



# ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA FISIOLOGÍA CARDIOVASCULAR

DR. RODRIGO ANDRÉS VIOTTI

POSGRADO DE CARDIOLOGÍA.

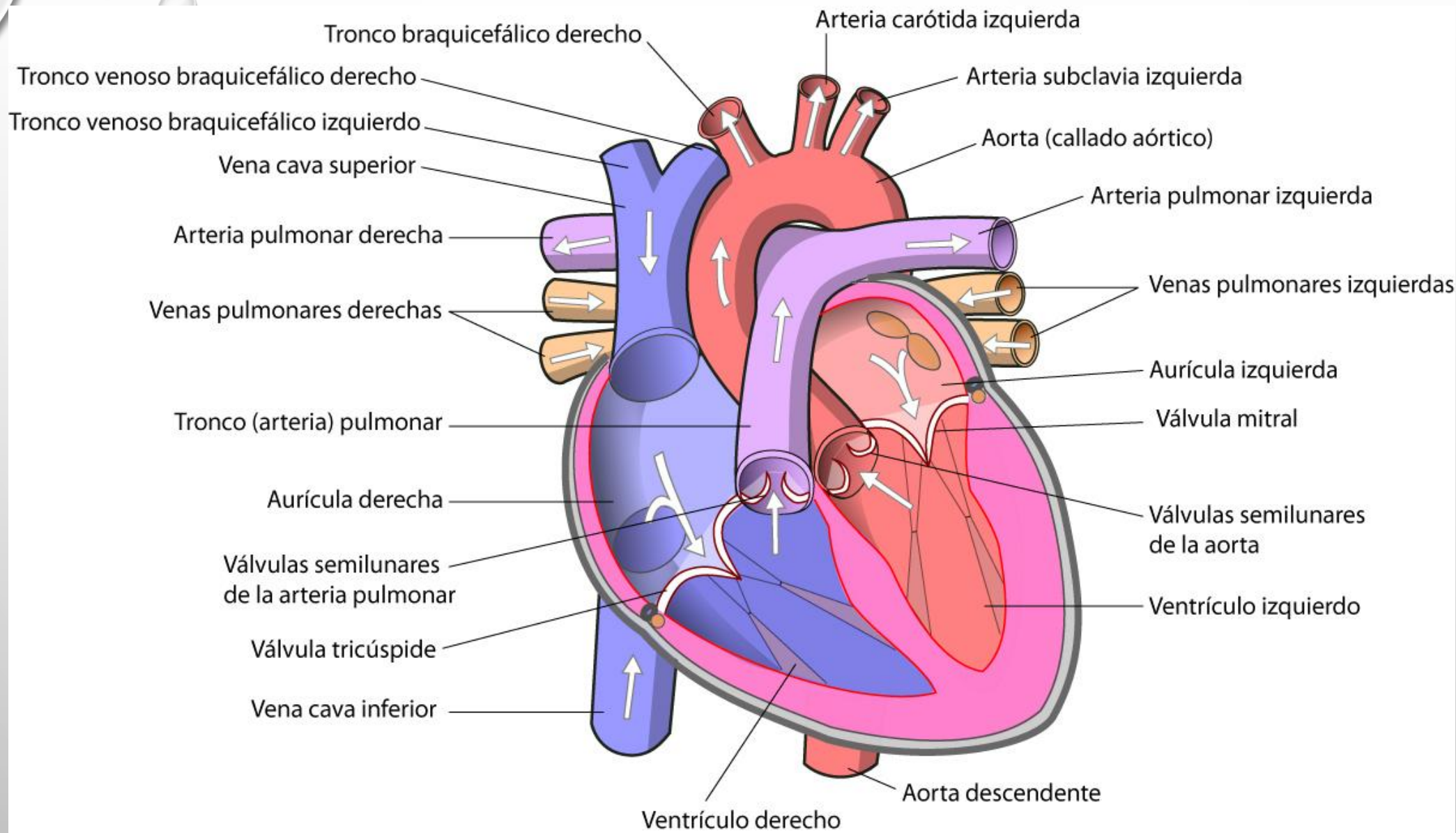
AYUDANTE DE CLASE LIC EN INGENIERÍA BIOLÓGICA, UDELAR.

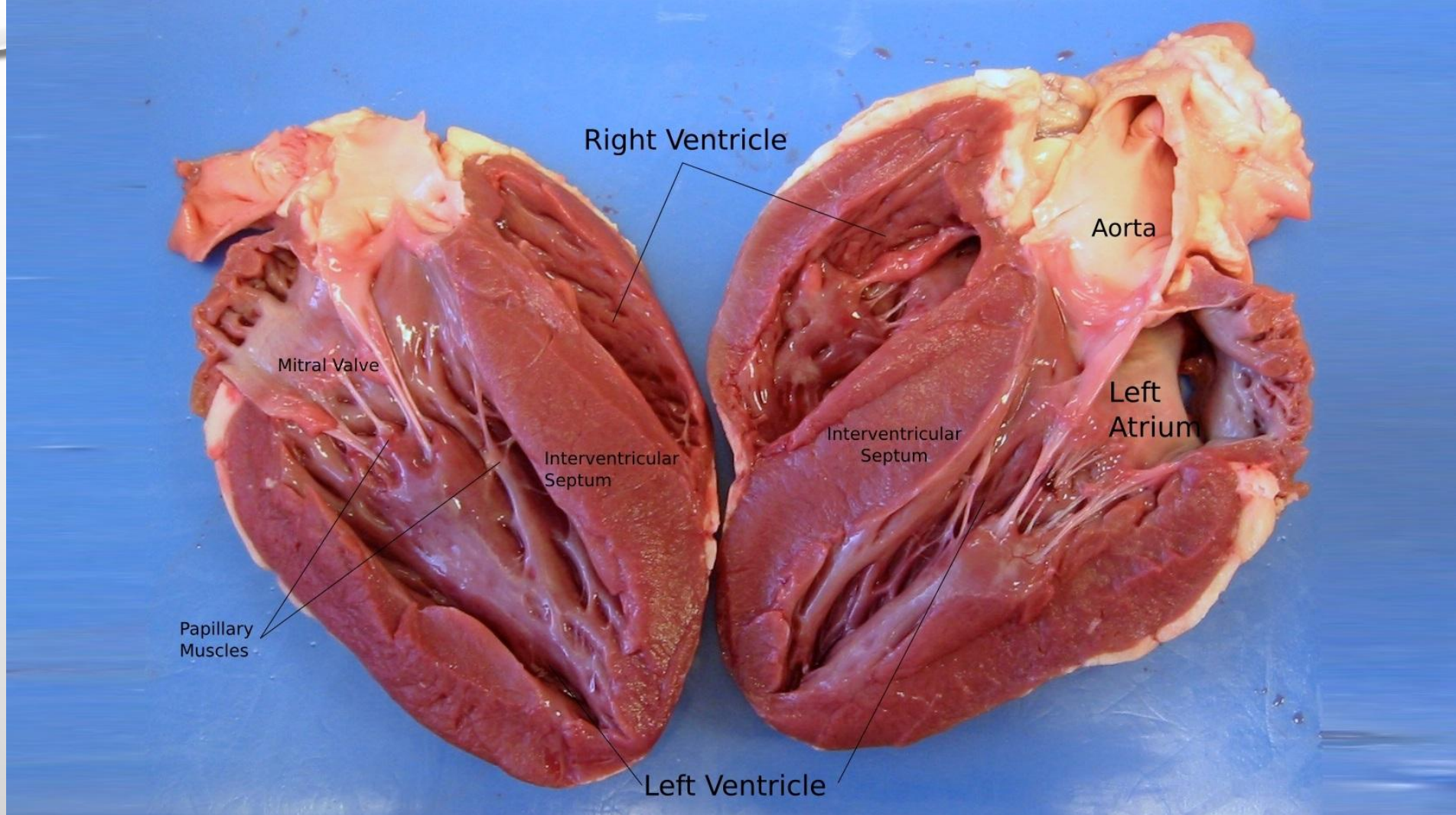
# ORGANIZACIÓN

- ANATOMIA GENERAL
- ANATOMIA MICROSCOPICA
- SISTEMA CARDIONECTOR
- CICLO CARDIACO
- DETERMINANTES DE LA FUNCIÓN CARDIACA

# ANATOMÍA GENERAL DEL CORAZON

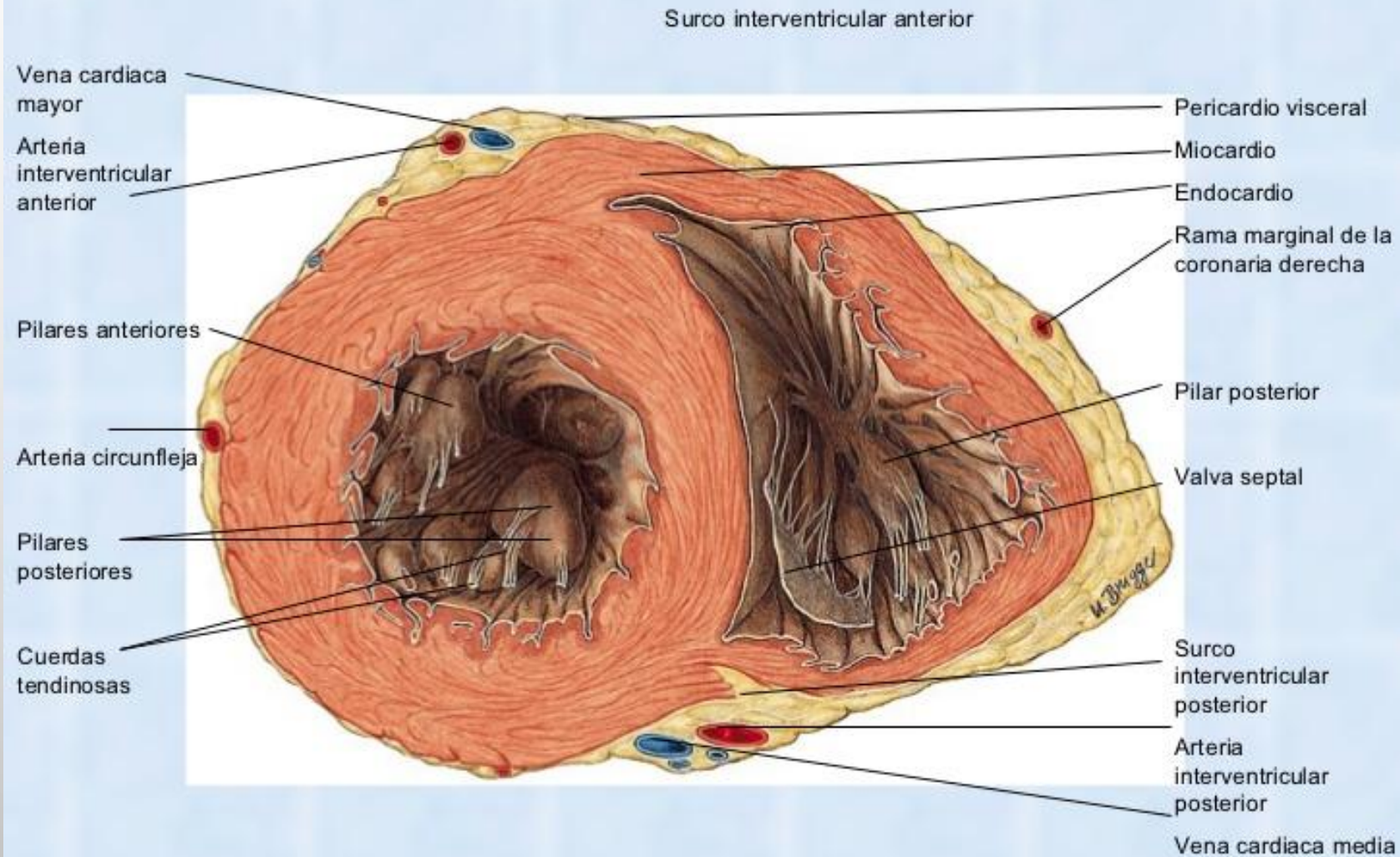


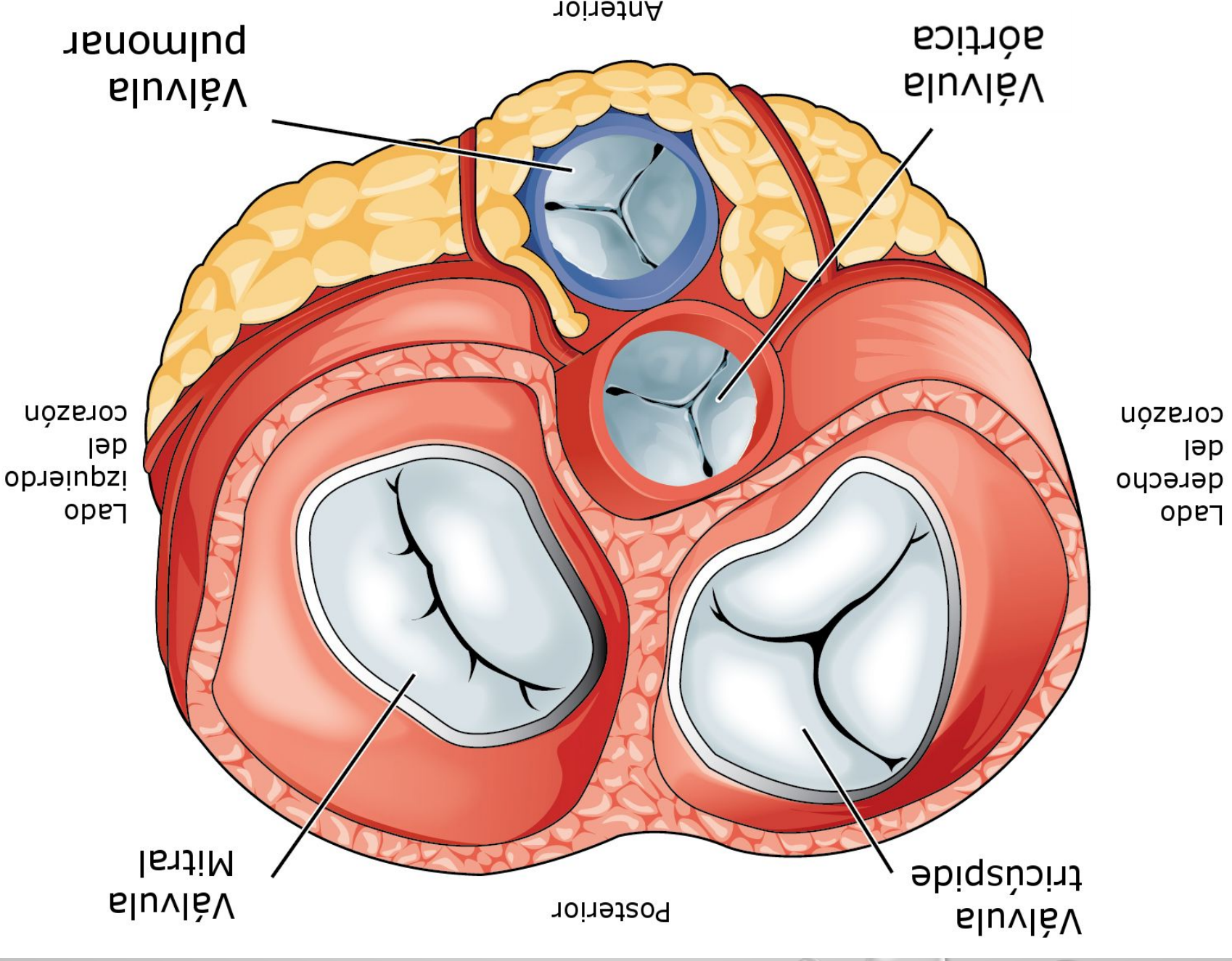


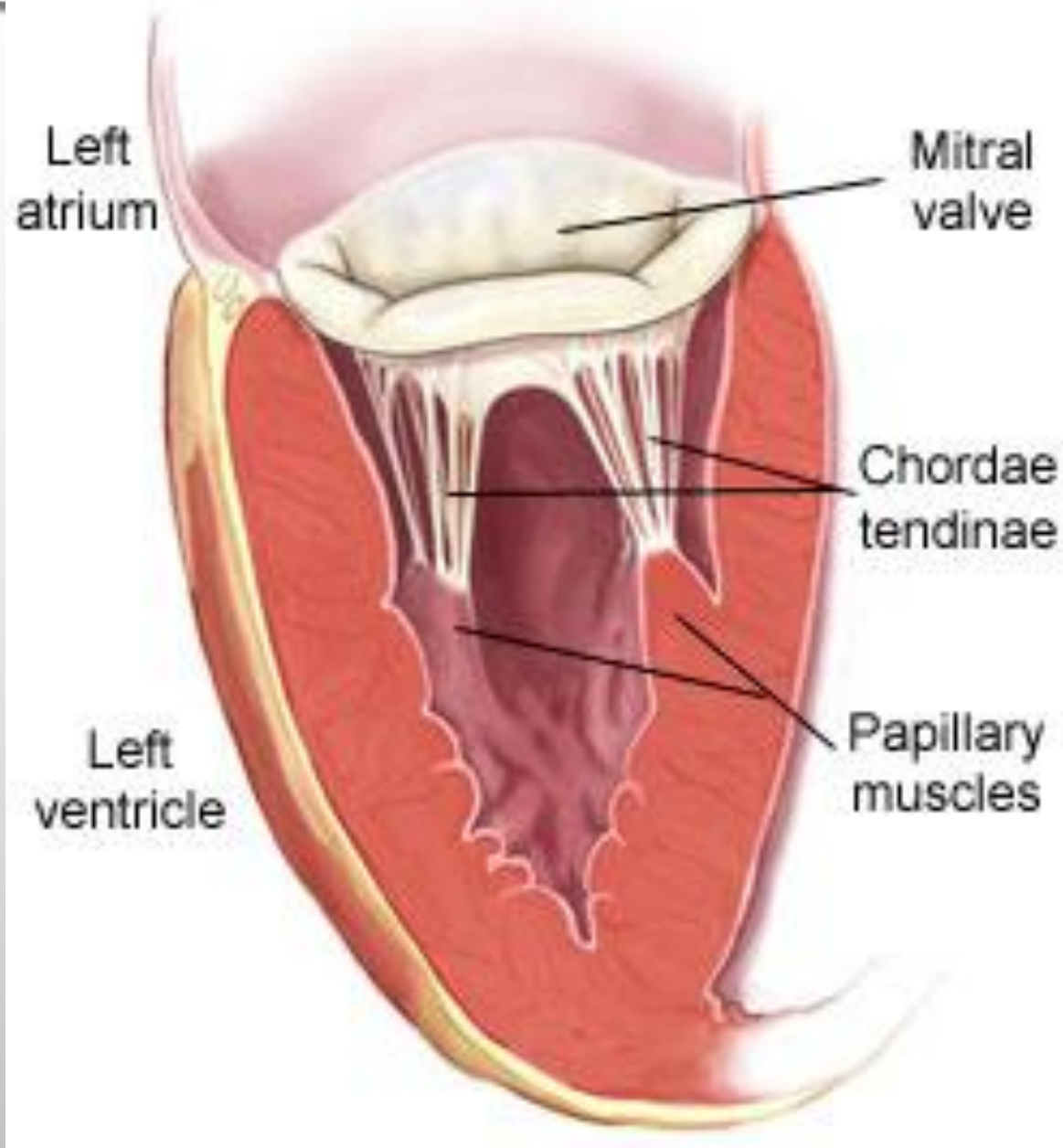


Las diferencias anatómicas de los ventrículos se debe a la resistencia y por ende a la presión que se ven sometidos en cada ciclo cardíaco. El miocardio es un músculo adaptable a la carga que debe soportar.

# CORTE TRANSVERSAL PERPENDICULAR AL EJE DEL CORAZÓN. VISIÓN SUPERIOR DE LOS VENTRÍCULOS DERECHO E IZQUIERDO

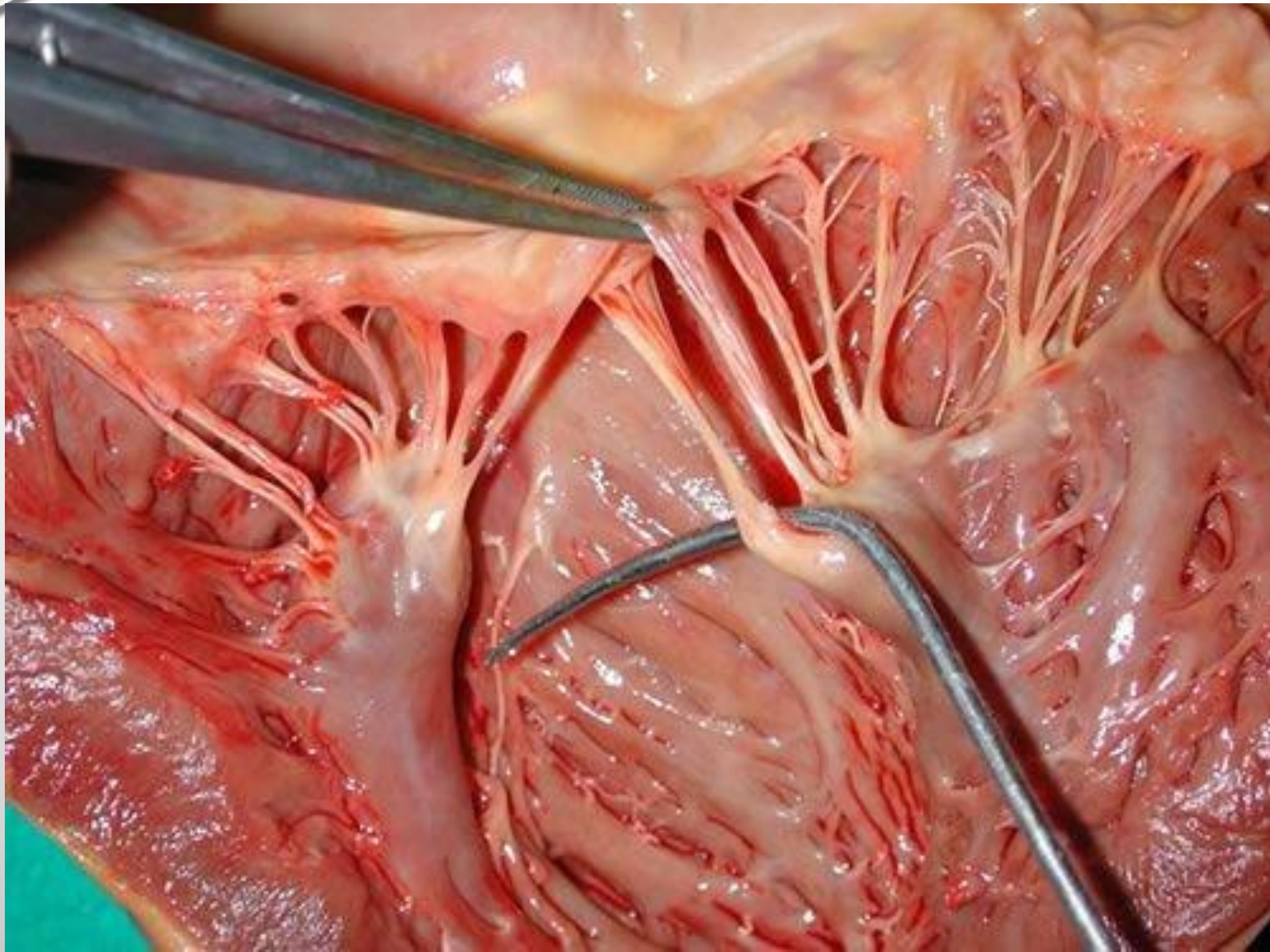




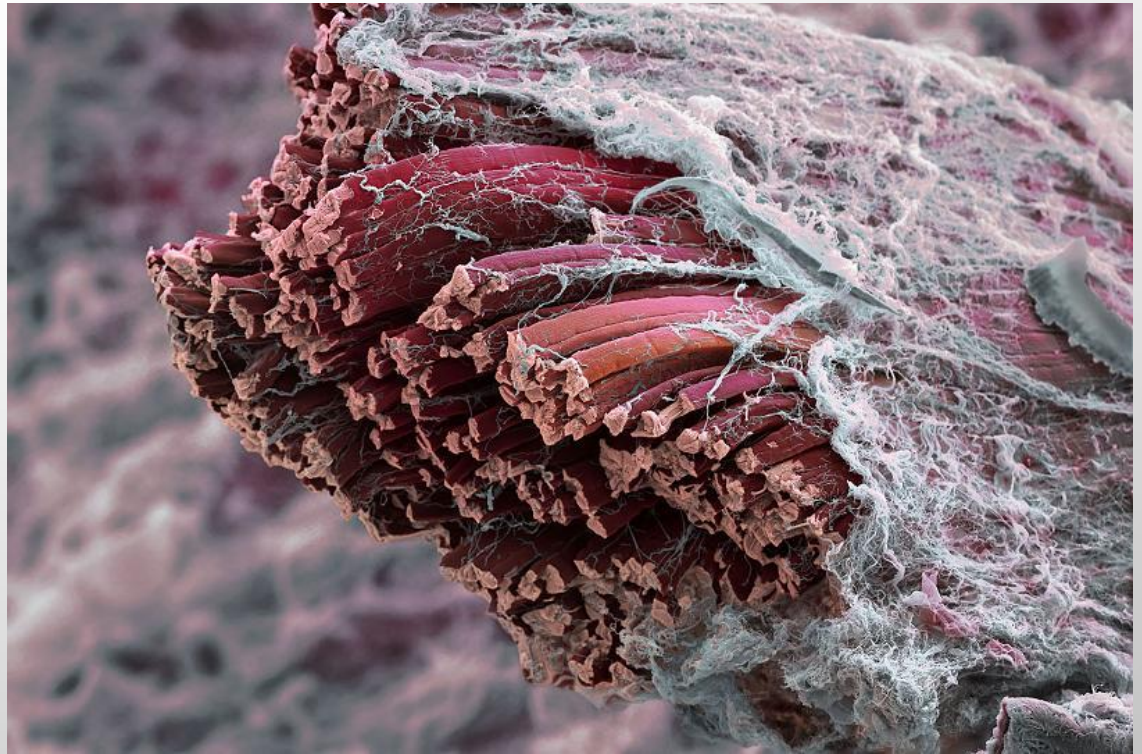


Las valvas de las válvulas se encuentran ancladas a un sistema de cuerdas tendinosas y músculos papilares que le dan estabilidad y permiten un funcionamiento mas eficiente.





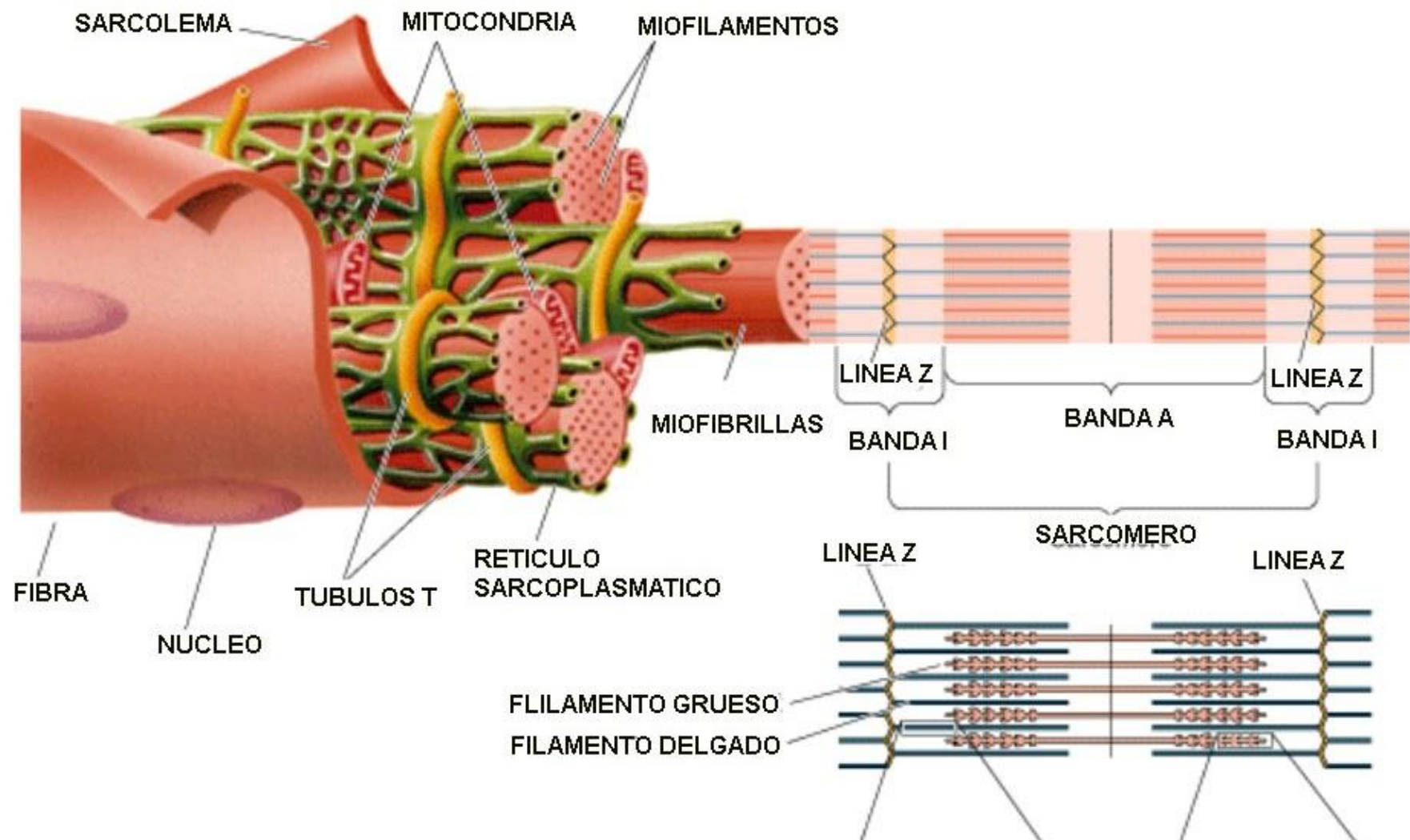
# ANATOMIA MICROSCÓPICA



## 2 TIPOS DE CÉLULAS PRINCIPALES

- MARCAPASOS
- CONTRÁCTILES

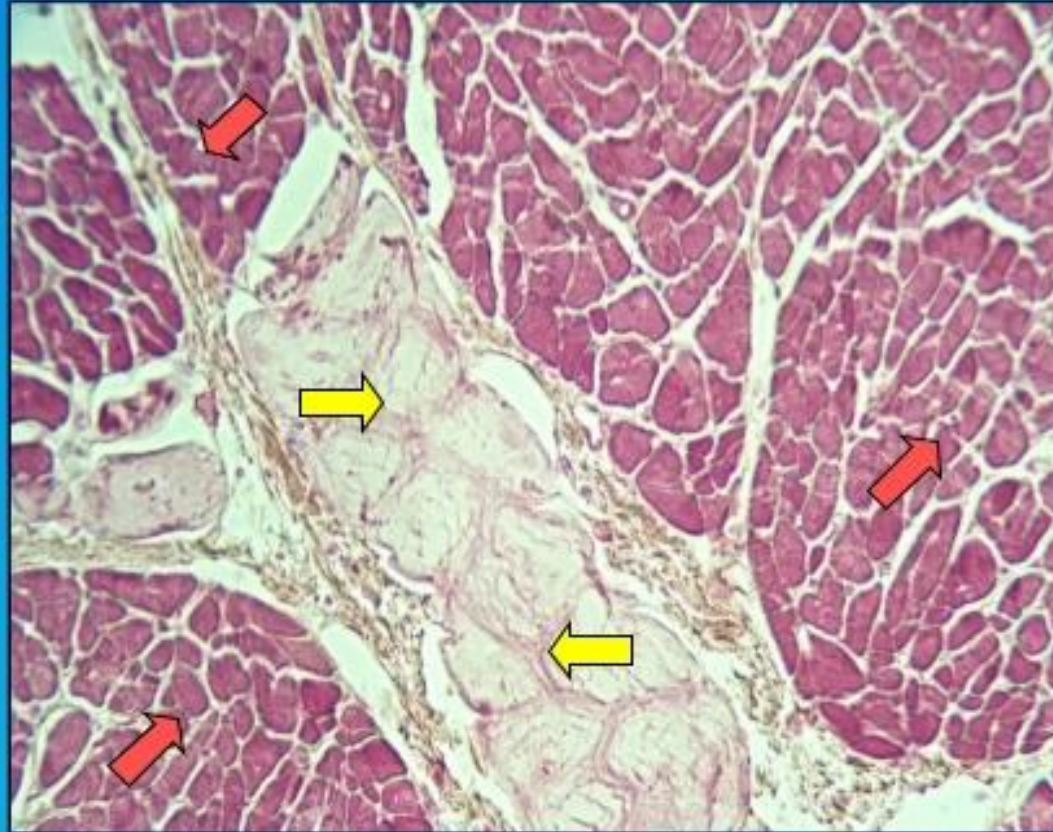
# ORGANIZACIÓN DE LA FIBRA MUSCULAR



TEJIDO MUSCULAR CARDÍACO

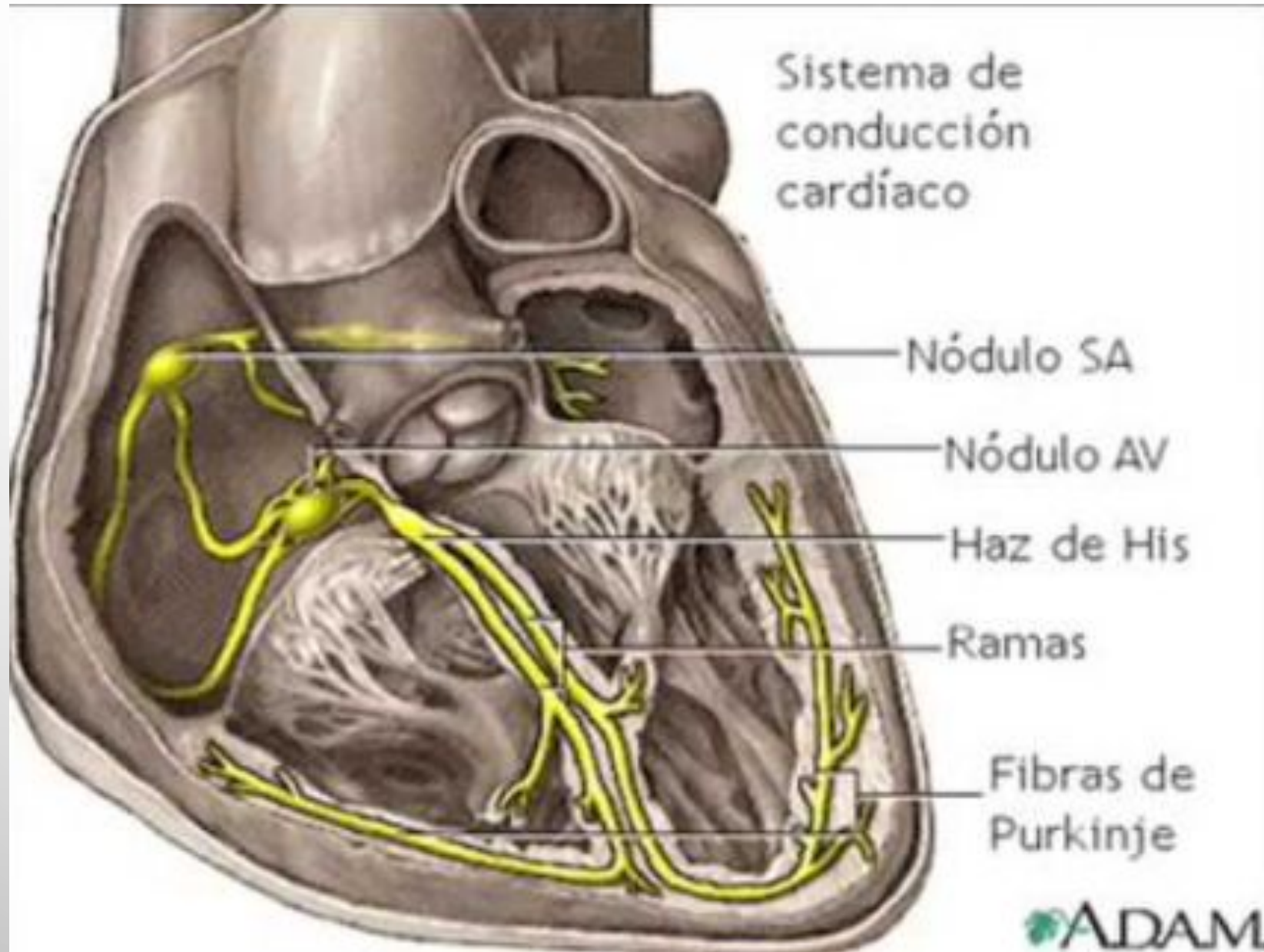
**Músculo cardíaco  
específico**

**Músculo cardíaco  
inespecífico**



# SISTEMA CARDIONECTOR





Sistema de  
conducción  
cardíaco

Nódulo SA

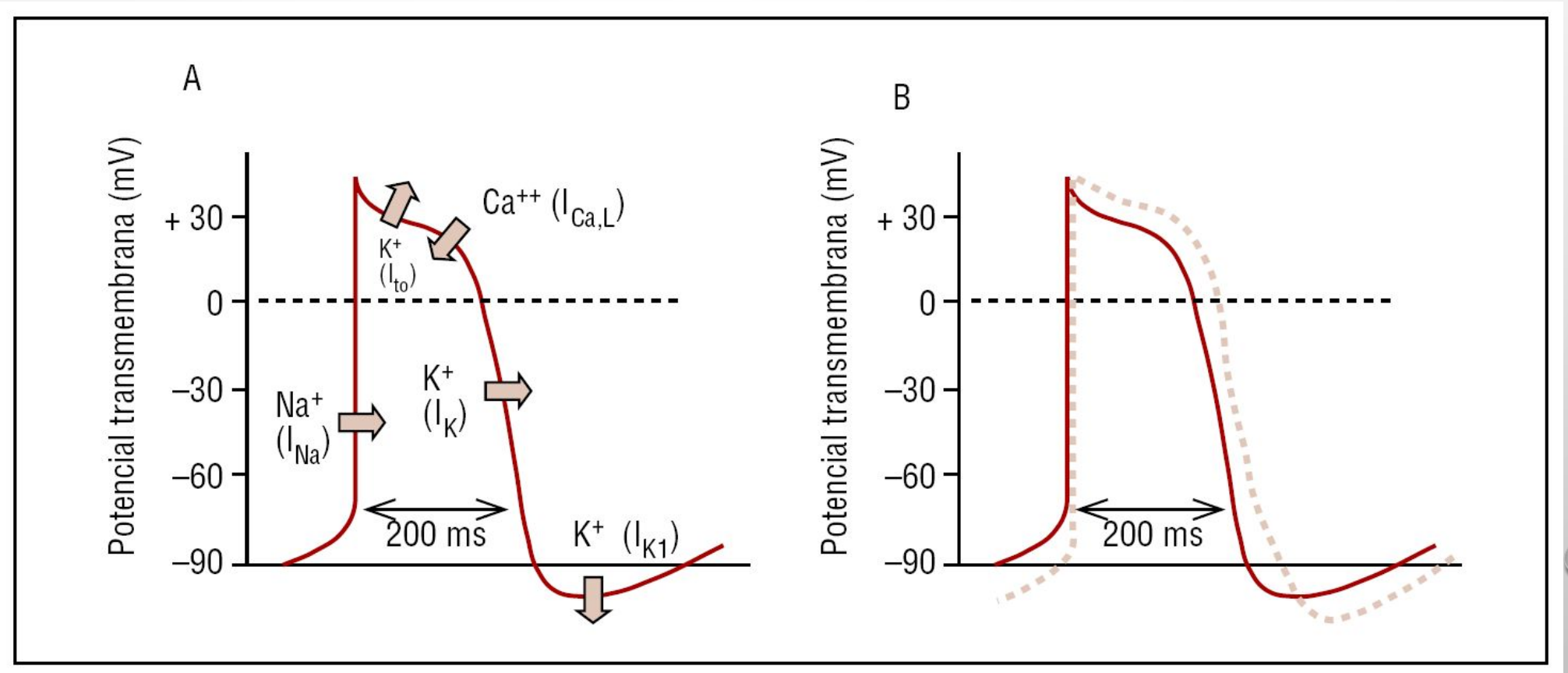
Nódulo AV

Haz de His

Ramas

Fibras de  
Purkinje

# POTENCIAL DE ACCIÓN DE UN CÉLULA EXITABLE





# RENDIMIENTO CONTRACTIL DEL CORAZON

## 5 DETERMINANTES:

- PRECARGA (Frank-Starling)
- POSCARGA
- INOTROPISMO
- LUSITROPISMO (Función diastólica o de la relajación)
- FRECUENCIA CARDIACA

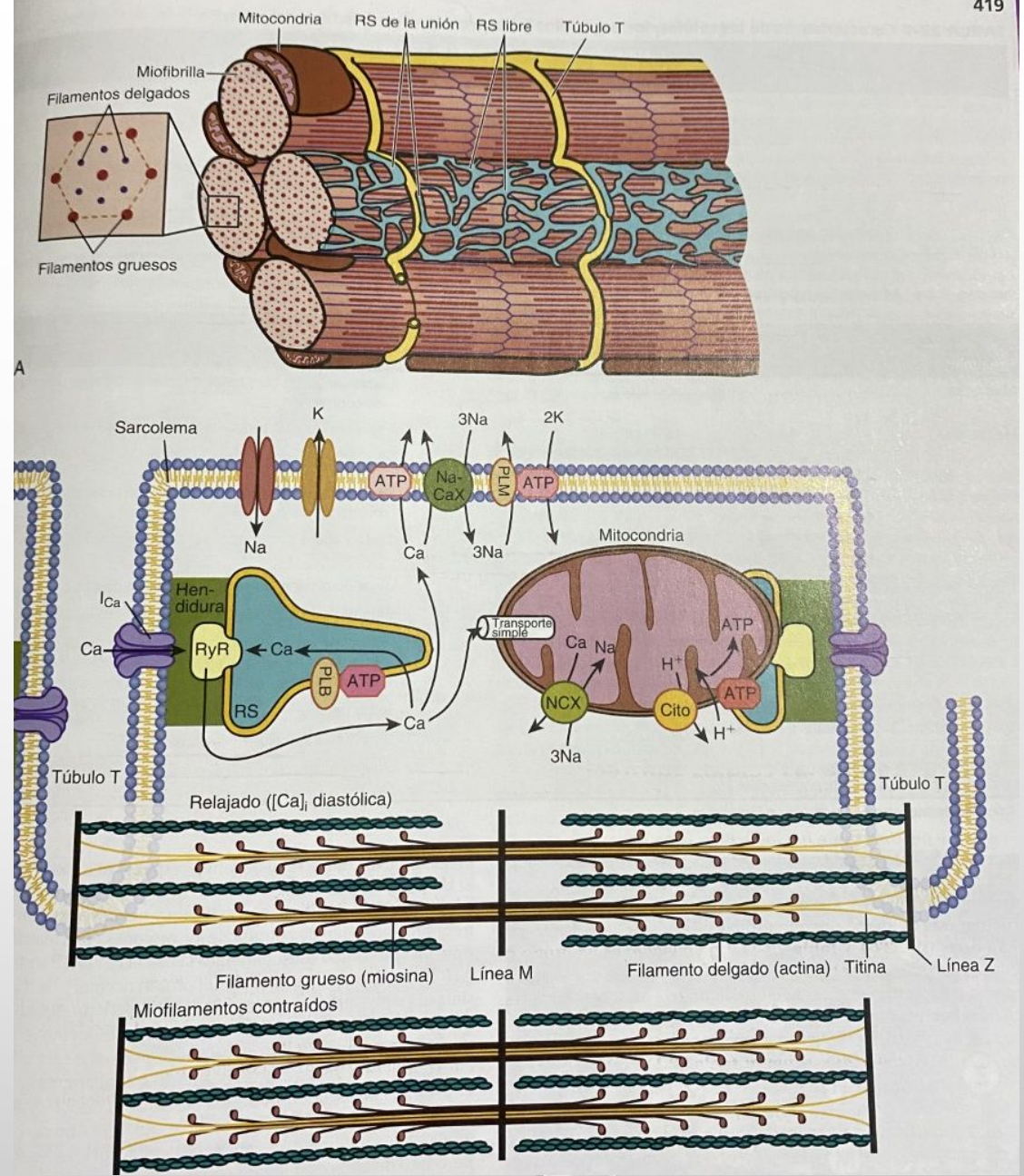
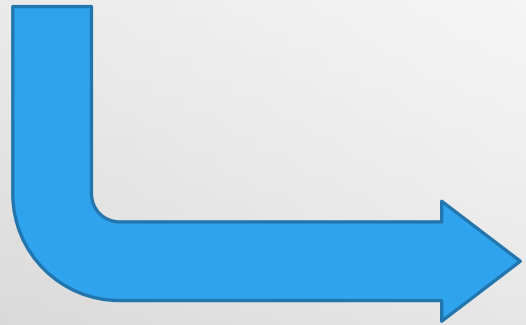
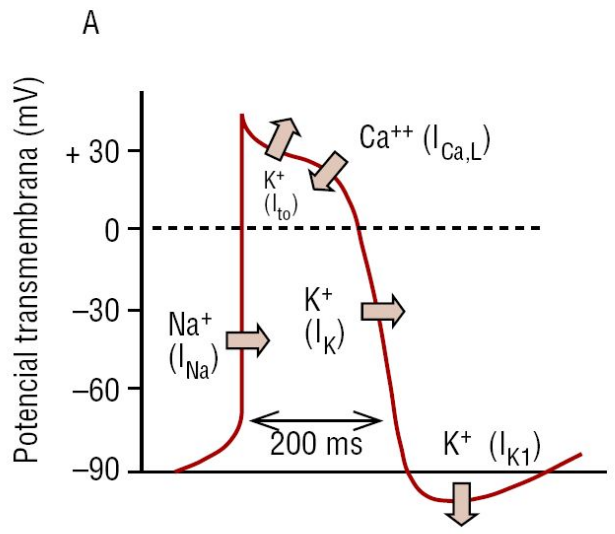
# CICLO CARDIACO

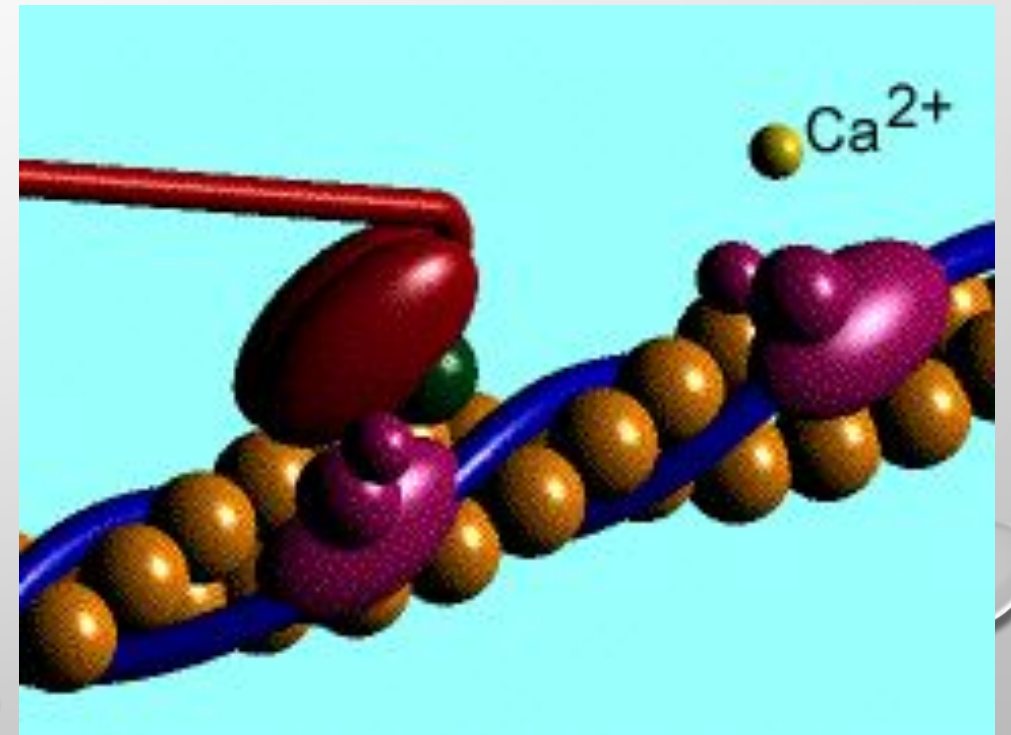
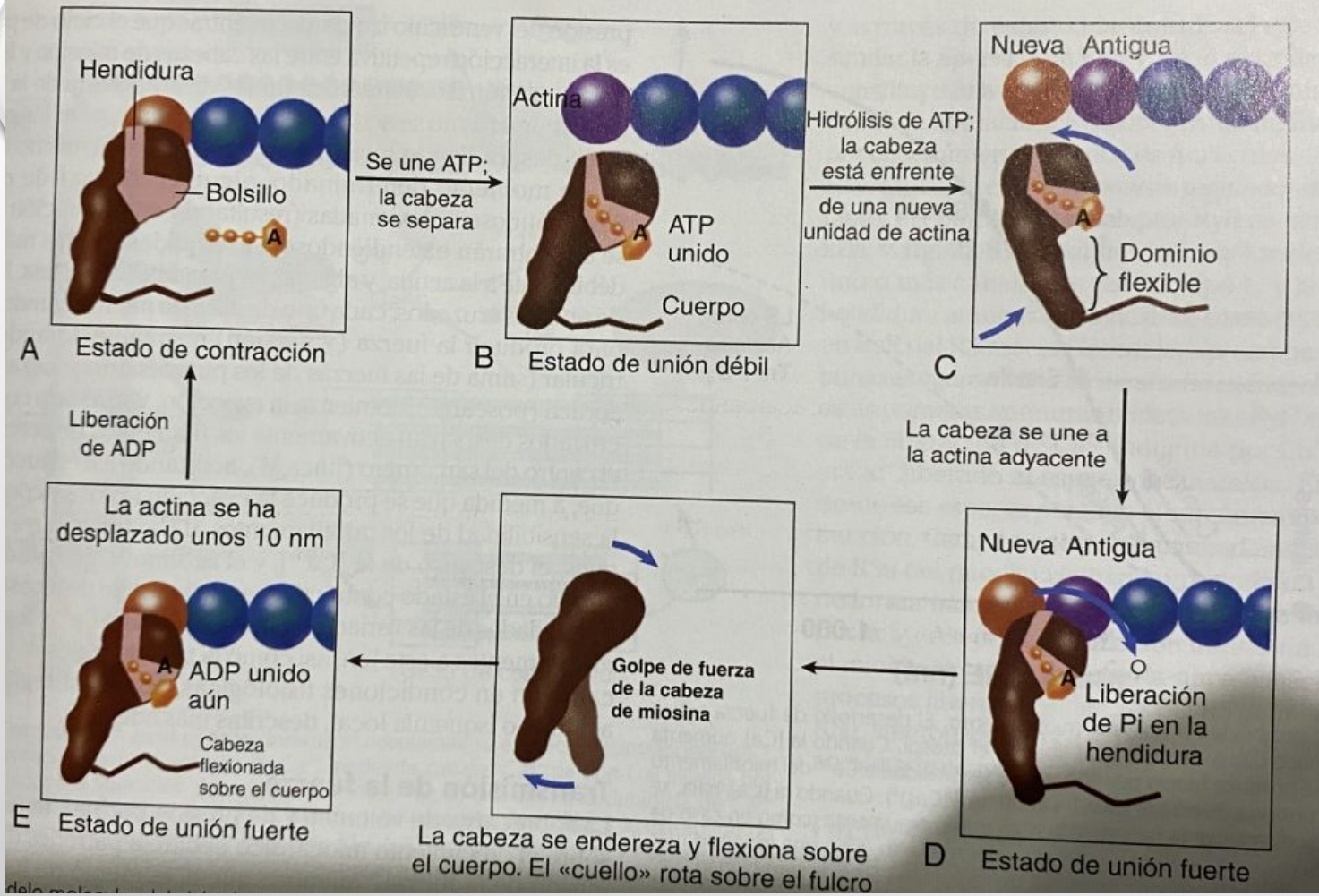
- ***SECUENCIA TEMPORAL DE LOS PROCESOS QUE LLEVAN A UN LATIDO CARDIACO***

- ***3 PROCESOS FUNDAMENTALES***

## ❑ CONTRACCION DEL VENTRICULO IZQUIERDO

LA DESPOLARIZACIÓN DE LAS CÉLULAS CONTRÁCTILES ACTIVA LA INTERACCIÓN ACTINA-MIOSINA, EL CALCIO PONE EN MARCHA LOS MECANISMOS MOLECULARES QUE LLEVAN A LA CONTRACCIÓN DEL MUSCULO CARDIACO.





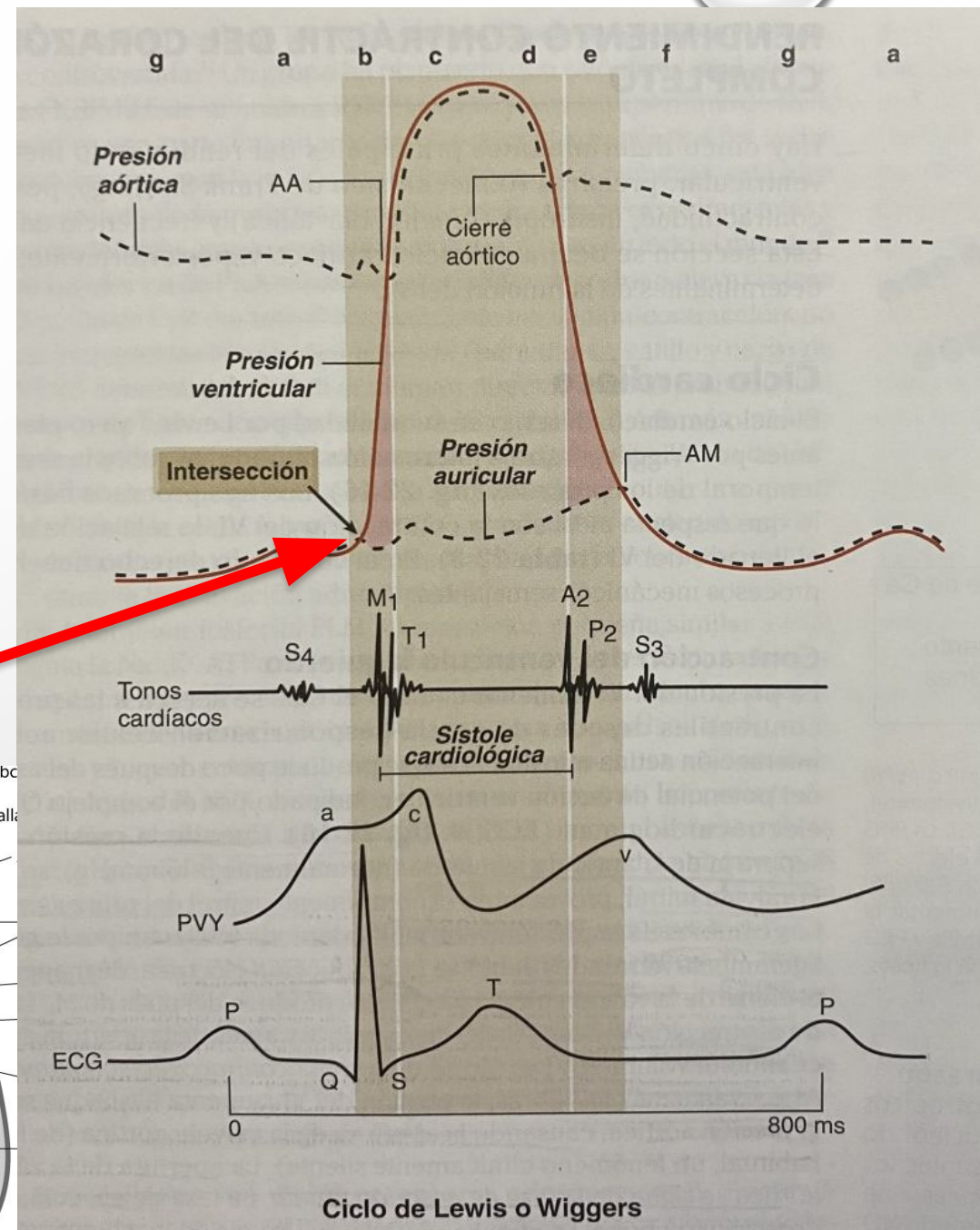
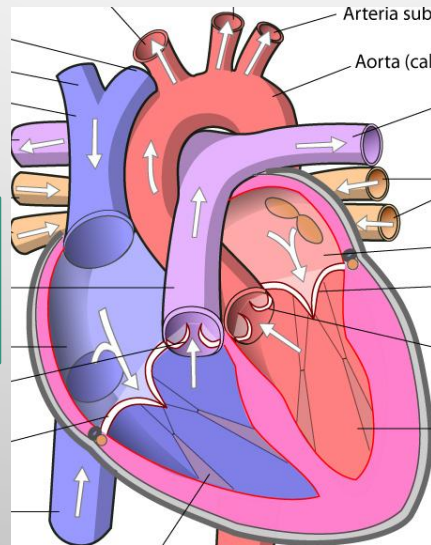
Este mecanismo provoca la contracción del ventrículo izquierdo (que se encontraba anteriormente relajado y en fase de llenado con la Válvula mitral abierta) que junto con el aumento de volumen provoca una elevación de la presión intracavitaria



La presión del VI (8 a 15mmHg) supera la presión de la aurícula izquierda y provoca el cierre de la válvula mitral



Comienza la CONTRACCIÓN ISOVOLUMETRICA



Al activarse mas miofibrillas, la contracción global del VI aumenta mas y por ende la presión intracavitaria.

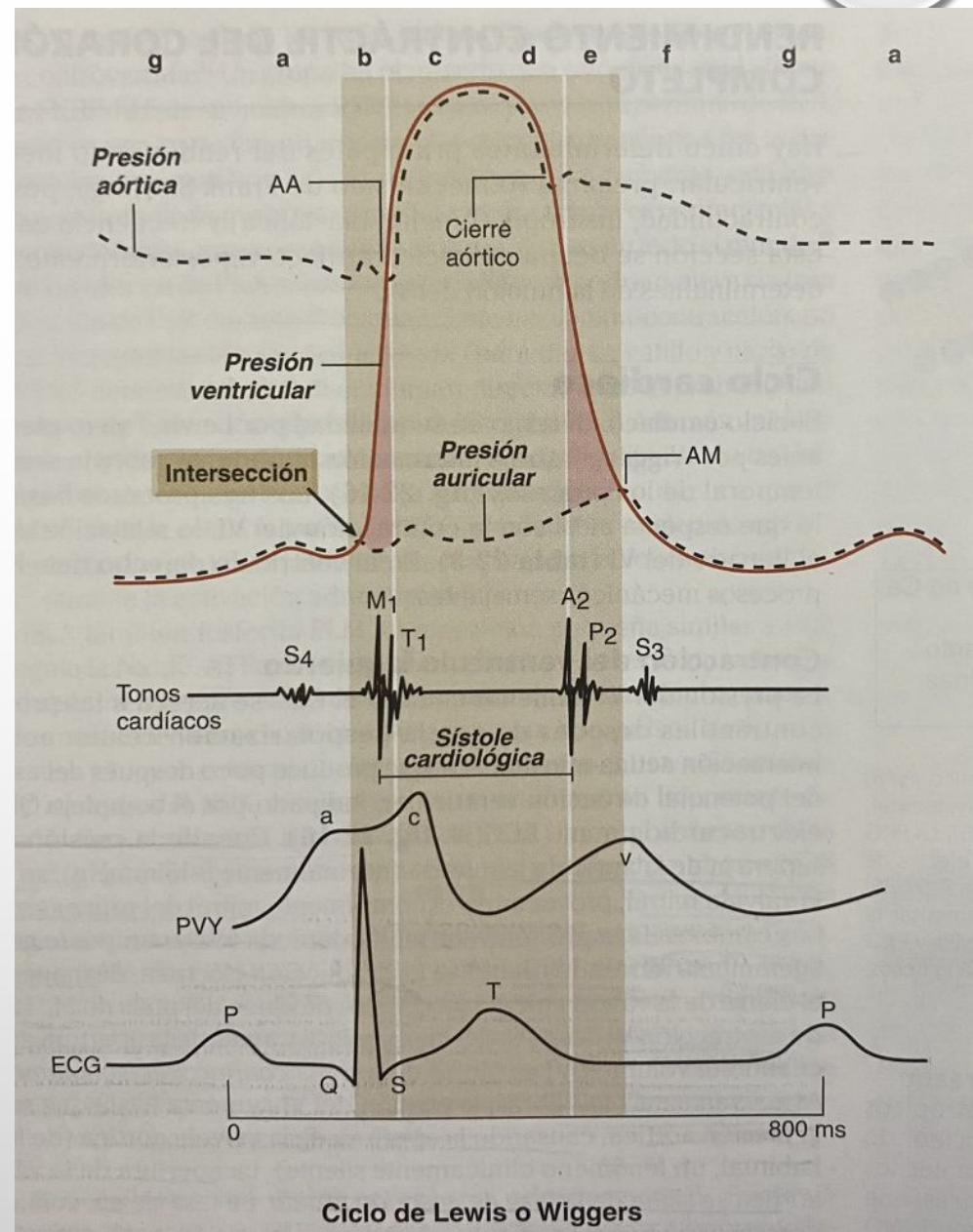


La presión en el VI supera la presión dentro de la aorta y esto provoca la apertura de la válvula aórtica



FASE DE EYECCIÓN RÁPIDA

LA TASA DE EYECCIÓN ESTÁ DETERMINADA POR EL GRADIENTE DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA VÁLVULA Y DE LAS PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA AORTA QUE “AMORTIGUAN” LA ONDA DE PRESIÓN

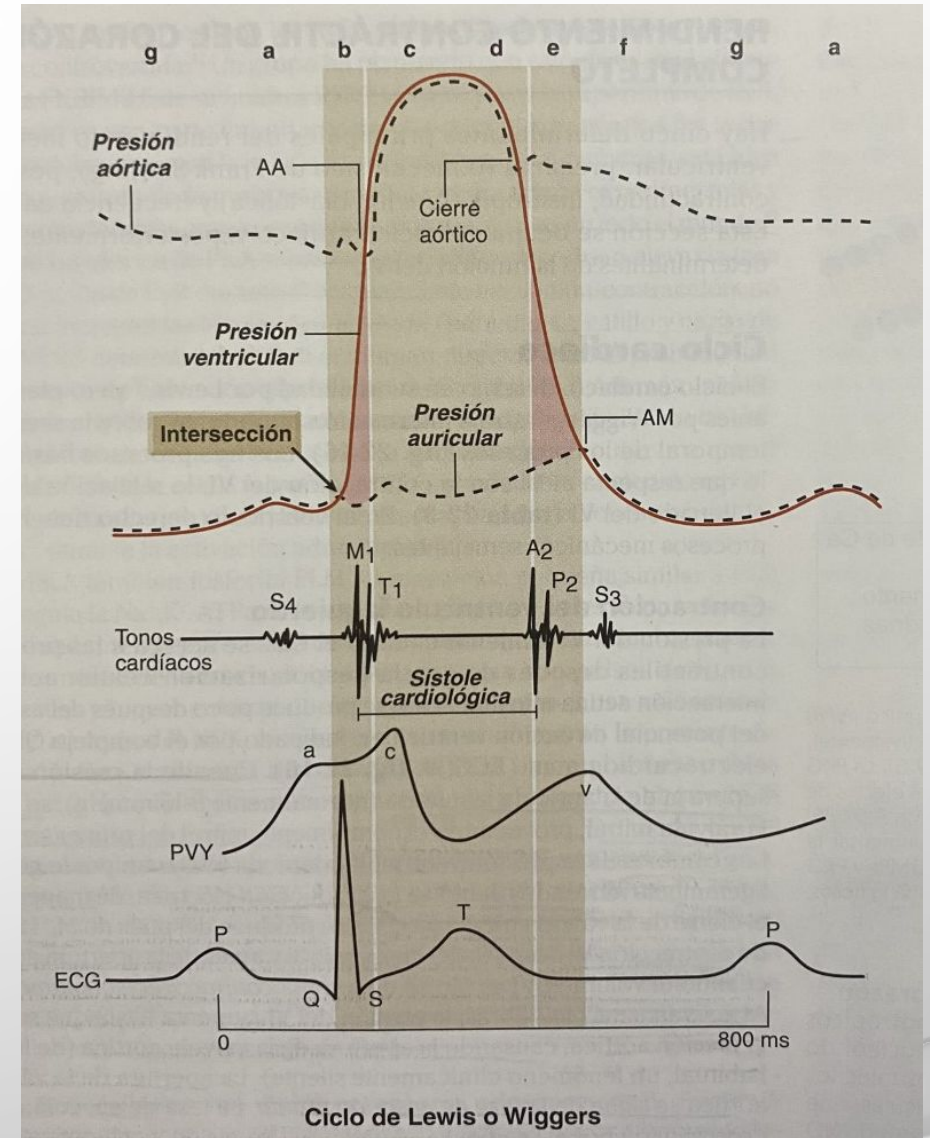


## ❑ RELAJACIÓN DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO

Cuando el Calcio intracelular comienza a disminuir las miofibrillas comienzan a dejar de contraerse y el VI se va relajando, disminuyendo así la presión intracavitaria como también la tasa de eyección. (eyección reducida).



El flujo de sangre del VI a la Aorta disminuye rápidamente, la presión del VI cae y es superada por la presión intraórtica, esto provoca el CIERRE DE LA VALVULA AÓRTICA.



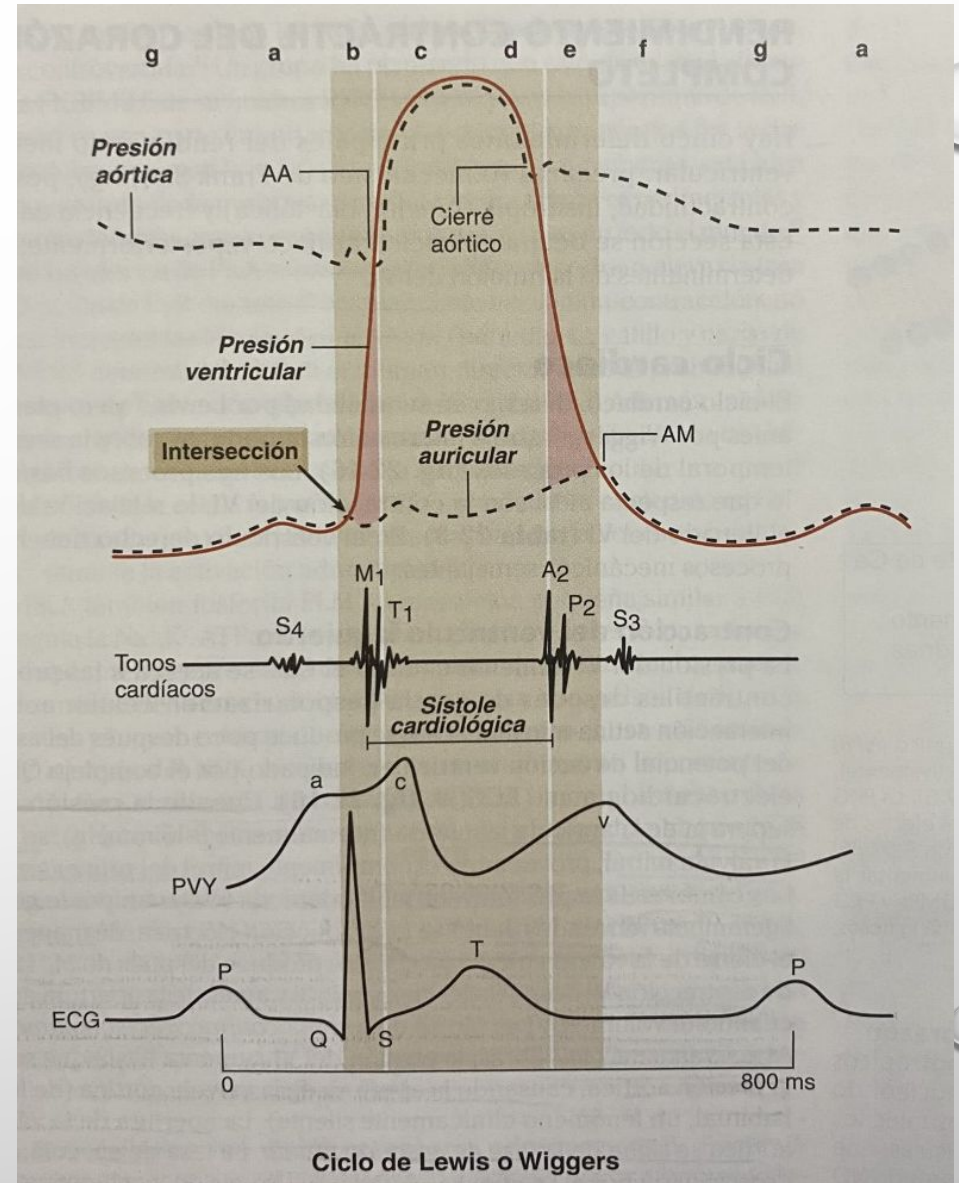
En este momento el VI continua relajándose, la válvula aórtica está cerrada y la presión de la AI aún no supera la del ventrículo, por ende tampoco se abre. El volumen del VI no puede variar.



## RELAJACIÓN ISOVOLUMÉTRICA



Cuando la presión de la AI (la cual se está en fase de llenado) supera la del VI, la válvula mitral se abre y comienza nuevamente el llenado ventricular y un nuevo ciclo.





## ☐ FASES DE LLENADO DEL VI

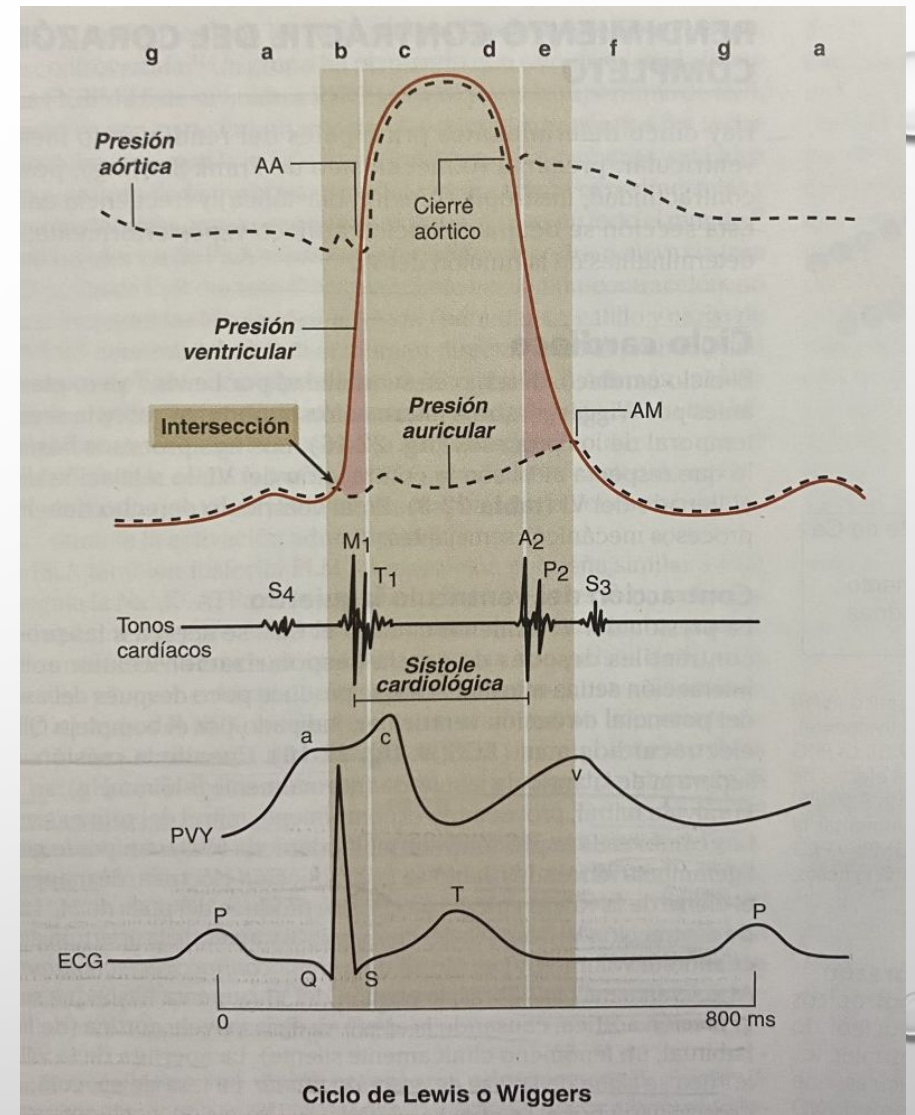
Luego que la válvula mitral se abre comienza la fase de llenado rápido del VI (fase de mayor llenado), la cual está determinada por el gradiente de presión entre la AI y el VI.

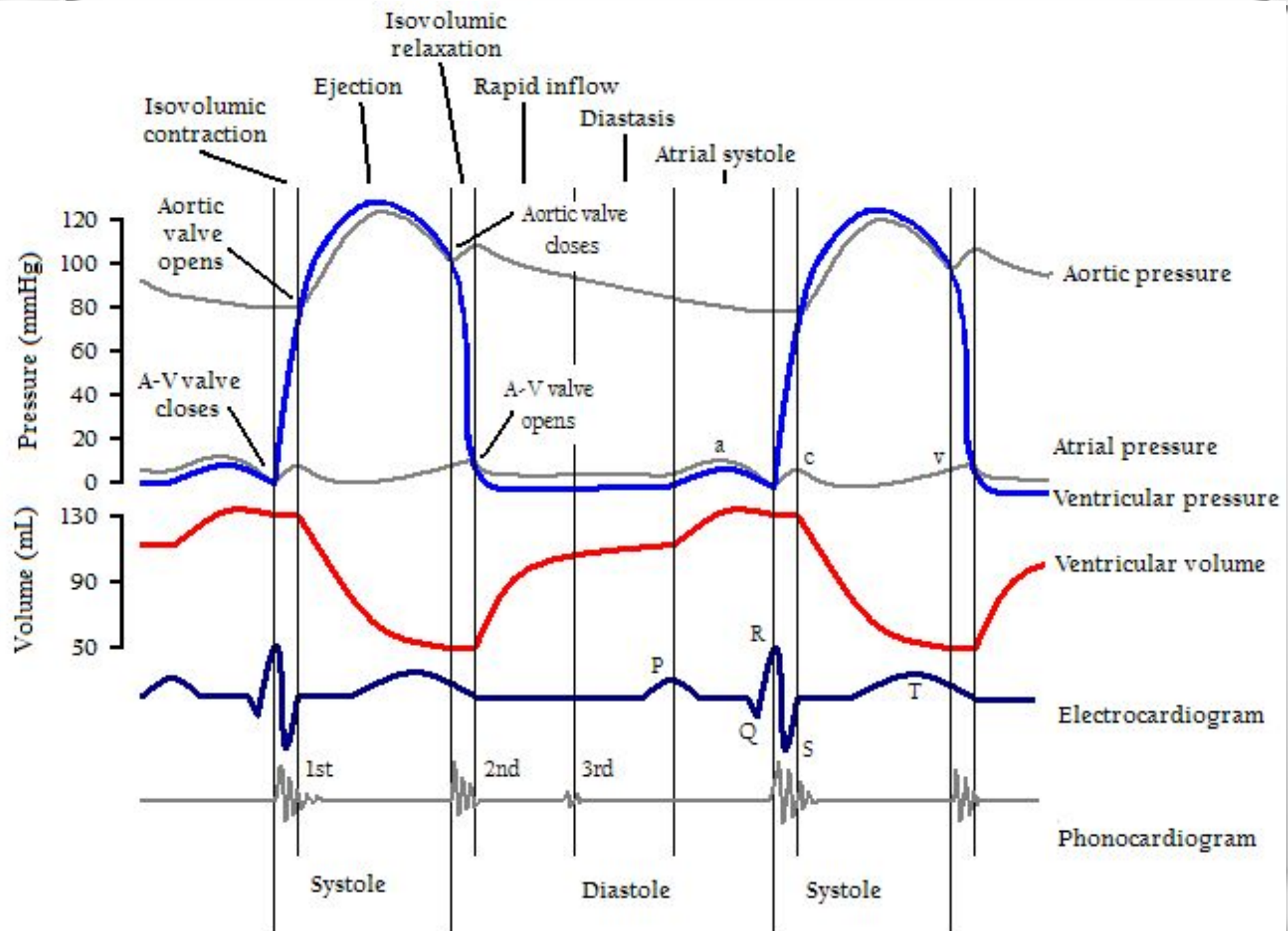


Cuando la presión de la AI y el VI se igualan el llenado se detiene (diastasis), para que el llenado continúe requiere de un aumento de presión en la AI que supere la del VI, esto se da gracias a la **CONTRACCIÓN AURICULAR**



Nuevamente la presión del VI supera la del AI y la válvula mitral se cierra, comienza entonces la **CONTRACCIÓN ISOVOLUMETRICA** y continua el ciclo.







# **DETERMINANTES DE LA FUNCIÓN CARDÍACA**

## **Inotropismo y condiciones de carga**

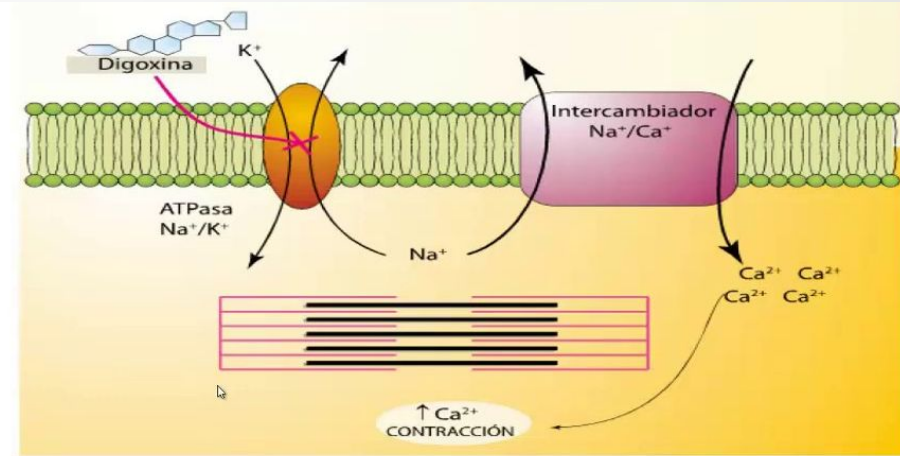
# Inotropismo

CAPACIDAD INTRÍNSECA DEL MIOCARDIO DE CONTRAERSE INDEPENDIENTEMENTE DE LAS CONDICIONES DE CARGA (PRECARGA Y POSCARGA).



LA TASA DE INOTROPISMO EN MAYOR O MENOR MEDIDA DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DE LA LIBERACIÓN DE CALCIO INTRACELULAR Y DE LA SENSIBILIDAD DE LOS MIOFILAMENTOS AL MISMO

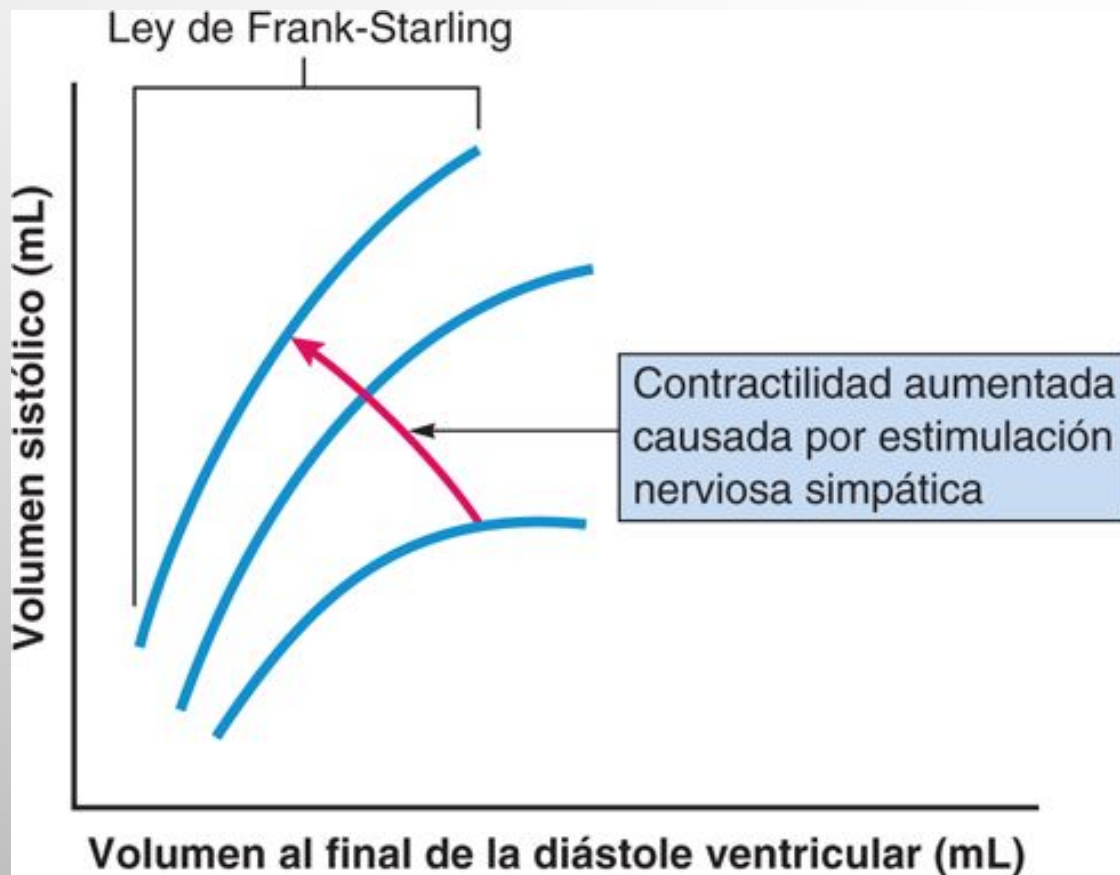
ESTA PROPIEDAD PUEDE SER AMPLIAMENTE MODIFICADA POR DISTINTAS CONDICIONES CARDIOVASCULARES Y FARMACOLOGICAS.



Mecanismo de acción de la digoxina

Inhibe la bomba Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPasa, aumentando la concentración intracelular de Na<sup>+</sup> que se intercambia por Ca<sup>2+</sup>, provocando efecto **inotrópico positivo**. Además, disminuye el tono adrenérgico (el aumento del tono vagal en el nodo sinusal y AV, siendo por tanto **cronotrópico negativo**), y por el bloqueo renal de la Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPasa muestra un discreto efecto diurético.

# RELACIÓN INOTROPISMO / VOLUMEN SISTÓLICO

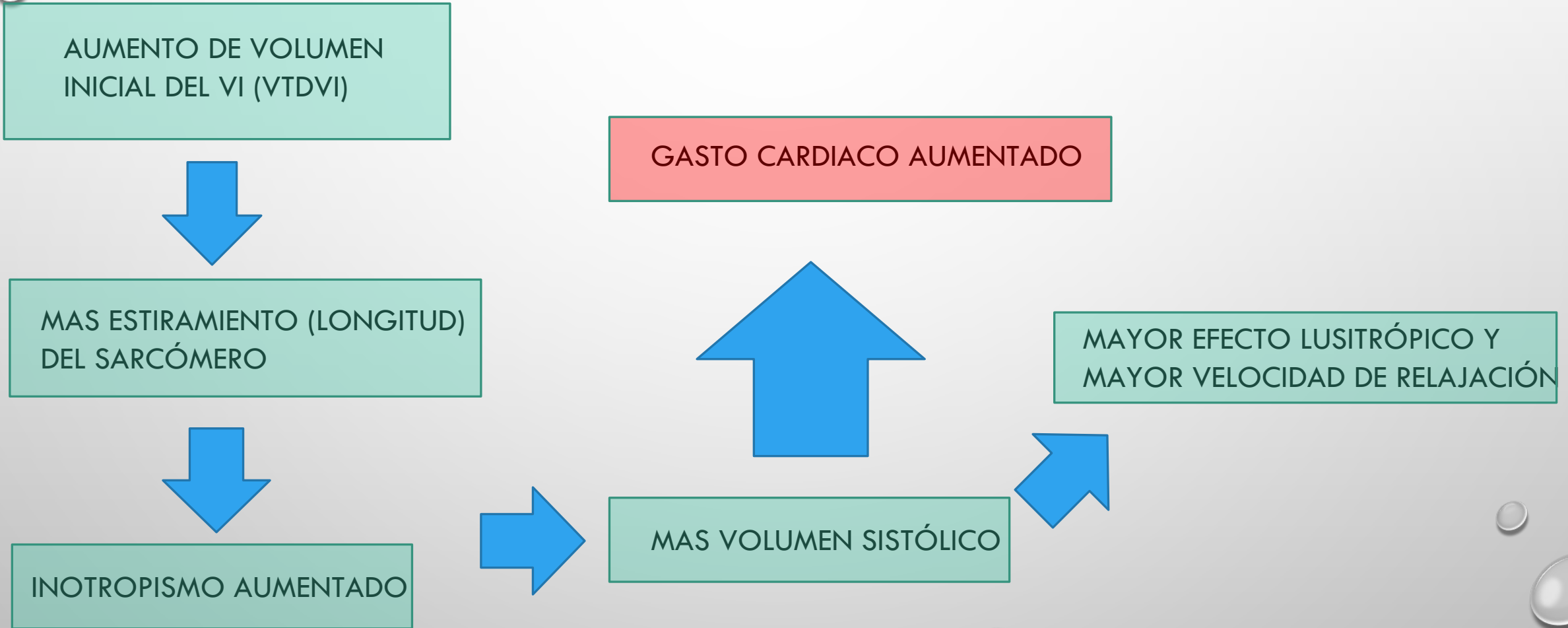


CUANTO MAS VOLUMEN INICIAL EN EL VI (ANTES DE LA CONTRACCIÓN), MAS FUERZA DE CONTRACCIÓN DEBIDO A LA RESPUESTA DE LOS CARDIOMIOCITOS A LOS AUMENTOS DE CARGA.



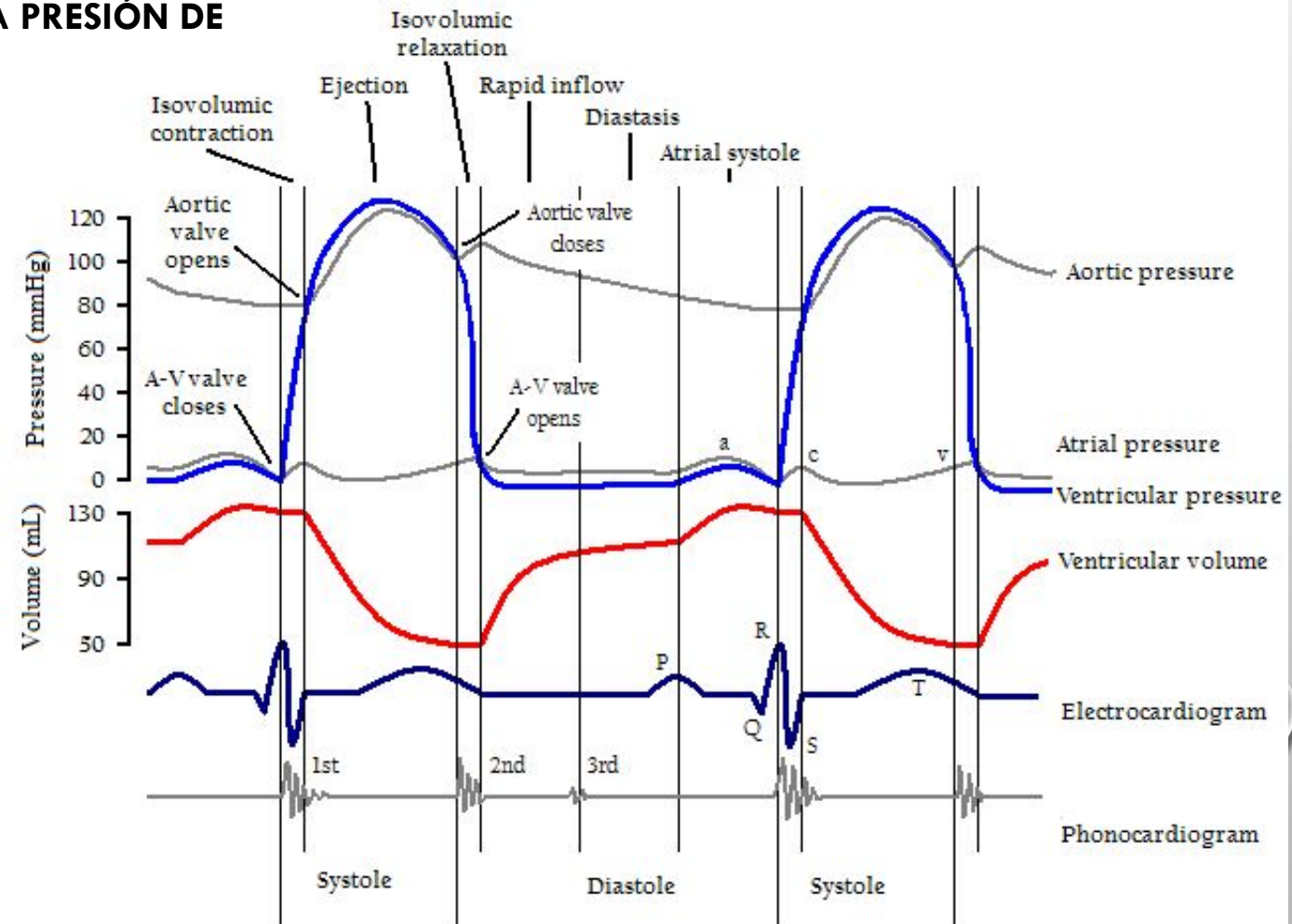
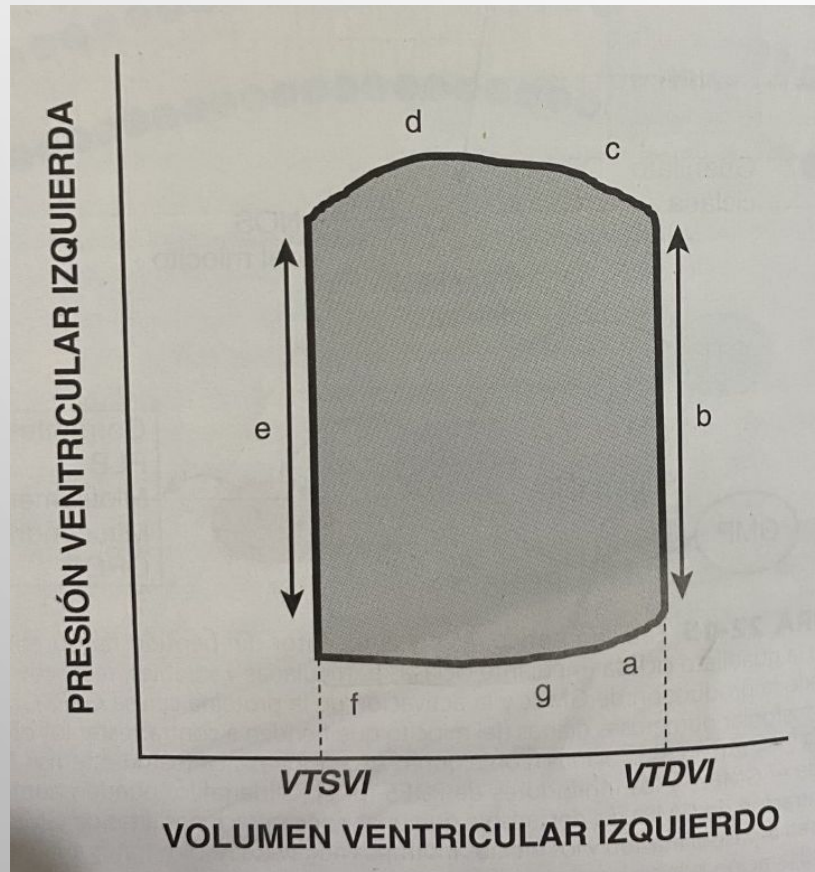
TAMBIEN MAS EFECTO Y VELOCIDAD DEL LUSITROPISMO (RELAJACIÓN)

# FRANK - STARLING



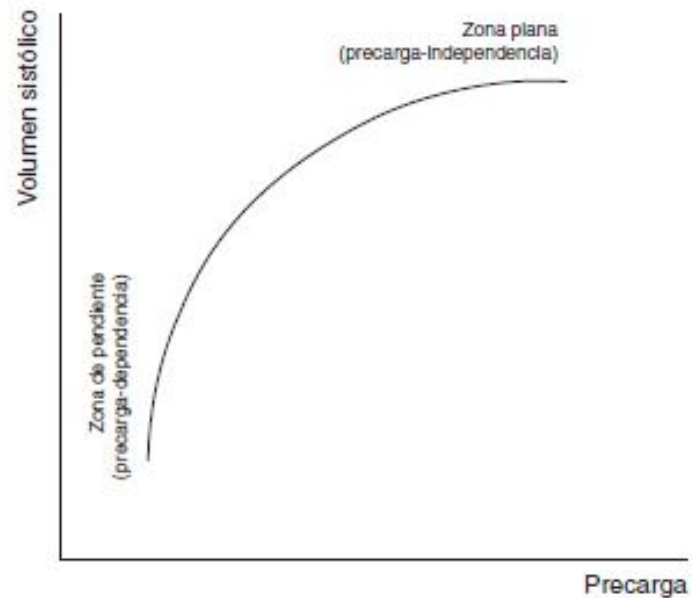
# PRECARGA

GRADO DE ESTIRAMIENTO O DISTENSIÓN MIOCÁRDICA PREVIA AL INICIO DE LA CONTRACCIÓN, ESTA CARACTERÍSTICA ES DIFÍCIL DE EVIDENCIAR POR ENDE SE UTILIZA EL VOLUMEN DE FIN DE DIÁSTOLE (VTDVI) COMO EQUIVALENTE O LA PRESIÓN DE FIN DE DIÁSTOLE (PTDVI).

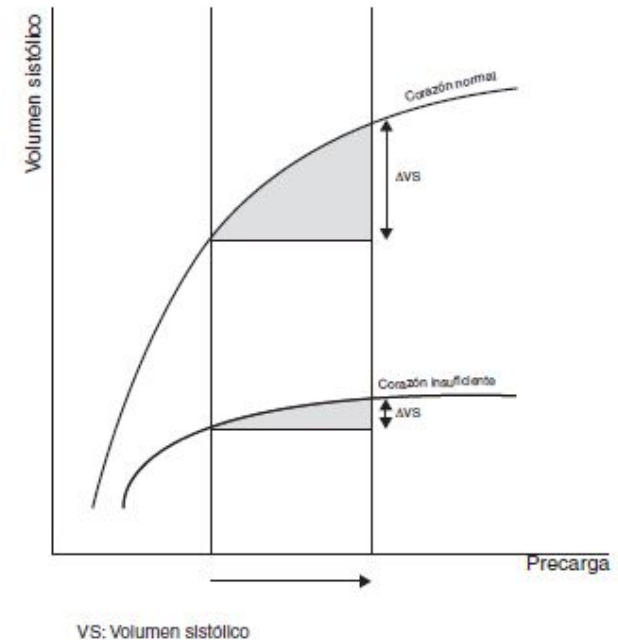


# PRECARGA - DEPENDENCIA

SEGÚN LA LEY DE FRANK-STARLING, EXISTE UNA RELACIÓN POSITIVA ENTRE LA PRECARGA Y EL VOLUMEN SISTÓLICO, DE TAL MODO QUE, CUANTO MAYOR ES LA PRECARGA VENTRICULAR (Y, POR LO TANTO, EL GRADO DE ESTIRAMIENTO DE SUS FIBRAS MIOCÁRDICAS), MAYOR ES EL VOLUMEN SISTÓLICO. SIN EMBARGO, ESTA RELACIÓN, COMO EN LA MAYORÍA DE LOS FENÓMENOS FISIOLÓGICOS DE NUESTRO ORGANISMO, NO ES LINEAL, SINO CURVILÍNEA. POR LO QUE, UNA VEZ ALCANZADO UN VALOR CONCRETO DE PRECARGA, INCREMENTOS POSTERIORES NO TIENEN TRADUCCIÓN SIGNIFICATIVA EN EL VOLUMEN SISTÓLICO.



**Figura 1. Curva de función ventricular o de Frank-Starling.**

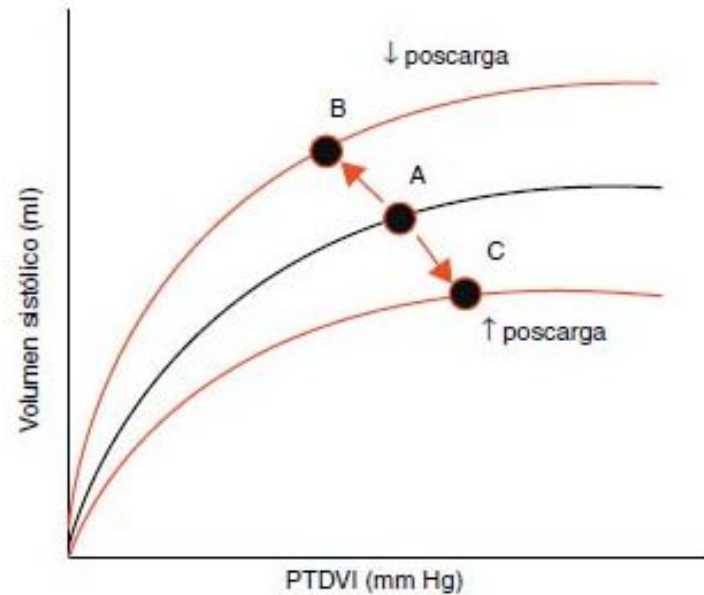


**Figura 2. Diferentes respuestas ante un incremento de la precarga dependiendo de la curva de función ventricular.**



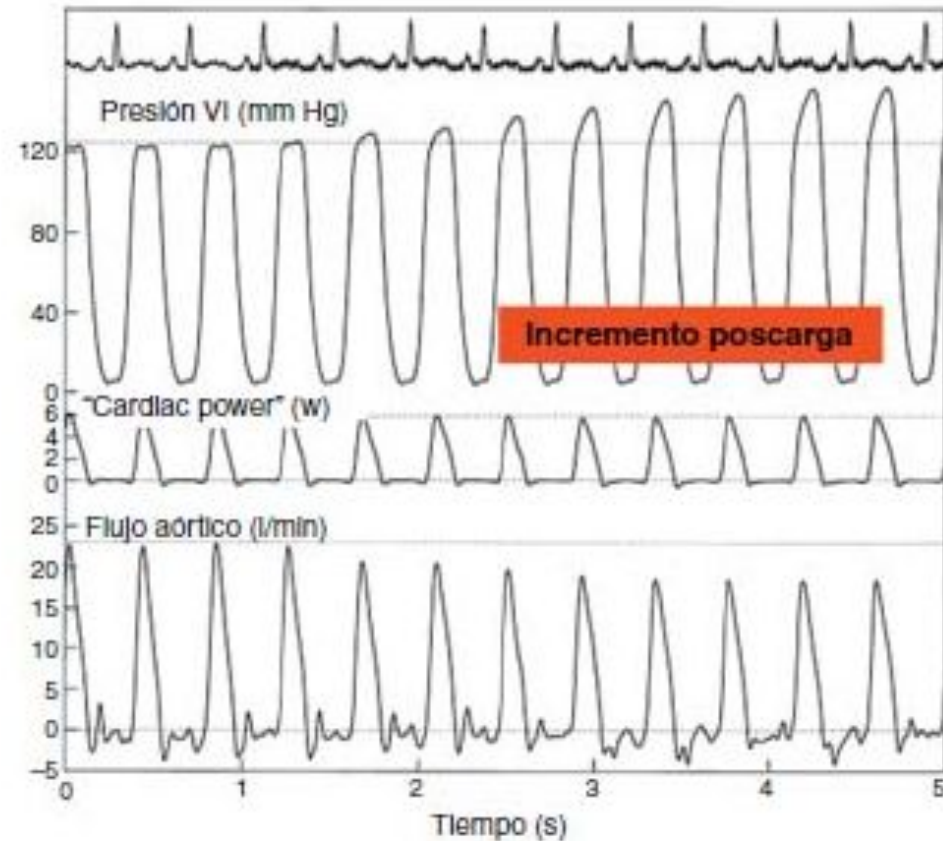
# POSCARGA

SON LAS FUERZAS QUE SE OPONEN A LA EYECCIÓN DEL VI.  
PRINCIPALMENTE CORRESPONDE A LA PRESIÓN AÓRTICA,  
PERO MAS ESPECÍFICAMENTE A LA ELASTANCIA AÓRTICA.



**Figura 4.** Efecto de los cambios de poscarga en las curvas de Frank-Starling.  
Un incremento de la poscarga produce un descenso del volumen sistólico y un aumento de la PTDVI (desplazamiento del punto A al C). Un descenso de la poscarga produce un aumento del volumen sistólico y un descenso de la PTDVI (desplazamiento del punto A al B).  
PTDVI: presión telediastólica de ventrículo izquierdo.

# POSCARGA



**Figura 6.** Efecto de un incremento de la poscarga, mediante oclusión parcial de la aorta, en la potencia cardíaca «cardiac power». La presión en el VI aumenta y el flujo aórtico disminuye secundario al aumento de poscarga, pero la potencia cardíaca permanece constante (Modificado de Mandarino et al., 20).  
VI: ventrículo izquierdo.

# EFFECTO ANREP

## ADAPCIÓN LENTA DE LA FUERZA DE CONTRACCIÓN

AUMENTO BRUSCO DE LA POSCARGA



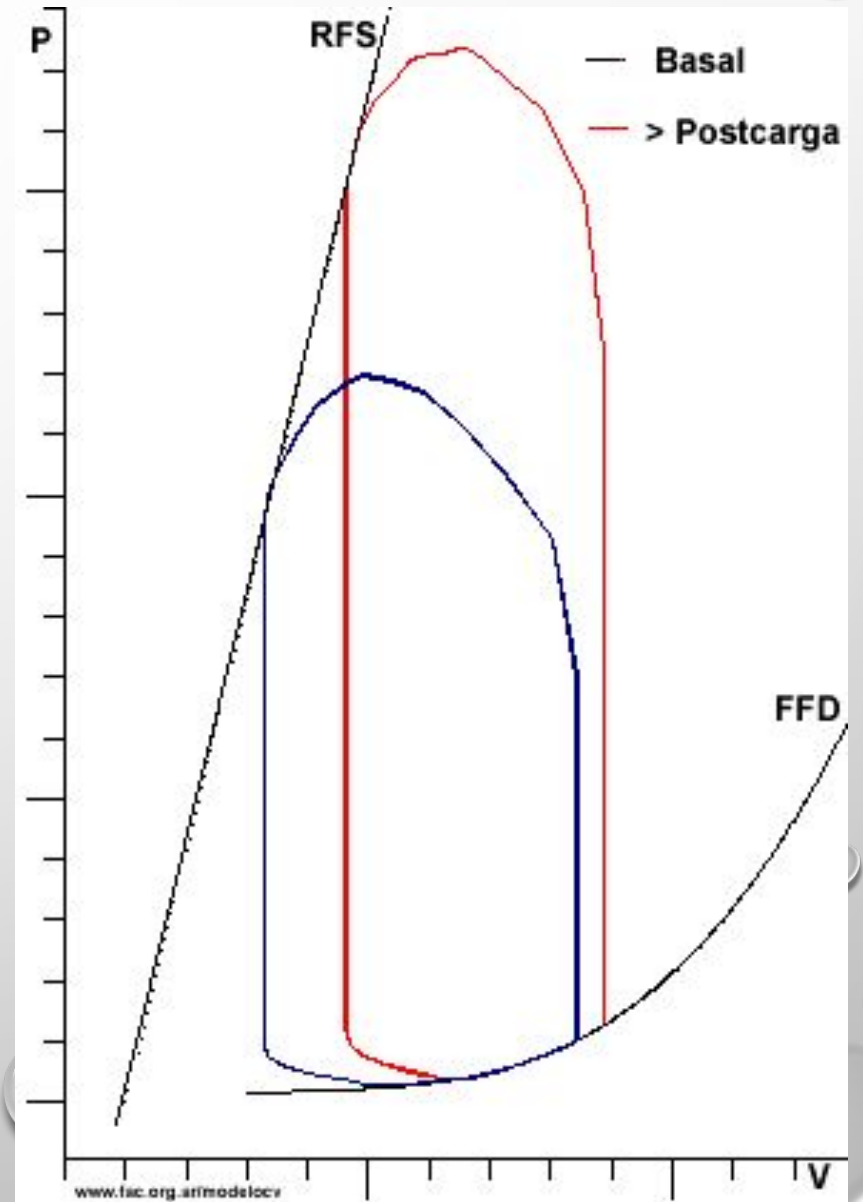
EYECCIÓN LIMITADA



AUMENTO DEL VTDVI

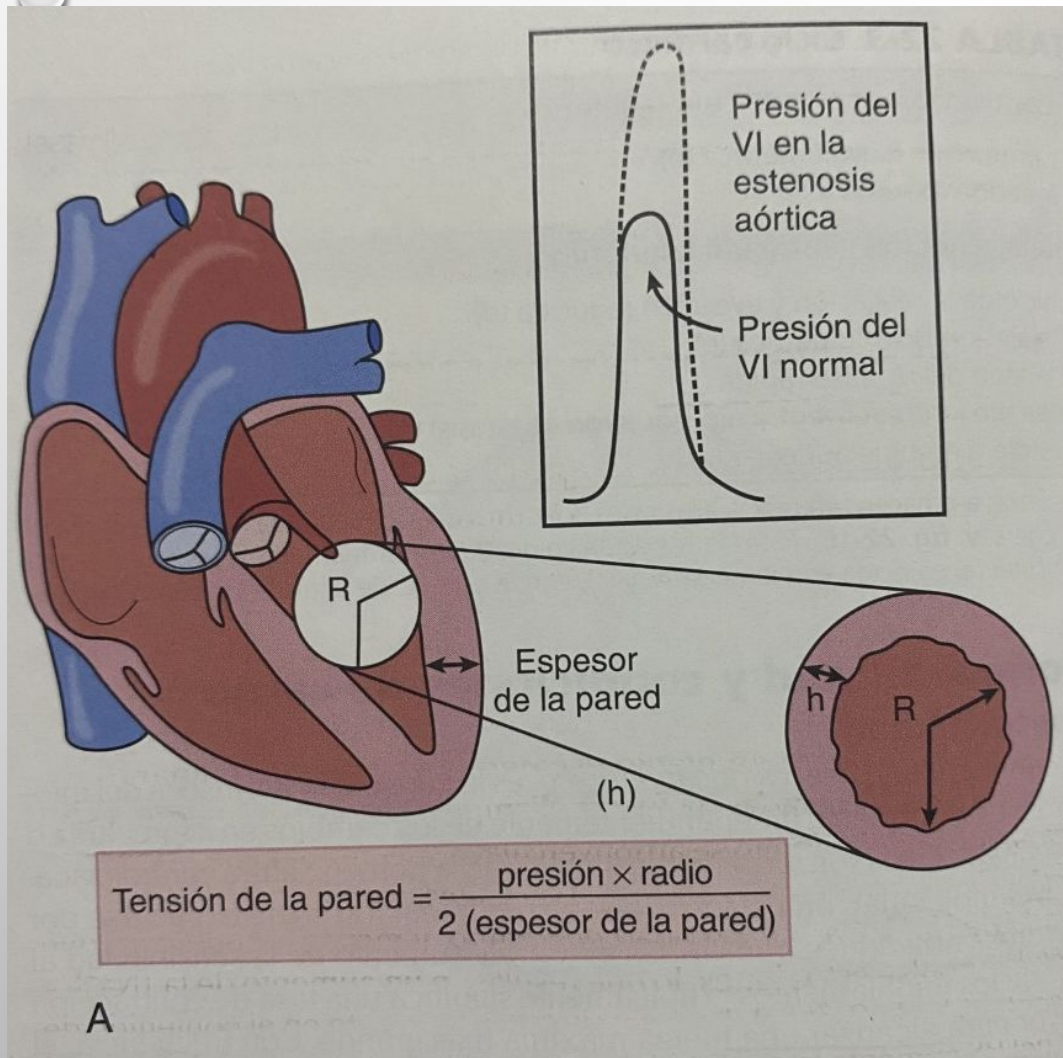


AUMENTO DE LA FUERZA Y LA PRESIÓN  
EN EL SIGUIENTE LATIDO



# TENSIÓN DE LA PARED VENTRICULAR

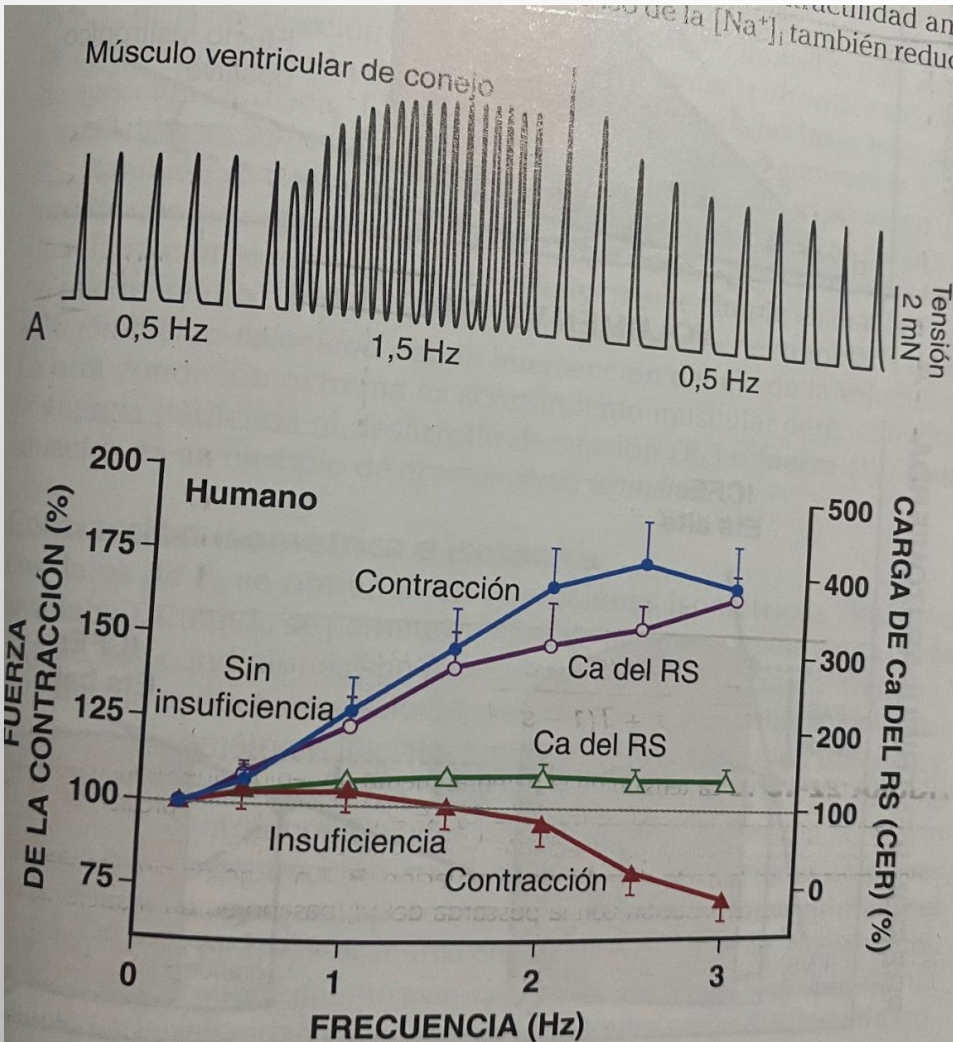
## LEY DE LAPLACE



- EN LOS AUMENTOS CRONICOS DE LA POSCARGA (AUMENTO DE A PTDVI), EL AUMENTO DEL ESPESOR DE LA PARED VENTRICUAR (HIPERTROFIA) COMPENSA LA TENSIÓN DE LA PARED.

# RELACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA CARDIACA Y FUERZA DE CONTRACCIÓN.

## FENOMENO DE TREPPE o BOWDITCH



The image features a light gray background with several realistic water droplets of various sizes scattered in the corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The word "GRACIAS" is centered in the middle of the page in a bold, black, sans-serif font.

**GRACIAS**