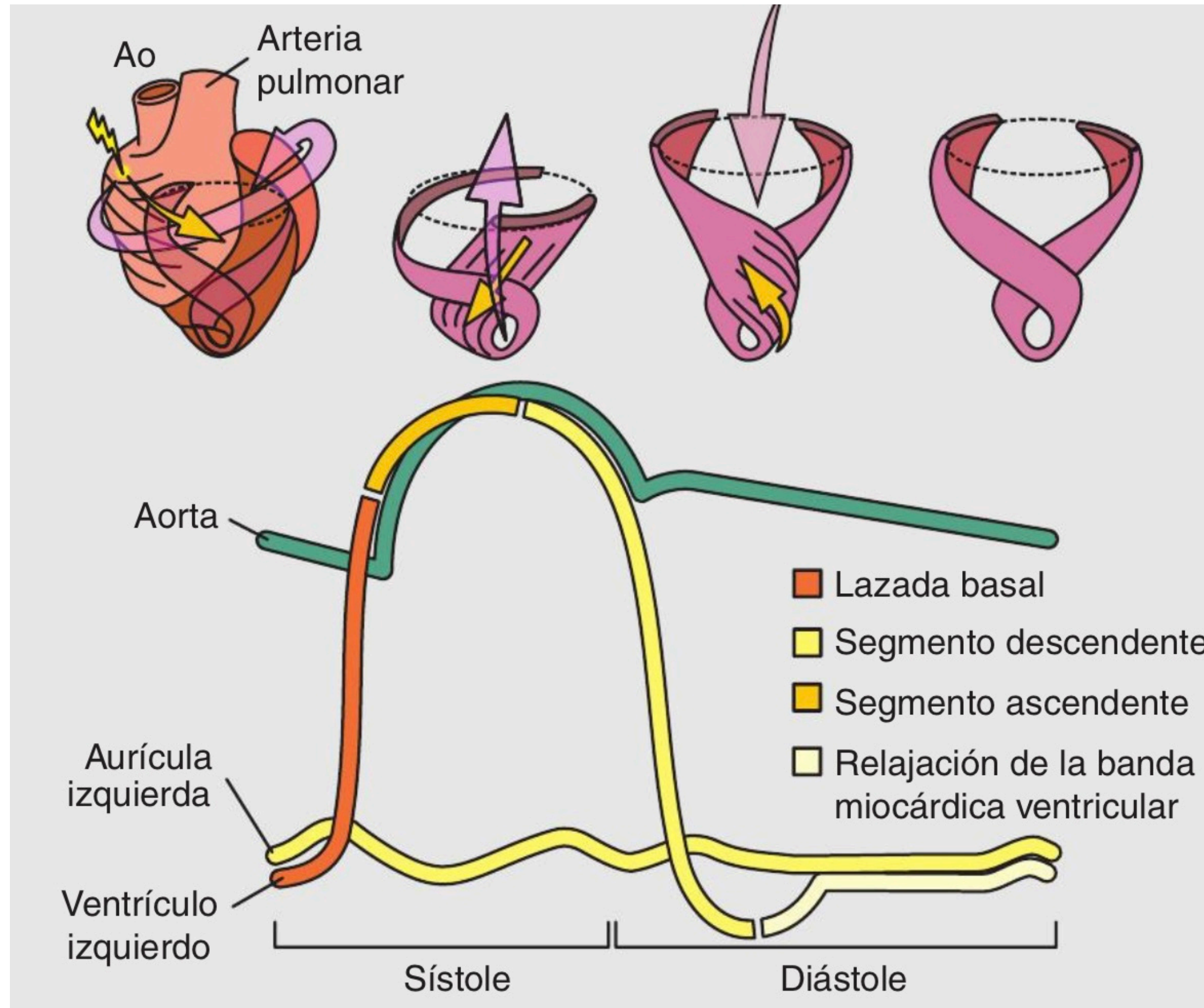


Fig. 14-6. Vórtice cardíaco.

# Mecánica de la contracción ventricular



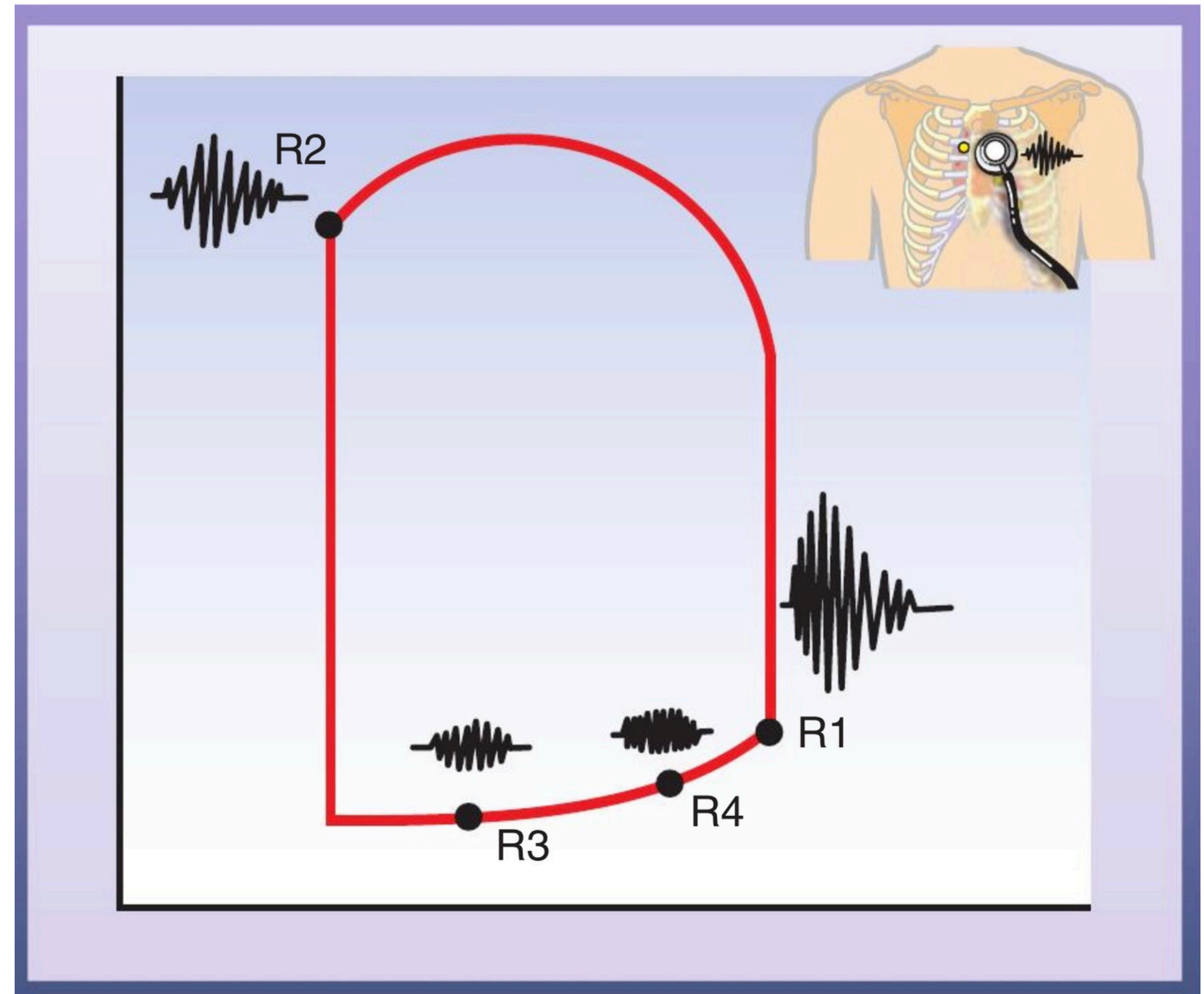
# El origen de los ruidos cardíacos

**Primer ruido:** Cierre de las válvulas AV.

**Segundo ruido:** Cierre de las válvulas semilunares.

**Tercer ruido:** Llenado ventricular rápido.

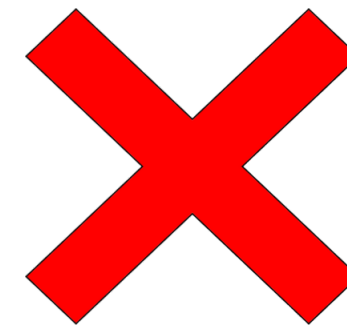
**Cuarto ruido:** Contracción atrial contra miocardio rígido por isquemia.



# Gasto cardíaco



Frecuencia cardíaca



Volumen sistólico



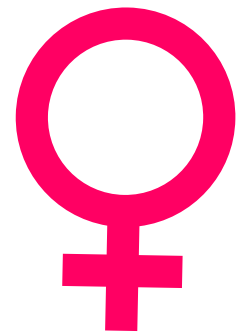
Cantidad de sangre que bombea el corazón en 1 minuto



Cantidad de latidos que hay en un minuto



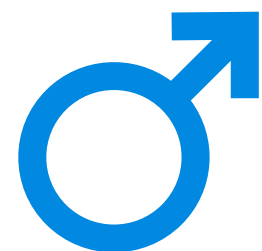
Volumen de sangre eyectado en cada latido



4,900 ml/min

Media de 5 L/min

5,600 ml/min



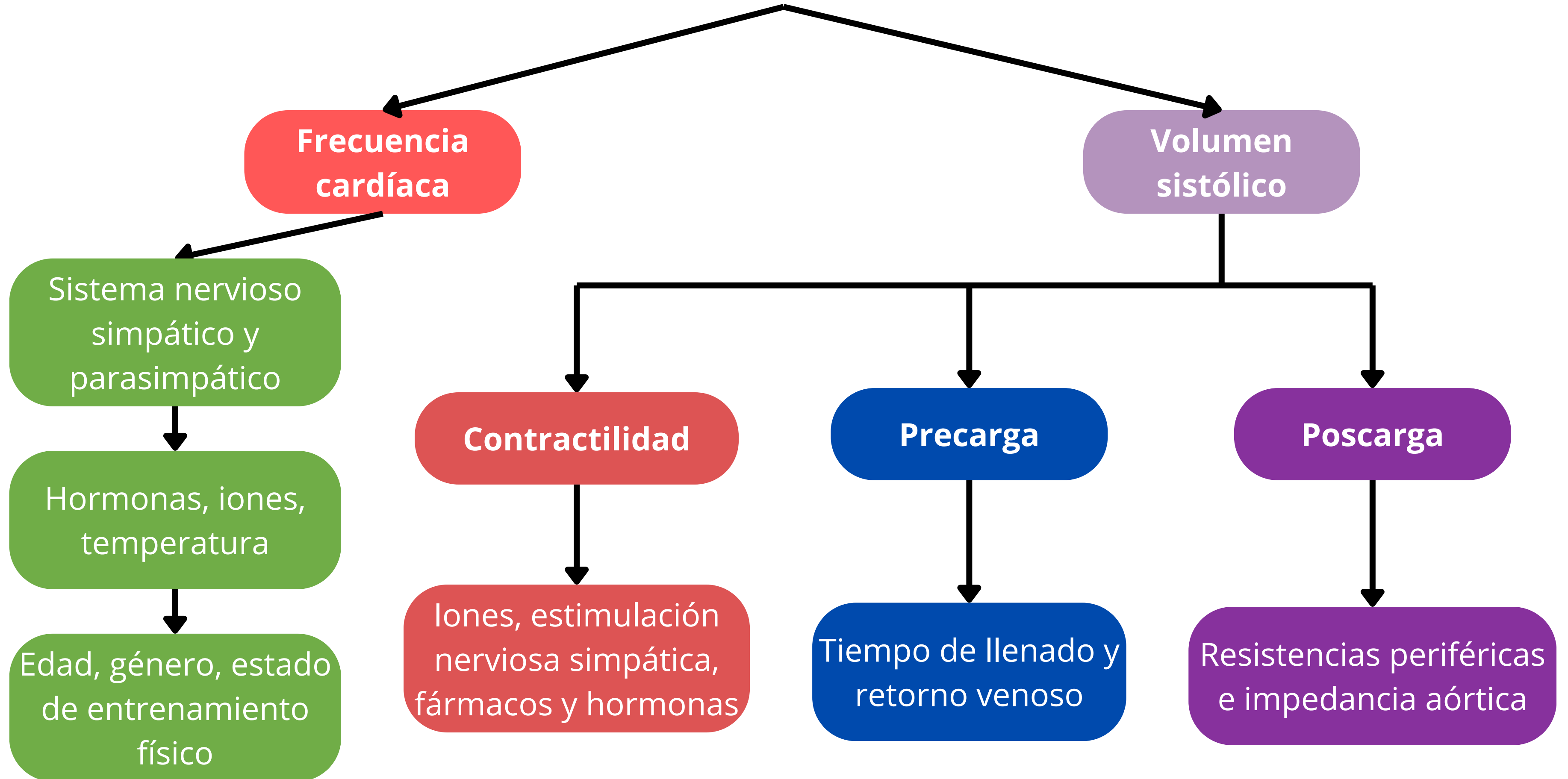
60 a 100 lpm

70 a 80 ml

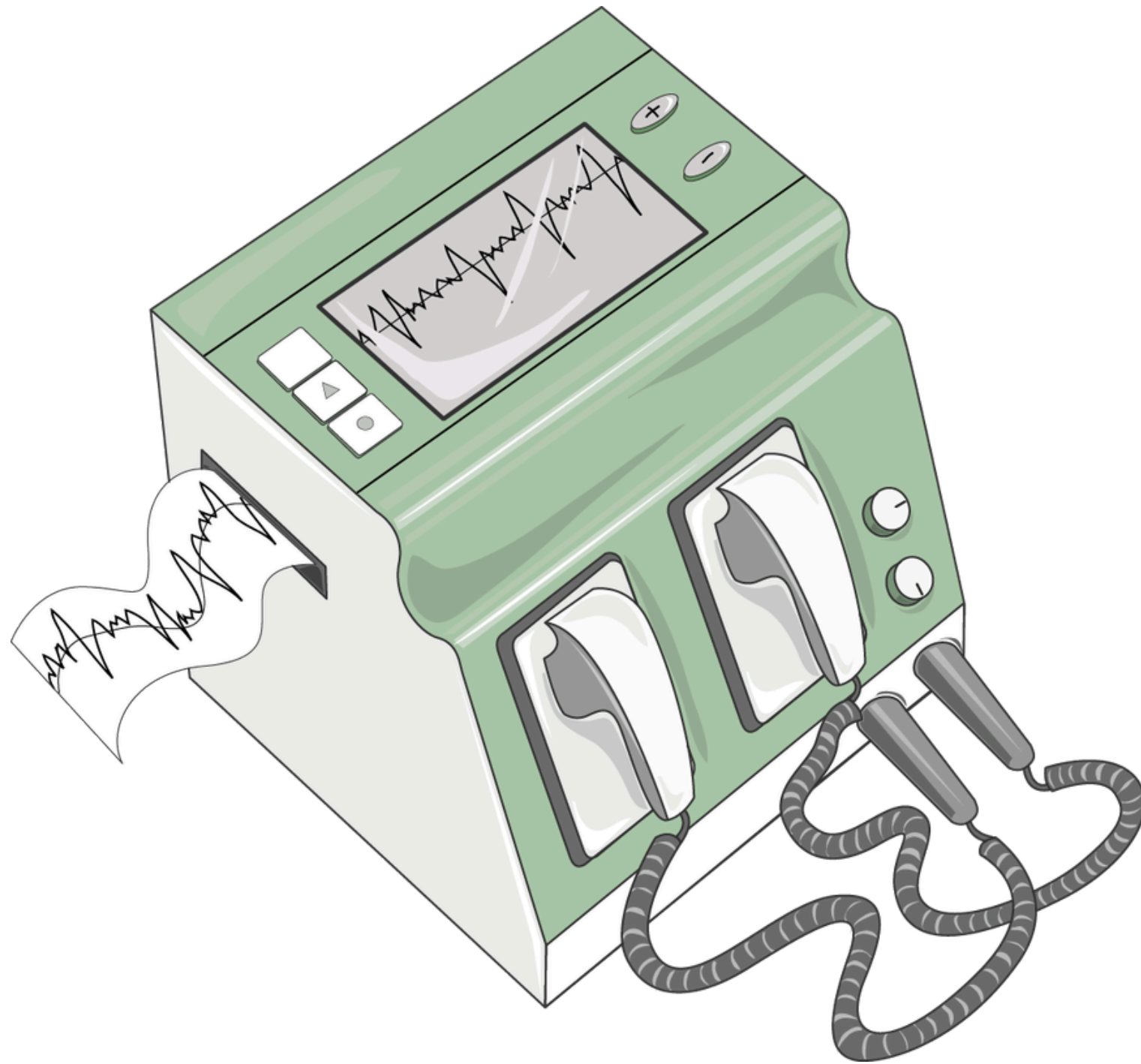
Recuérdese que el volumen sistólico es igual a la diferencia entre el volumen de fin de diástole (VFD) y el volumen de fin de sístole (VFS):

$$VS = VFD - VFS$$

# Gasto cardíaco - Determinantes



# Frecuencia cardíaca



**Bradicardia:** Menor a 60 lpm. Disminuye el gasto cardíaco.

**FC normal:** 60 a 100 lpm. El gasto cardíaco es normal si el volumen sistólico es normal.

**Taquicardia:** Mayor a 100 lpm. Aumenta el gasto cardíaco inicialmente, FC mayores a 150 lpm lo disminuyen por disminuir el tiempo de llenado.

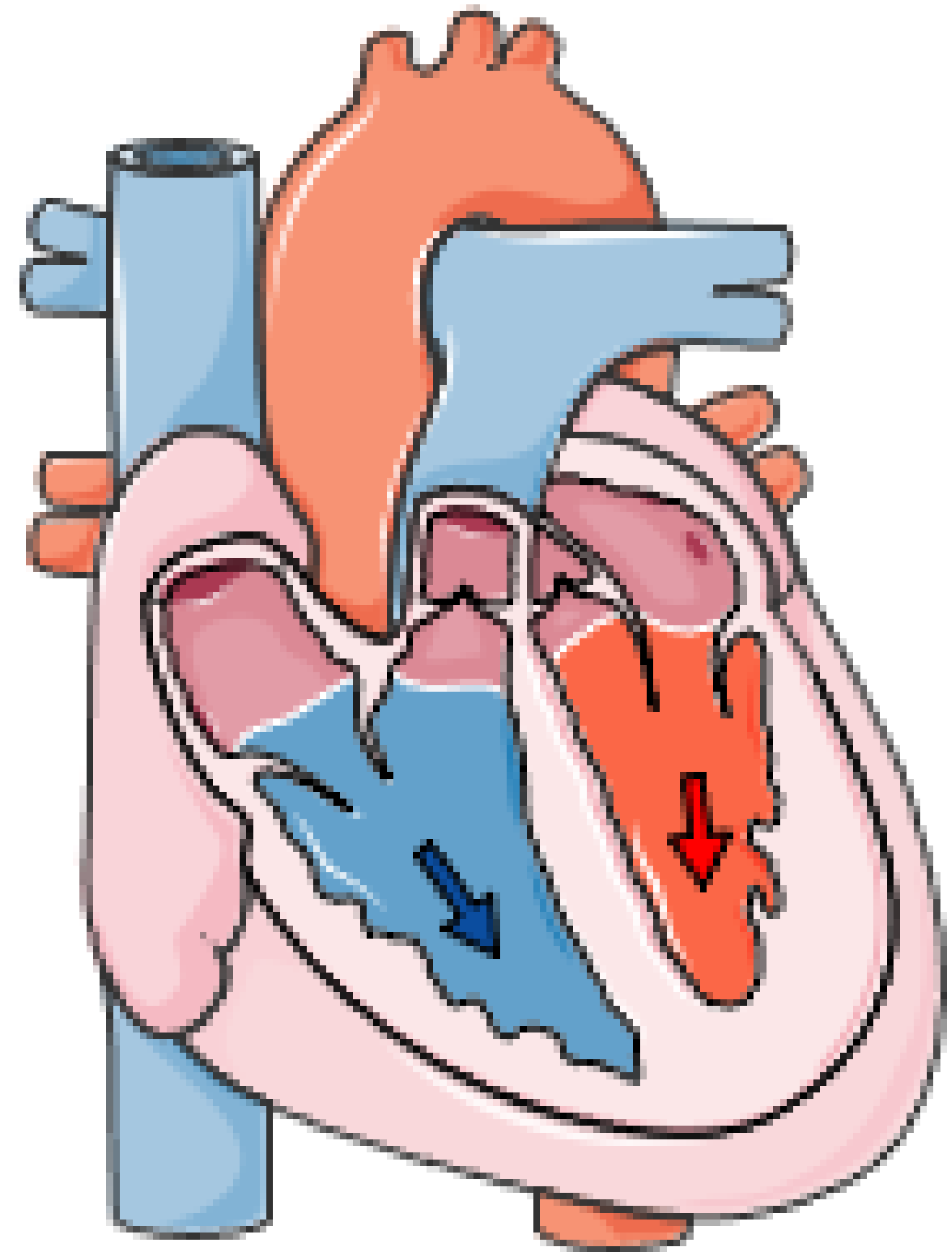
# Precarga

**Concepto:** Grado de estiramiento de las fibras musculares antes de contraerse. Obedece al mecanismo de Frank-

Proporcional al volumen de fin de diástole.

## Determinantes:

- **Tiempo de llenado:** Directamente proporcional.
- **Retorno venoso:** Directamente proporcional.

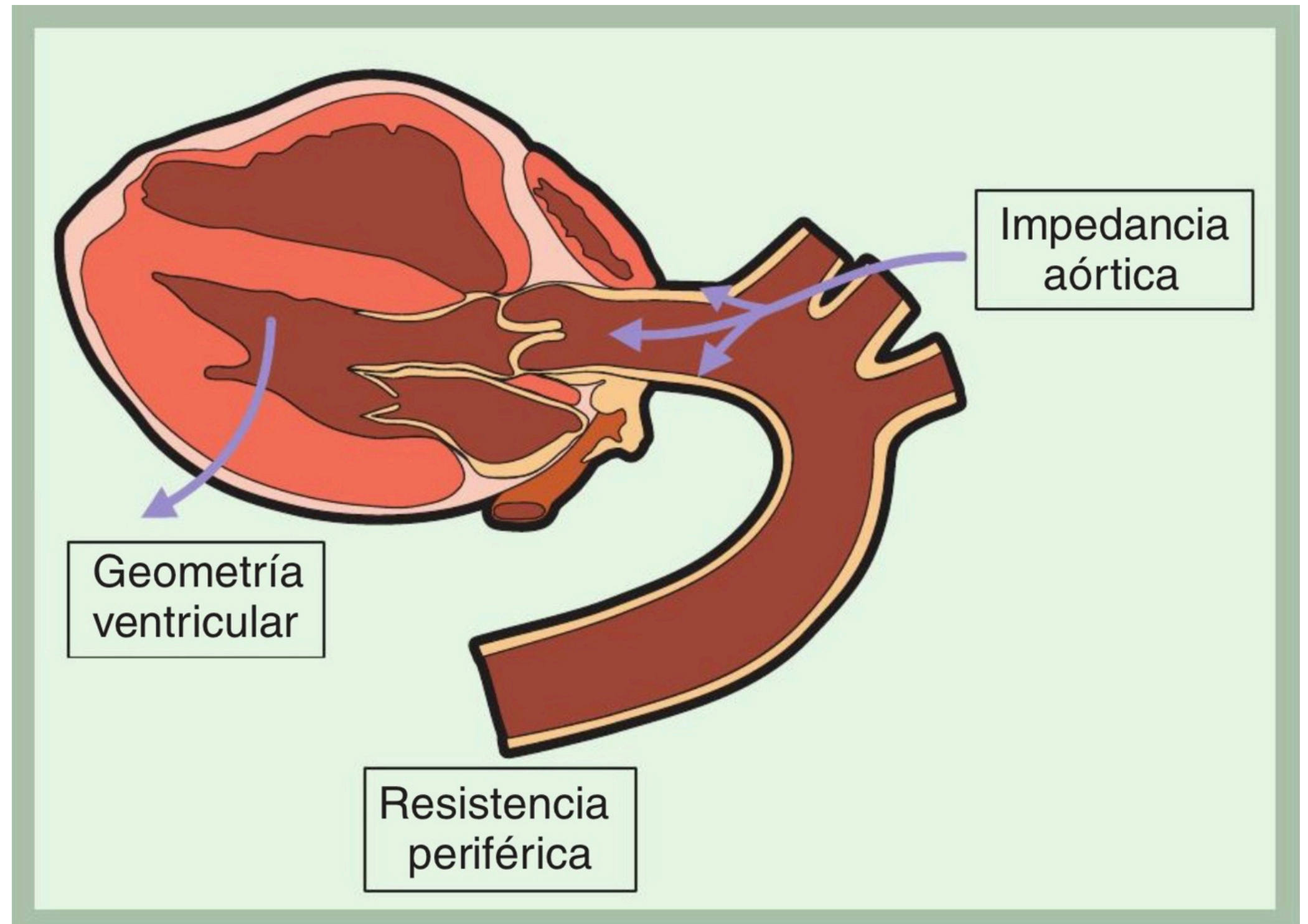


# Poscarga

**Concepto:** Presión que deben vencer los ventrículos para eyectar la sangre hacia las grandes arterias.

**Determinantes:** Inversamente proporcional a....

- Presión diastólica de la arteria pulmonar: 20 mm Hg para el VD.
- Presión diastólica de la aorta: 80 mm Hg para el VI.



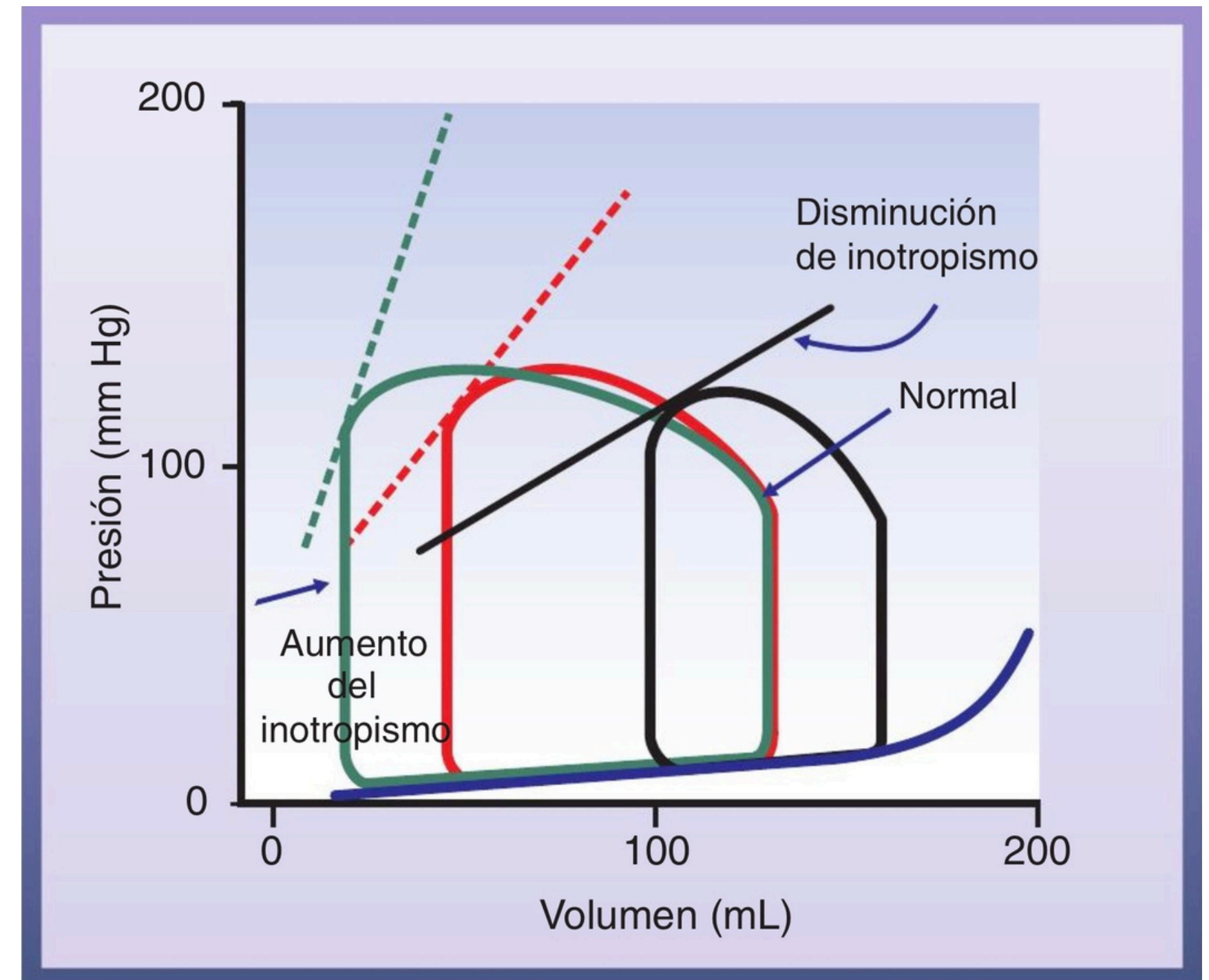
# Contractilidad / inotropismo

**Concepto:** Grado de fuerza en cada contracción.

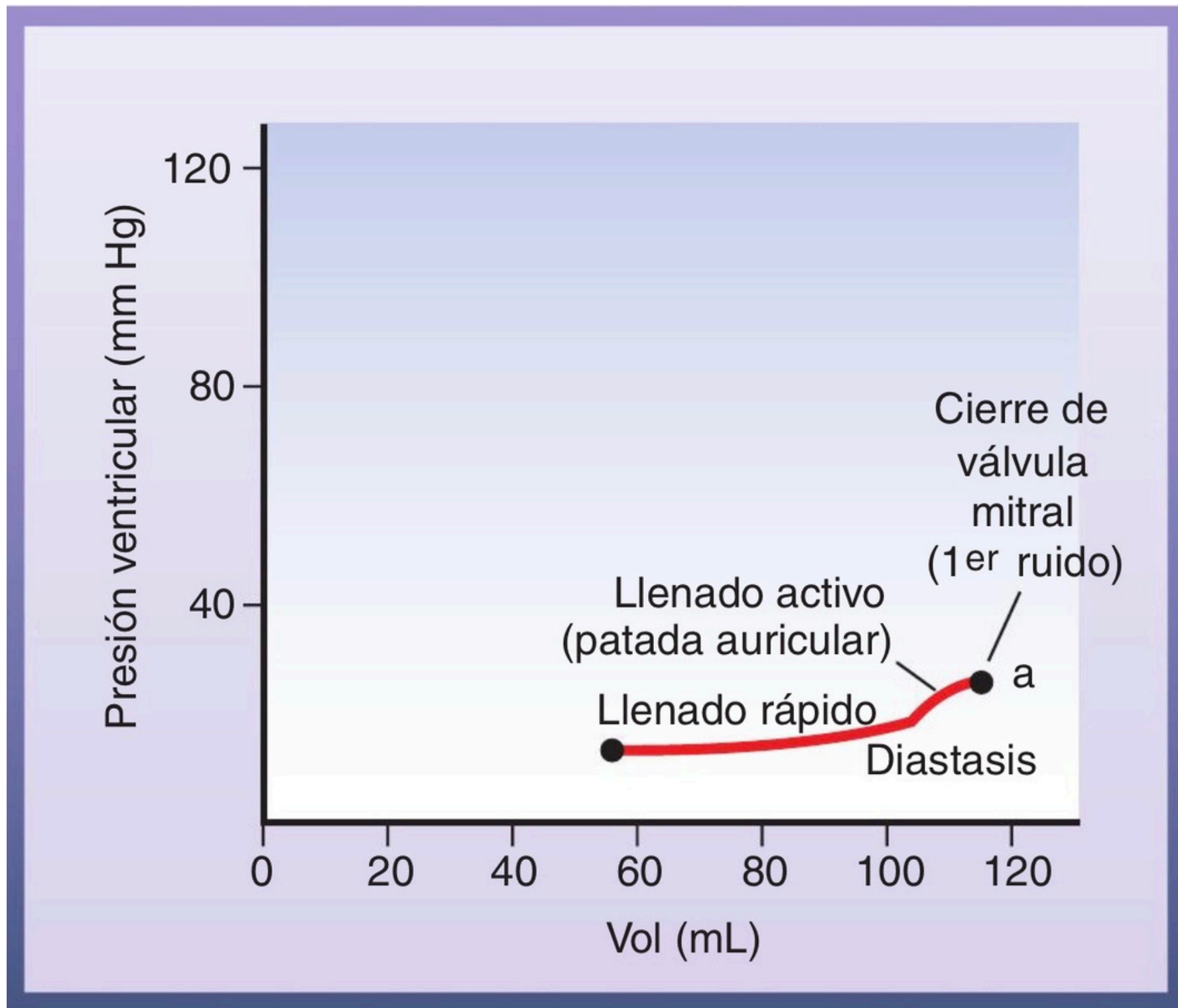
Si aumenta la contractilidad, aumenta el volumen sistólico.

## Determinantes:

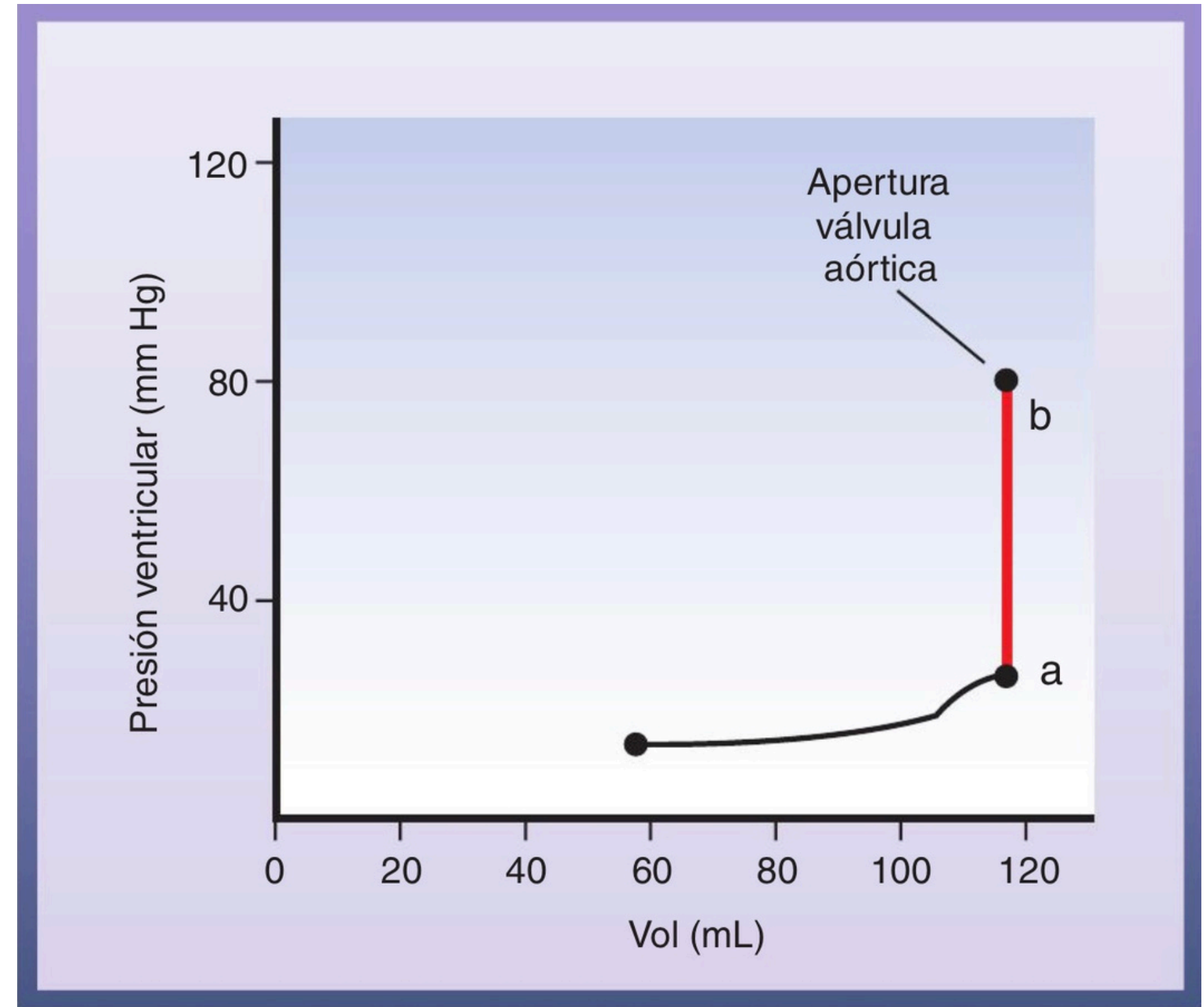
- Precarga y poscarga.
- Estímulos nerviosos y hormonas.



# Curva presión - volumen

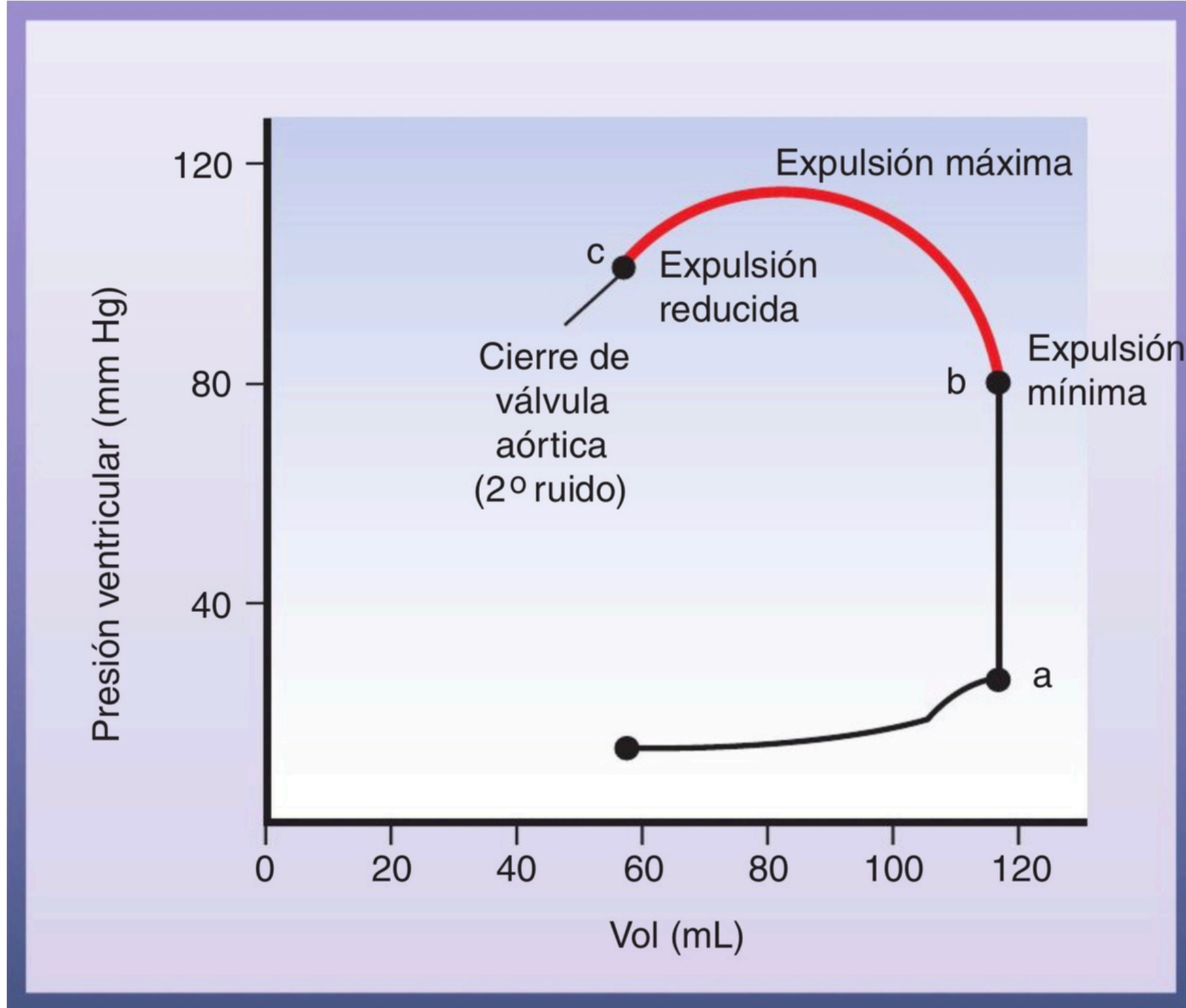


**Fig. 14-21.** Curva de elastancia ventricular pasiva.

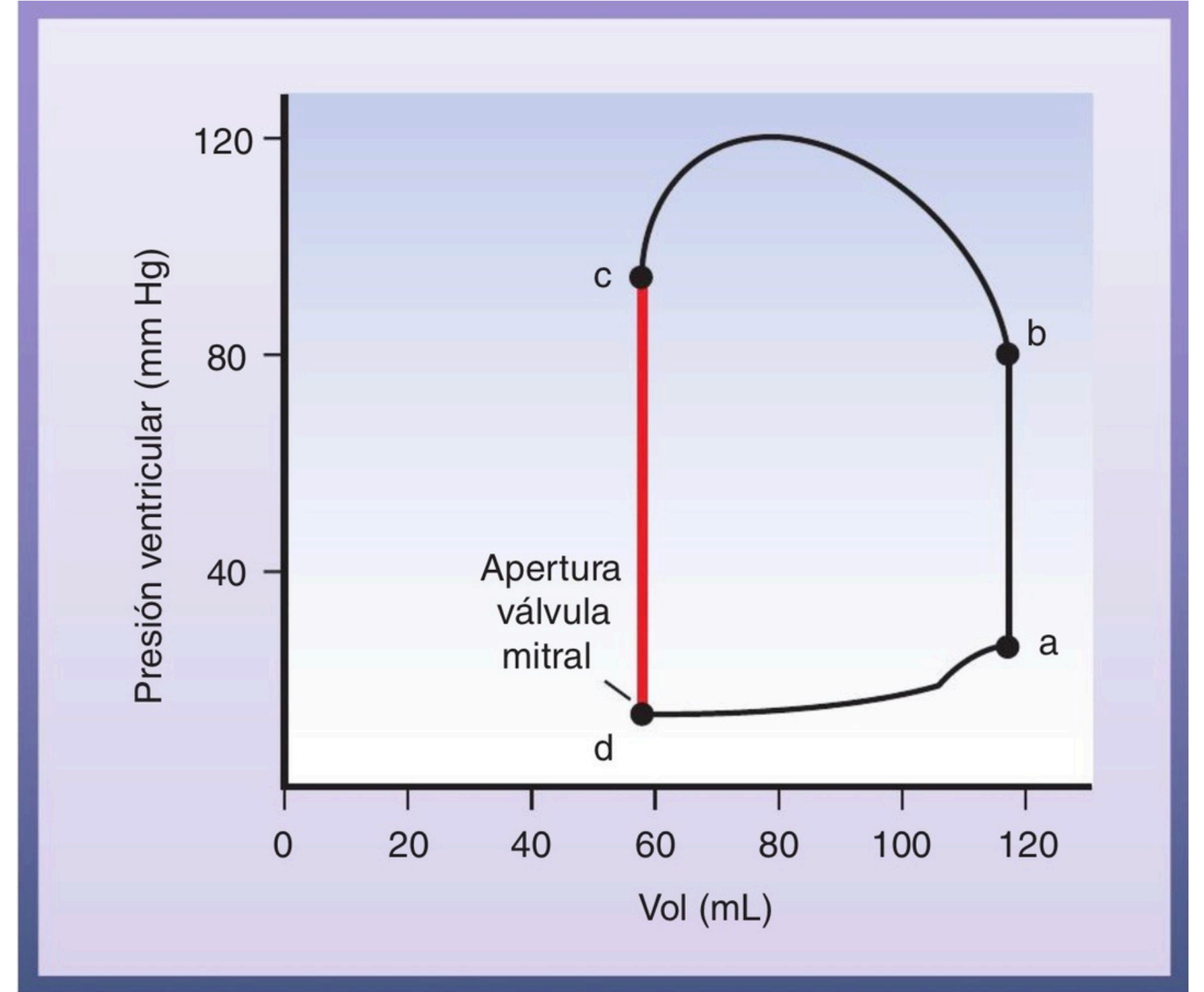


**Fig. 14-22.** Fase de contracción isovolumétrica.

# Curva presión - volumen

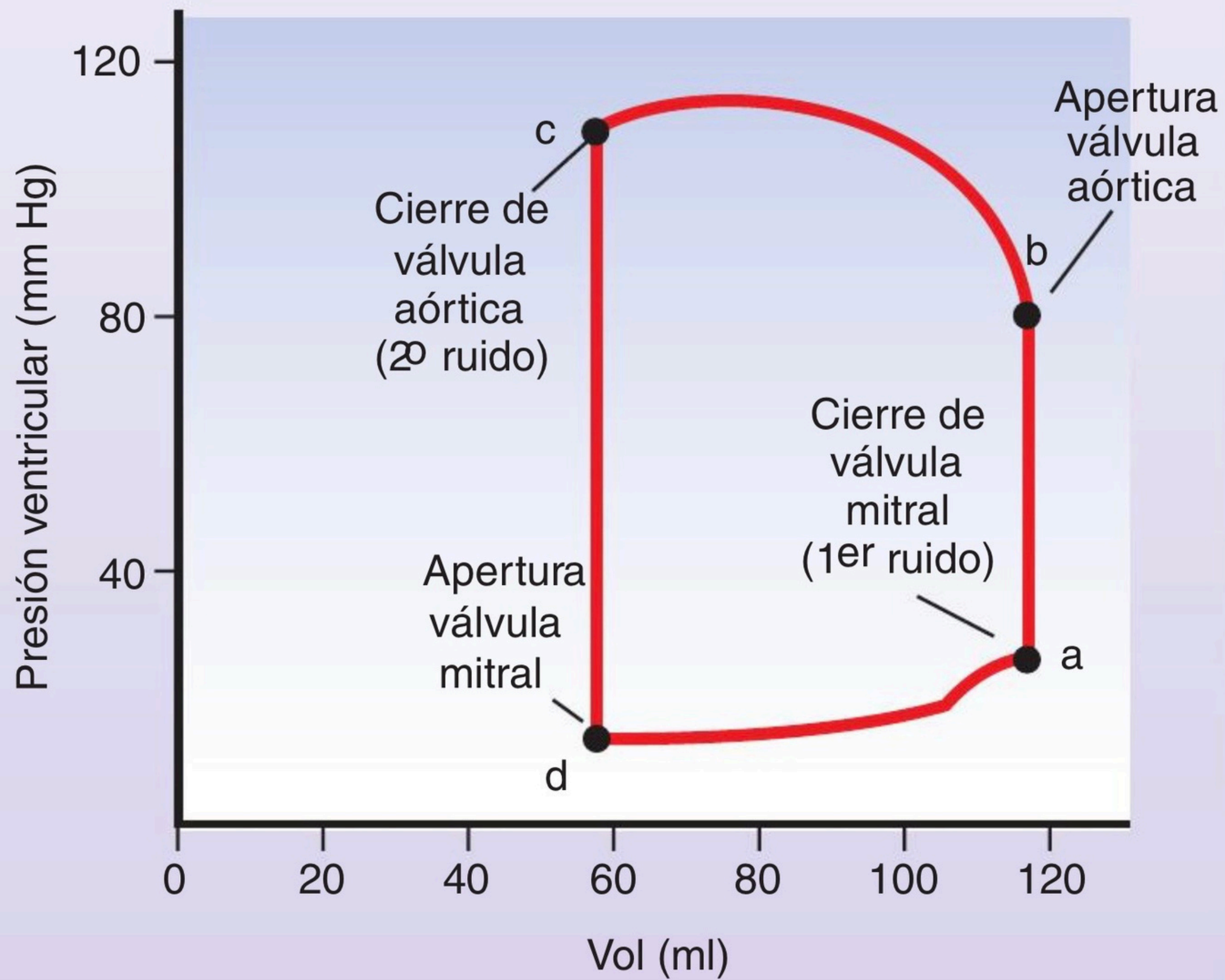


**Fig. 14-23.** Fase de eyección.

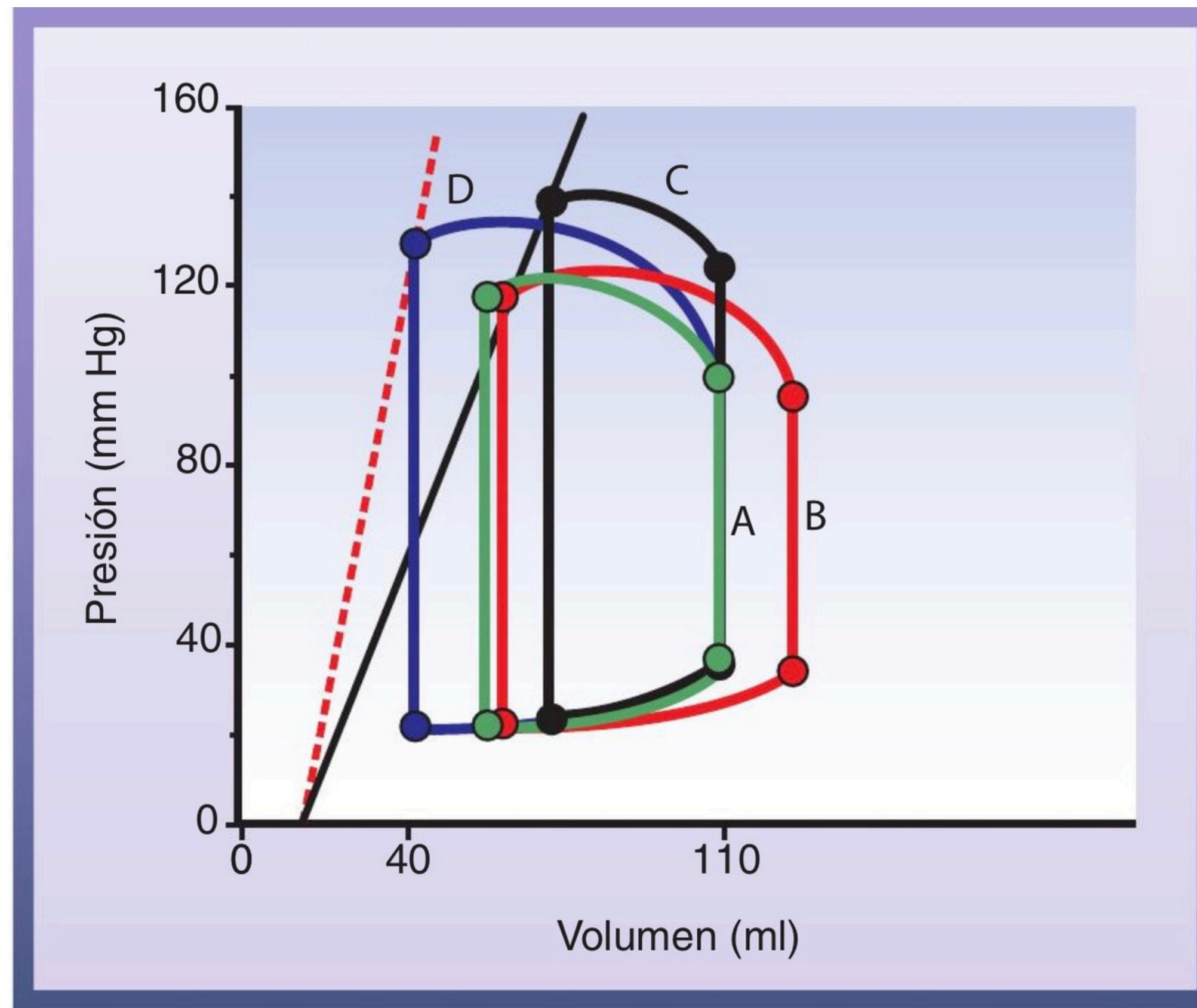


**Fig. 14-24.** Fase de relajación isovolumétrica.

# Curva presión - volumen



# Curva presión - volumen



**Fig. 15-13.** **A.** Loop P/V normal. **B.** Aumento de pre-carga. **C.** Aumento de poscarga. **D.** Aumento de la contractilidad.

# Fracción de eyección

**Concepto:** Cantidad de sangre eyectada respecto a la que había en el ventrículo al final de la diástole. Expresada en porcentaje.

**Valor normal:** Mayor a 50% (0.50)

**Fórmula:** Volumen sistólico / volumen telediastólico.

# Índice cardíaco

**Importancia:** Indica si el gasto cardíaco es suficiente para correctamente todos los tejidos.

**Valor normal:** 2.6 a 3.4 L/min/m<sup>2</sup>

**Fórmula:** Gasto cardíaco X Superficie corporal

# Hemodinámica

# Factores determinantes del flujo

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

$$R = \frac{\eta L}{r^4}$$

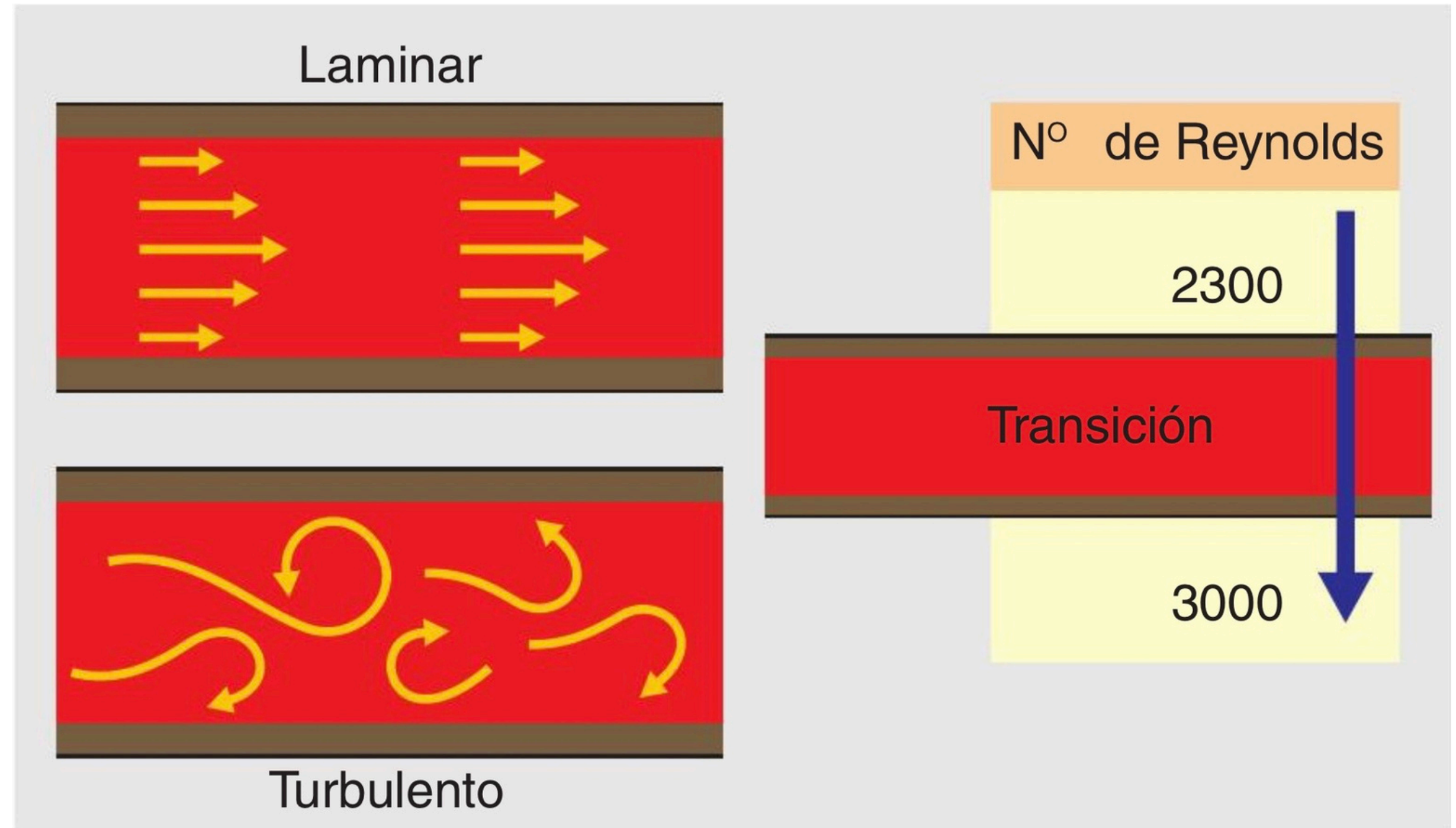
F es el flujo sanguíneo,  
 $\Delta P$  es el gradiente de presión y  
R es la resistencia al flujo sanguíneo.

R es resistencia,  
 $\eta$  es viscosidad de la sangre,  
L es la longitud del vaso y  
r es el radio del vaso sanguíneo.

$$F = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta L}$$

Esta ecuación establece que el flujo sanguíneo (F) es directamente proporcional al gradiente de presión ( $\Delta P$ ) y a la cuarta potencia del radio del vaso sanguíneo ( $r^4$ ) e inversamente proporcional a la viscosidad de la sangre ( $\eta$ ) y la longitud del vaso sanguíneo (L).

# Flujo laminar vs turbulento



El flujo se distribuye en anillos circunferenciales.  
No genera ruido

El flujo esta desordenado,  
genera ruidos

# Ley de Laplace

**Presión  
transmural**

Es la diferencia de presión entre las paredes interna y externa del vaso sanguíneo

Tiende a separar las miofibrilals de la capa media

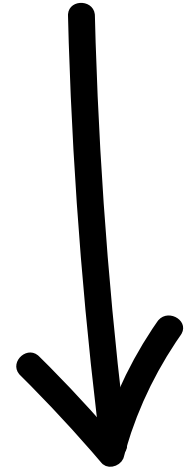
**Tensión  
transmural**

**Se opone a la  
distensión de la  
pared vascular**

Es la tensión ejercida por la pared vascular contra la sangre

# Presión transmural - Ley de Laplace

**En esferas = Ventrículos y alveolos**

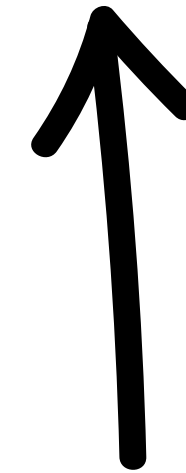


$$T = (P \times r) / (2 \times \text{grosor de la pared})$$

T es la tensión parietal  
P es la presión transmural  
máxima en la sístole  
r es el Radio telediastólico de  
la cavidad ventricular

$$T = P \times r$$

T es la tensión en dinas/cm  
P es la presión en dinas/cm<sup>2</sup>  
r es Radio en cm



**En cilindros = vasos  
sanguíneos**

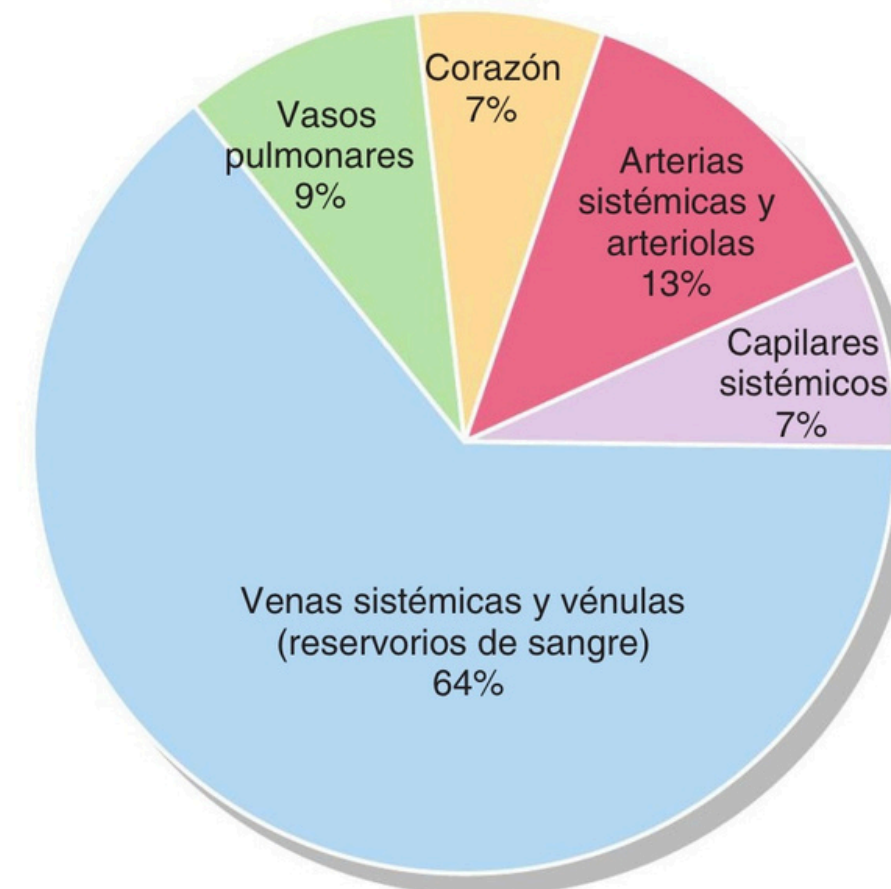
# Distensibilidad y capacitancia vasculares

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

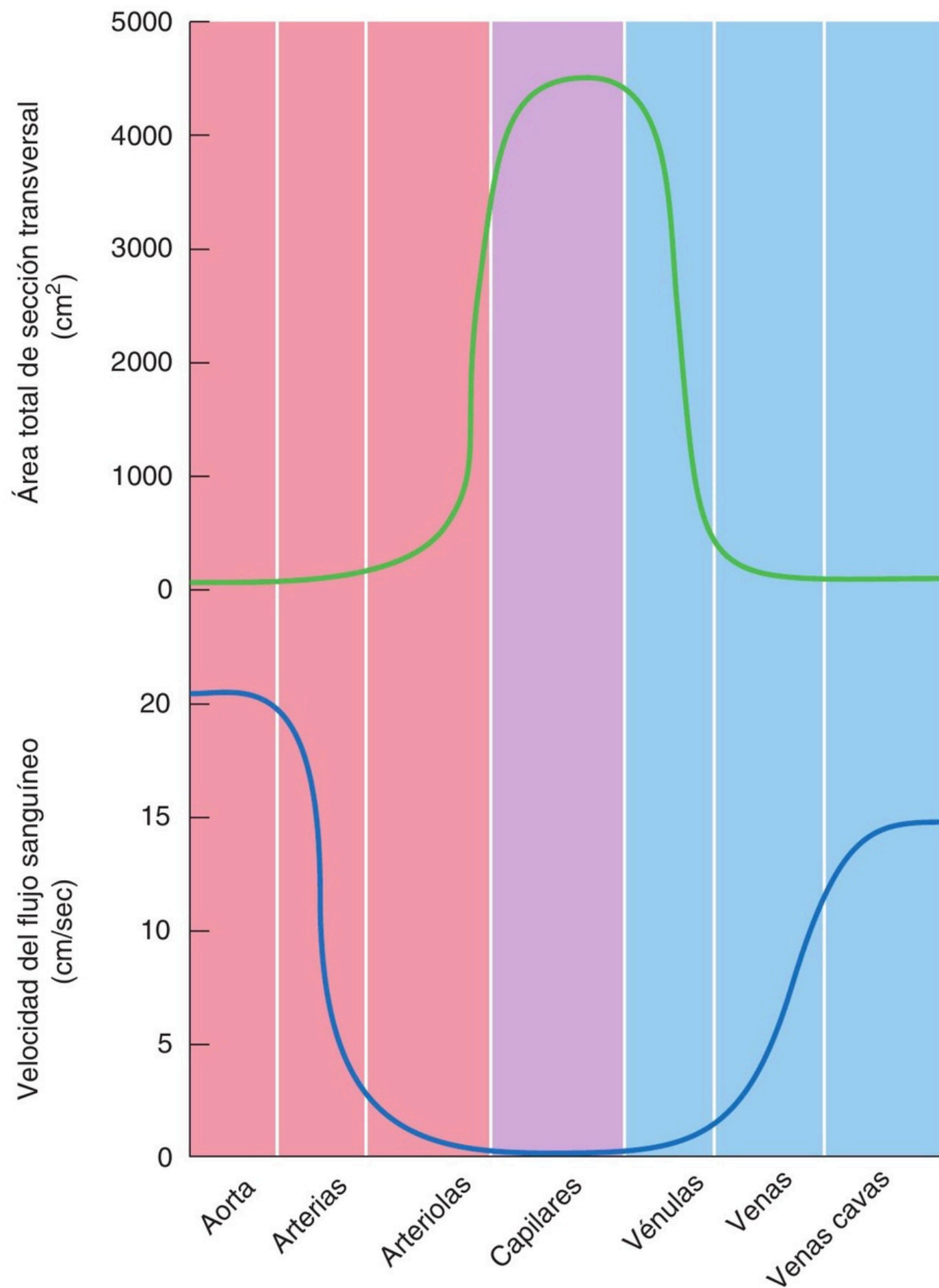
**Distensibilidad:** Capacidad de un vaso para estirarse. Es mayor en las venas que arterias.

**Capacitancia:** Capacidad de un vaso para acumular sangre. Las venas son el reservorio de sangre del organismo.

$D$  es distensibilidad,  
 $\Delta V$  es la variación de volumen y  
 $\Delta P$  es la variación en la presión transmural.

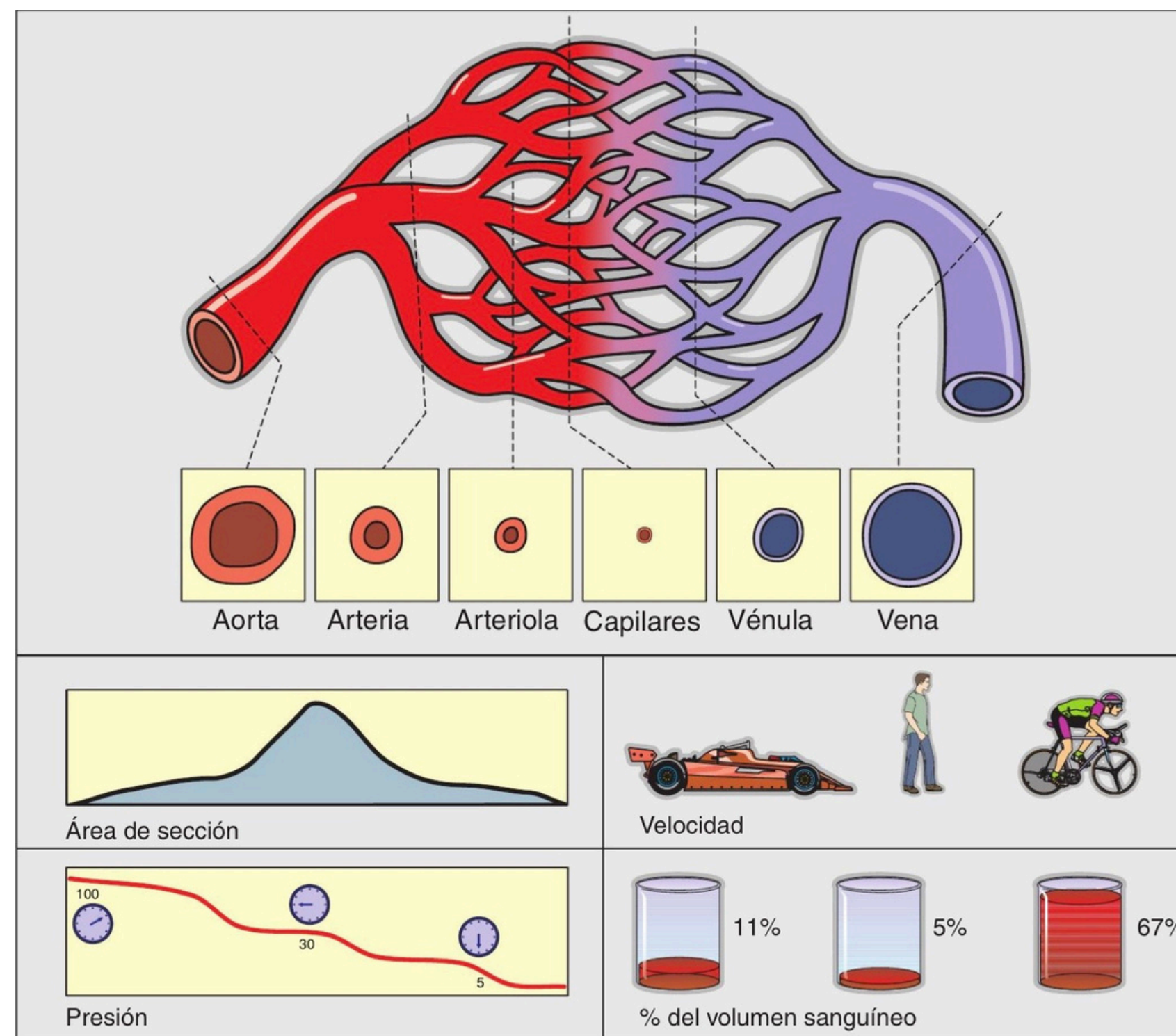


# Relación entre flujo y velocidad de flujo



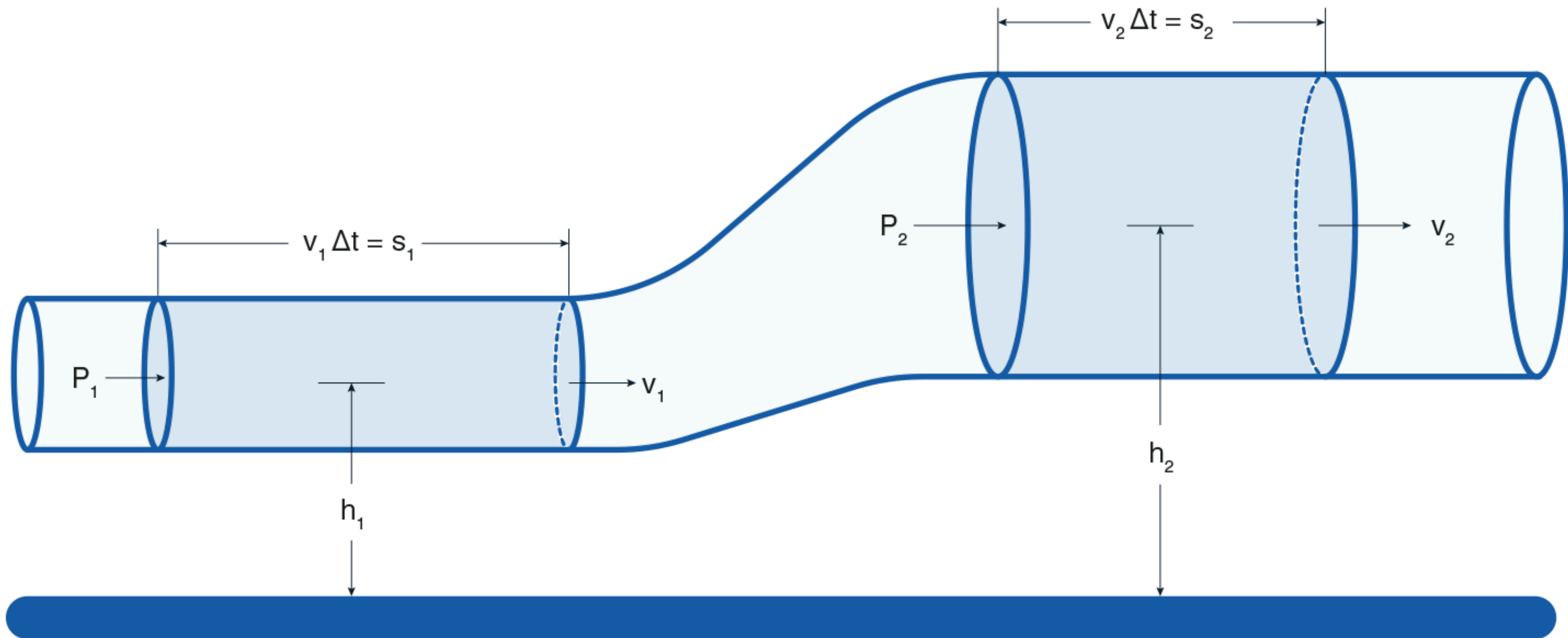
$$V = \frac{F}{A}$$

V es la velocidad del flujo en cm/seg,  
 F es el flujo sanguíneo en cm³/seg y  
 A es el área de sección transversal del vaso sanguíneo o de un grupo de vasos en cm²



# Ley de Bernoulli

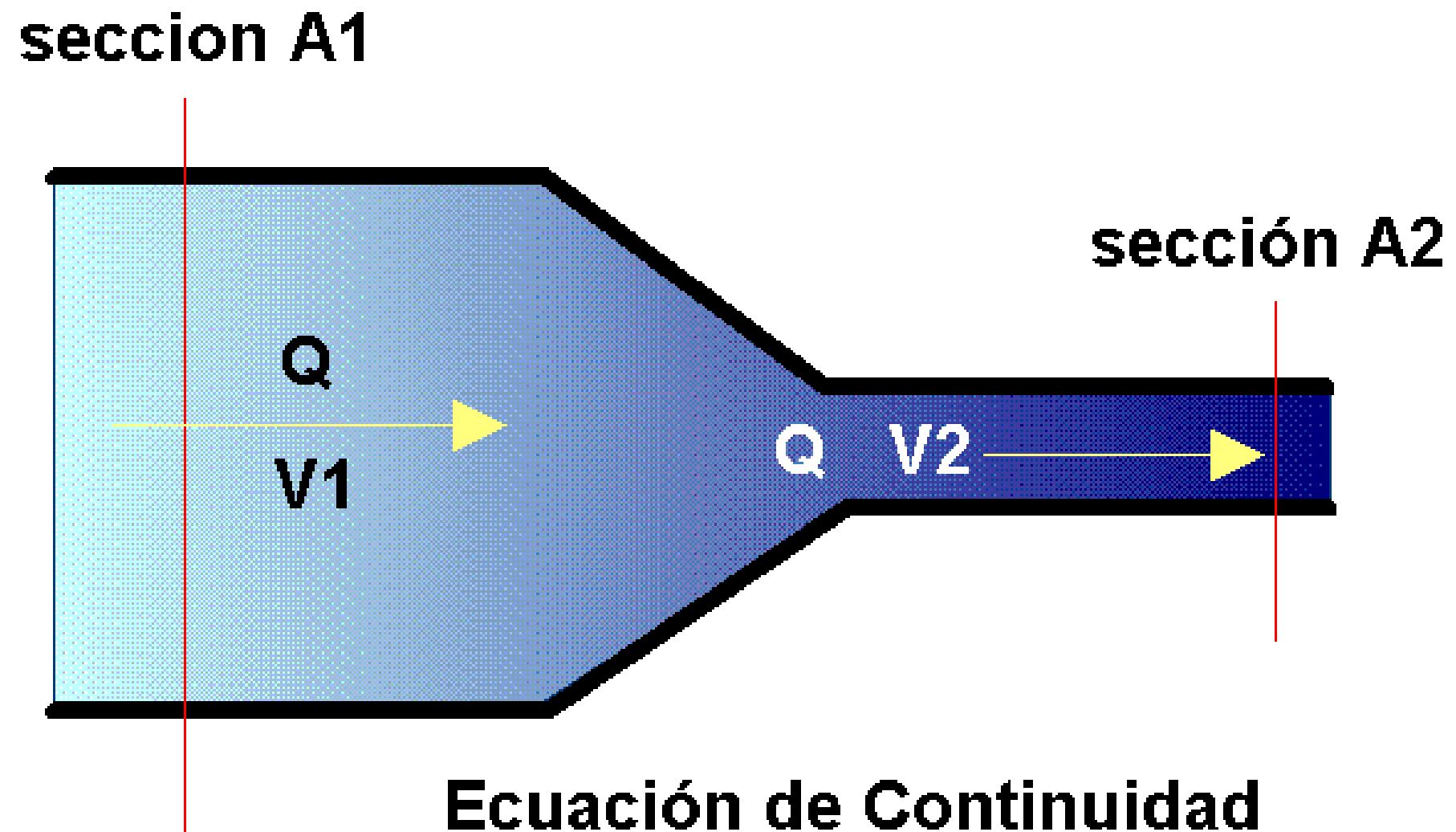
Establece que a mayor diámetro de un vaso sanguíneo, mayor será la velocidad del flujo por un mayor gradiente de presión.



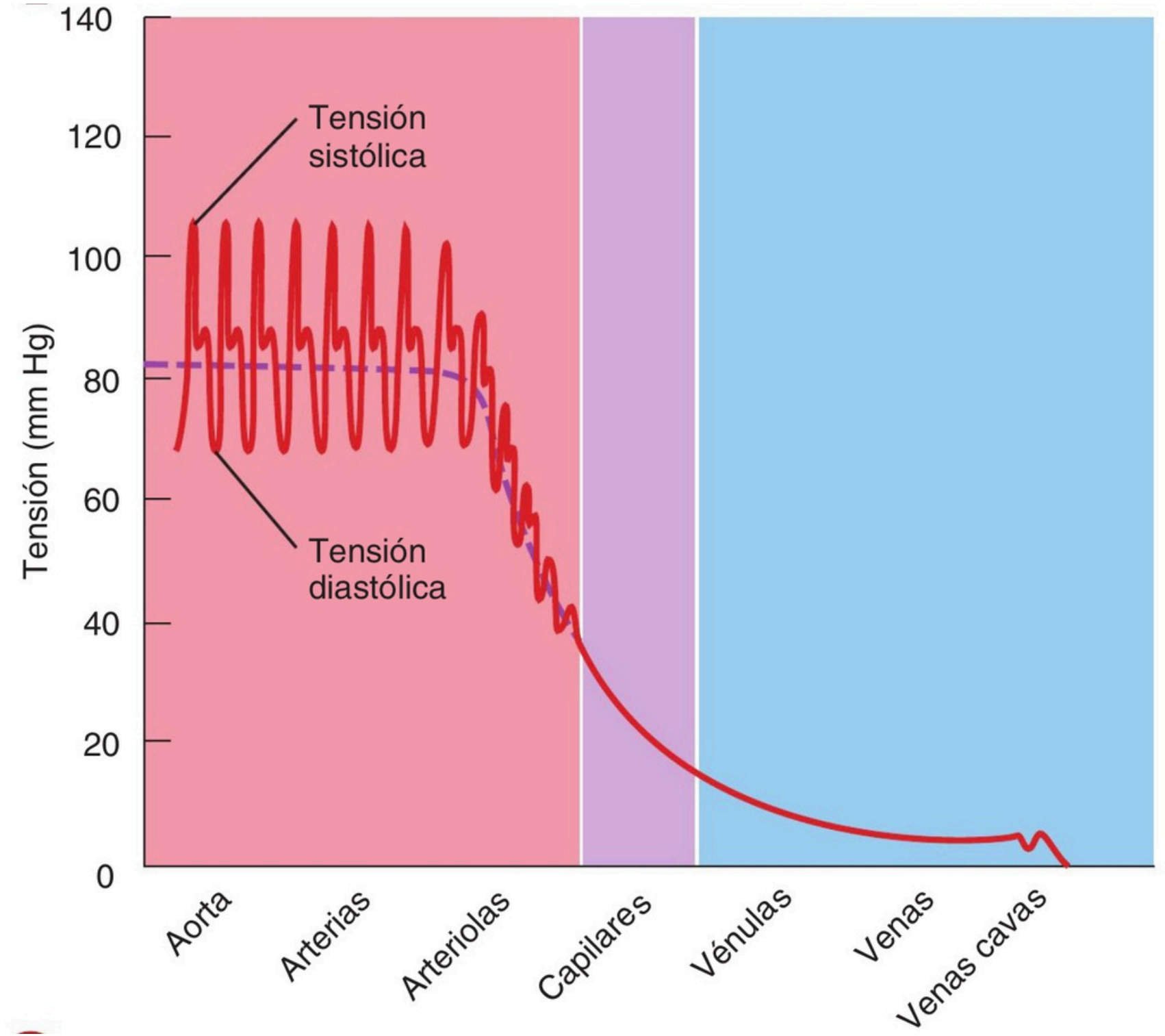
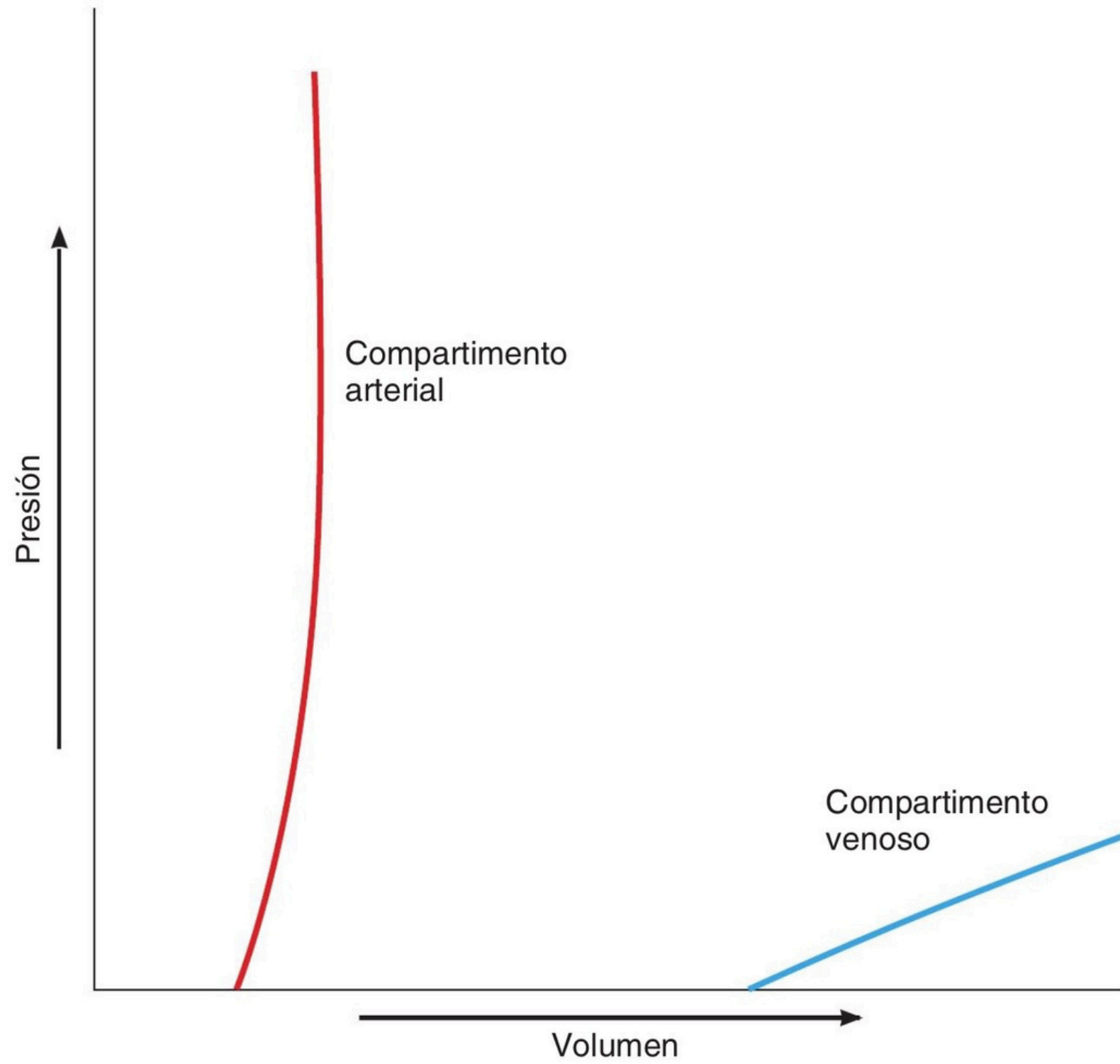
# El principio de continuidad (Conservación de la masa líquida)

El flujo de masa que pasa a través de una superficie cerrada debe ser igual a la disminución, por unidad de tiempo de la masa del fluido contenido en su interior.

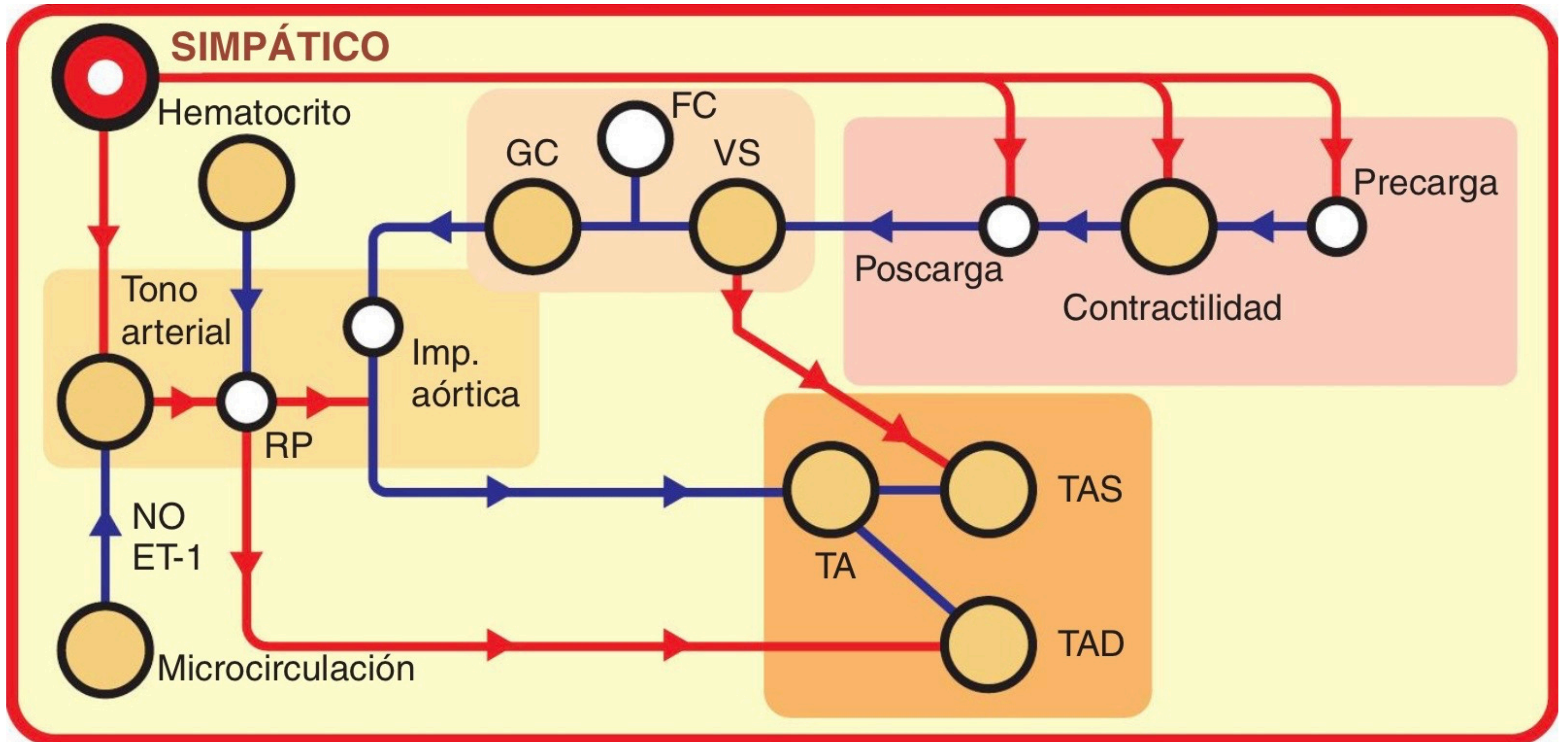
$$A1 \cdot V1 = A2 \cdot V2$$



# Volumen y presiones en todo el árbol vascular



# Mapa conceptual de la hemodinámica



# **La circulación mayor y regulación de la función del sistema cardiovascular**

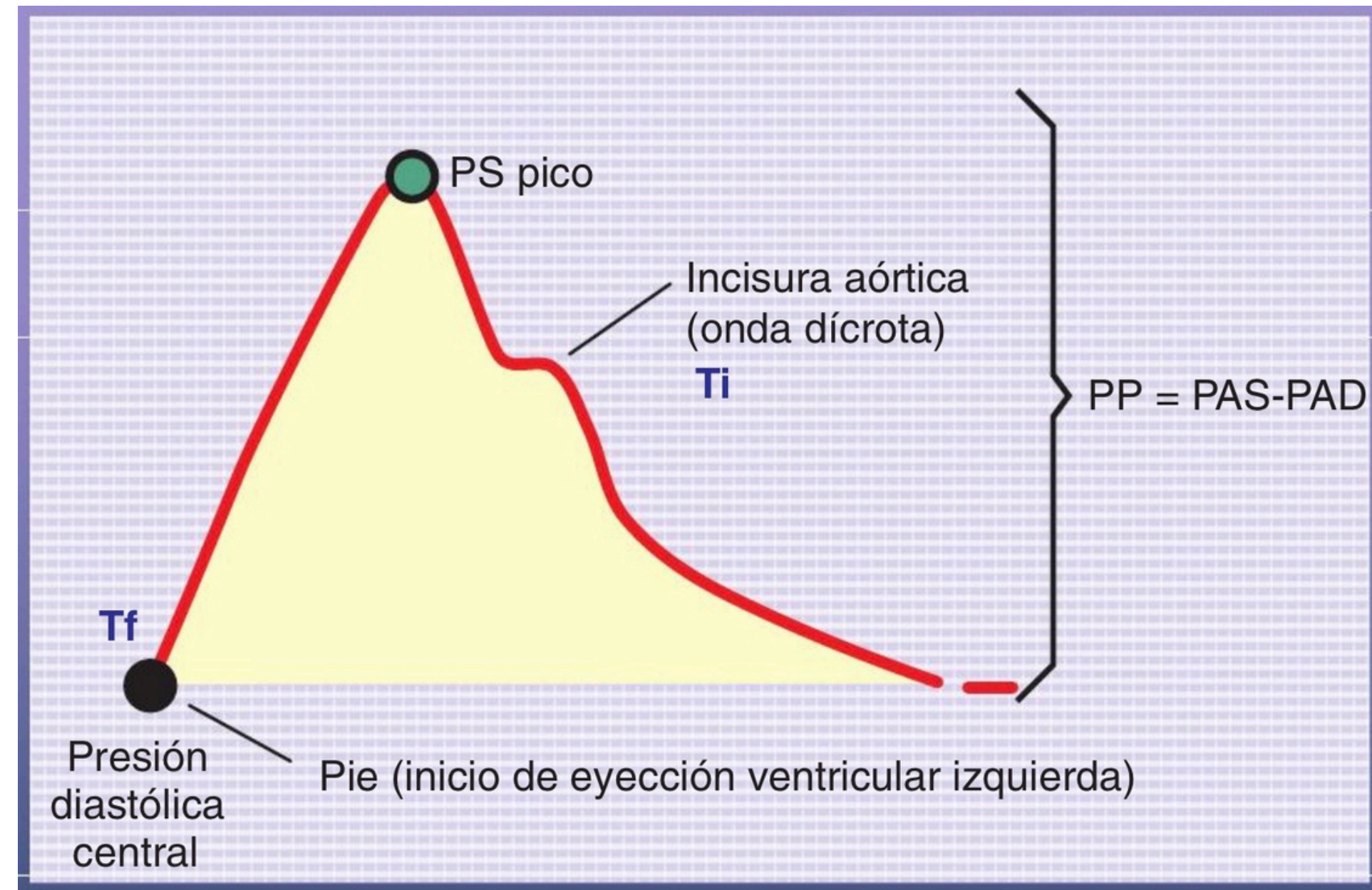
# Presión arterial

Fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias.

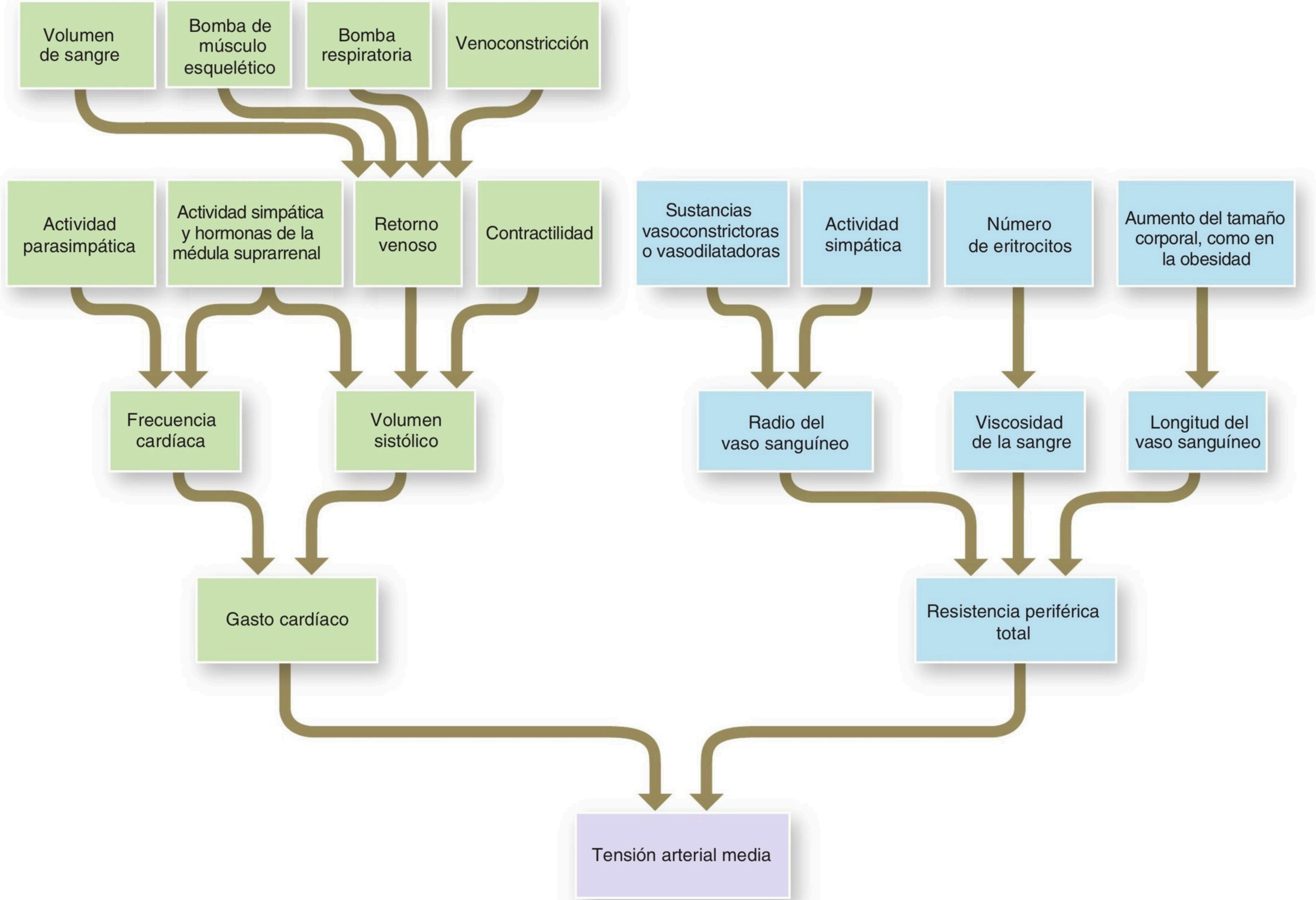
## Tensión arterial

Fuerza que ejerce la pared arterial contra la sangre:

- **Sistólica:** Más alta.
- **Diastólica:** Más baja.
- **Presión de pulso (PP):**  $PS - PD$
- **Tensión arterial media (TAM):**  $TD + 1/3PP = 65$  a  $115$  mm Hg. Indicador de la perfusión tisular.



# Determinantes de la presión arterial



## **Disminuyen la tensión arterial**

Distensibilidad y capacitancia aumentada.

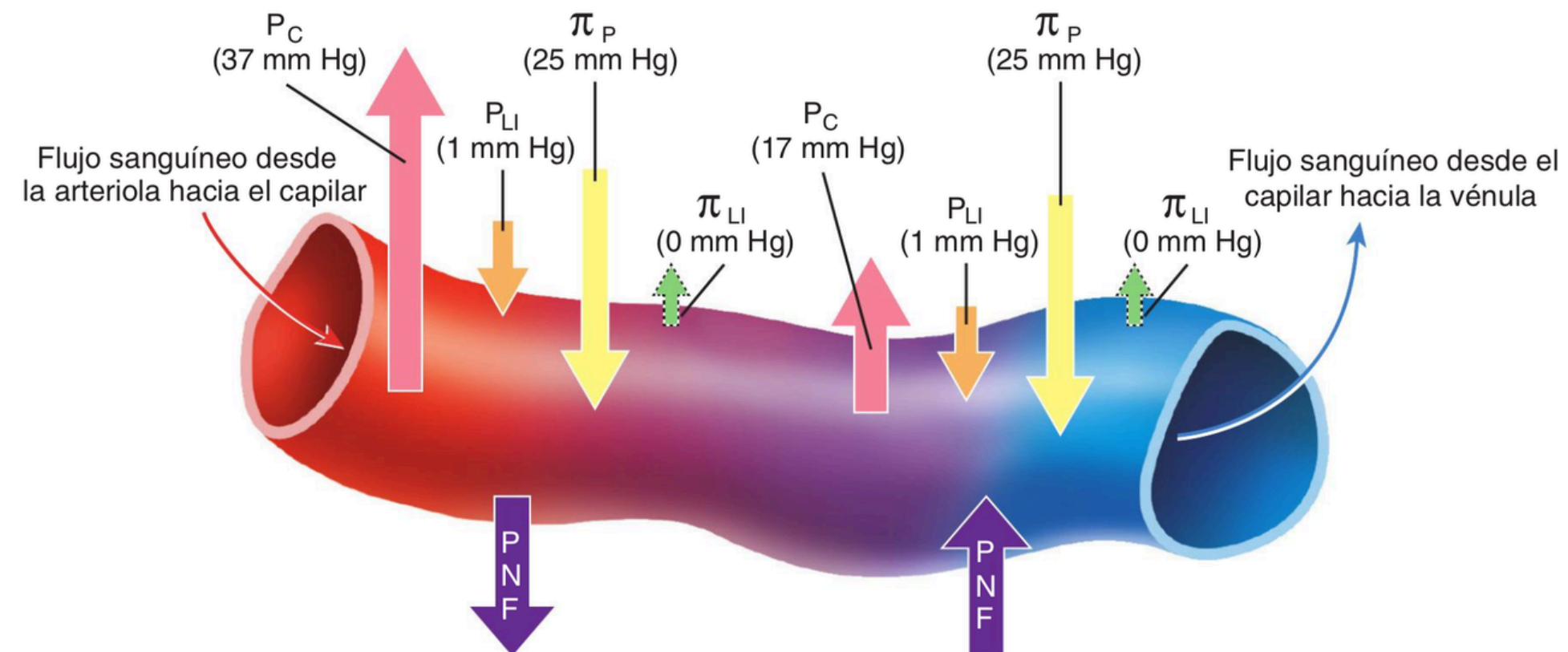
## **Aumentan la tensión arterial**

Aumento del gasto cardíaco y las resistencias vasculares periféricas.

# Hemodinámica capilar

**Clave:**

- $P_C$  = Presión hidrostática capilar
- $P_{LI}$  = Presión hidrostática del líquido intersticial
- $\pi_P$  = Presión coloido-osmótica del plasma
- $\pi_{LI}$  = Presión coloido-osmótica del líquido intersticial
- PNF = Presión neta de filtración



Filtración neta en el extremo arterial de los capilares (20 litros por día)

Reabsorción neta en el extremo venoso de los capilares (17 litros por día)

**Presión neta de filtración (PNF)**

$$= (P_C + \pi_{LI})$$

-

$$(\pi_P + P_{LI})$$

Presiones que promueven la filtración

Presiones que promueven la reabsorción

**Extremo arterial**

**Extremo venoso**

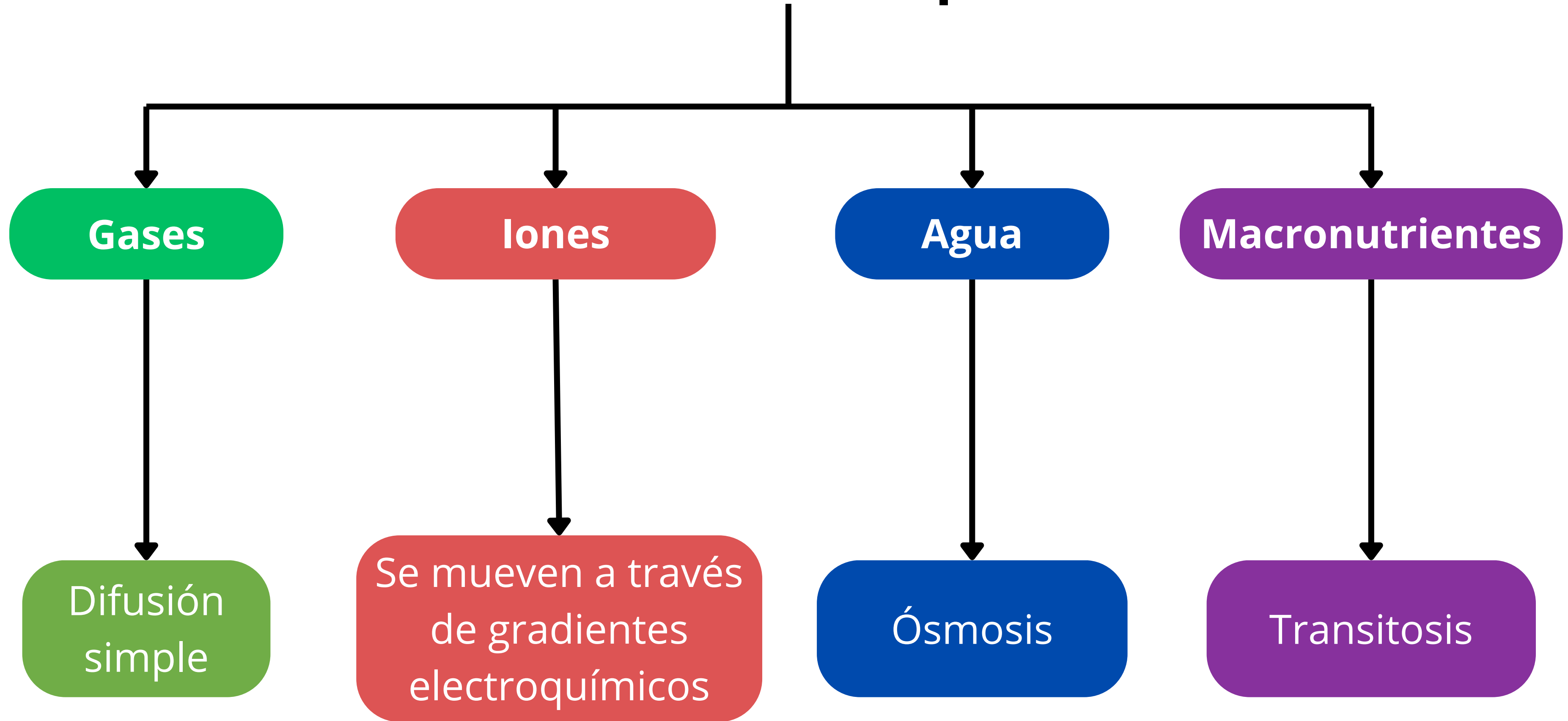
$$PNF = (37 + 0) - (25 + 1) = 11 \text{ mm Hg}$$

$$PNF = (17 + 0) - (25 + 1) = -9 \text{ mm Hg}$$

Filtración neta

Reabsorción neta

# Intercambio capilar



# Retorno venoso

Volumen de sangre que regresa al corazón a través de las venas sistémicas en 1 minuto = Gasto cardíaco = 5 L/min

**Gradiente de presión venosa**

17 mm Hg en la vénulas y 0 mm Hg en el atrio derecho

**Bomba de músculo esquelético**

Las contracciones exprimen las venas hacia el tórax

**Válvulas venosas**

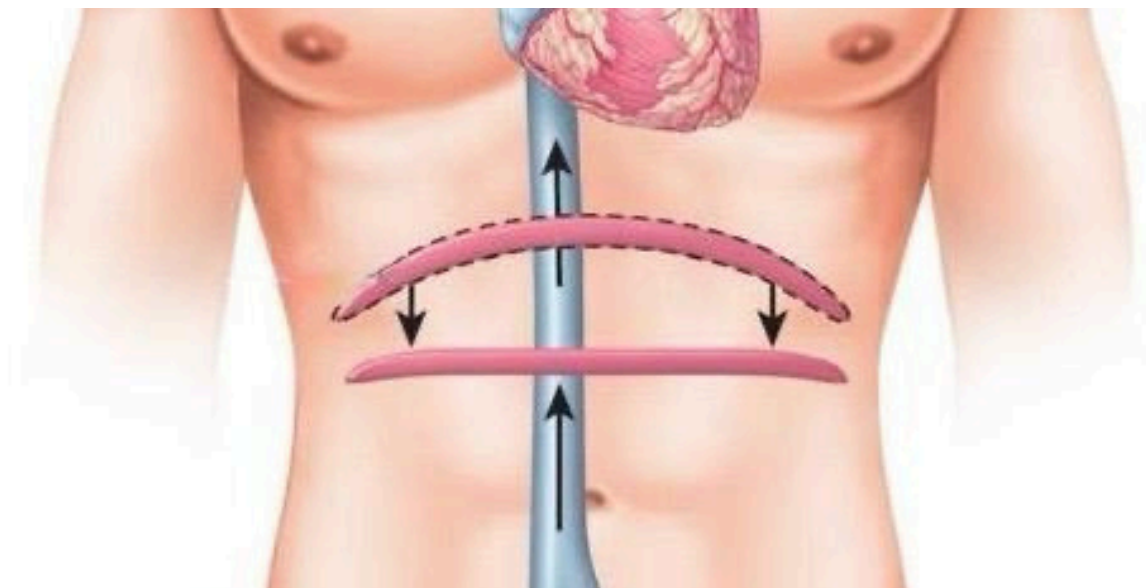
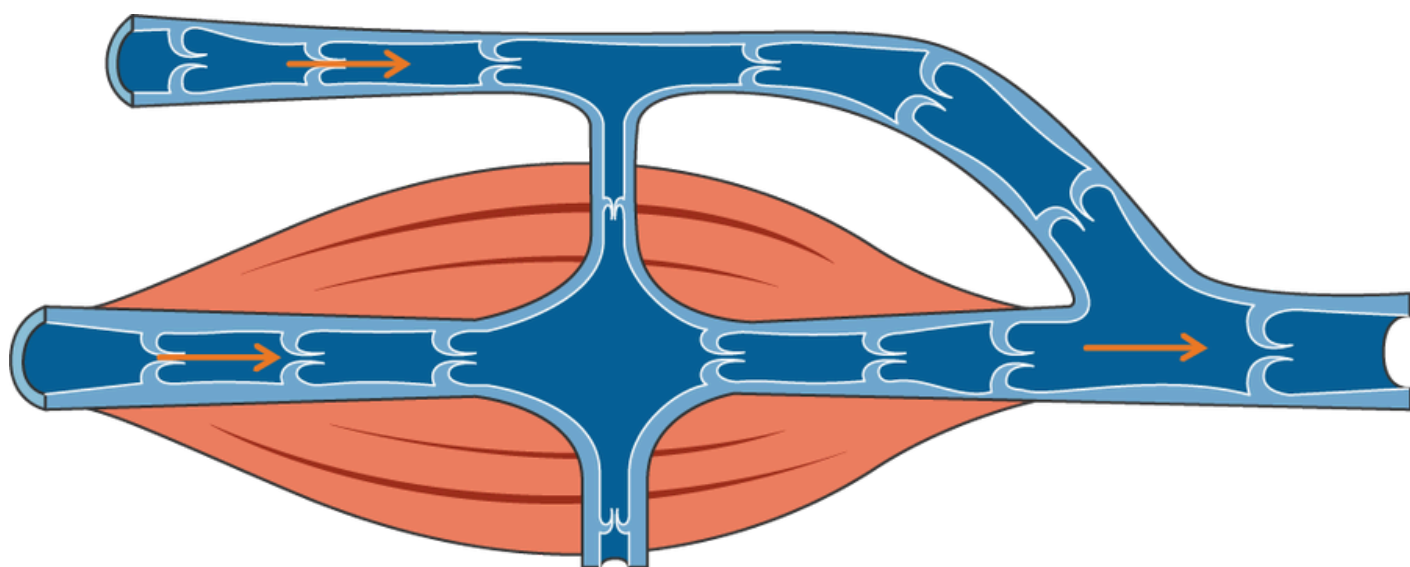
Flujo unidireccional en contra de la gravedad

**Bomba respiratoria**

Aumenta la presión negativa intratorácica y del AD

**Venoconstricción**

Disminuye reservorio sanguíneo



# Regulación física del

## sistema arterial

**Temperatura**

**Calor** = Vasodilatación y aumento de la FC

**Frío** = Vasoconstricción y bradicardia

**Respuesta miogénica**

Estiramiento de la capa muscular genera vasoconstricción

**Metabolitos (y CO<sub>2</sub>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, NO, bradicinina y PGL)**

**Altos y pH bajo:** Vasodilatación

**Bajos y pH alto:** Vasoconstricción

**Sistema nervioso**

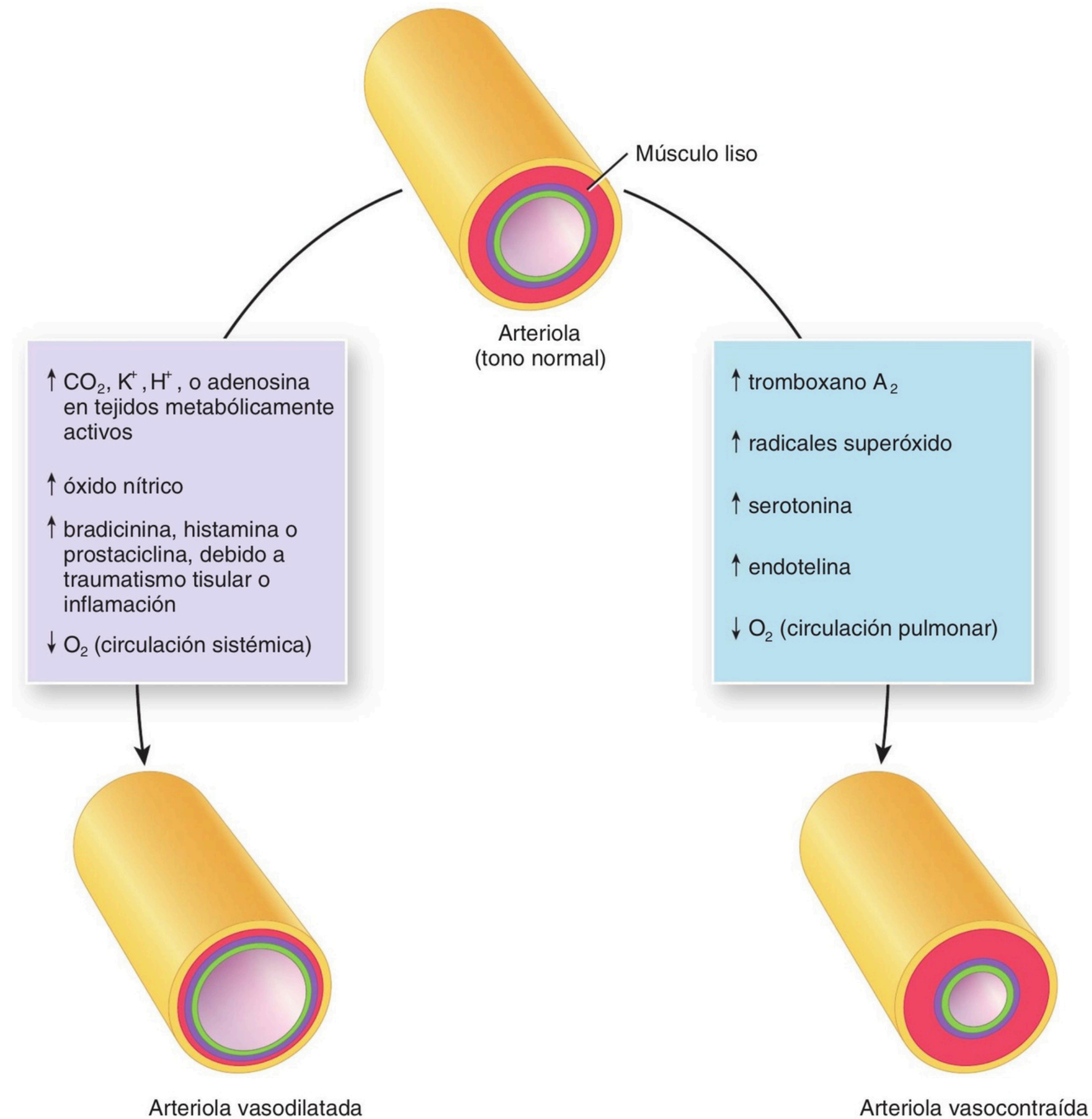
**Simpático:** Vasoconstricción, taquicardia, aumenta metabolismo

**Parasimpático:** Vasodilatación, bradicardia, disminuye el metabolismo

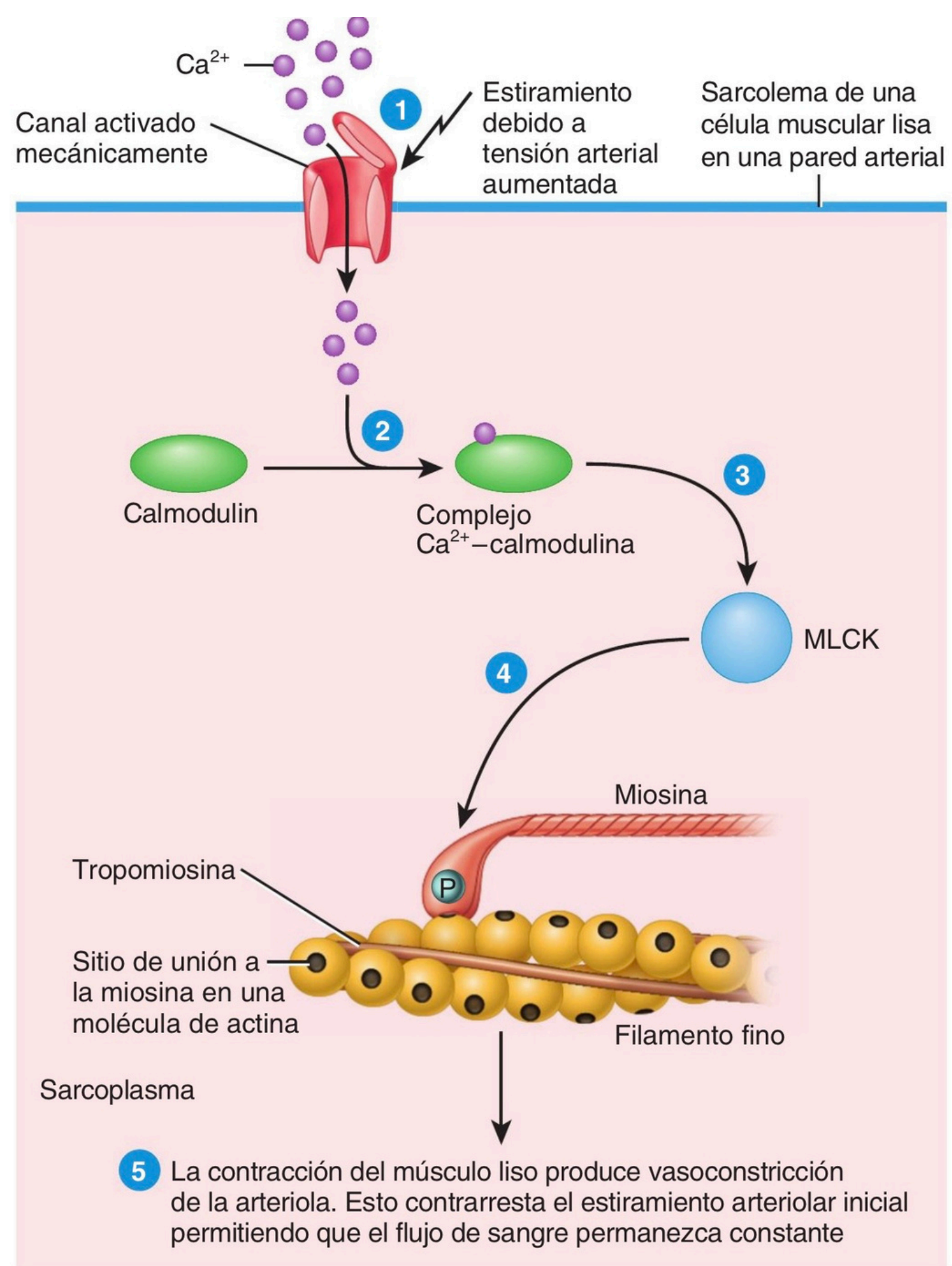
**Hiperermia**

Incremento de flujo a un tejido por aumento del metabolismo (activa) o por cese del flujo por un bloqueo transitorio (reactiva)

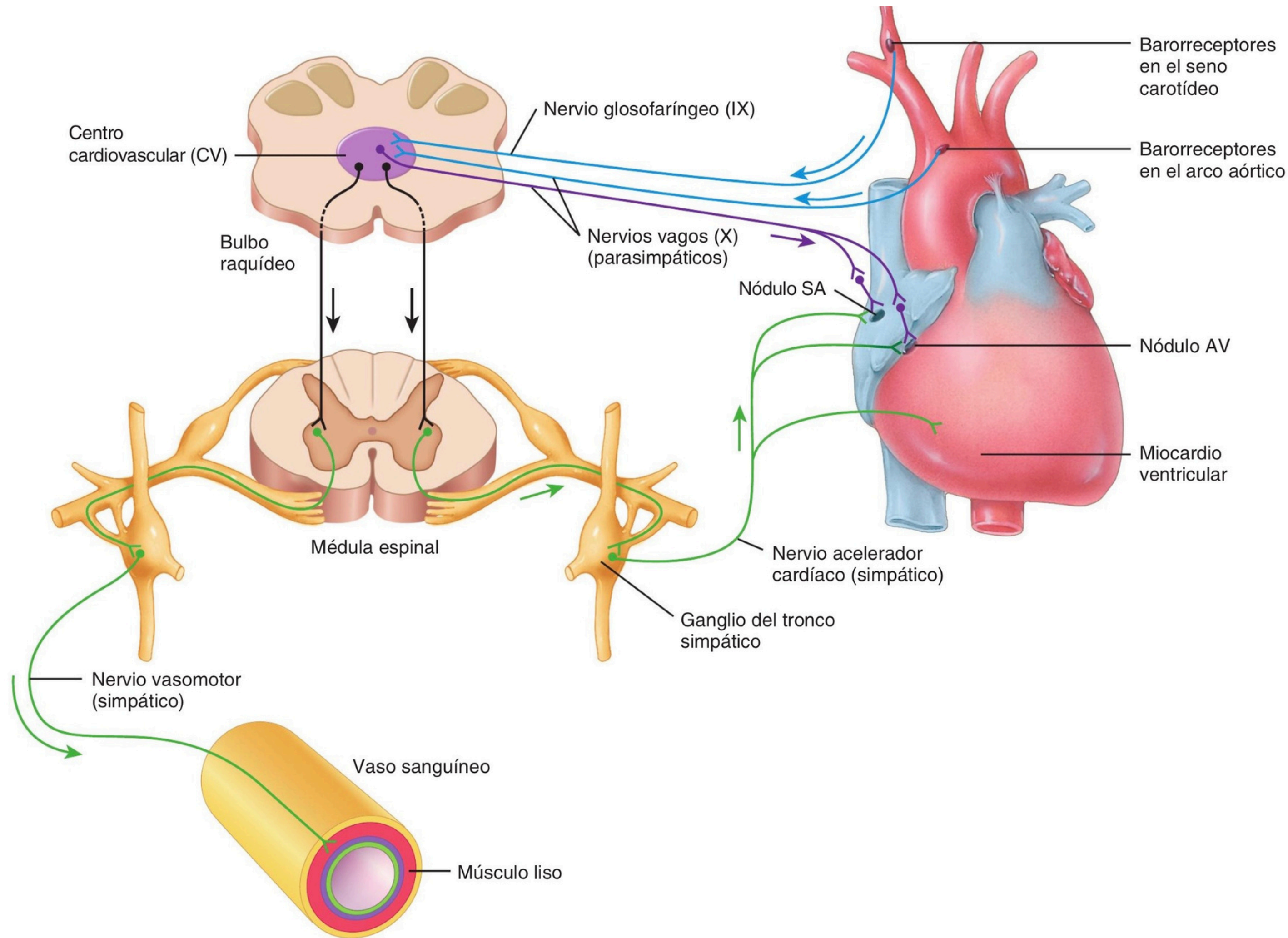
# Regulación local del flujo sanguíneo



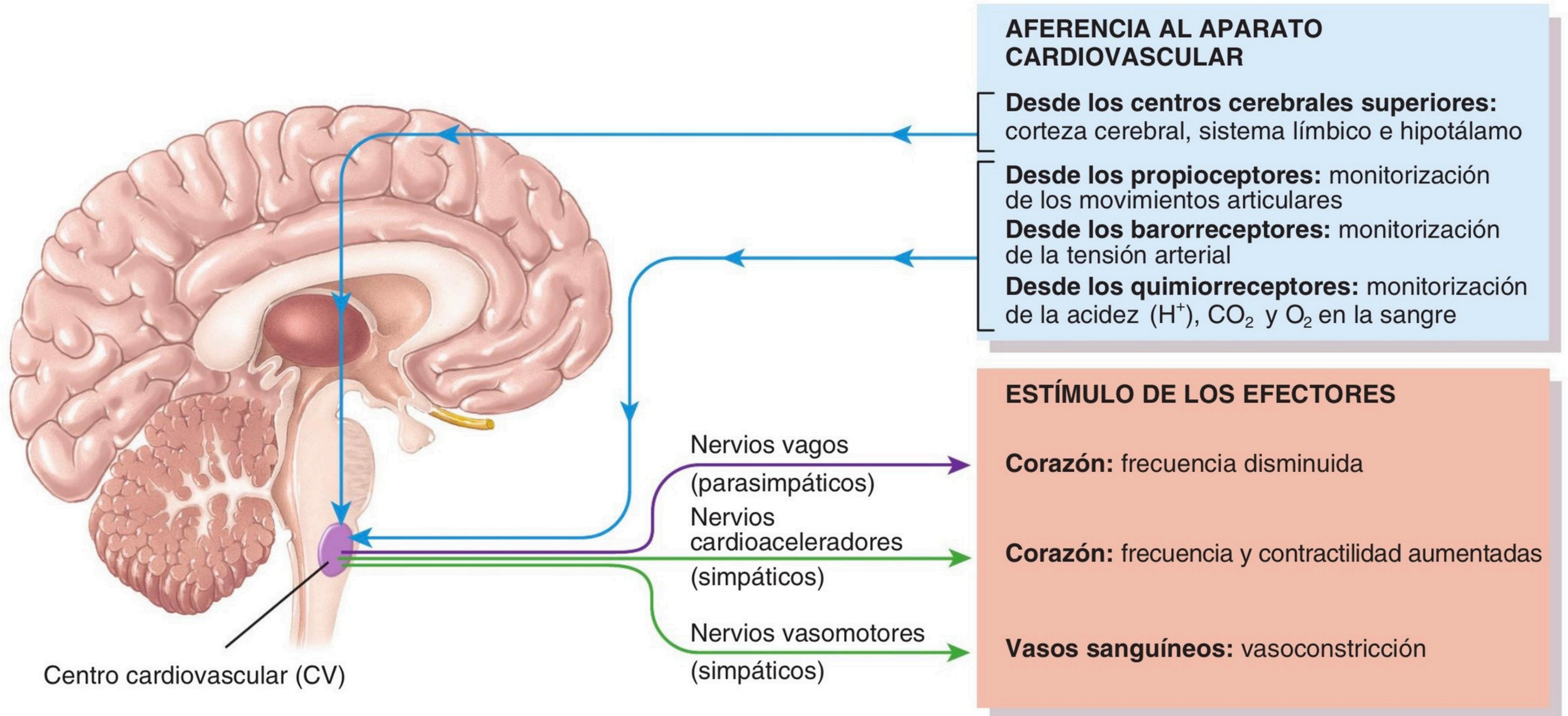
# Reflejo miogénico



# Regulación periférica y central de la presión arterial



# Control reflejo de la función cardiovascular





**Circulación coronaria,  
menor, linfática y  
circulaciones regionales**

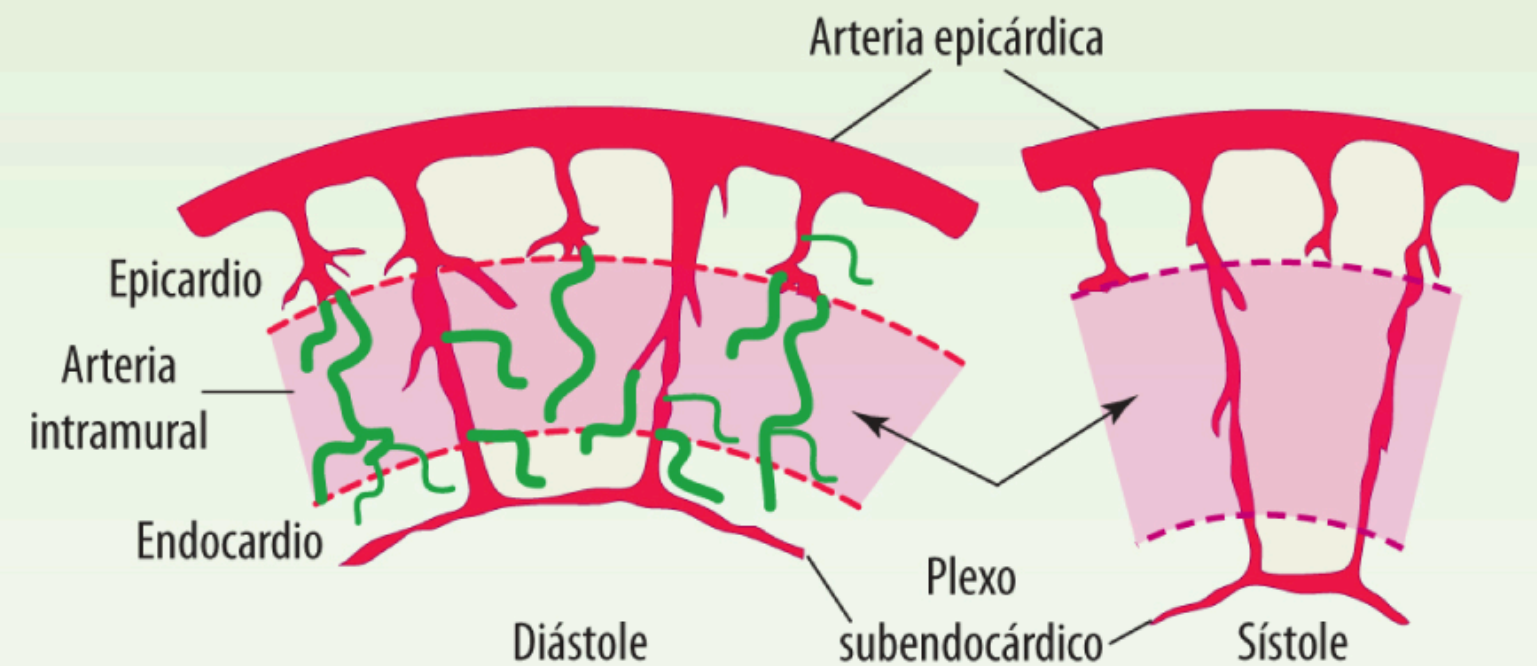
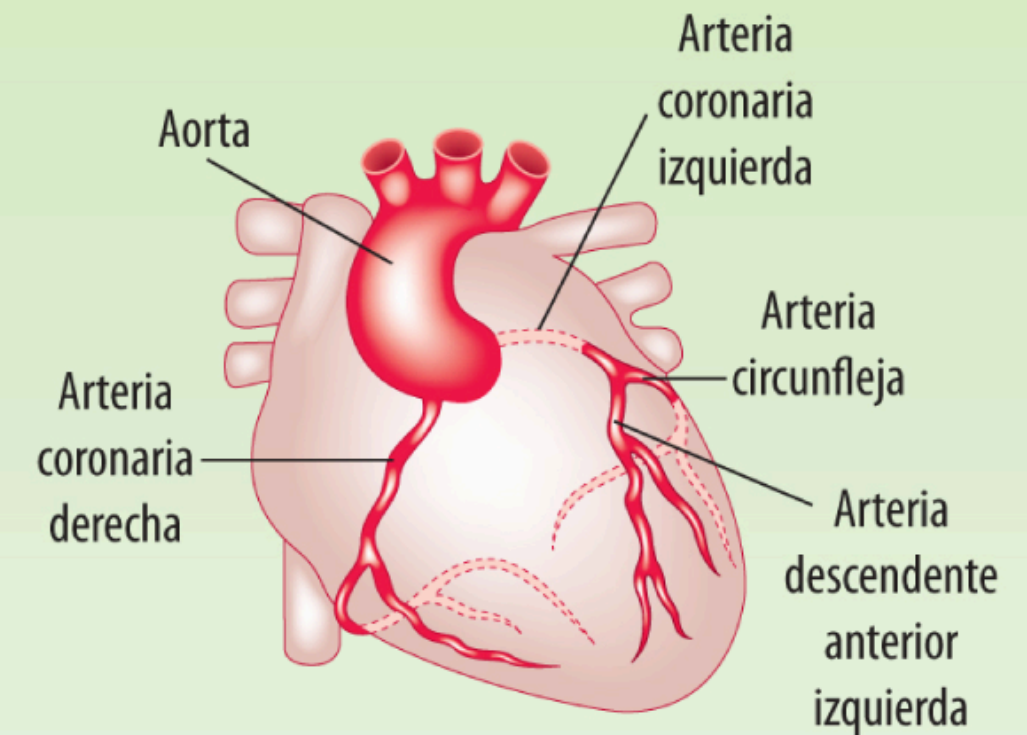
# Hemodinámica en la circulación coronaria

## Presiones:

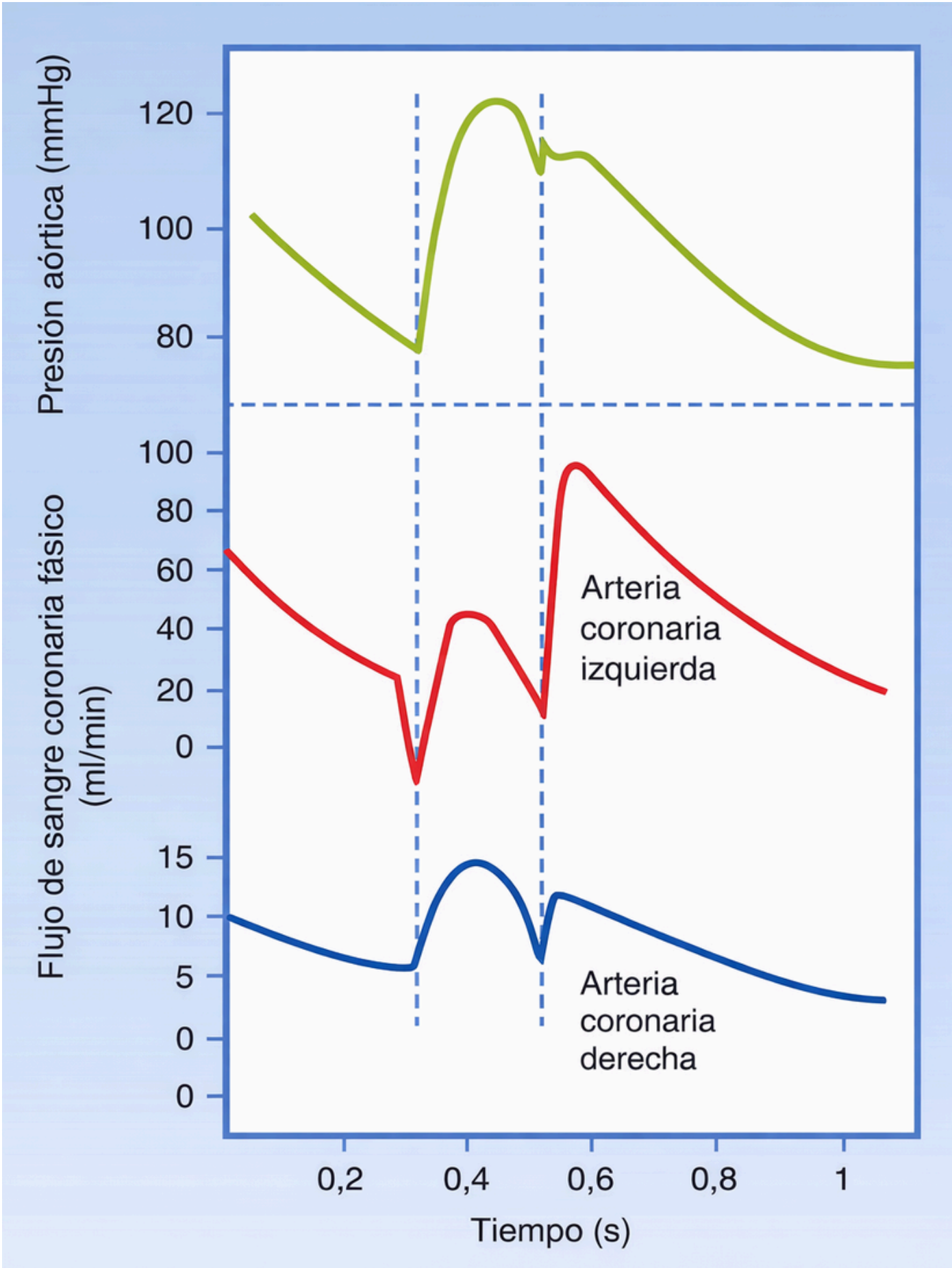
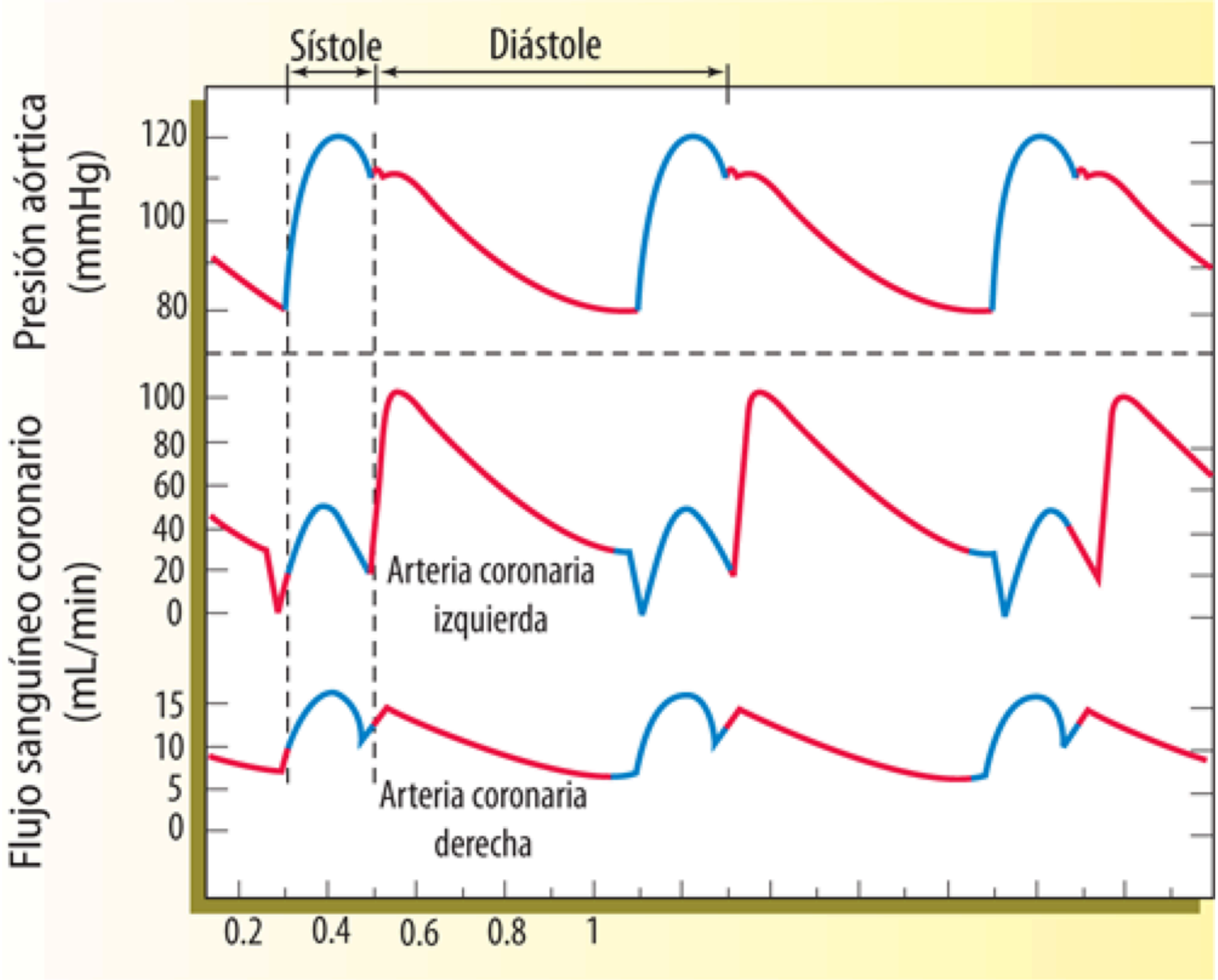
- Aorta: 80 mm Hg
- Atrio derecho: 0 mm hg
- Gradiente de 80 mm Hg en diástole

**Resistencia:** Elevada resistencia al flujo (arteria muscular).

**Flujo:** El flujo ocurre en diástole, ya que en sístole las arterias se encuentran comprimidas.



# Variaciones del flujo coronario durante el ciclo cardíaco



Fuente: Jesús A. Fernández-Tresguerres, Victoria Cachofeiro, Daniel P. Cardinali, Eva Delpón Enrique Rey Díaz-Rubio, Eduardo Escrich Escriche, Vicente Lahera Juliá, Francisco Mora Teruel, Marta Romano Pardo: Fisiología humana, 5e Copyright © McGraw Hill Education. Todos los derechos reservados.

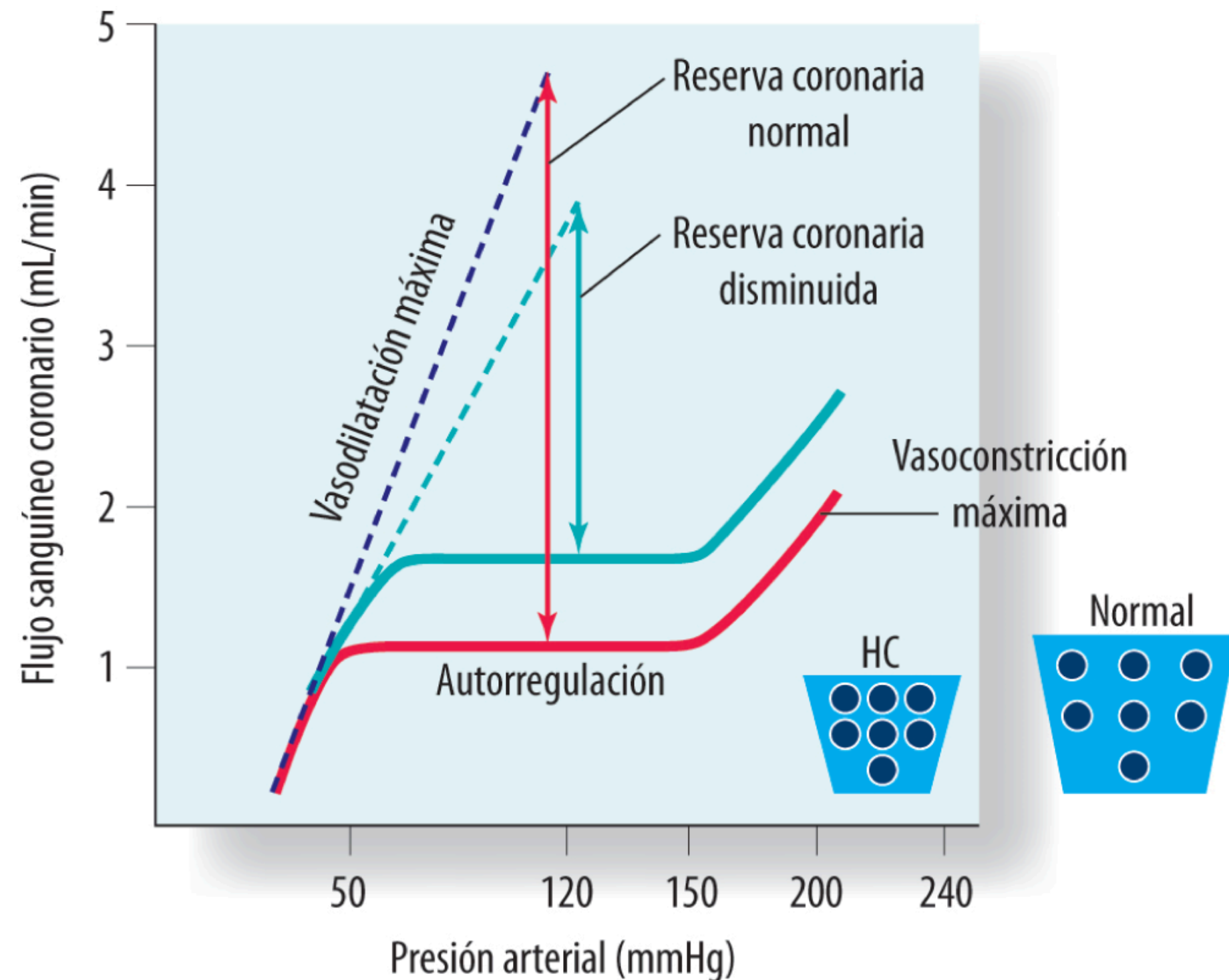
# Hemodinámica en la circulación coronaria

## Diferencia arteriovenosa: 70 al 80%

- 20 ml de O<sub>2</sub> en 100 ml al entrar a los ostium coronarios
- 2 a 4 ml al llegar al seno coronario
- ALTO METABOLISMO OXIDATIVO

**Limitación:** El miocardio requiere más flujo para obtener suficiente oxígeno. Por eso existe la reserva coronaria.

**Reserva coronaria:** Flujo permitido a vasodilatación máxima coronaria.



Fuente: Jesús A. Fernández-Tresguerres, Victoria Cachofeiro, Daniel P. Cardinali, Eva Delpón Enrique Rey Díaz-Rubio, Eduardo Escrich Escriche, Vicente Lahera Juliá, Francisco Mora Teruel, Marta Romano Pardo: Fisiología humana, 5e Copyright © McGraw Hill Education. Todos los derechos reservados.

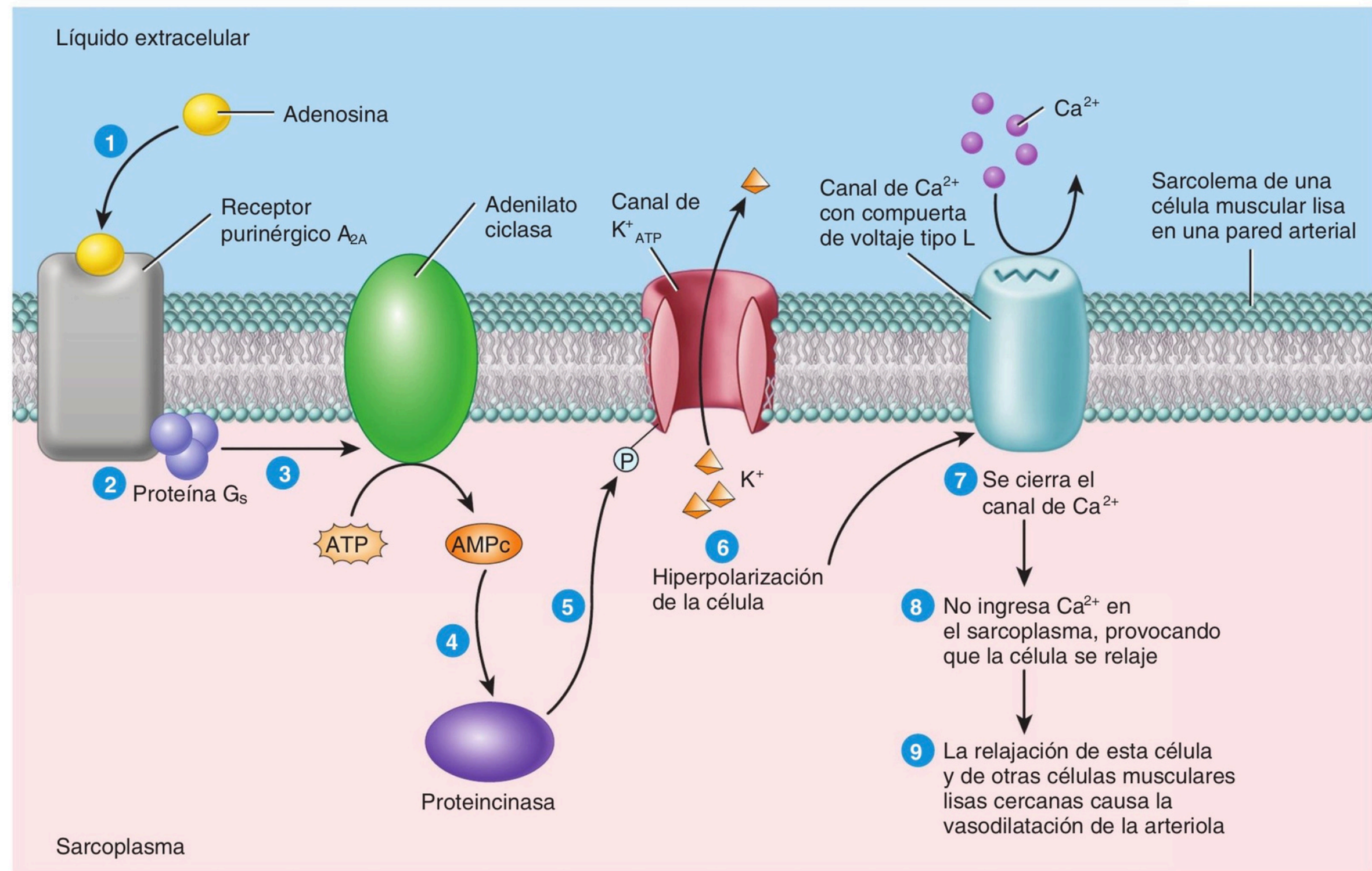
# Regulación de la circulación coronaria

## Metabolismo:

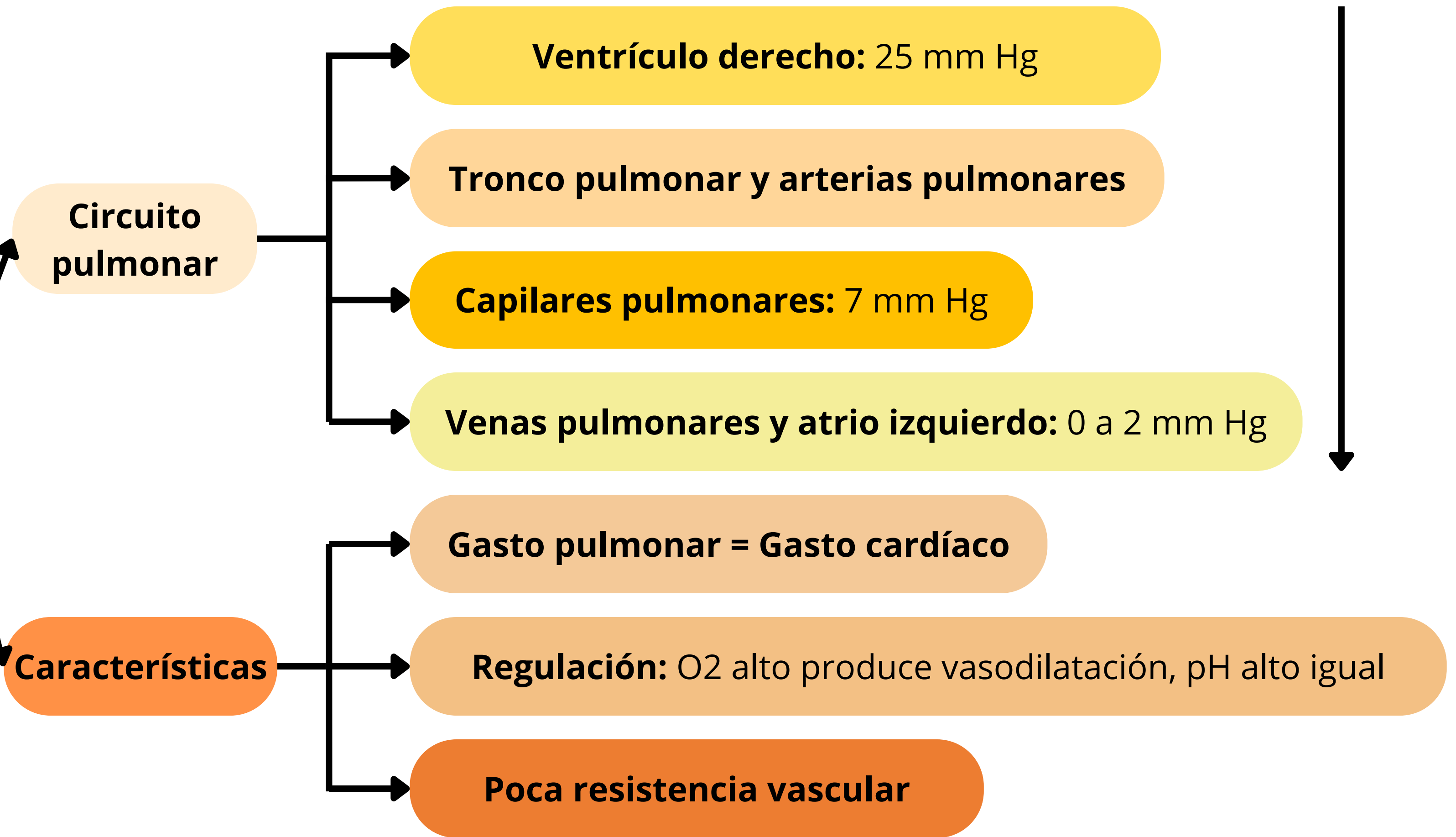
- Elevado = liberación de adenosina. Vasodilatación subsecuente.
- Basal = vasoconstricción.

**Sistema nervioso:** Poca influencia en comparación con el metabolismo.

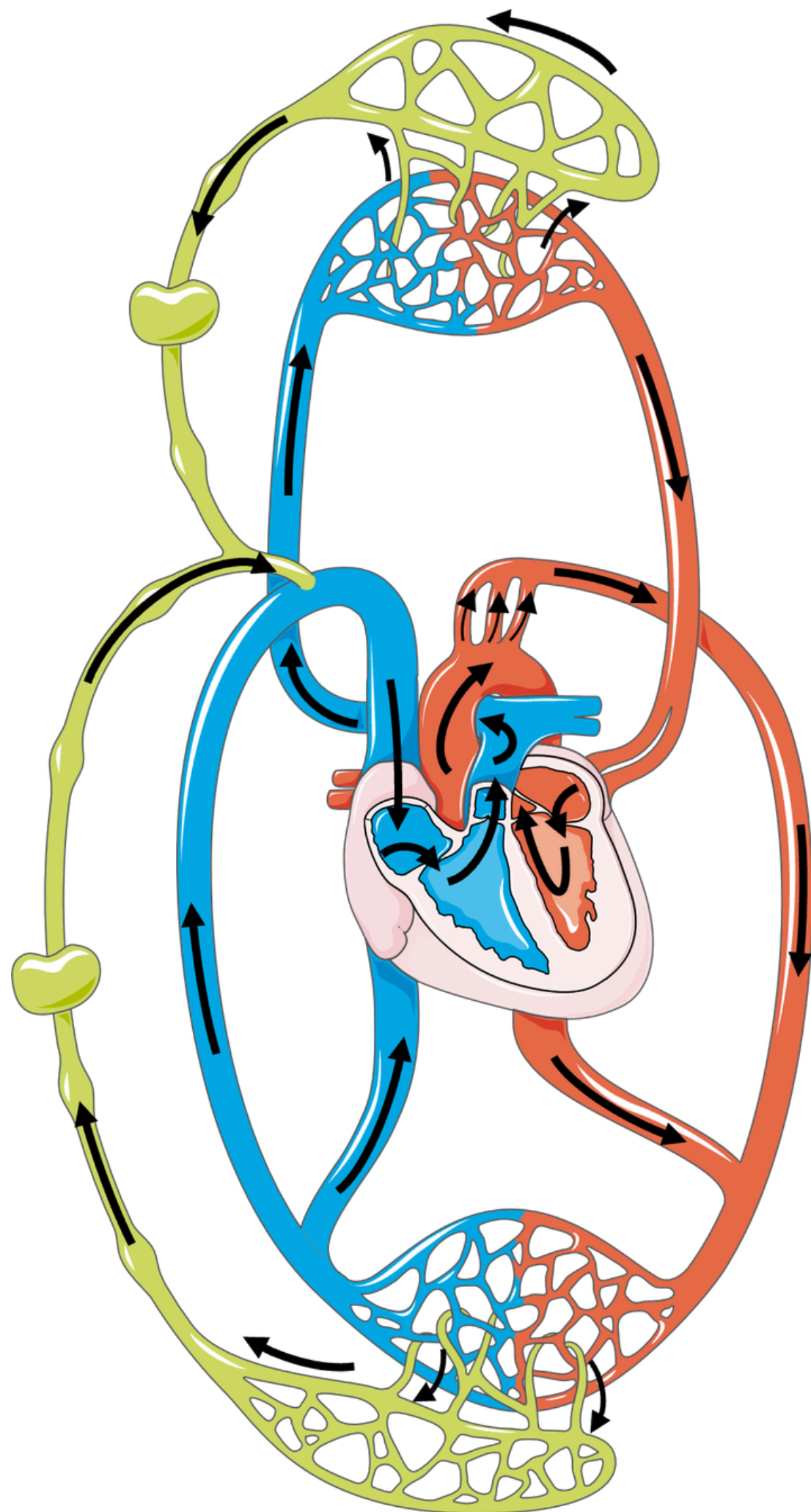
- **Simpático:** Vasodilatación.
- **Parasimpático:** Vasoconstricción.



# Circulación menor (Pulmonar)



# Circulación linfática



**Papel en el equilibrio de Starling:** Menos de 0.3% de lo filtrado no se reabsorbe hacia las vénulas, el sistema linfático lo recoge y lleva de regreso a la circulación sistémica.

**Circuito:** Capilar linfático → Vasos y nodos linfáticos → Ángulos yugulosubclavios → Circulación venosa sistémica.

## Factores contribuyentes:

- **Bomba muscular:** Mantiene el flujo constante
- **Válvulas:** Flujo unidireccional
- **Músculo liso propio:** Propulsión de la linfa
- **Bomba respiratoria:** Aumenta el flujo con la inspiración

# Circulaciones regionales

Órgano	REPOSO		EJERCICIO INTENSO	
	mL/min	% Gasto cardíaco	mL/min	% Gasto cardíaco
Órganos digestivos e hígado	1 400	27	250	1
Riñones	1 050	20	250	1
Músculo esquelético	900	17	21 250	85
Cerebro	700	13	700	3
Piel	450	9	1 300	5
Corazón	200	4	1 000	4
Otros	550	10	250	1
Gasto cardíaco total	5 250	100	25 000	100

# Circulaciones regionales

**Cerebral**

Única constante en reposo y ejercicio por autorregulación

13% de todo el gasto cardíaco

**De la piel (cutánea)**

**Ejercicio intenso:** 5% del gasto cardíaco por vasoconstricción

**Reposo:** 9% del gasto cardíaco por vasodilatación

**Renal**

**Sistema porta:** Arterias renales —> Arteriola aferente —> Capilar glomerular —> Arteriola eferente —> Capilar peritubular —> Vénula renal

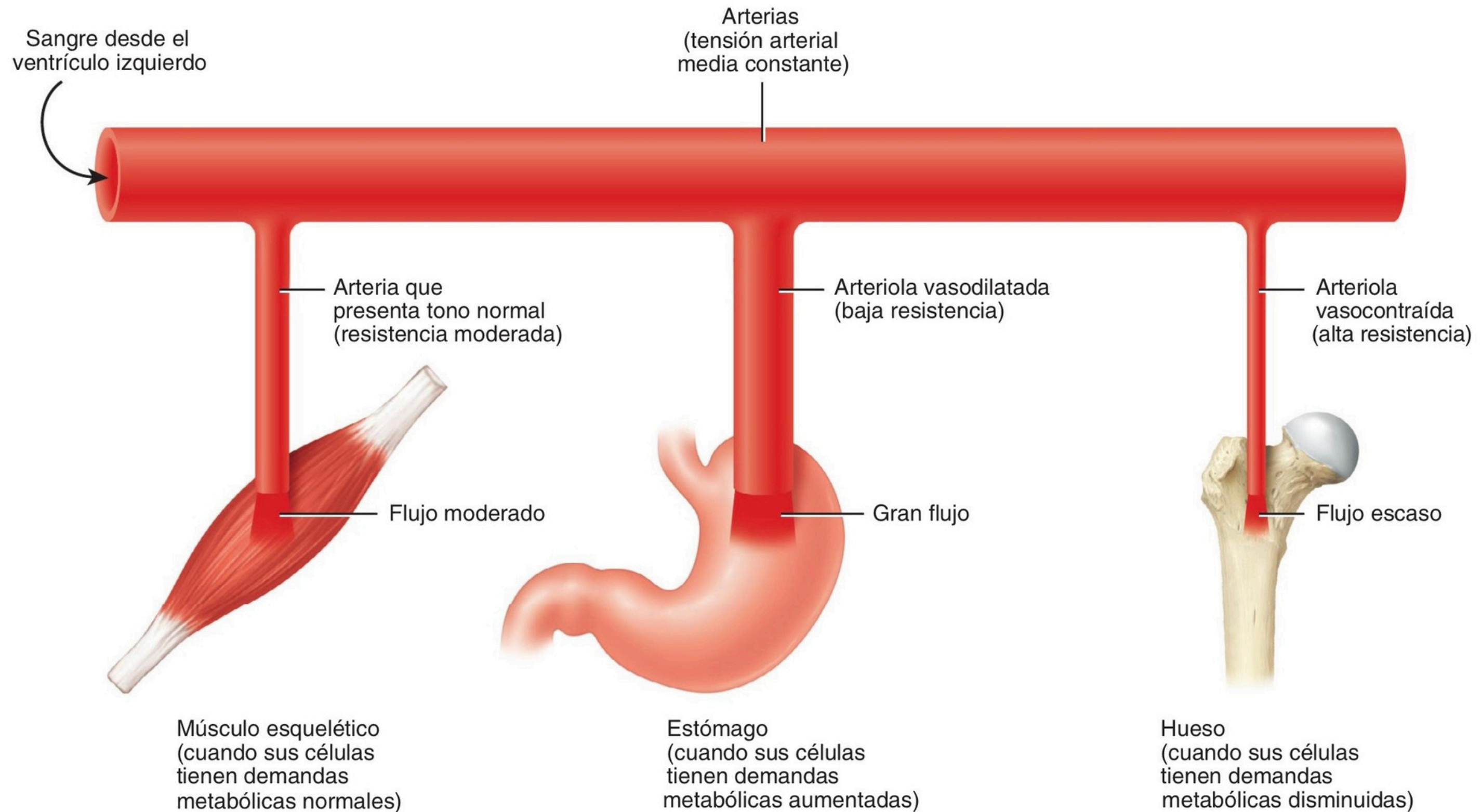
**Aproximadamente el 25% del gasto cardíaco**

**Entérica**

**Ejercicio:** 1% del GC por vasoconstricción

**Reposo:** 27% del GC por vasodilatación

# Regulación de cada circulación regional



# Bibliografía

1. Derrickson B. (2018) Fisiología humana, 1ª ed., México: Editorial Médica Panamericana.
2. Guadalajara J. F. (2024) Cardiología, 9ª ed., México: Méndez Editores.
3. Hall J. E. y colaboradores (2016) Guyton & Hall Tratado de fisiología médica, 13ª ed., España: Elsevier.
4. Silverthorn D. U. (2019) Fisiología humana: Un enfoque integrado, 8ª ed., España: Editorial Médica Panamericana.
5. Castellanos C. y colaboradores (1996) Electrocardiografía clínica, 2ª ed., México: Elsevier.
6. Rosas E. A. (2017) Electrocardiografía clínica, 1ª ed., México: Manual Moderno.
7. Libby P. Y colaboradores (2024) Braunwald Tratado de Cardiología Texto de medicina cardiovascular, 12ª ed., España: Elsevier.
8. Dvorkin M. y colaboradores (2009) Best & Taylor Bases Fisiológicas de la práctica médica, 14ª ed., España: Editorial Médica Panamericana.
9. Boron W. F. & Boulpaep E. L. (2017) Fisiología médica, 3ª ed., España: Elsevier.
10. Sodi Pallares Demetrio (1996) Electrocardiografía Clíndica análisis deductivo, 1ª ed., México: Méndez Editores.
11. San Mauro M. (2013) Anatomía cardíaca, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata
12. Servier Medical Art (<https://smart.servier.com/>), licensed under CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
13. Micheau A. & Hoa D. (2024) Anatomía del corazón. <https://doi.org/10.37019/e-anatomy/180.es>