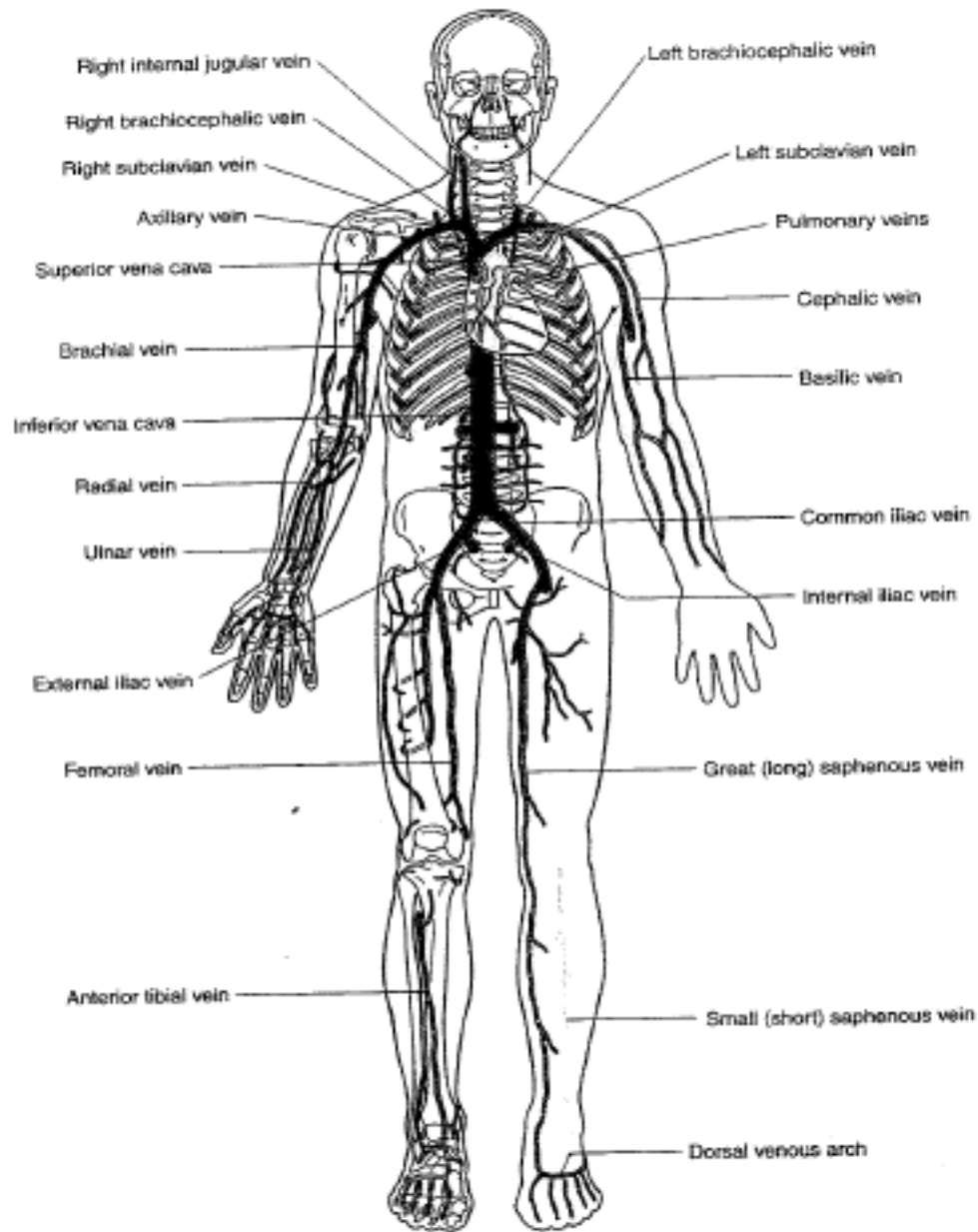


# ARTERIAS MAYORES EN EL CUERPO HUMANO I

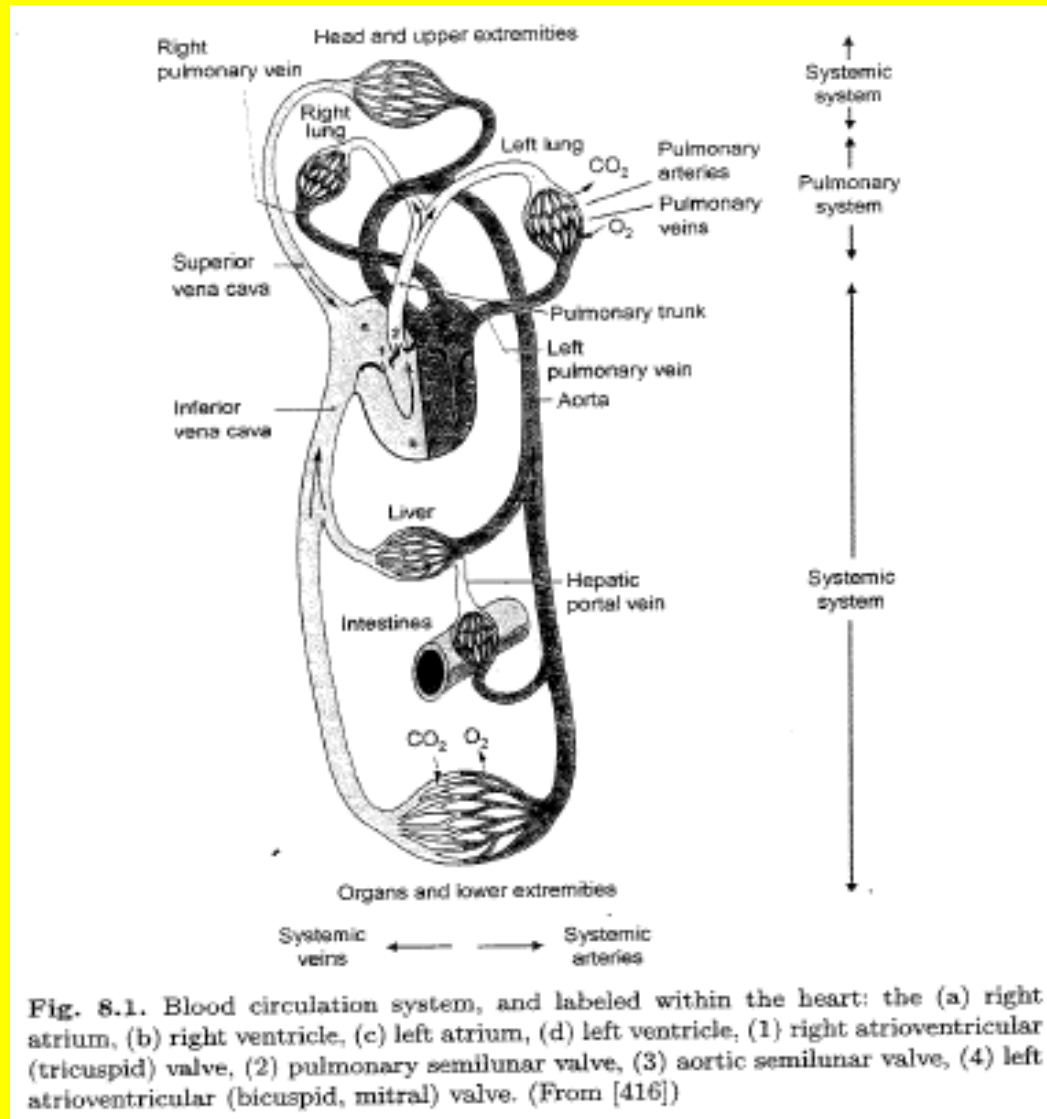
**Fig. 8.3.** Major arteries in the body. Arteries carry blood away from the heart in the systemic and pulmonary system. Many come in pairs, such as the right and left radial arteries. (From [408]. Used with permission)



# VENAS MAYORES EN EL CUERPO HUMANO

Fig. 8.4. Major veins in the body. Only the superficial veins are shown in the left limbs and only the deep veins are shown in the right limbs. Veins carry blood back to the heart in the systemic and pulmonary system. Many come in pairs, such as the right and left radial veins. (From [408]. Used with permission)

# SISTEMA CIRCULATORIO



# PRESION SANGUINEA NORMAL EN REPOSO Y VOLUMEN DEL SISTEMA CIRCULATORIO

Table 8.1. Normal resting values of blood pressure, with system volumes

	$P$ (mmHg)	$V$ (L)
systemic arteries	100	1.0
systemic veins	2	3.5
pulmonary arteries	15	0.1
pulmonary veins	5	0.4

5,0 L

Cámaras del corazón: 0,45 L

Total: 5,45 L

# PRESION SANGUINEA NORMAL EN POSICION HORIZONTAL

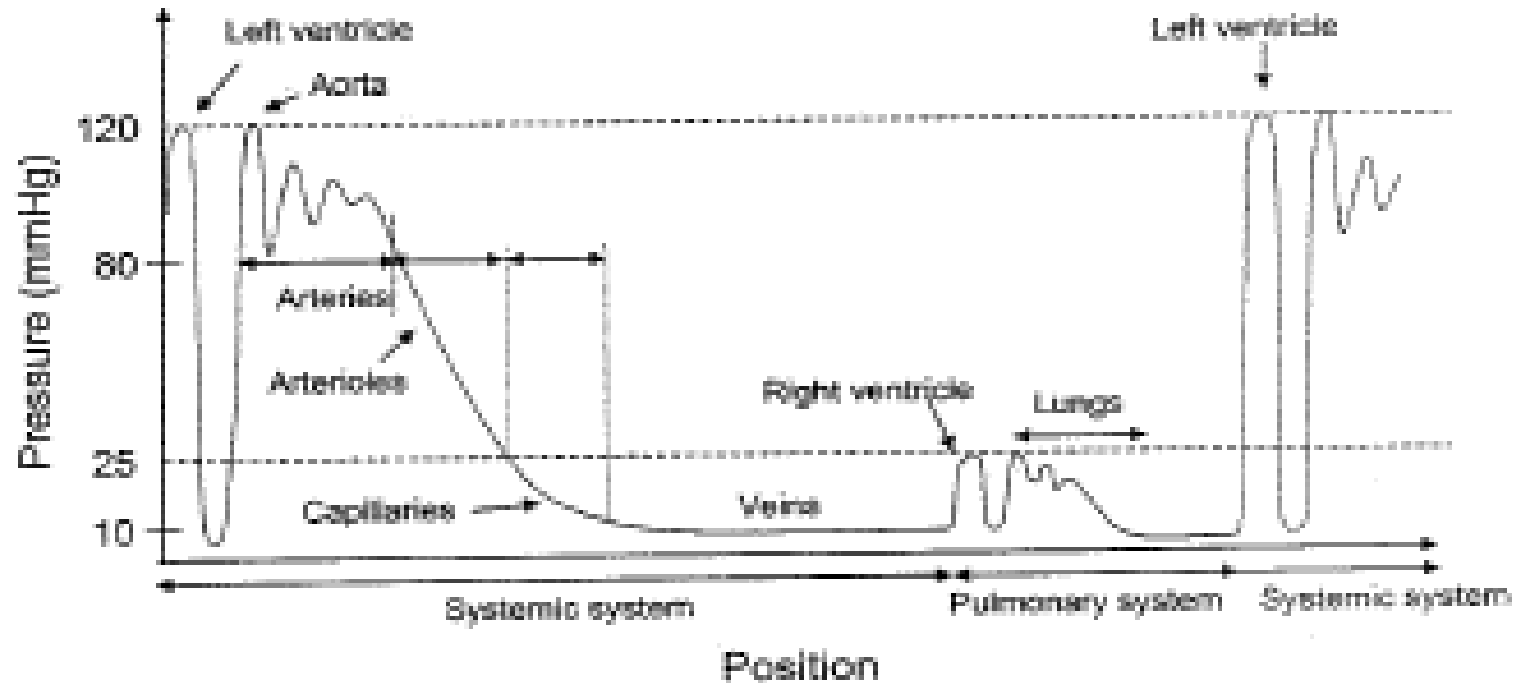


Fig. 8.13. Blood pressure along the circulatory system for a person lying horizontally. (Based on [371]) (1999)

# PRESIONES SANGUINEA SEGUN GENERO Y EDAD

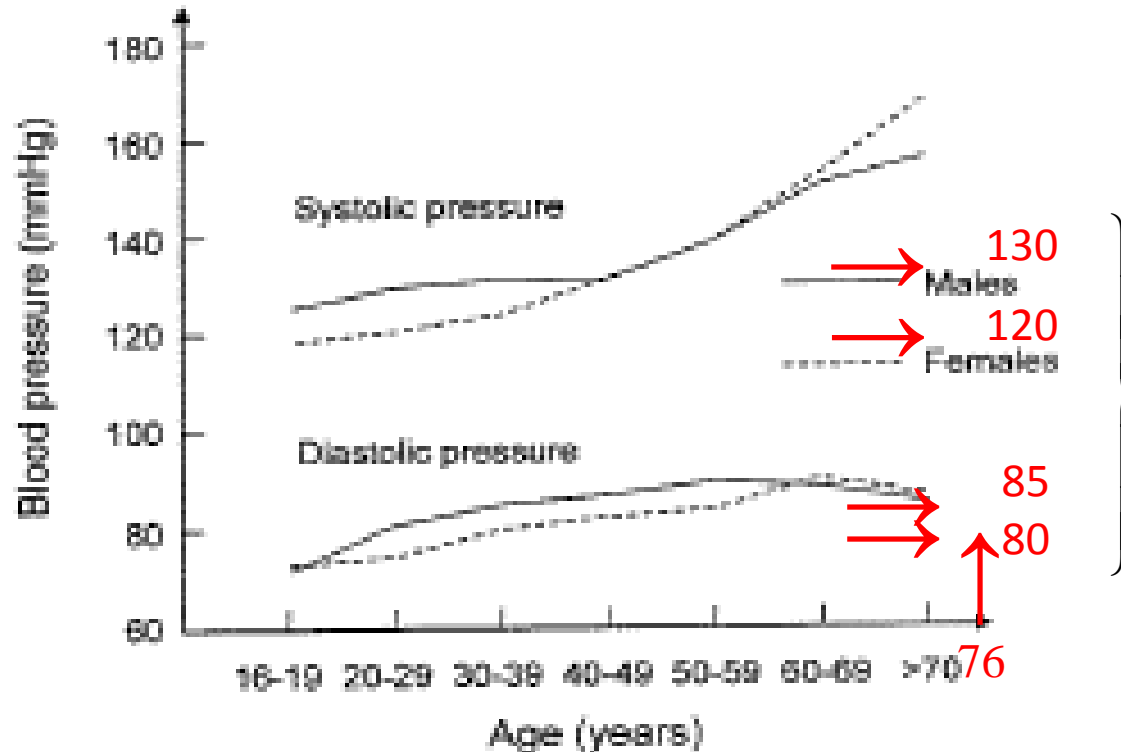


Fig. 8.34. Systolic and diastolic blood pressure is shown for males and females, averaged over age groups. The trend is to increased blood pressure with age. (Based on [400] and [403])

(1982 y 2003)

# CAMARAS, VALVULAS Y VASOS DEL CORAZON

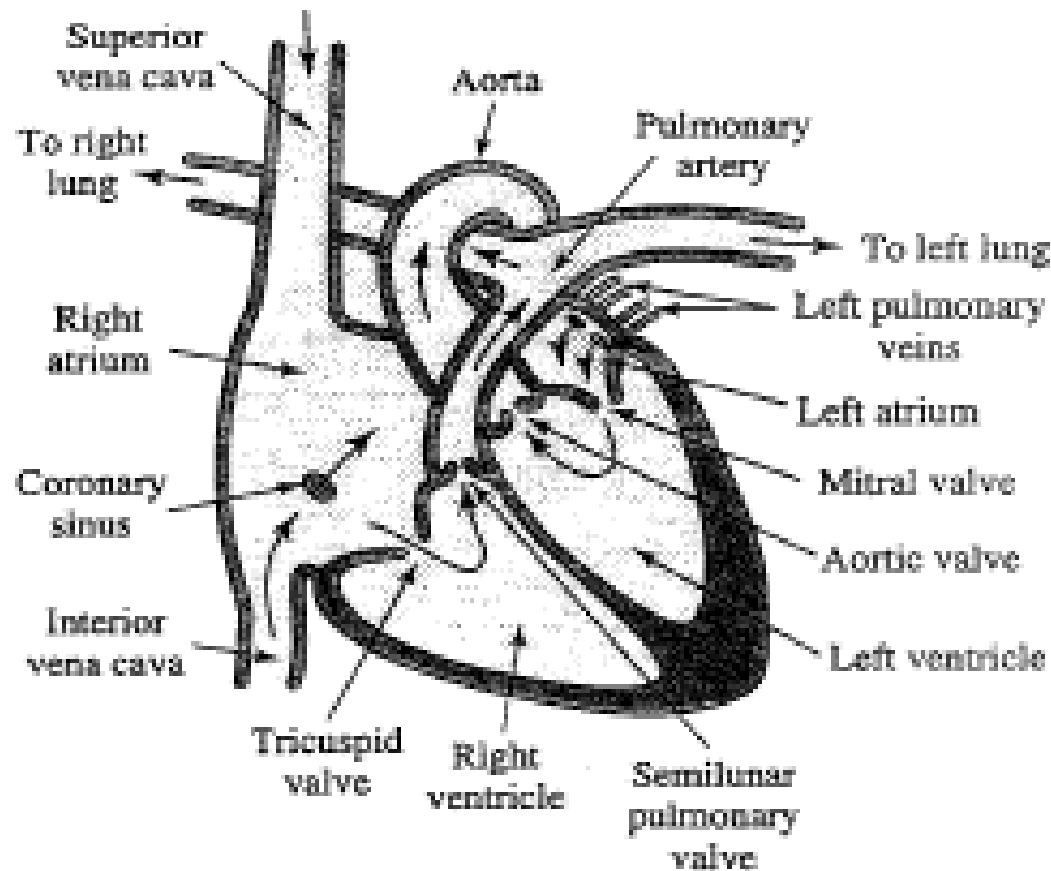


Fig. 8.2. Diagram of the heart, with its principle chambers, valves, and vessels.  
(From [367])

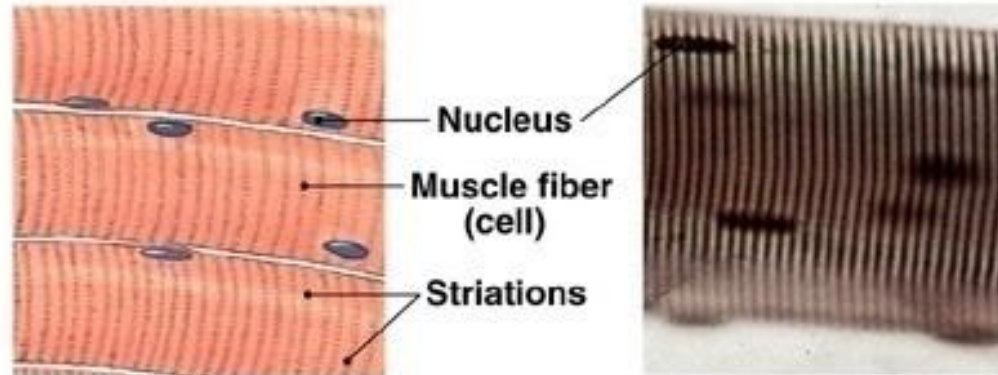
# CELULAS DE LOS MUSCULOS I

Células:  
Cilíndricas, largas  
polinucleadas y  
estriadas.

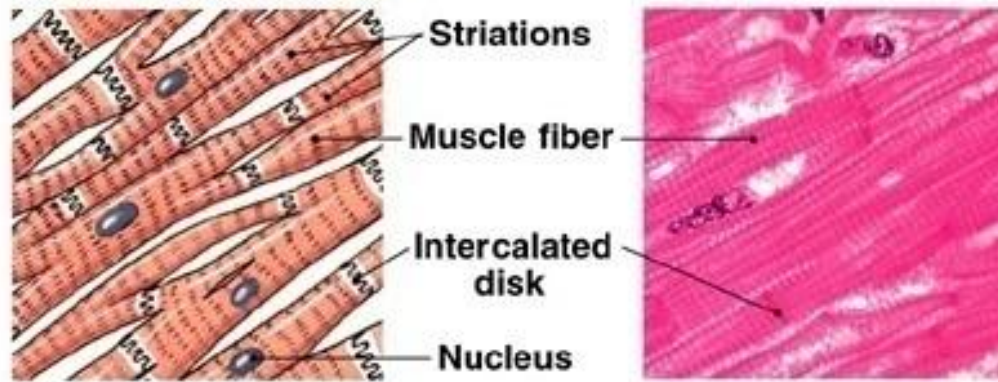
Cilíndricas, largas,  
mononucleadas,  
anastomosadas y  
estriadas.

Mononucleadas y  
ahusadas

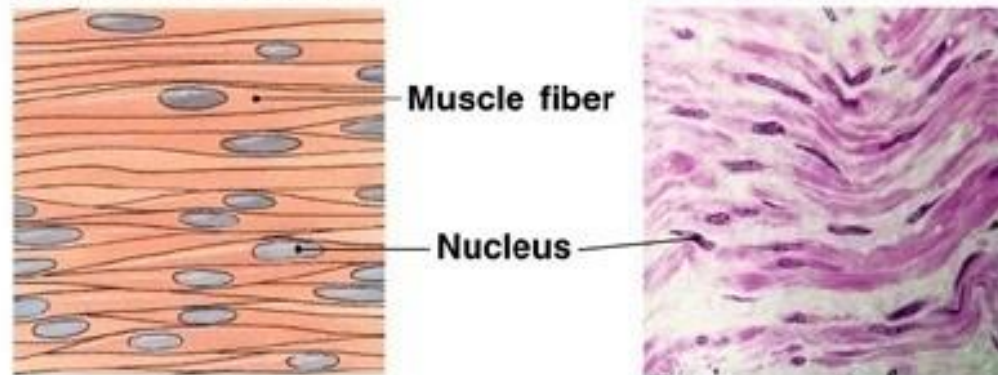
**(a) Skeletal muscle**



**(b) Cardiac muscle**



**(c) Smooth muscle**





# CELULAS DE LOS MUSCULOS II

Cabeza, cuello, tronco, miembros, párpados, ojos. Actúan bajo control consciente, aunque el diafragma durante el hipo no lo hace.

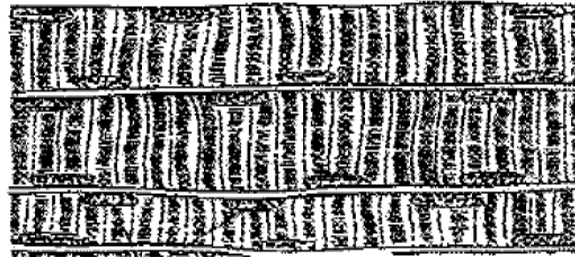
Corazón. No actúan bajo control consciente.

Adosadas a vasos sanguíneos, y a los sistemas digestivo y urogenital. No actúan bajo control consciente.

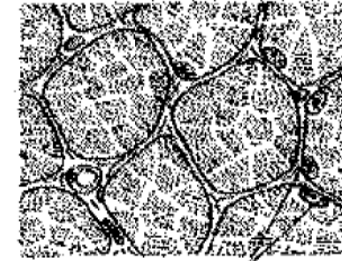
Length-wise

In cross section

(a) Skeletal muscle cells



Cell nuclei



Cell nuclei

(b) Cardiac muscle cells



Cell nucleus Discus intercalaris



Cell nucleus

(c) Smooth muscle cells

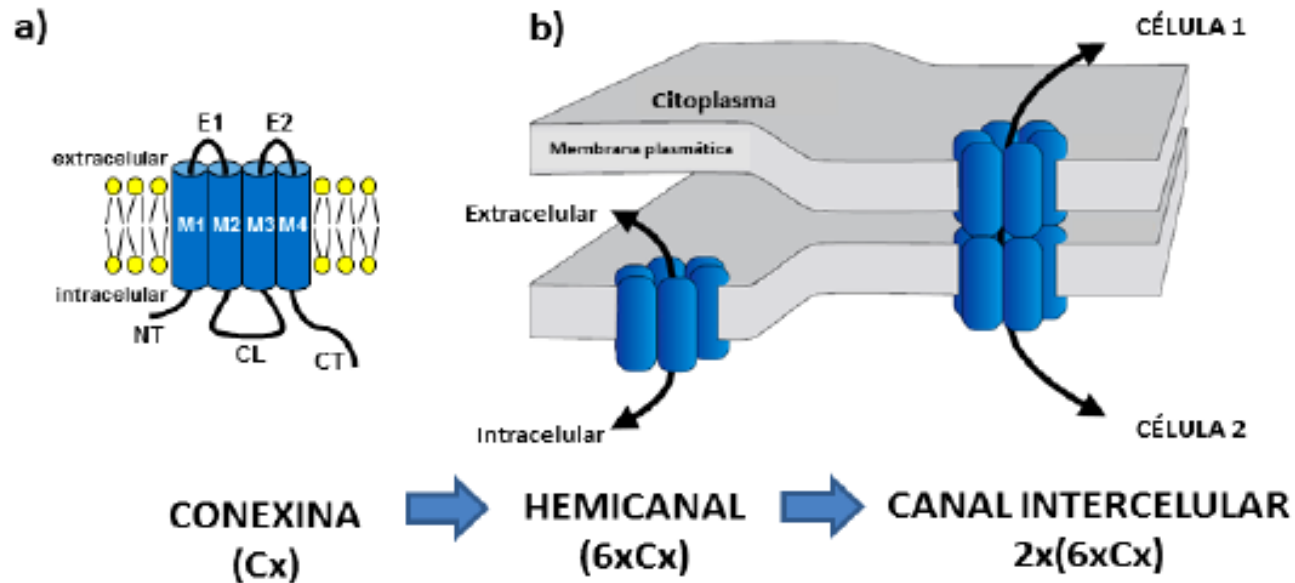


Cell nucleus



Cell nucleus

# TEJIDO CARDIACO CONEXINAS

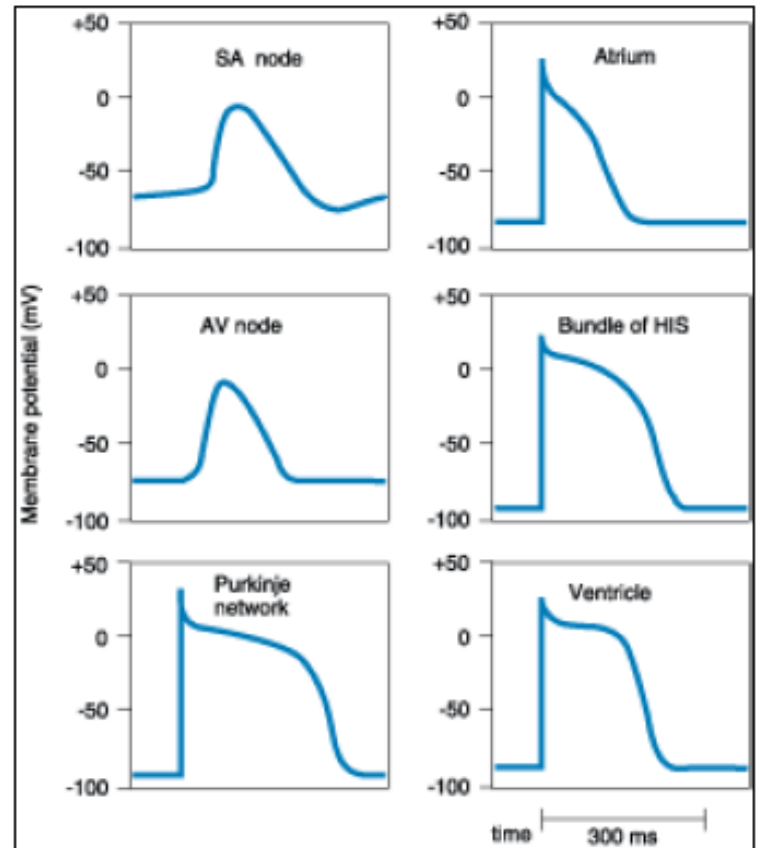
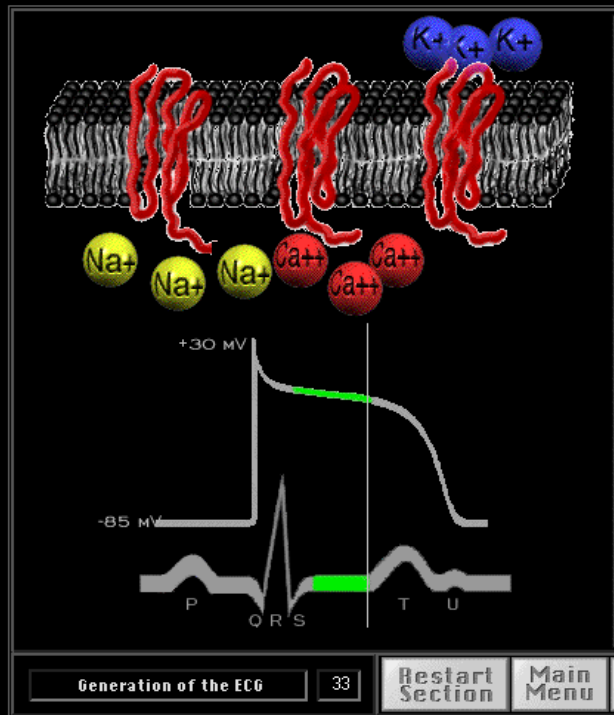


**Figura 1. Canales de conexina.** a) Todas las conexinas comparten la misma topología transmembranal, consistente en 4 dominios transmembrana (M1-M4), un asa citoplasmática (CL), dos asas extracelulares (E1, E2) y el dominio del amino- y del carboxilo-terminal orientados hacia el interior celular. b) Los canales intercelulares se forman en dos etapas; primero se forman los precursores o hemicanales por la oligomerización de seis subunidades de conexina en cada una de las células, y luego el canal intercelular al unirse los dos hemicanales. Los hemicanales de algunas conexinas pueden también ser funcionales formando una vía de señalización entre el interior y el exterior celular.

Patología	Proteína	Gen	Herencia
<b>Afectación de la mielina</b>			
Enfermedad de Charcot-Marie-Tooth	Cx32	<i>GJB1</i>	X
Enfermedad tipo Pelizaeus-Merzbacher	Cx47	<i>GJA12/GJC2</i>	AR
Cataratas	Cx46	<i>GJA3</i>	AD
	Cx50	<i>GJA8</i>	AD
Sordera neurosensorial	Cx26	<i>GJB2</i>	AR/AD
	Cx30	<i>GJB6</i>	
	Cx31	<i>GJB3</i>	
<b>Enfermedades de la piel</b>			
Síndrome de queratitis-ictiosis-sordera	Cx26	<i>GJB2</i>	AD
	Cx30	<i>GJB6</i>	
Síndrome de Vohwinkel	Cx26	<i>GJB2</i>	AD
Síndrome de Bart-Pumphrey	Cx26	<i>GJB2</i>	AD
Síndrome de Clouston	Cx30	<i>GJB6</i>	AD
Eritroqueratodermia variabilis	Cx30.3	<i>GJB4</i>	AD
	Cx31	<i>GJB3</i>	
<b>Enfermedades cardiovasculares</b>			
Fibrilación auricular	Cx40	<i>GJA5</i>	AD/ND
Heteroataxia visceratrial	Cx43	<i>GJA1</i>	ND
Displasia oculo-dento-digital	Cx43	<i>GJA1</i>	AD/AR

AR, autosómica recesiva; AD, autosómica dominante; X, ligada al X, ND, no determinada.

# potencial transmembrana



# SISTEMA ELECTRICO DEL CORAZON

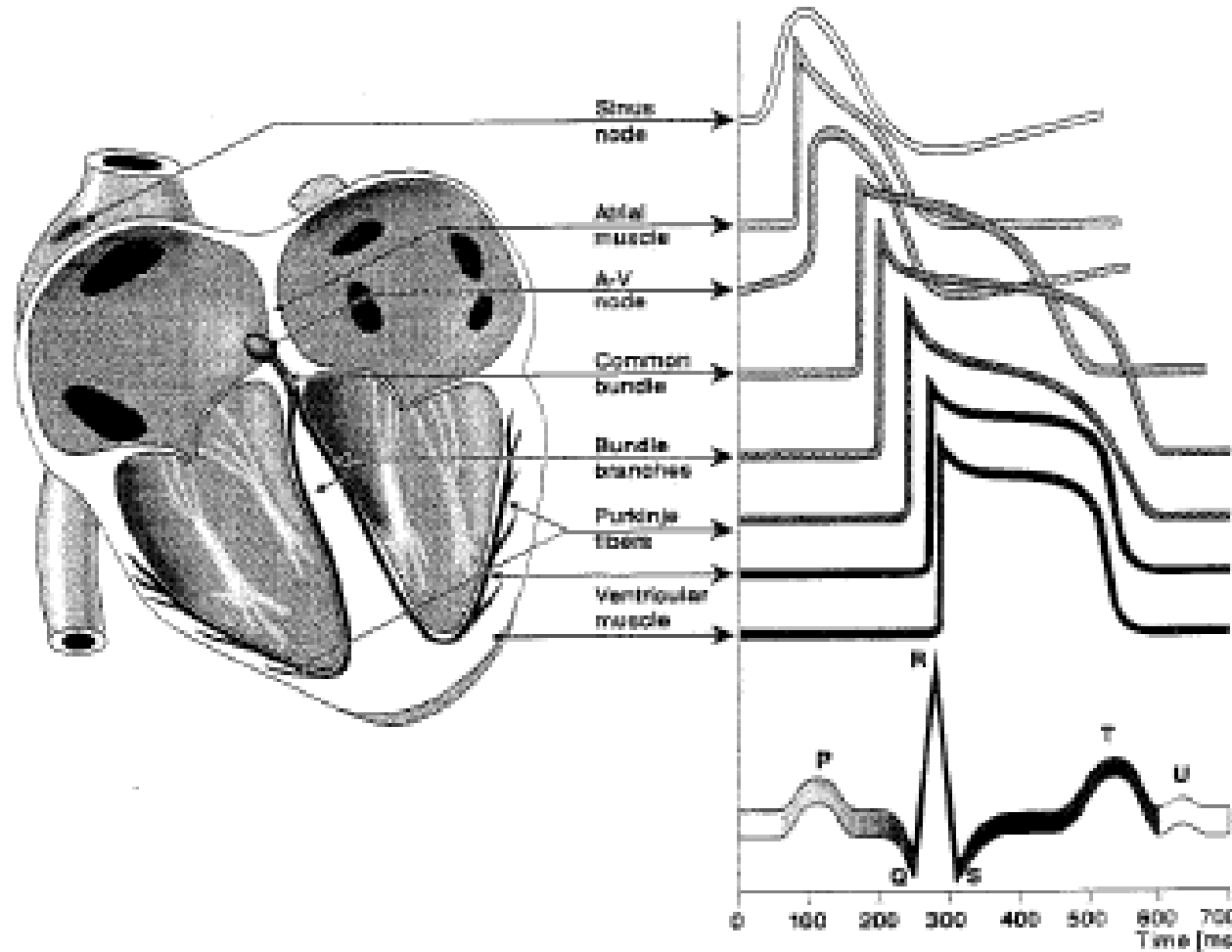
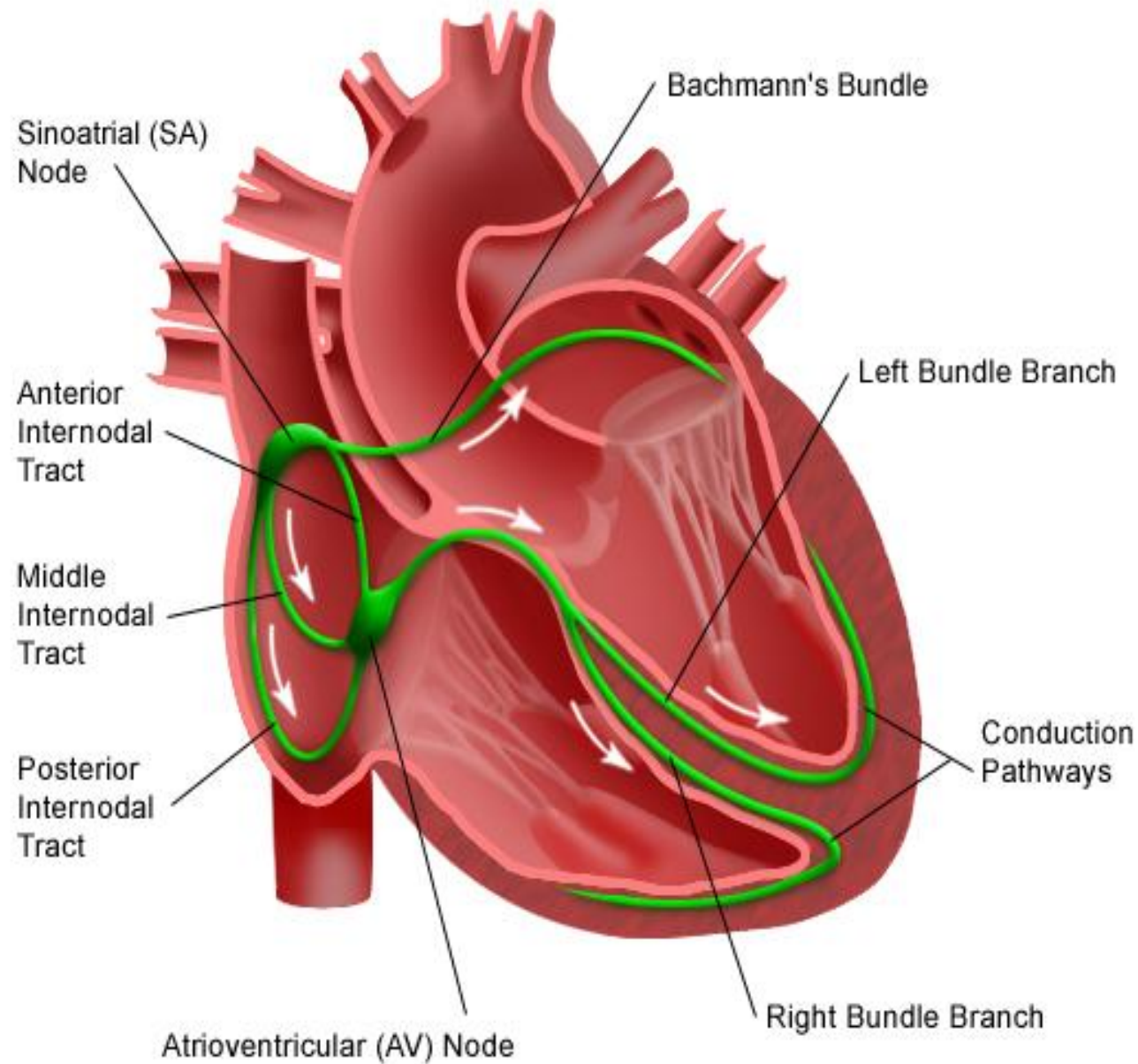


Fig. 8.6. Conducting system of heart with the sinoatrial/sinus and atriventricular/AV nodes, along with the electrical waveforms of the activity of each - including the EKG on the bottom. Also see Fig. 12.28. (From [404])

# Electrical System of the Heart



# CAMARAS, VALVULAS Y VASOS DEL CORAZON

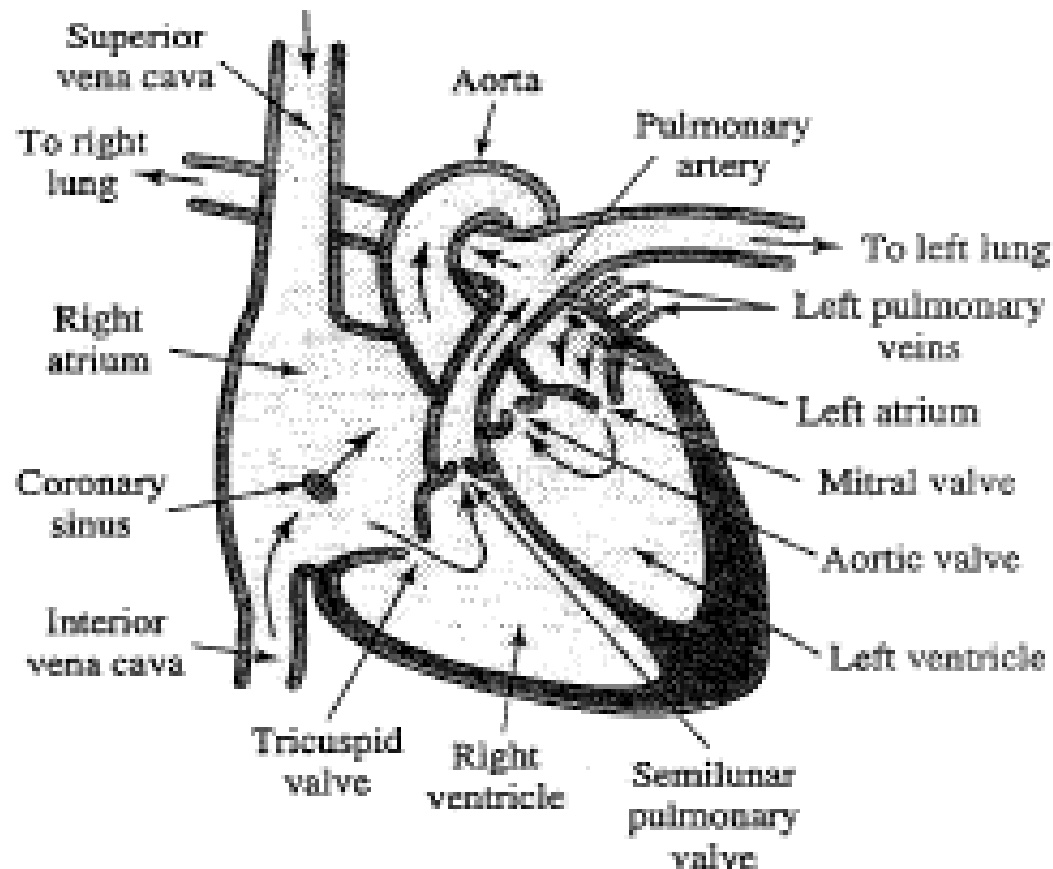


Fig. 8.2. Diagram of the heart, with its principle chambers, valves, and vessels.  
(From [367])

# Válvulas cardiacas

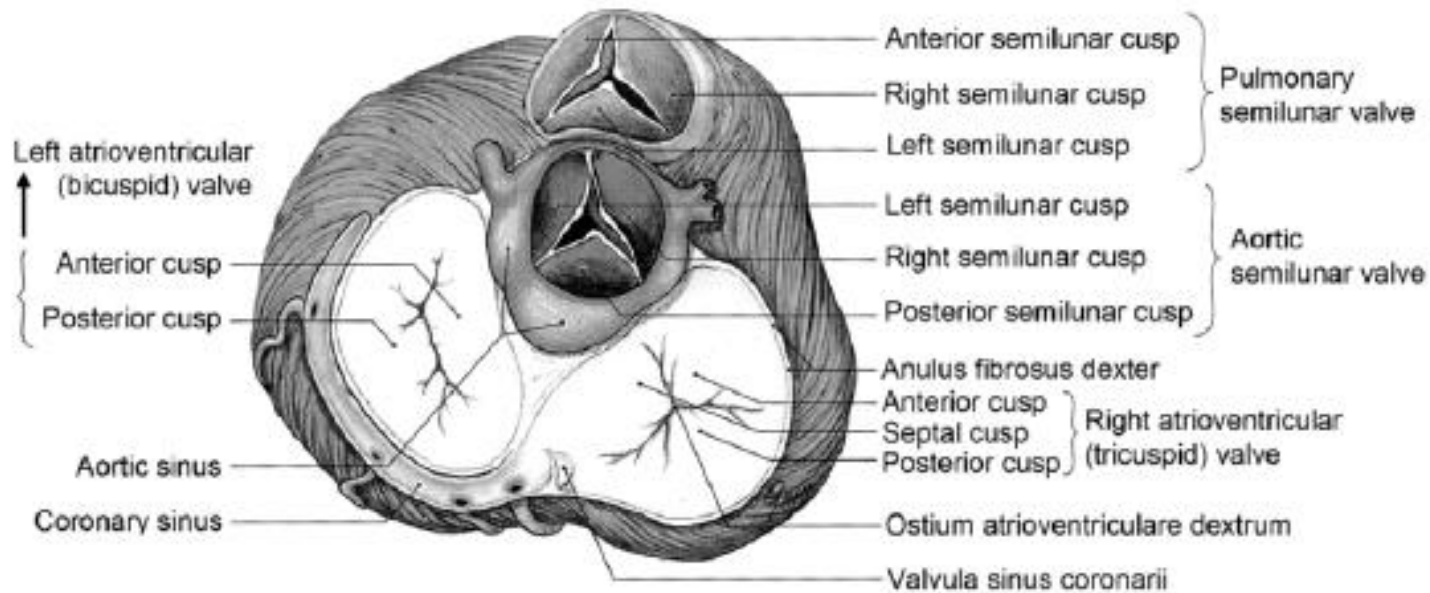
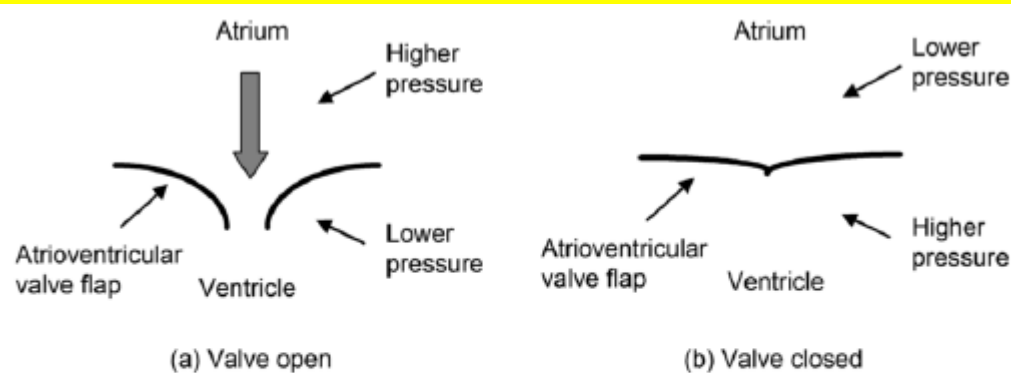


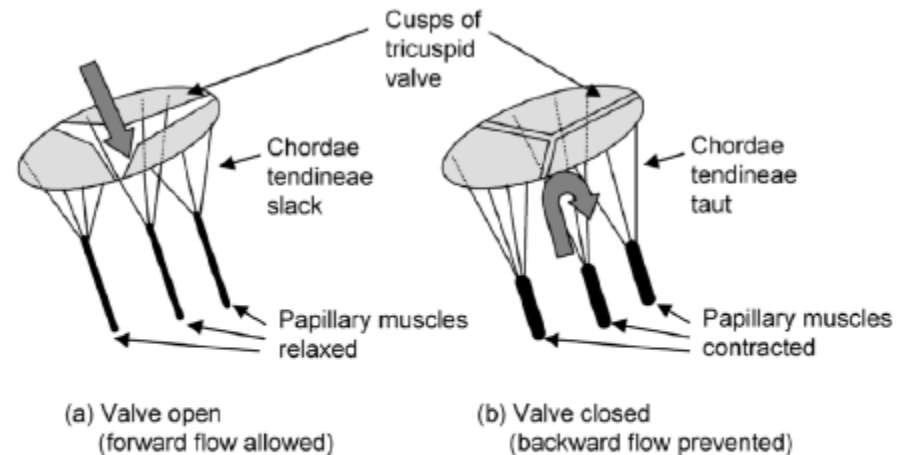
Fig. 8.7. Drawing of the four major heart valves, showing the cusps (flaps). (From [418])



# Válvulas cardíacas

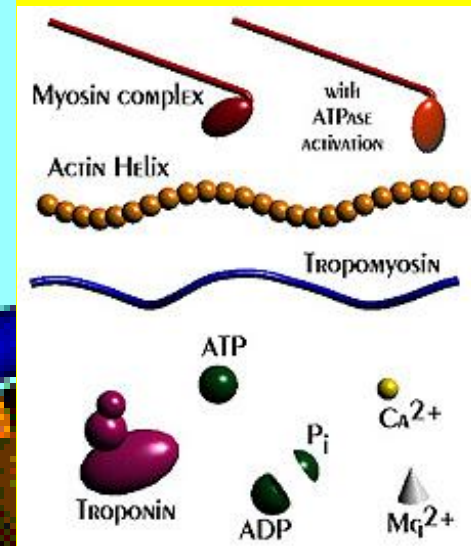
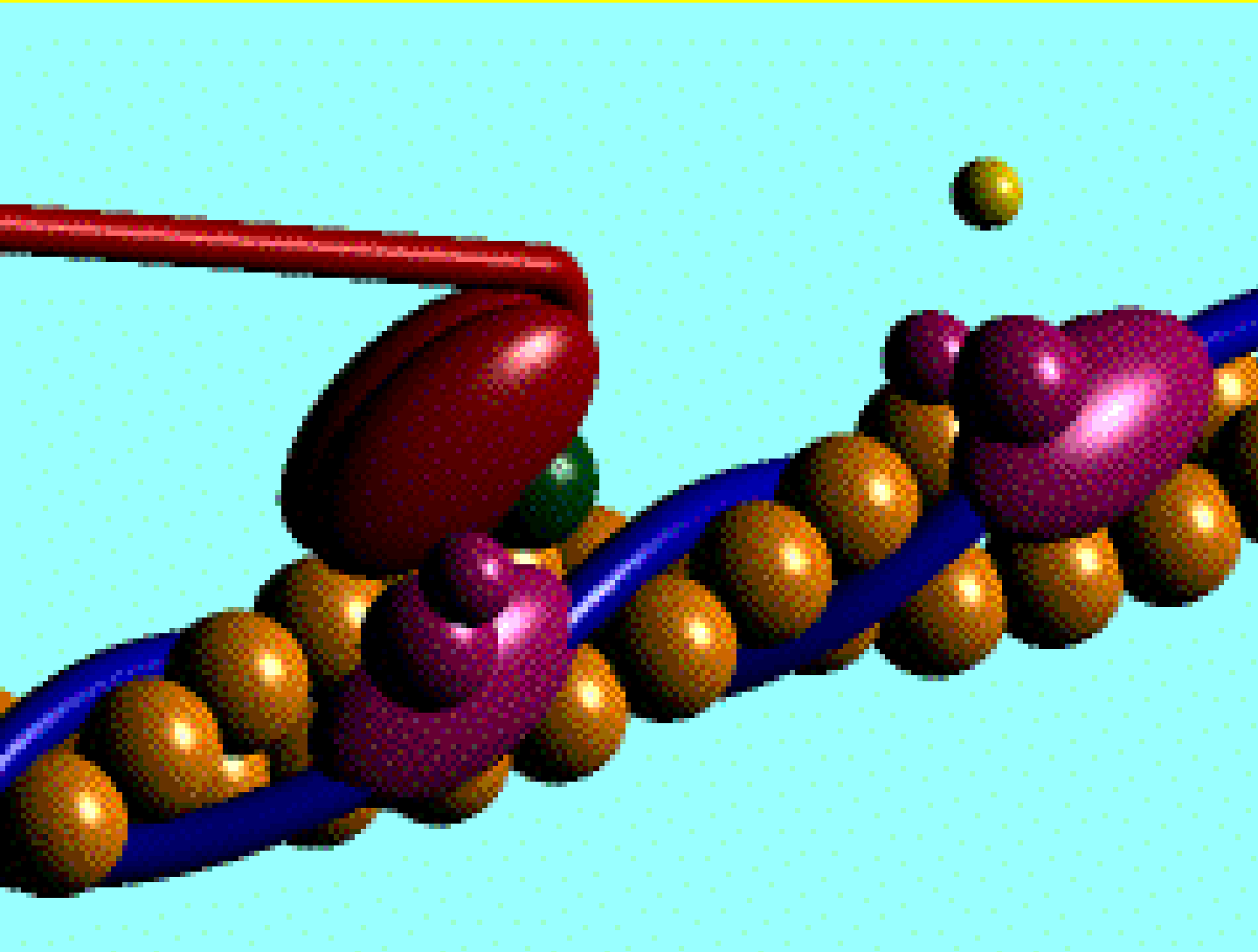


**Fig. 8.8.** Schematic of the unidirectional flow of an atrioventricular heart valve. (a) The pressure in the atrium exceeds that in the corresponding ventricle and the valve opens, with a jet of blood rushing in. Toward the end of diastole, the jet is broken. The deceleration of the blood creates a pressure, which tends to close the valve. (b) The valve is normally closed. (Based on [417])



**Fig. 8.9.** The papillary muscles on the ventricular side of the atrioventricular valves contract when the valves are closed, making the chordae tendineae taut, as in (b). The muscles and the chordae tendineae are relaxed when there is forward blood flow, as in (a). (Based on [417])

# NANOMOTORES MUSCULARES A FILAMENTOS DESLIZANTES III



# RESPUESTAS ISOMETRICAS DE ALGUNOS MUSCULOS

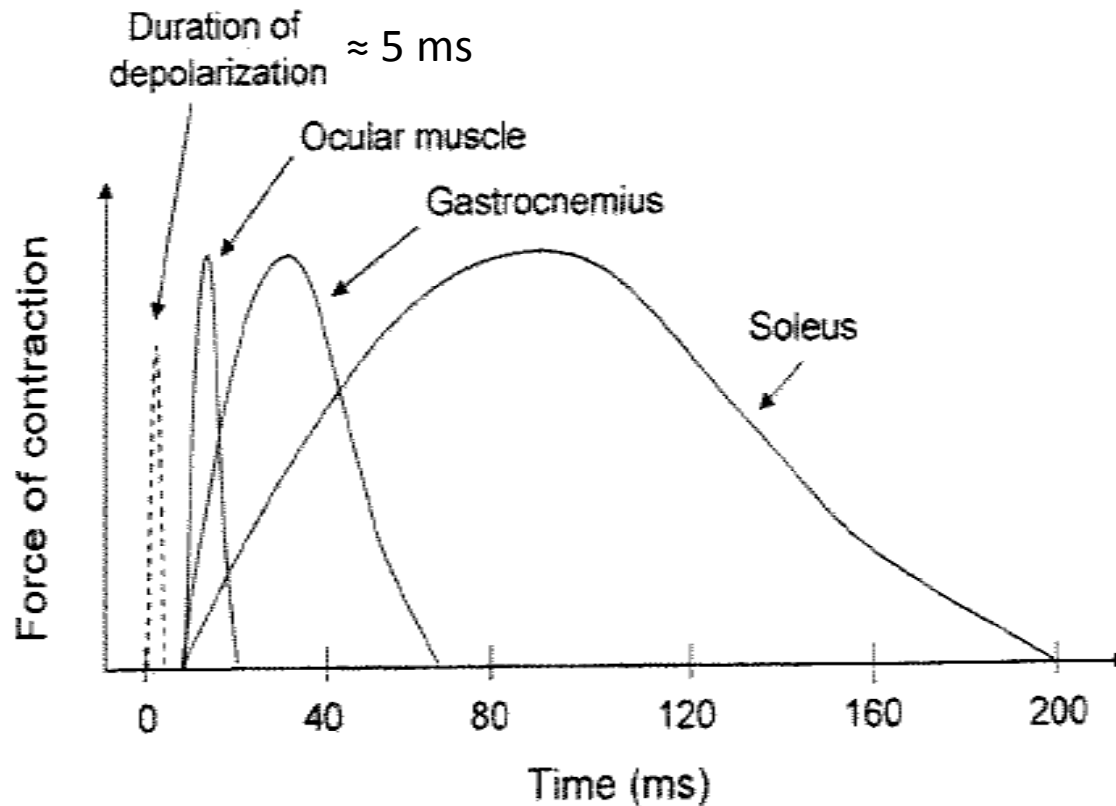


Fig. 5.11. Duration of isometric responses for different muscles with different FT and ST muscle fibers. (Based on [254])

# RESPUESTAS ISOMETRICAS DEL MUSCULO CARDIACO. LEY DE FRANK STARLING.

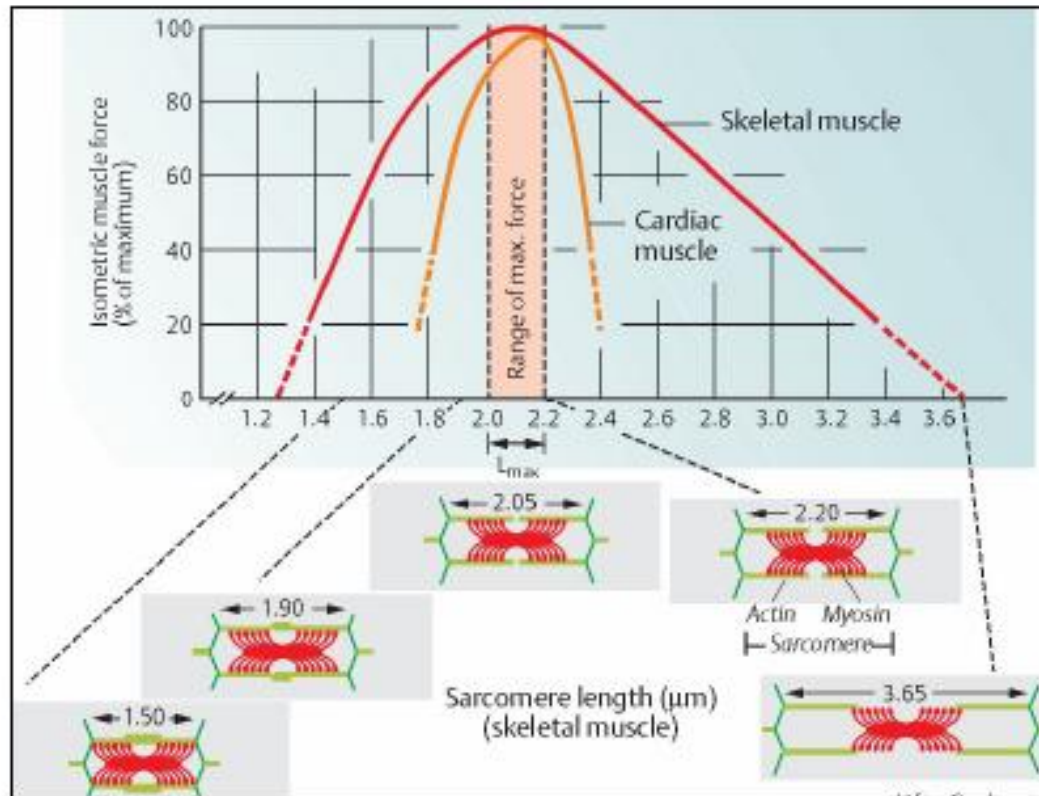


Figura 2.1.2.3) Dependencia de la tensión isométrica máxima con la longitud inicial del sarcómero: ley de Frank-Starling [11].

# Tensión pasiva en el musculo cardiaco

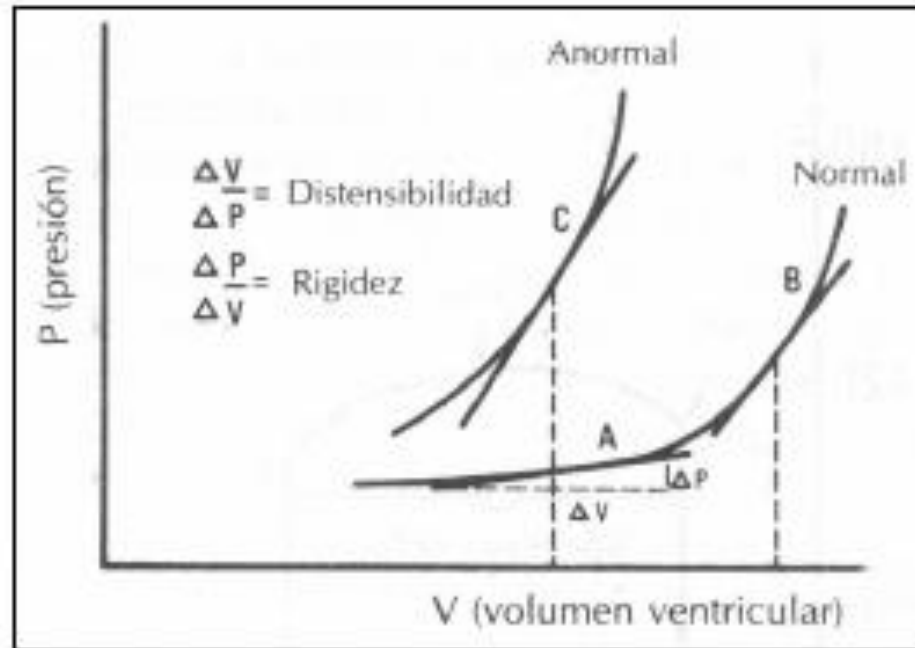


Figura 2.1.2.1) Curva de tensión pasiva de un ventrículo izquierdo normal y un caso patológico [2].

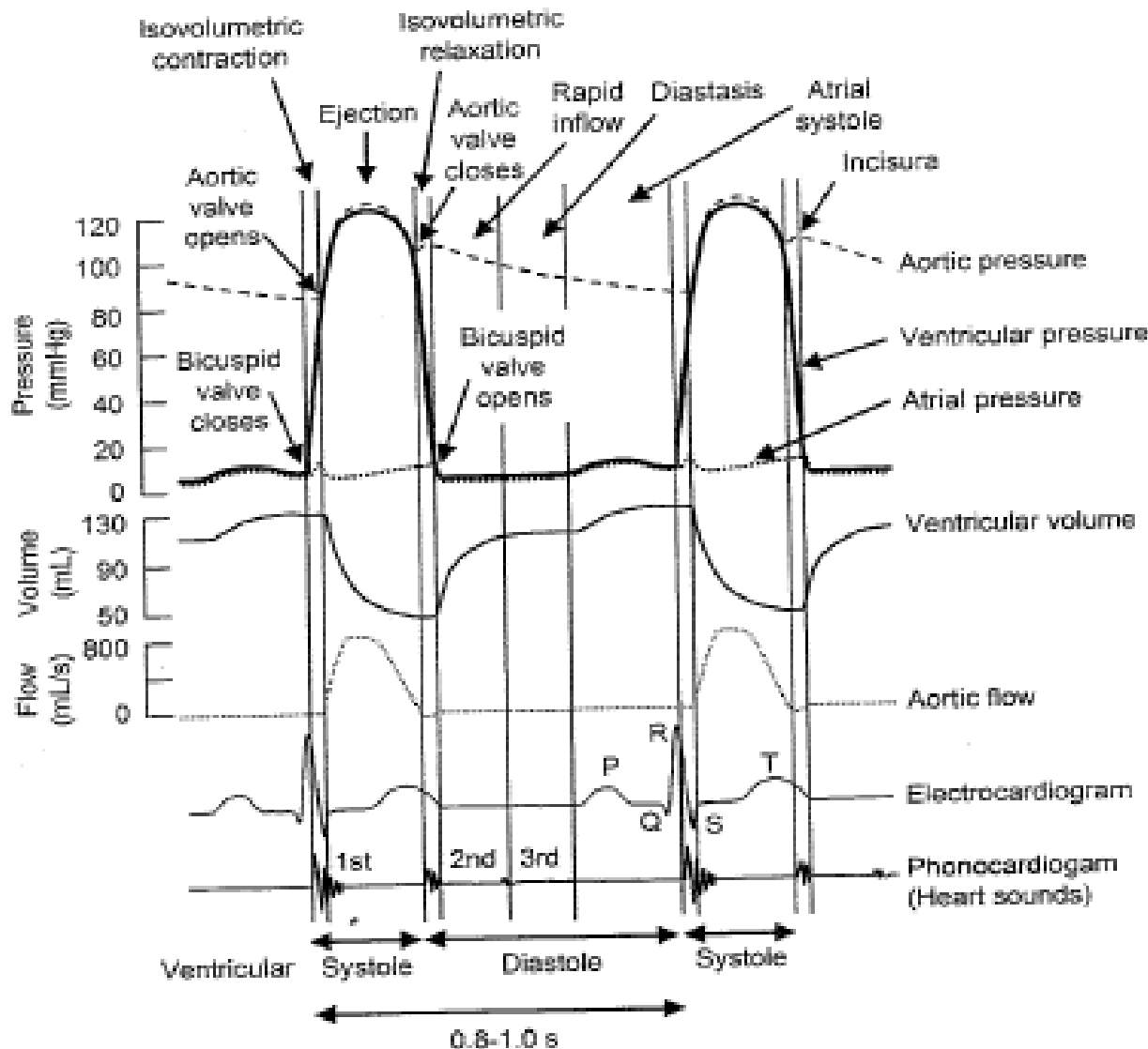
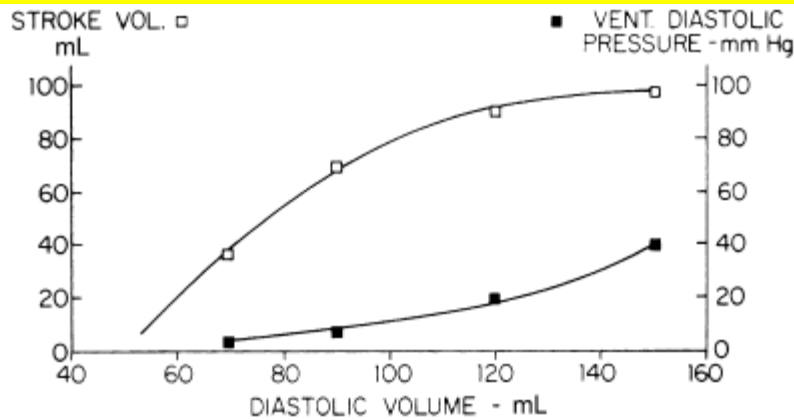


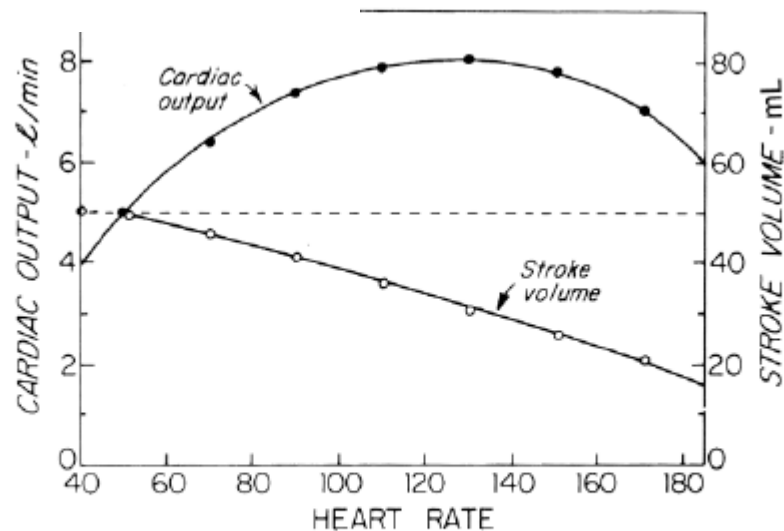
Fig. 8.5. The left ventricular and atrial pressures are plotted along with the left ventricular volume, aortic pressure and flow rate, the electrocardiogram and the phonocardiogram (which is the signal from heart sounds) in this Wiggers diagram. The opening and closing times of the aortic semilunar and bicuspid (mitral) valves are also shown. (Based on [390], [414], and [417]) (1997, 1989, y 1993)

PRESIONES,  
VOLUMENES Y  
CAUDALES.  
ECG Y  
FCG

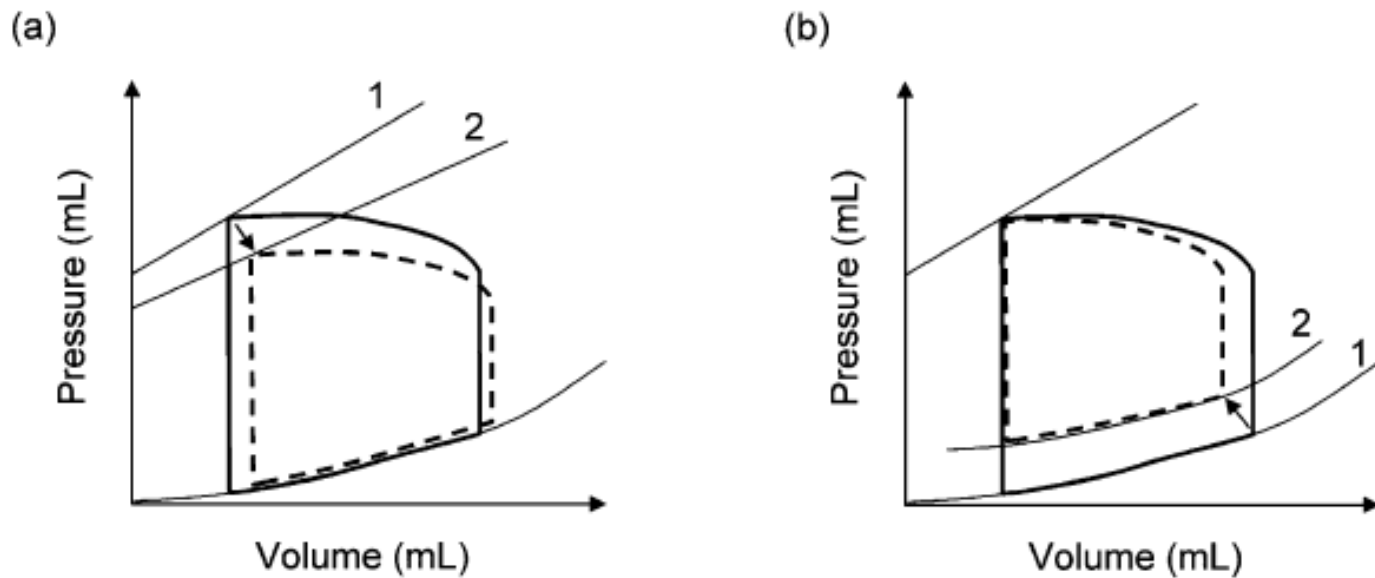
# Mecanismo de Frank Starling



**Fig. 8.30.** The stroke volume increases with diastolic volume and pressure, as seen with data for four heart beats. This dependence, along with the explanation of it, is known as the Frank–Starling mechanism. (Reprinted from [415]. Used with permission of Elsevier)



**Fig. 8.32.** Typical dependence of cardiac output and stroke volume on heart rate. (Reprinted from [415]. Used with permission of Elsevier)



**Fig. 8.59.** Pressure–volume curves for the left ventricle for normal performance (*solid loop*), systolic dysfunction (*dashed loop* in (a)), and diastolic dysfunction (*dashed loop* in (b)). (Based on [380])



# Modelización de la propagación del potencial transmembrana

$$\frac{\partial V_m}{\partial t} = - \frac{I_{ion}(t)}{C_m}$$

$$I_{ion} = \sum_{x=1}^n I_x \quad (2)$$

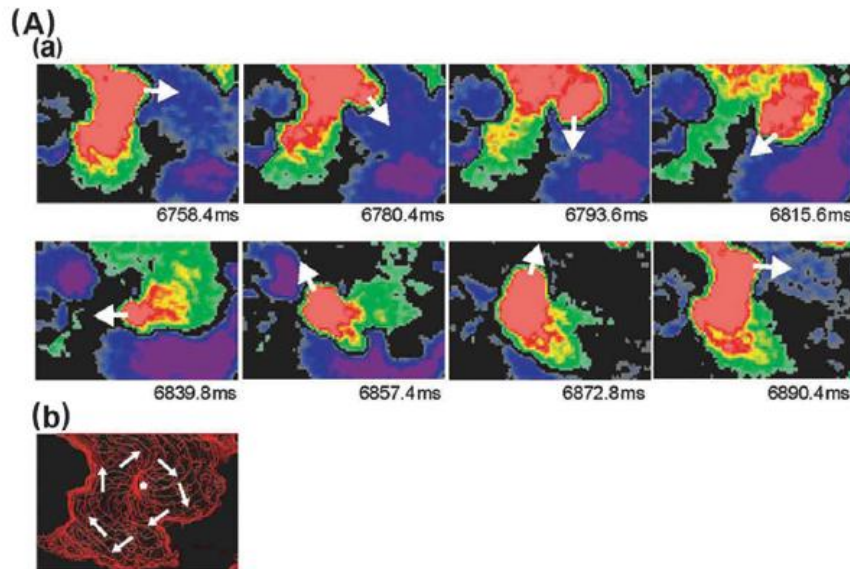
where the  $I_x$ 's are expressed as

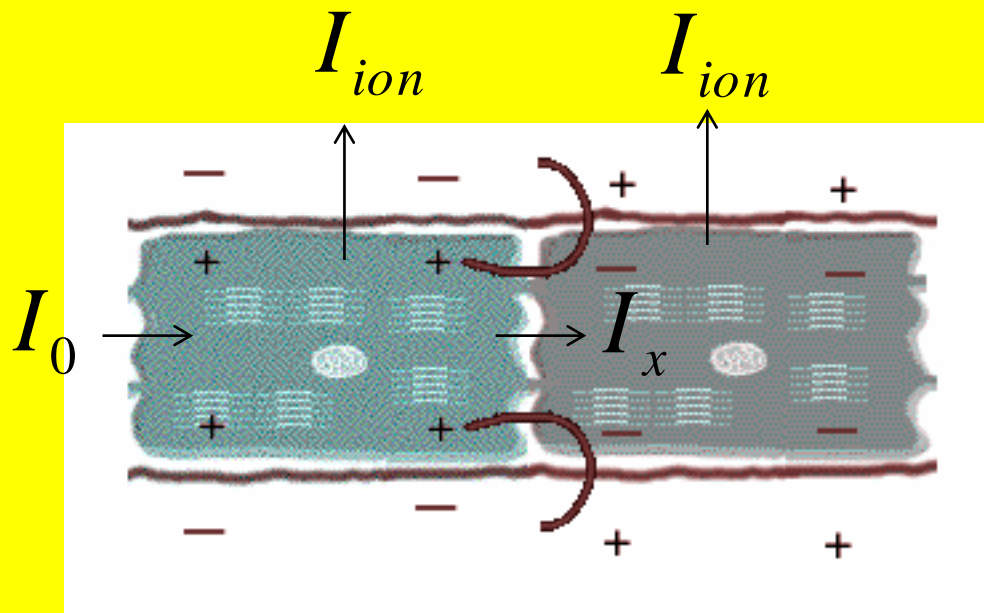
$$I_x = G_x \left( \prod_{p=1}^m z_p^q \right) (V_m - E_x) \quad (3)$$

where  $G_x$  is the conductivity and  $E_x$  is the inverse potential of  $I_x$ , and  $z_p$  is a variable indicating the  $p^{th}$  channel state.  $z_p$ 's depend on time as

$$\frac{dz_p}{dt} = \alpha_z(V_m)(1 - z) + \beta_z(V_m)z \quad (4)$$

where  $\alpha_z$  and  $\beta_z$  are velocity constants.





$$\frac{\partial V_m}{\partial t} + \frac{I_{ion}}{C_m} = I_x - I_0$$



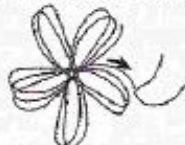





$$\frac{\partial V_m(x)}{\partial x} = rI(x)$$

$$I_x = I_0 + \left( \frac{\partial I(x)}{\partial x} \right) dx$$

$$\frac{\partial V_m}{\partial t} + \frac{I_{ion}}{C_m} = ga \nabla^2 V_m$$

$$a = dx$$

- Modelos de excitación cardíaca y propagación del impulso eléctrico

Mecanismo subyacente	Dinámica espacial	Electrocardiograma	Presentación clínica
Onda espiral estable			TV monomórfica
Onda espiral con serpenteo cuasi-periódico			Torsades de pointes
↓	↓	↓	↓
Onda espiral con serpenteo caótico			TV polimórfica
↓	↓	↓	↓
Disgregación de ondas espirales			FV

# Mecanismo de Frank Starling

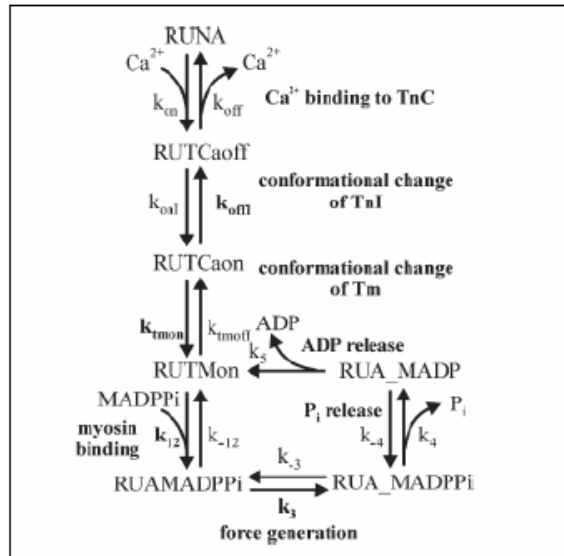


Figura 2.3.1) Pasos intermedios del mecanismo molecular considerado para modelar la actividad contráctil del sarcómero. Tomado de [31].

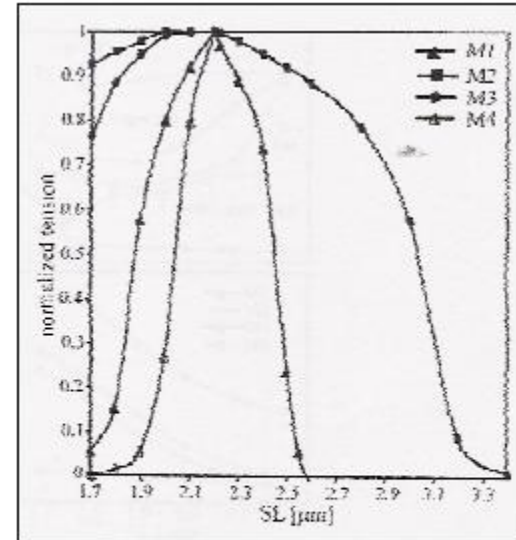
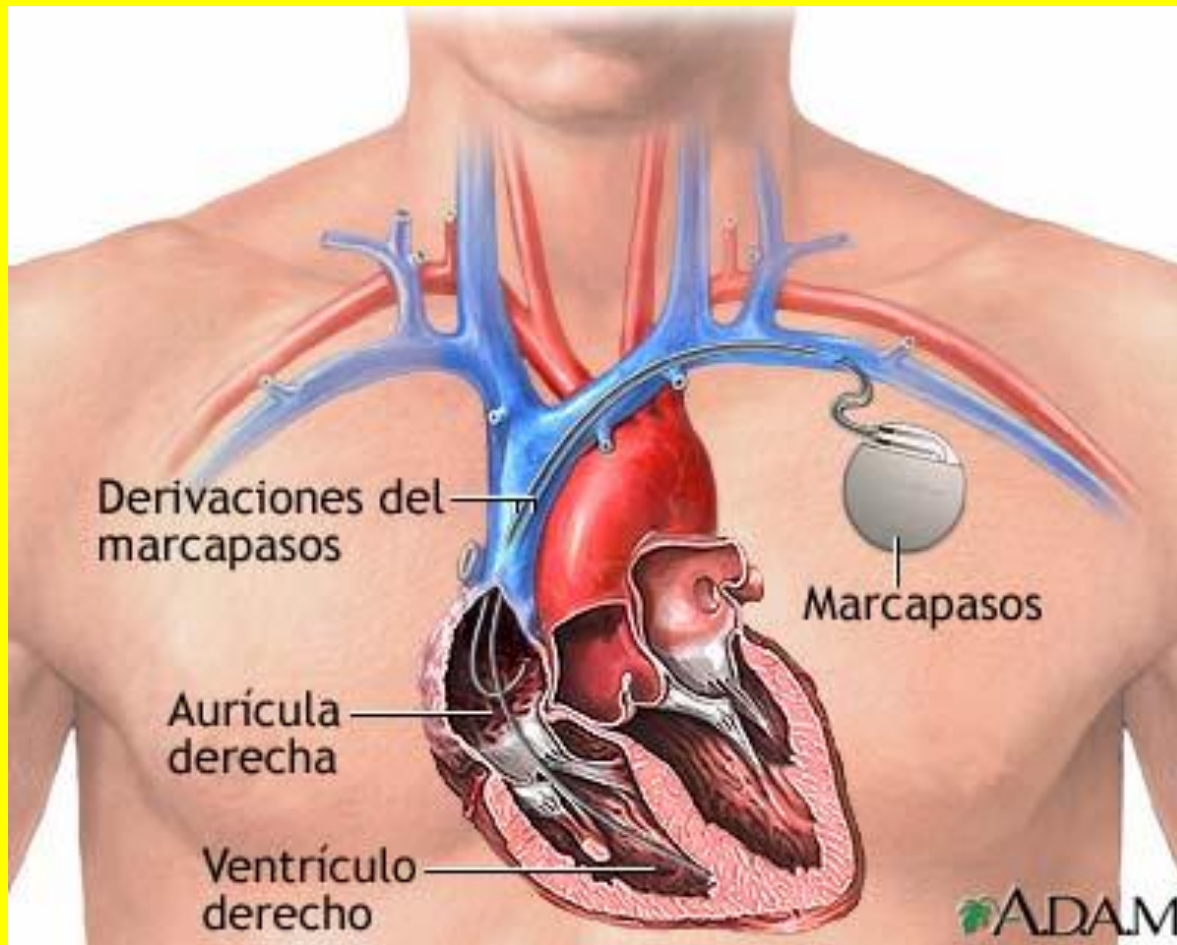


Figura 2.3.3) Curvas de tensión isométrica máxima en relación con la longitud inicial del sarcómero (SL) obtenidas a partir del modelo discutido en esta sección. Las condiciones presentadas corresponden a la curva M1. (Para detalles ver [31].)

# Marcapasos



# PRESION SANGUINEA NORMAL EN POSICION HORIZONTAL

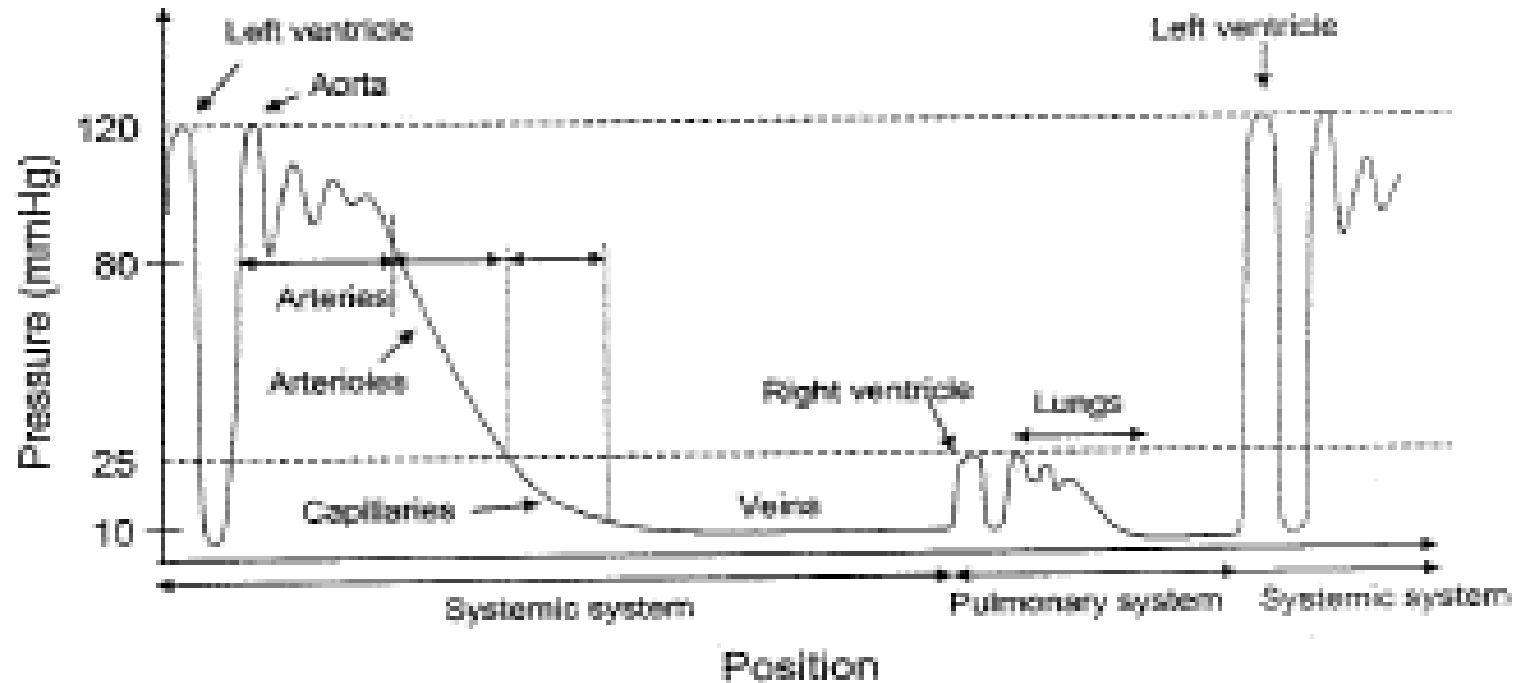


Fig. 8.13. Blood pressure along the circulatory system for a person lying horizontally. (Based on [371]) (1999)

# ARTERIAS, ARTERIOLAS, CAPILARES, VENULAS Y VENAS

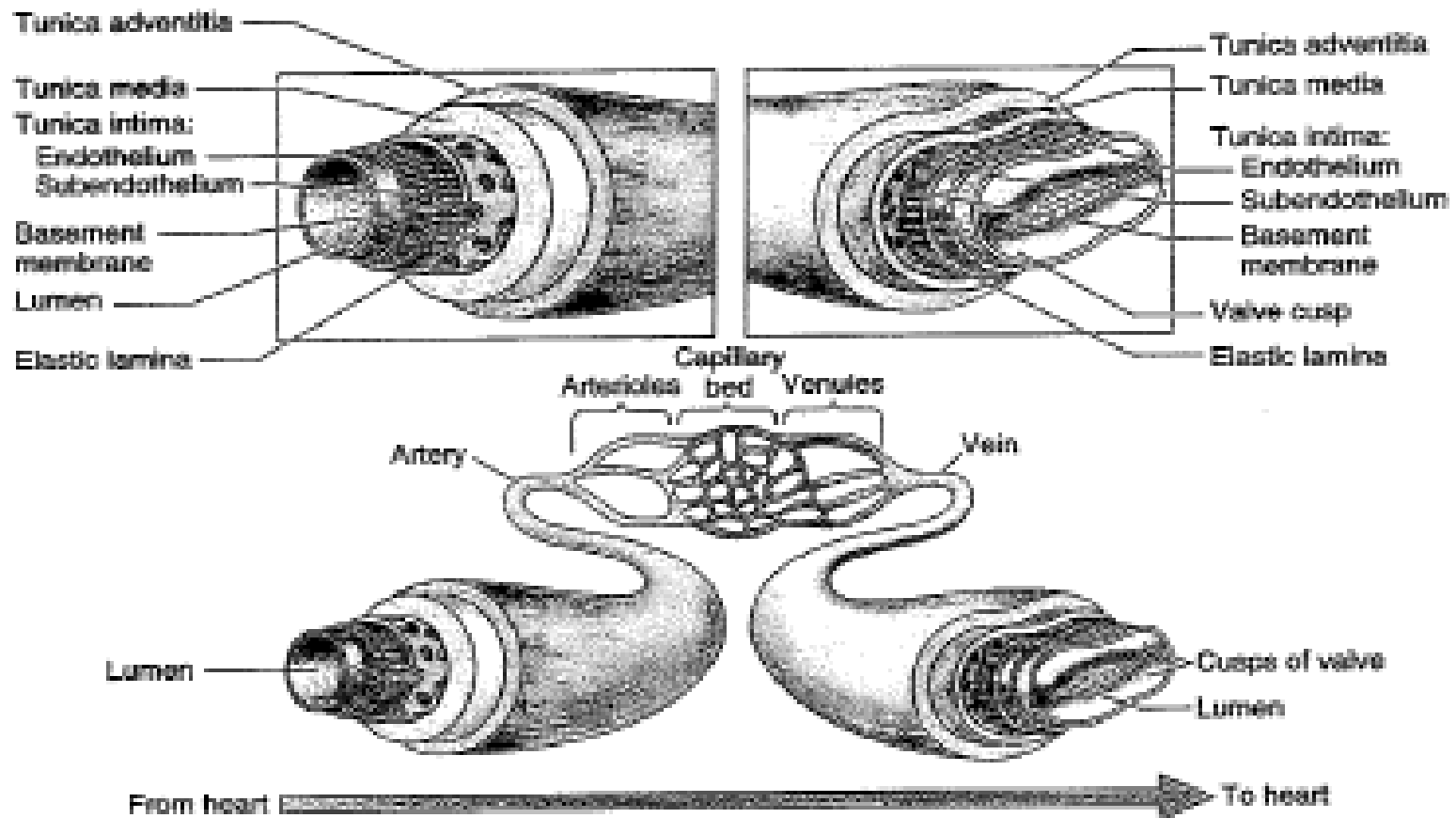
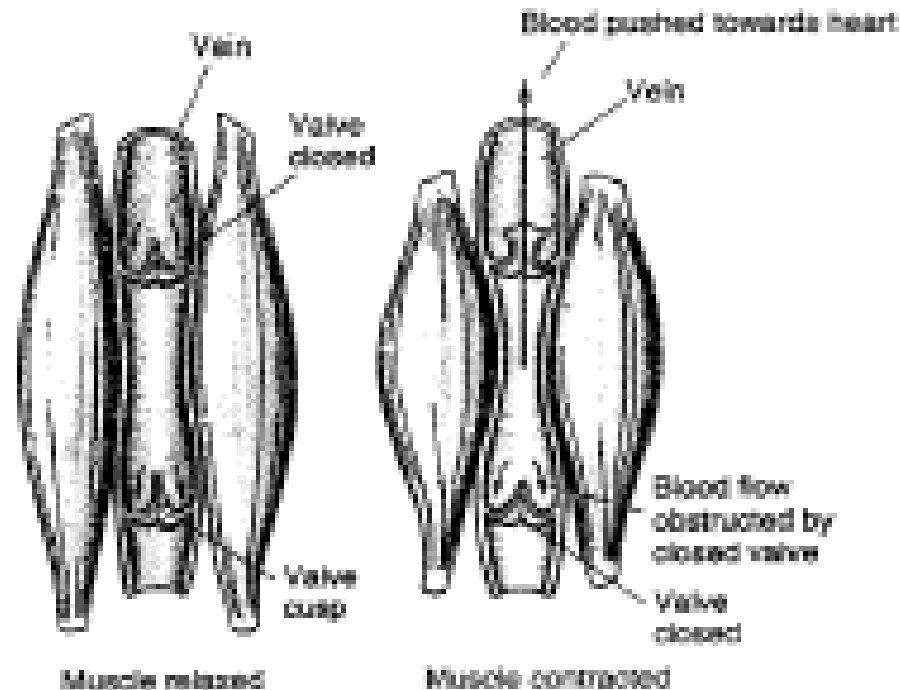


Fig. 8.12. Schematic of the walls of arteries and veins. (From [408]. Used with permission)

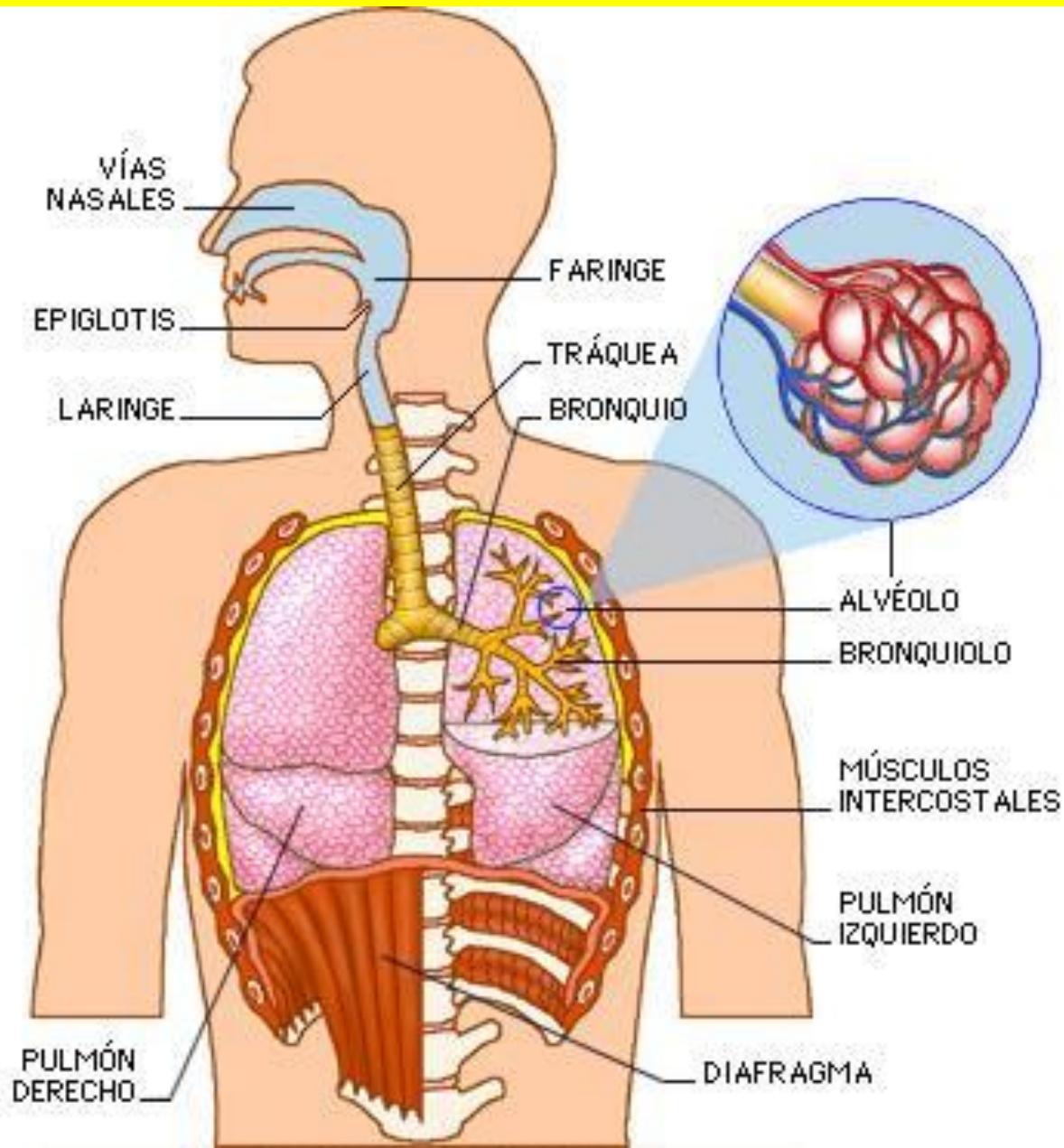
# BOMBA PERISTALTICA MUSCULOVENOSA



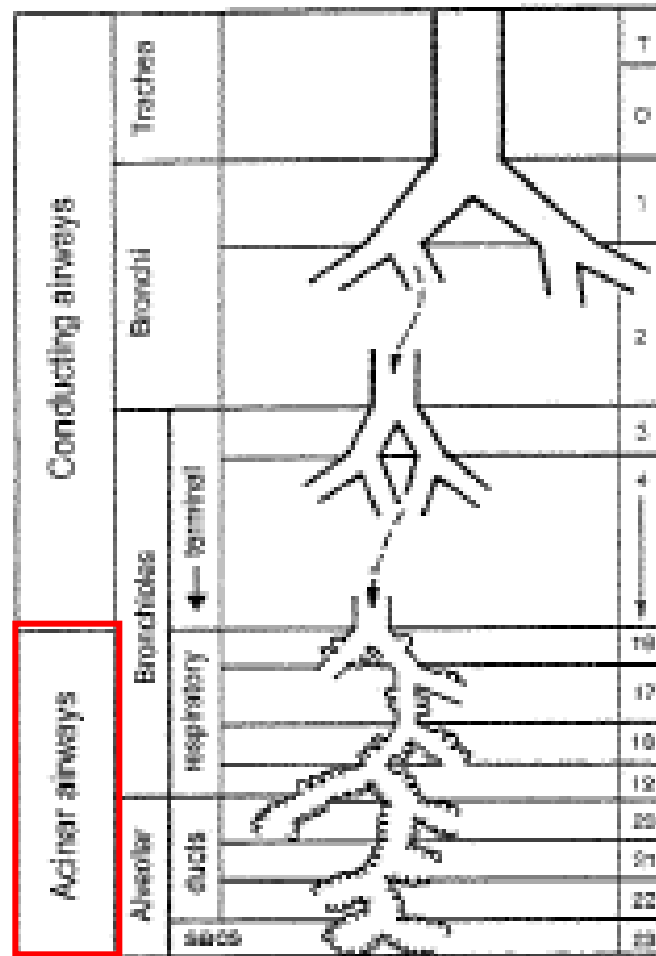
**Fig. 8.14.** Musculovenous pump of veins, with outward expansion of the bellies of contracting muscles pumping the blood back to the heart against gravity and distal valves closing to prevent backflow. (From [408]. Used with permission)



# SISTEMA RESPIRATORIO HUMANO



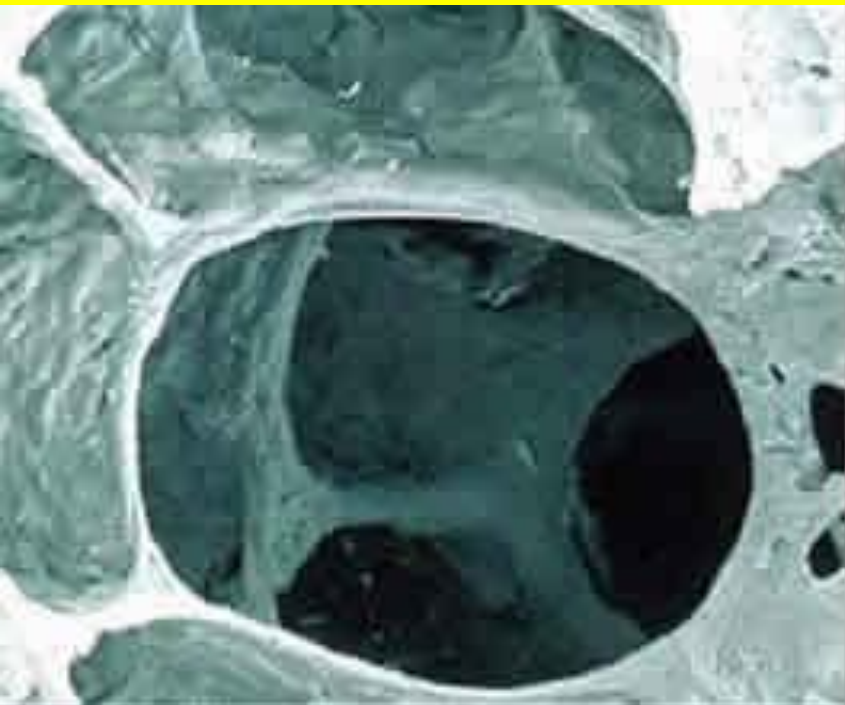
# BIFURCACIONES EN LAS VIAS AEREAS PULMONARES



**Acinar:** Cavity compuesta por pequeños sacos.

Fig. 9.3. Bifurcations of lung airways, showing generation number  $z$ . (From [436])

# CONDUCTOS ALVEOLARES DESDE LA GENERACION 20 HASTA LA 22

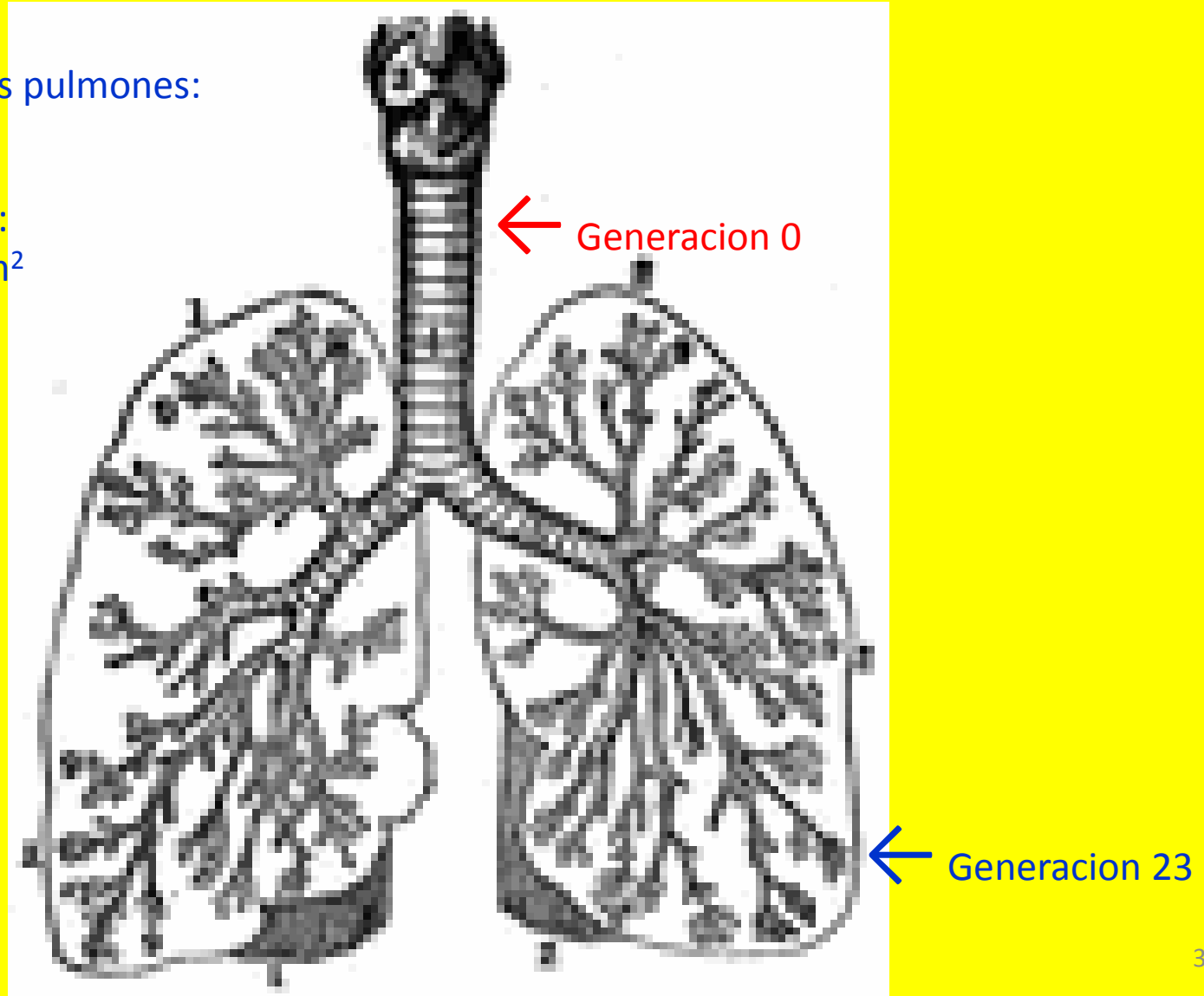


Alveoloscopía por sonda confocal microscópica. La sonda está montada sobre un broncoscopio otorgando una resolución lateral de 1 μm y axial de 150 μm.

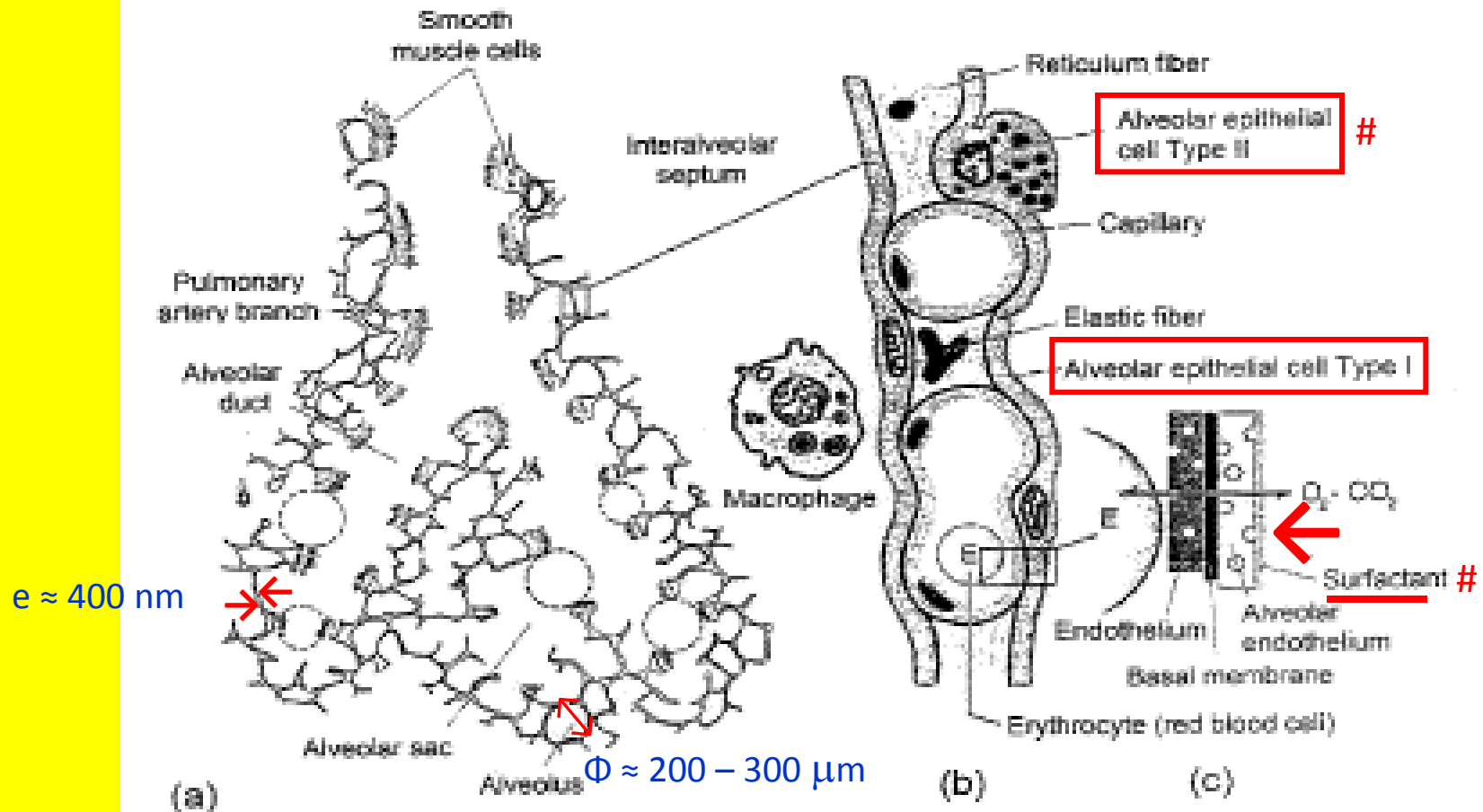
# EL SISTEMA BRONQUIAL HUMANO DESDE LA GENERACION 0 HASTA LA 23

Area externa de los pulmones:  
 $\approx 0,1 \text{ m}^2$

Area alveolar total:  
 $\approx 50 - 100 \text{ m}^2$



# INTERACCION ENTRE ALVEOLOS Y CAPILARES



# Surfactante natural: lipoproteina Dipalmitoilfosfatidilcolina

Fig. 9.4. The details of the alveolar bifurcation are shown in (a). These alveoli are sacs imbedded in capillary beds. The details of the interaction between the alveoli and capillaries are depicted in (b) and (c). (From [436])

# La transición $T \leftrightarrow R$ en la hemoglobina

- **Oxigenación y cambio conformacional**

La hemoglobina es responsable de unir y transportar el oxígeno en el organismo. Se trata de una proteína tetramérica que se encuentra en elevada concentración en los glóbulos rojos (eritrocitos, hematíes). Cada molécula de hemoglobina está formada por cuatro subunidades: dos de tipo **alfa** y dos de tipo **beta**, y cada subunidad puede unir una molécula de oxígeno a través de su grupo **hemo**.

# La transición $T \leftrightarrow R$ en la hemoglobina

- **Oxigenación y cambio conformacional**

Los estudios de estructura han mostrado que la hemoglobina puede adoptar dos conformaciones, denominadas **T (tensa)** y **R (relajada)**. La desoxihemoglobina (en azul) se encuentra en el estado T, y la unión del oxígeno (en rojo) provoca la transición al estado R. La animación muestra una vista cercana del grupo hemo (en blanco, bolas y varillas) de una de las subunidades de la hemoglobina. En el estado desoxigenado (T), el átomo de **hierro** no es coplanar con el resto del grupo hemo debido a su asociación con la cadena lateral de una **histidina**. La unión del oxígeno desplaza el átomo de hierro de modo que queda coplanar con el resto del grupo hemo, lo que a su vez arrastra la histidina, produciendo un cambio conformacional de mayor escala que afecta a toda la proteína.

# La transición $T \leftrightarrow R$ en la hemoglobina

- **Oxigenación y cambio conformacional**

Se puede considerar la hemoglobina como un tetrámero formado por dos dímeros alfa-beta. El cambio conformacional asociado a la transición de T a R afecta principalmente a la posición relativa de estos dos dímeros (más que a las interacciones entre las subunidades alfa y beta dentro de un dímero). Esto se ilustra en el último tramo de la animación (dibujado en blanco y negro).

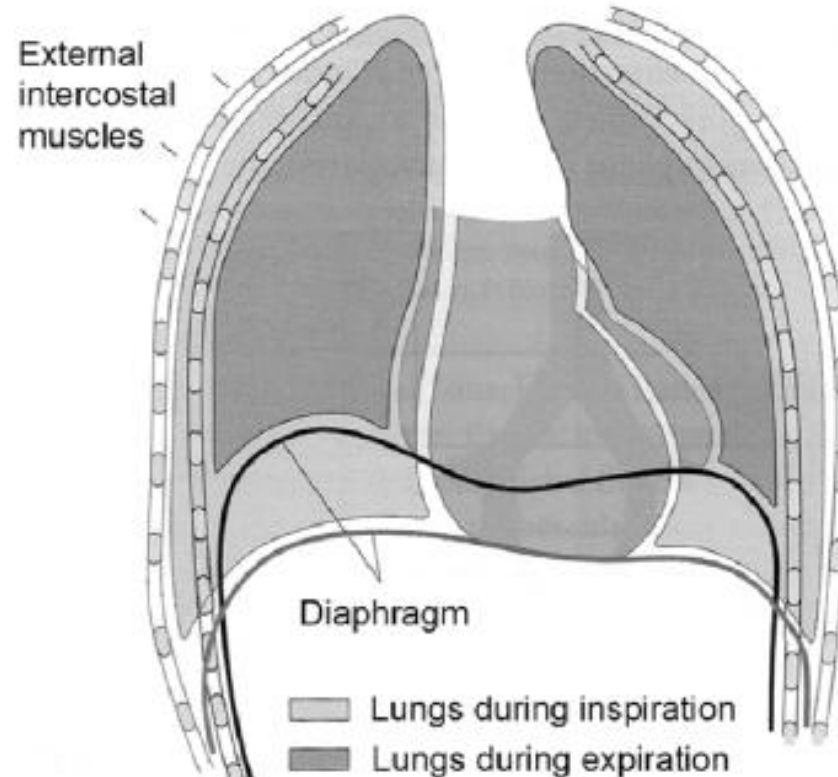


# La transición $T \leftrightarrow R$ en la hemoglobina

- **Afinidad y cooperatividad**
- La transición de T a R requiere que al menos dos de las cuatro subunidades de la hemoglobina tengan oxígeno unido. Dado que en el estado T la hemoglobina tiene una afinidad baja por el oxígeno, el cambio conformacional sólo puede darse bajo concentraciones relativamente altas de oxígeno (como las existentes en los capilares pulmonares). En el estado R la hemoglobina une el oxígeno con afinidad muy superior, lo que hace que las subunidades que aún no lo habían hecho unan el oxígeno con rapidez. Este principio se ilustra en la animación central.

- **Transporte y cesión del oxígeno**
- La capacidad de la hemoglobina para ceder el oxígeno a los tejidos que lo demandan depende de varias moléculas:
- Los **protones** son efectores alostéricos importantes para la hemoglobina. En un pH relativamente bajo (como el presente en el tejido muscular en respiración), la hemoglobina tiene menor afinidad por el oxígeno que a mayor pH (como el existente en el tejido pulmonar).
- Otro regulador alostérico de la transición entre T y R es el **2,3-bisfosfoglicerato** (2,3-BPG). Como se muestra en la animación, esta molécula puede unirse al bolsillo central de la hemoglobina cuando esta está en el estado T. La unión del 2,3-BPG depende de una roseta de cadenas laterales de residuos aminoácidos de ambas subunidades beta. De este modo, el 2,3-BPG estabiliza el estado T y disminuye así la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. La elevación de la concentración de 2,3-BPG es un mecanismo regulador que permite aumentar el suministro de oxígeno a los tejidos cuando escasea el oxígeno.

# Física de la respiración



**Fig. 9.9.** Expansion and contraction of the thoracic cage during expiration and inspiration, showing the ribs, lungs and heart, the external intercostal muscles (that contract during inspiration to elevate the rib cage and widen it laterally so the cage increases in all three dimensions), and the diaphragm (that contracts to increase the vertical dimension of the cage during inspiration). (From [437])

# Física de la respiración

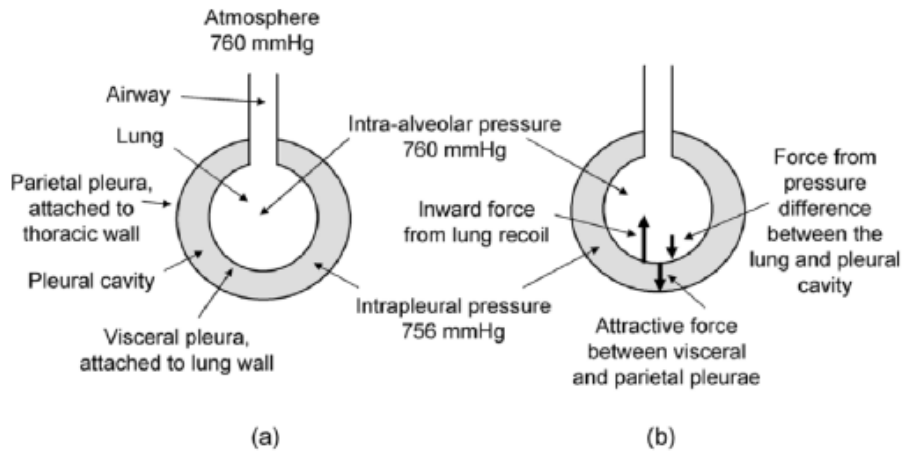
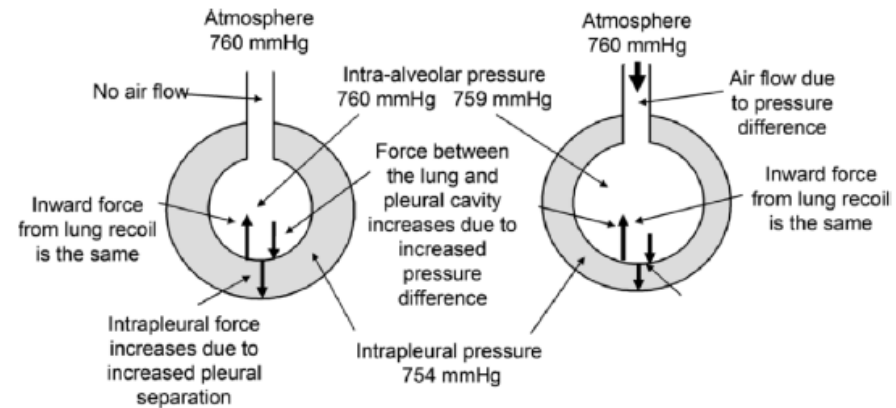


Fig. 9.10. Force balance of the visceral pleura/outer lung wall during preinspiration. Note that the forces are really normal to the wall everywhere, not just at the bottom as depicted. (Based on [439])



(a) At onset of inspiratory muscle contraction (b) During inspiration

Fig. 9.11. (a) Force imbalance at the onset of inspiratory muscle contraction (and expansion of the thoracic wall/parietal pleura) leads to a (b) subatmospheric pressure in the lungs and flow of air into the lungs. (Compare this to the preinspiration force balance in Fig. 9.10). (Based on [439])

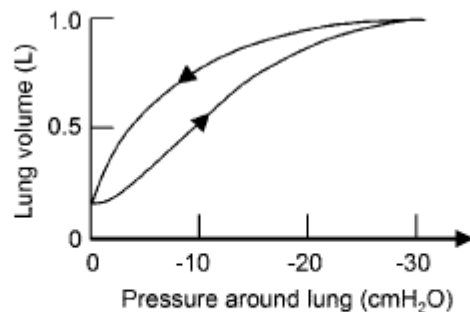


Fig. 9.12. The measurement of the pressure-volume curve of an excised lung, which shows hysteresis in inflation and deflation. (Based on [443])

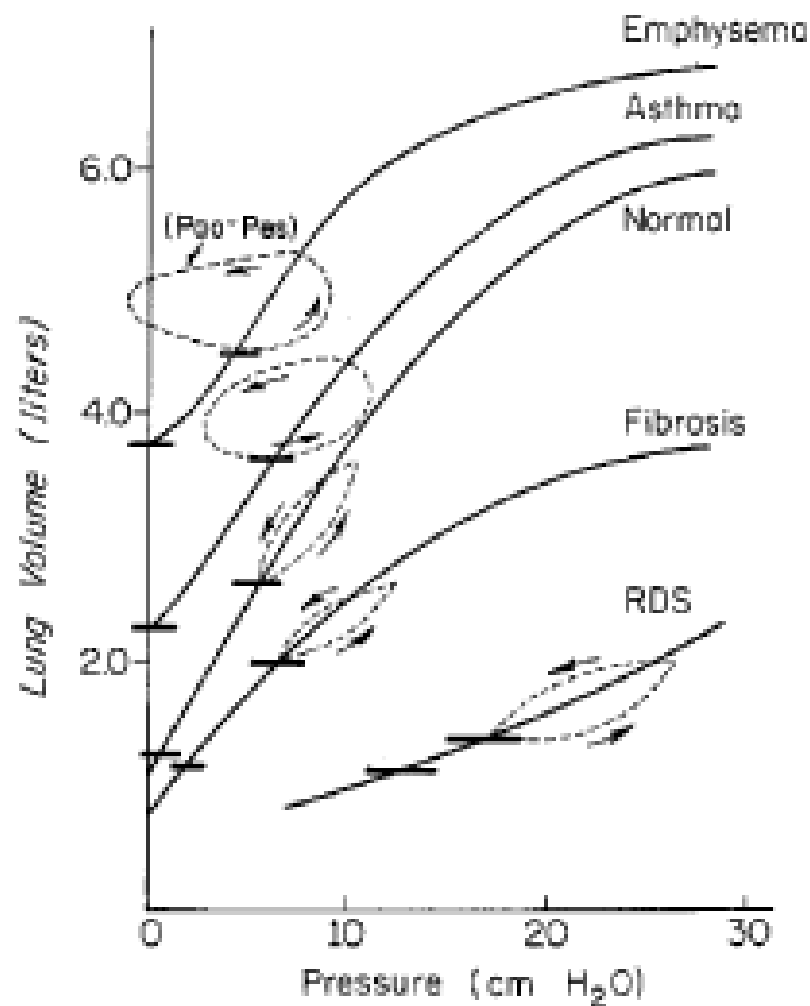
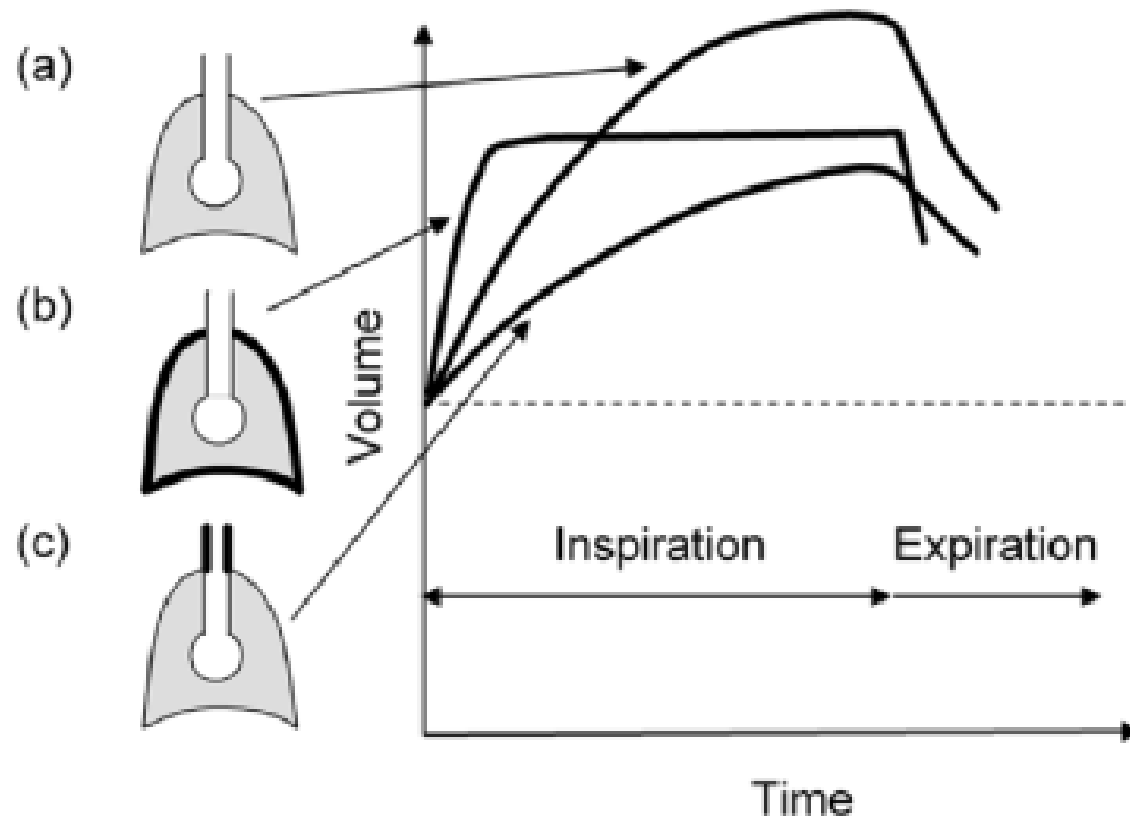


Fig. 9.18. Typical lung volume vs. pressure for patients with various respiratory conditions. The monotonically increasing curves are for static conditions, with the lower horizontal bar being the residual volume and the upper horizontal bar the functional residual capacity. Representative dynamic breathing loops (enclosed *dashed curves*) for tidal volume breathing are shown for each condition. (Reprinted from [430], with permission of Elsevier)



**Fig. 9.20.** Lung volume during inspiration for (a) normal conditions, (b) decreased compliance, and (c) increased airway resistance. (Based on [443])