



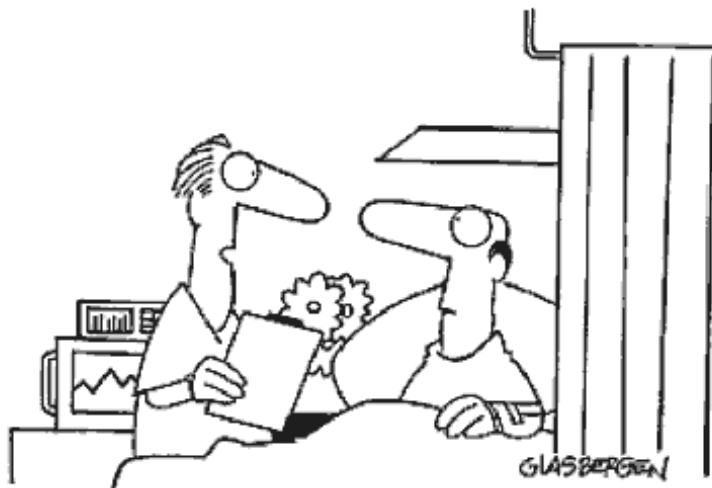
Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 10. Fisiología Humana

10.2 El sistema sanguíneo

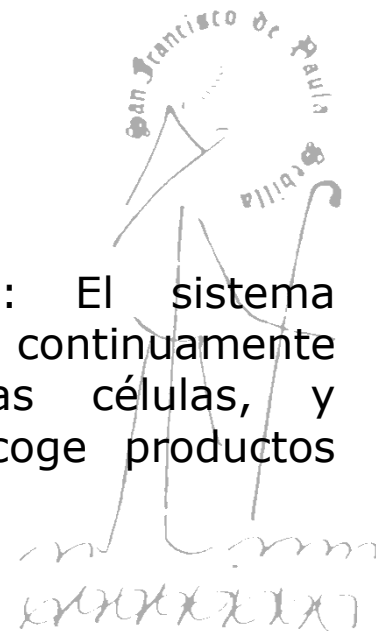


Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI



*"Your cardiac surgery was a success. You still have a song in your heart,
but we had to remove two verses and one refrain from the chorus."*

Idea Fundamental: El sistema sanguíneo transporta continuamente sustancias hasta las células, y simultáneamente, recoge productos de desecho.





APLICACIÓN: William Harvey y la circulación de la sangre

- El médico inglés **William Harvey** (1578-1657) es considerado el descubridor de la circulación de la sangre en el cuerpo, tras publicar en 1628 su convincente teoría general que la explicaba a partir de la combinación de descubrimientos previos con los suyos propios.

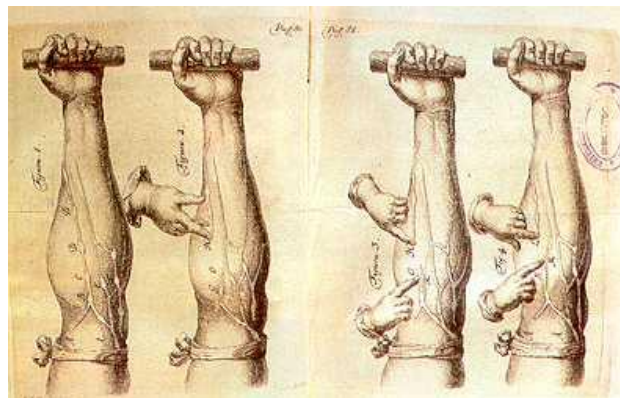
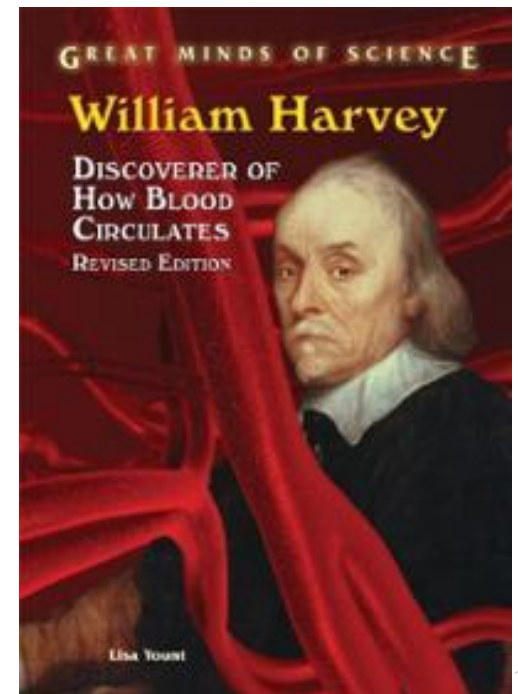


IMAGEN: bibliotecadigital.ilce.edu.mx

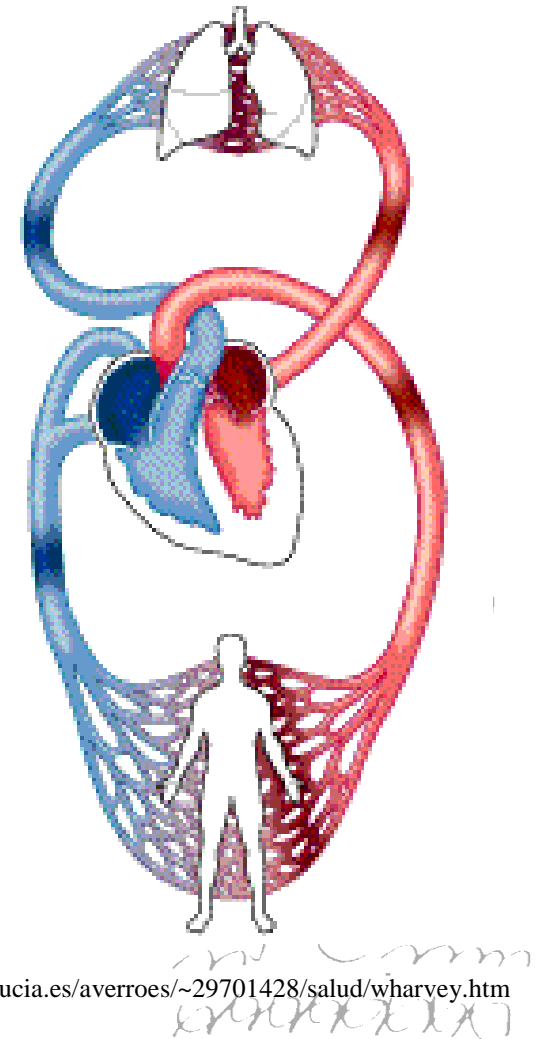


XXXXXXXXXX



APLICACIÓN: William Harvey y la circulación de la sangre

- Harvey demostró que:
 - i. El flujo de la sangre es unidireccional a través de los grandes vasos, que poseen válvulas para prevenir su reflujo.
 - ii. El ritmo de flujo de la sangre a través de los grandes vasos al salir del corazón era demasiado grande como para que fuese consumida por el propio cuerpo, por lo que debía volver al corazón para ser reciclada.
 - iii. El corazón actúa como una bomba, bombeando sangre hacia fuera a través de las arterias y regresando a él mediante las venas.
 - iv. Predijo la existencia de numerosos vasos muy pequeños como para ser vistos con el instrumental de la época, y que conectarían las arterias con las venas.





NATURALEZA CIENCIAS: Teorías inciertas

- Hipócrates (hacia 469-399 a.C.) y Aristóteles (384-32; a.C.) sostenían que el corazón era el origen de la sangre, de los vasos sanguíneos y de un calor innato que daba lugar al pulso y al latido cardíaco
- Según el médico anatomista **Galeno** (hacia 129-199 d.C.), la sangre se formaba en el hígado y era bombeada entre éste y el ventrículo derecho del corazón. Un poco de sangre pasaba al ventrículo izquierdo, donde se ponía en contacto con el aire de los pulmones, convirtiéndose así en el “espíritu vital” que se distribuía por todo el cuerpo mediante las arterias.
- **Harvey**, contrario a aceptar estas teorías sin evidencia alguna, llevó a cabo cuidadosos experimentos y realizó multitud de observaciones hasta concluir que la sangre circulaba a través de la circulación pulmonar y sistémica y rebatir así las teorías de Galeno, demostrando ser inciertas.

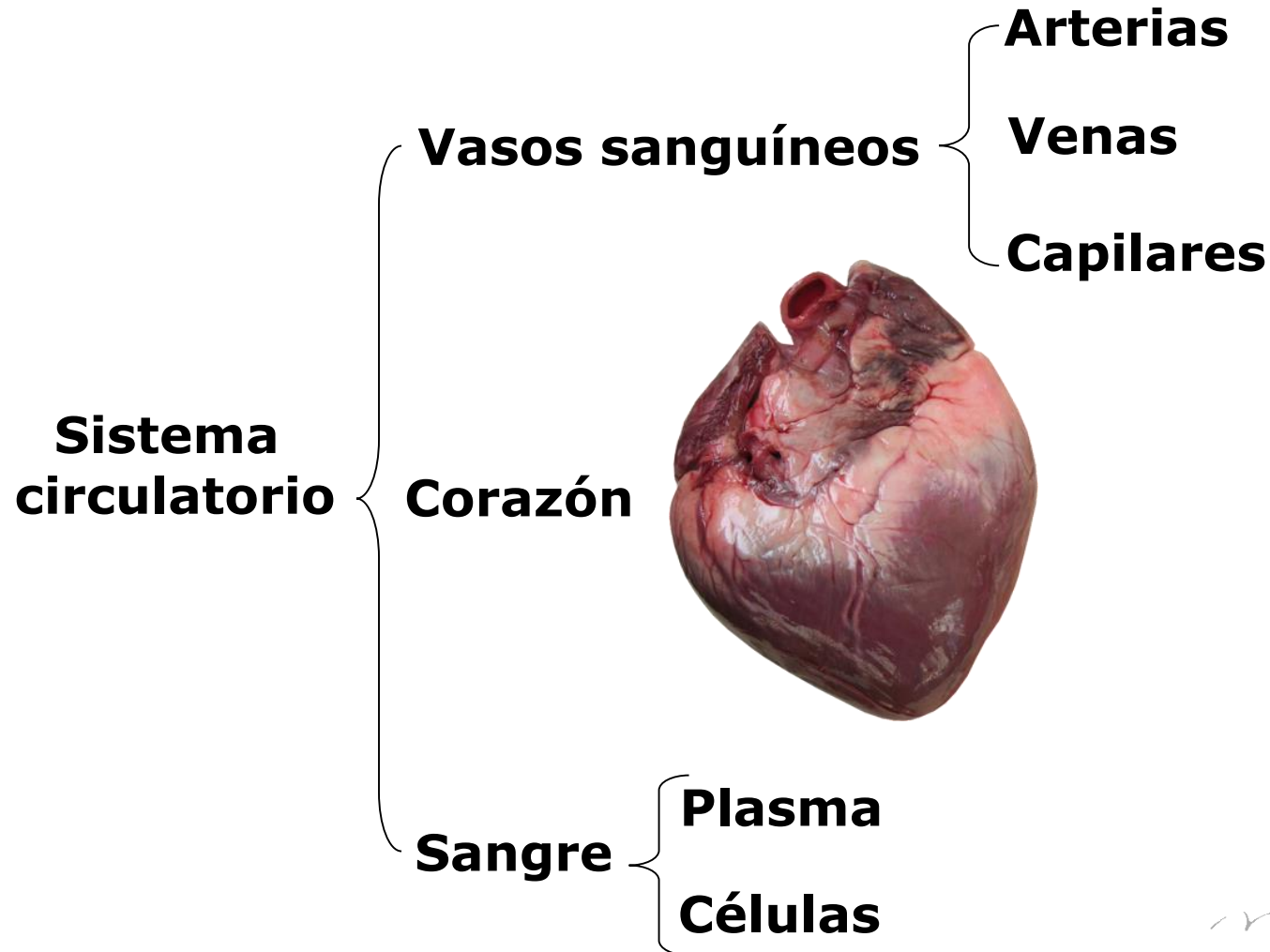


Video1

XXXXXXXXXX



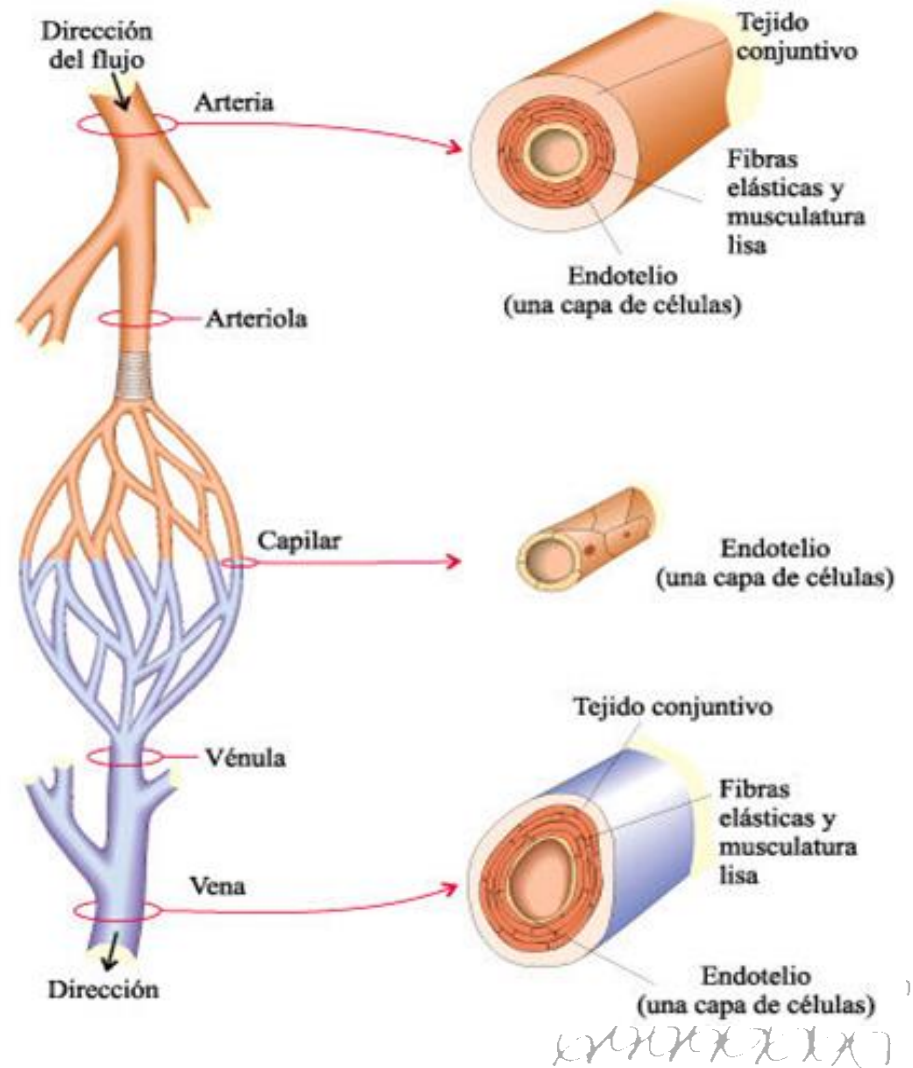
Componentes del sistema sanguíneo





Estructura y función de los vasos sanguíneos

- La sangre oxigenada con nutrientes sale del corazón por la arteria aorta, la cual se va ramificando en **arterias** de menor tamaño hasta arteriolas.
- Cuando llega a los tejidos, el intercambio de nutrientes y desechos entre estos y la sangre tiene lugar mediante los **capilares**.
- La sangre desoxigenada con desechos pasa de los capilares a las vénulas, las cuales aumentan de tamaño hasta formar las **venas**. La vena cava es la que introduce esta sangre en el corazón.





Estructura y función de las arterias

Las **arterias** son vasos sanguíneos que se caracterizan por:

- Transportan sangre oxigenada (excepto la arteria pulmonar) **desde los ventrículos del corazón a los tejidos corporales**.
- Tienen un lumen o luz del vaso menor que el de las venas, dado que poseen **paredes gruesas** para soportar la **alta presión de la sangre** que proviene de los ventrículos, especialmente el izquierdo.

- La pared de una arteria se compone de 3 capas:

- **Túnica íntima**; una capa de células endoteliales que reviste el lumen de la arteria junto con una lámina interna de fibras elásticas.
- **Túnica media**; gruesa capa de músculo liso y fibras elásticas (lámina externa).
- **Túnica externa**; resistente capa de tejido conectivo

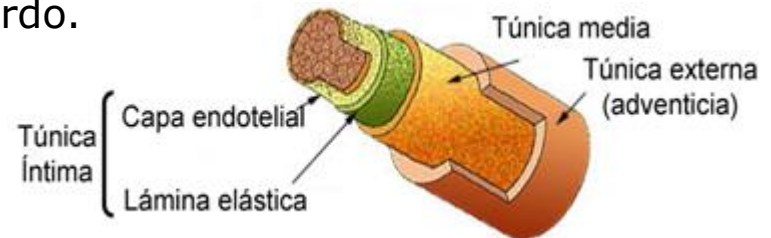
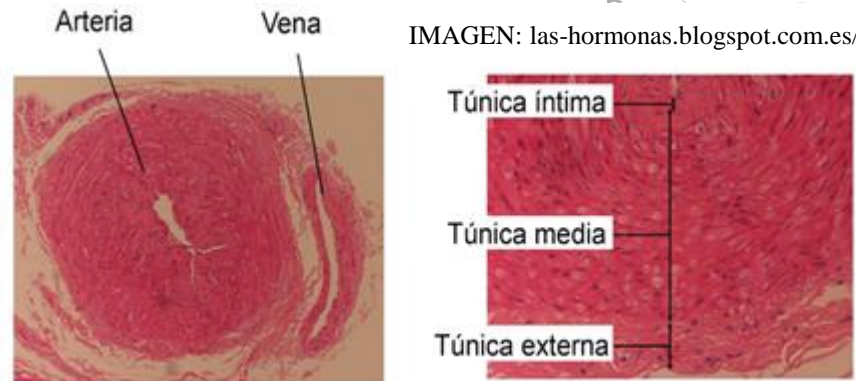


IMAGEN: las-hormonas.blogspot.com.es/



- Por tanto, **no presentan válvulas**, excepto las semilunares a la salida del corazón para prevenir el retroceso de la sangre.



Estructura y función de las arterias

- La sangre que entra en las arterias lo hace con una alta presión, denominándose **presión sistólica** al pico de presión que se alcanza en la arteria. Este pico, empuja la pared de la arteria, ensanchando el lumen y estirando las fibras de elastina que forman al **tejido elástico** de la pared, almacenando energía.
- La presión en las arterias disminuye al final de cada latido, pero al recuperar las fibras su estado inicial, la energía almacenada empuja a la sangre en el lumen, lo que ahorra energía y evita que la presión mínima en el interior arterial (**presión diastólica**), llegue a ser demasiado pequeña.

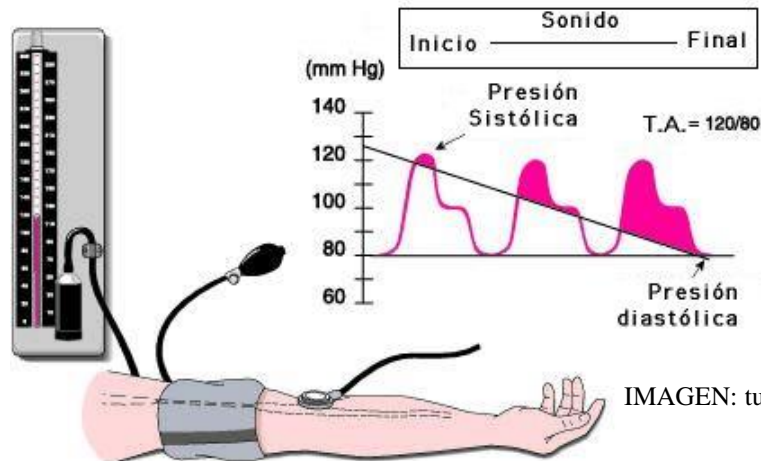


IMAGEN: tuotromedico.com

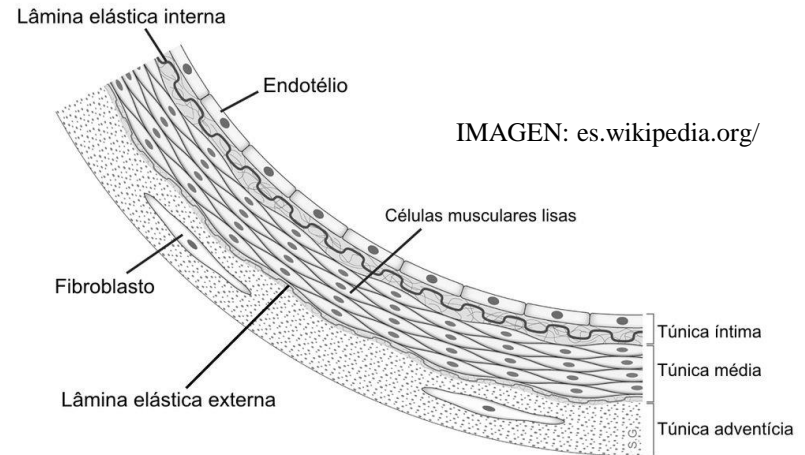
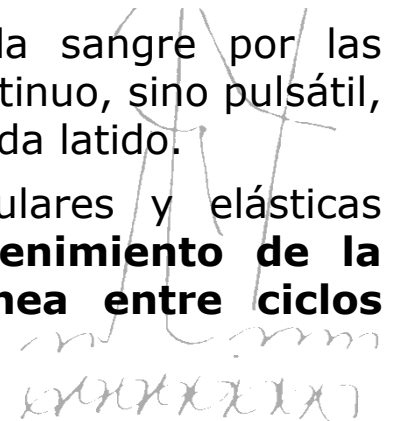


IMAGEN: es.wikipedia.org/

- El progreso de la sangre por las arterias no es continuo, sino pulsátil, al depender de cada latido.
- Las fibras musculares y elásticas ayudan al **mantenimiento de la presión sanguínea entre ciclos de bombeo**.





Estructura y función de las arterias

- La contracción de la **musculatura lisa** en la pared de la arteria determina el diámetro del lumen, controlando el flujo general de sangre a través de las arterias.
- Cuando la musculatura de la pared de la arteria se contrae (**vasoconstricción**) reduce el lumen, incrementando la presión sanguínea en la arteria.
- Las arteriolas poseen una alta densidad de células musculares, por lo que su vasoconstricción o vasodilatación regula el aporte de sangre a las partes que nutren.
- Tanto el **tejido muscular** como el **elástico** contribuyen a dar rigidez a la pared para soportar la sangre bombeada a alta presión.

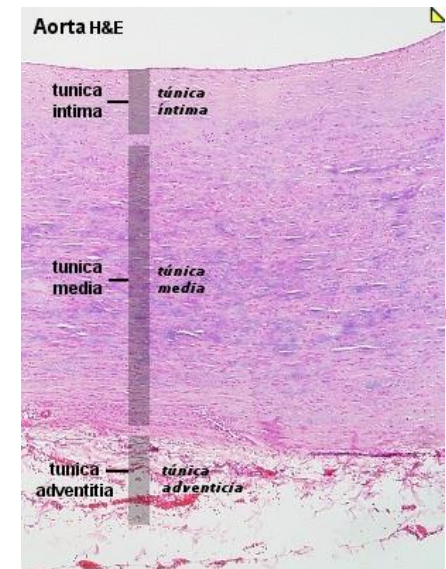
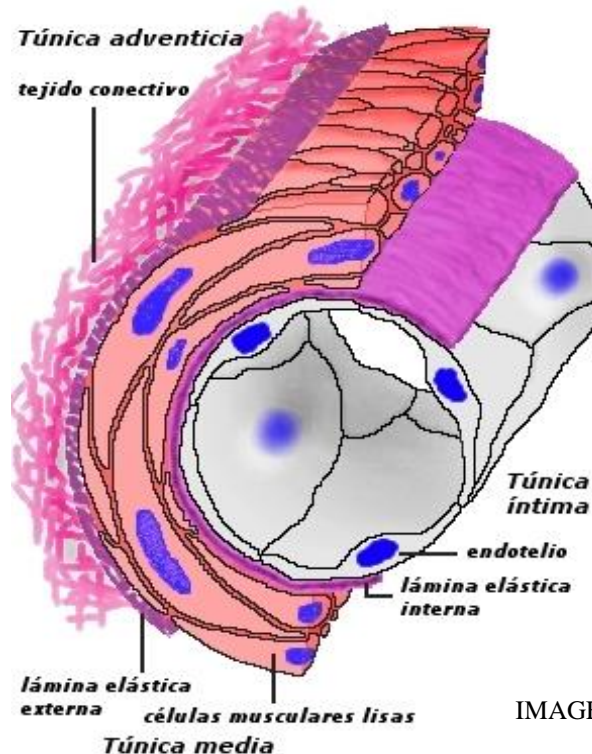


IMAGEN: hhibarra.com/

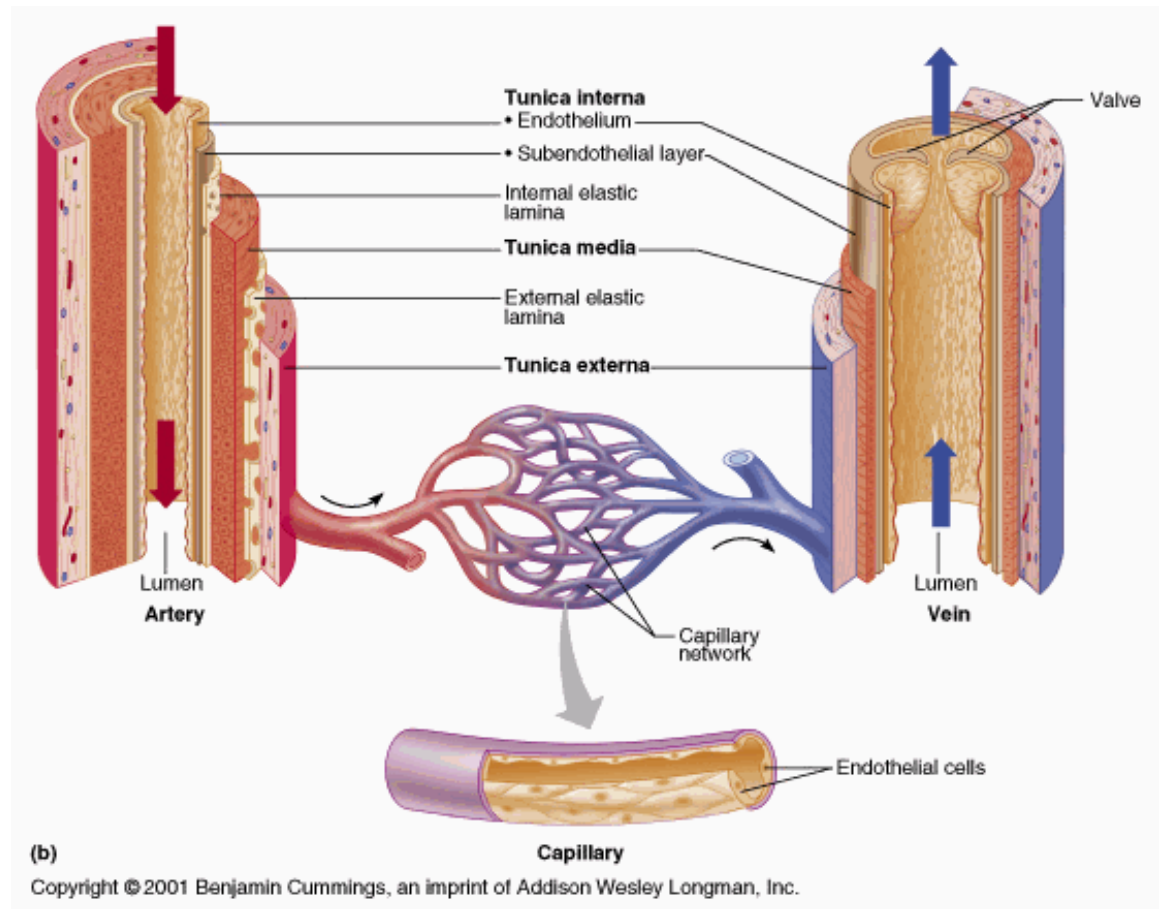
[Escritura manuscrita]



Estructura y función de los capilares

Los **capilares** son vasos sanguíneos que se caracterizan por:

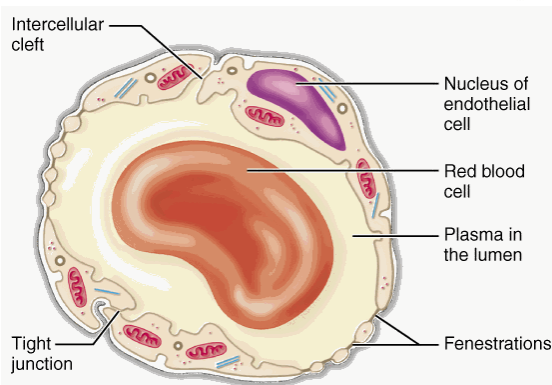
- Son los vasos **más estrechos** con un diámetro de unos 10 μm .
- Se ramifican y vuelven a unir repetidamente formando una **red capilar** con una gran longitud total.
- La sangre se mueve en ellos lentamente para aumentar el tiempo de intercambio de sustancias (nutrientes y desechos) entre la sangre y los tejidos.





Estructura y función de los capilares

- Solo presentan lumen y una **pared muy delgada** y permeable formada por una única **capa de células endoteliales** con poros entre ellas para facilitar el intercambio de sustancias por difusión entre la sangre (plasma) y los tejidos (fluido intersticial o tisular).
- Aunque proteínas de gran tamaño no pueden atravesar la pared capilar, su permeabilidad difiere dependiendo del tejido, permitiendo que ciertas proteínas puedan alcanzar ciertos tejidos pero no otros.



(b)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

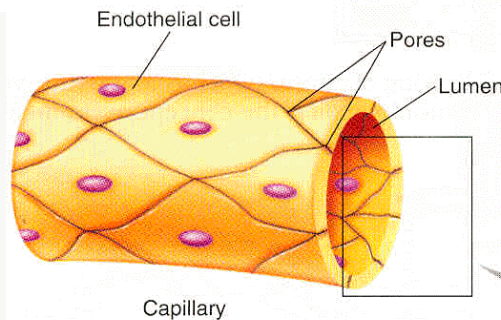
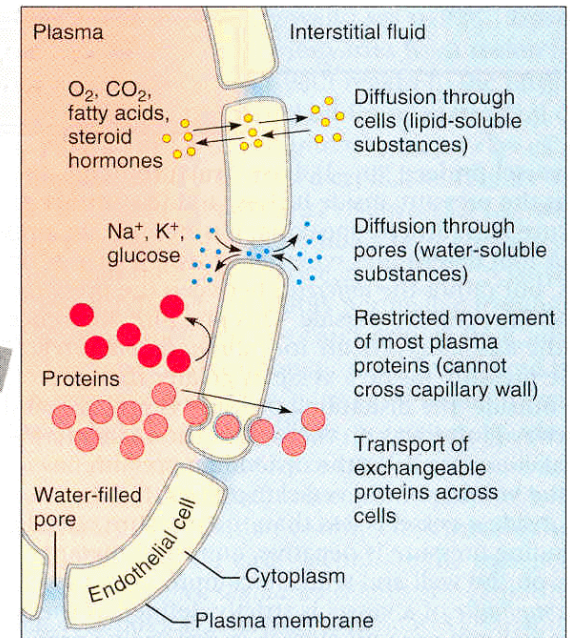


IMAGEN: 163.178.103.176/Fisiologia/cardiovascular/

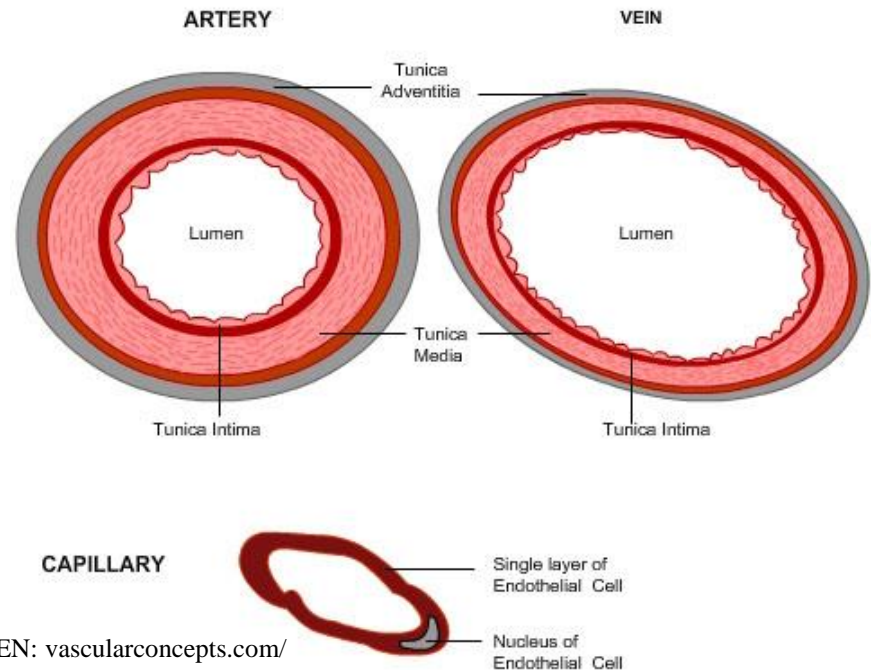




Estructura y función de las venas

Las **venas** son vasos sanguíneos que se caracterizan por:

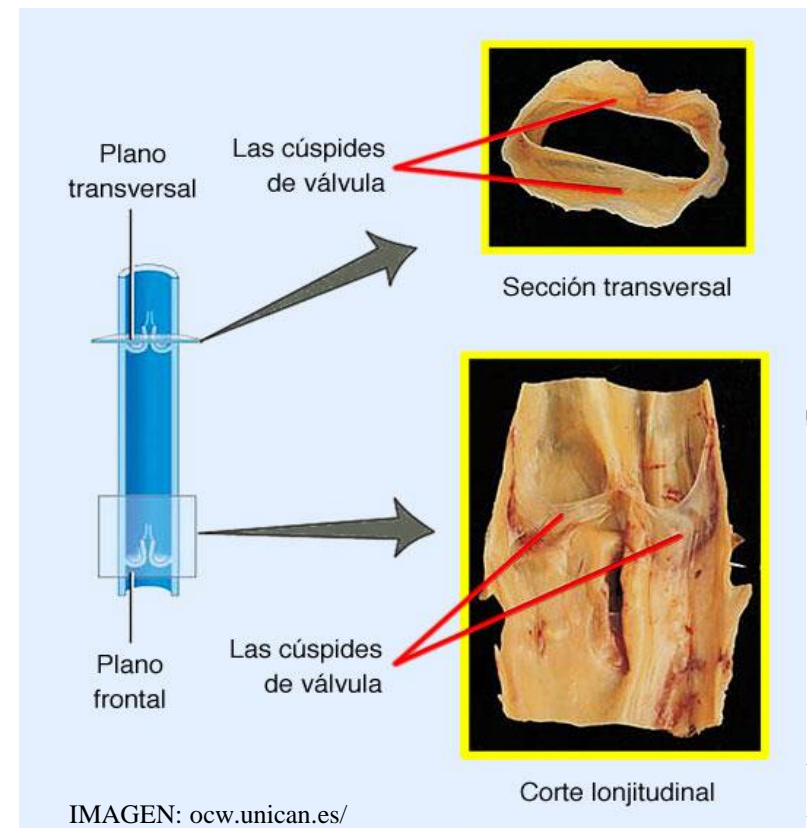
- Transportan sangre desoxigenada (excepto la vena pulmonar) **desde los tejidos corporales a las aurículas del corazón.**
- **Paredes más delgadas** que las arterias, al contener menos fibras elásticas y musculares, dado que soportan una menor presión de la sangre.
- Por tanto, tienen un lumen o **luz del vaso mayor** que el de las arterias, por lo que un 60-70% de la sangre de todo el sistema cardiovascular está almacenado en la porción venosa.
- Al igual que en las arterias, la pared de una vena se compone de 3 capas:
 - **Túnica íntima**; una capa de células endoteliales que reviste el lumen.
 - **Túnica media**; fina capa de músculo liso y fibras elásticas.
 - **Túnica externa**; resistente capa de tejido conectivo.





Estructura y función de las venas

- El flujo de la sangre en las venas está mantenido por la **gravedad** y la presión que ejerce sobre ellas la **contracción del músculo esquelético**.
- La presión sanguínea en las venas es a veces tan baja que existe peligro de que retroceda hacia los capilares, con el consiguiente retorno insuficiente de sangre hacia el corazón.
- Para mantener la circulación y evitar el retorno del flujo de la sangre, las venas disponen de **válvulas** (repliegues de la túnica íntima) dispuestas cada 2-4 cm.
- Estas válvulas presentan sus bordes orientados hacia el corazón, lo que implica que:
 - cuando el flujo de sangre es hacia el corazón, empuja los pliegues de la válvula hacia la pared de la vena, manteniendo la válvula abierta.
 - cuando la sangre comienza a retroceder, queda atrapada por los pliegues de las válvulas, bloqueando el lumen de la vena.





Estructura y función de las venas

- Al igual que las venas, el corazón también posee válvulas que aseguran la circulación de la sangre, e impiden así el retorno del flujo.

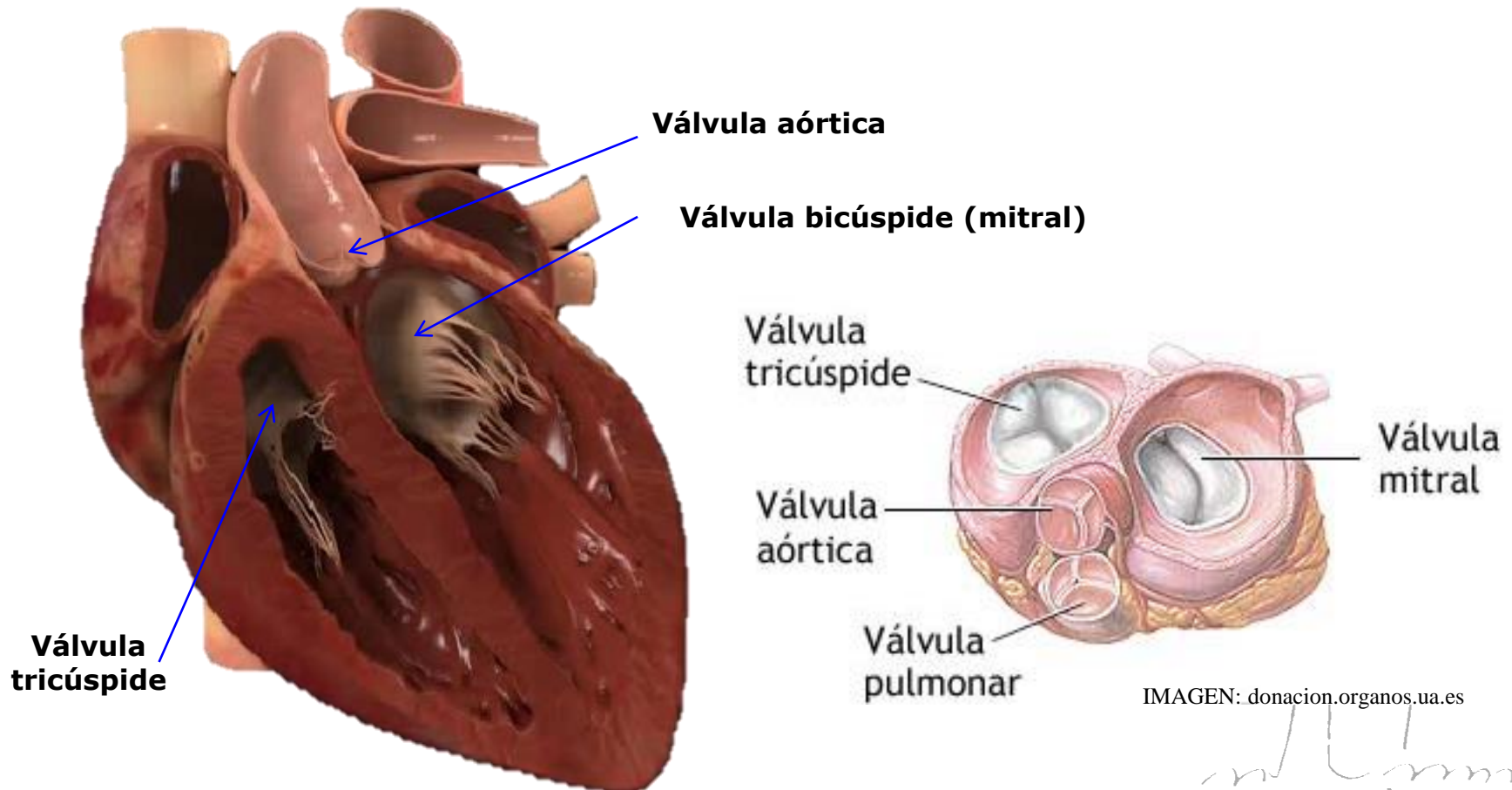


IMAGEN: donacion.organos.ua.es

IMAGEN: elmundo.es/elmundosalud/especiales/2008/01/anatomia_corazon/



Estructura y función de los vasos sanguíneos

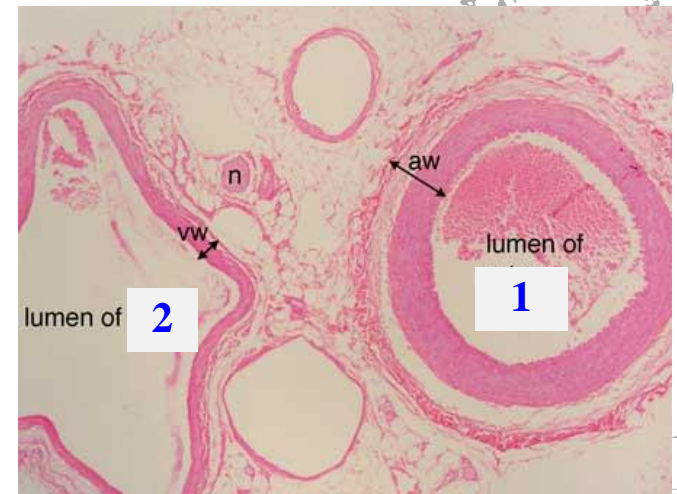
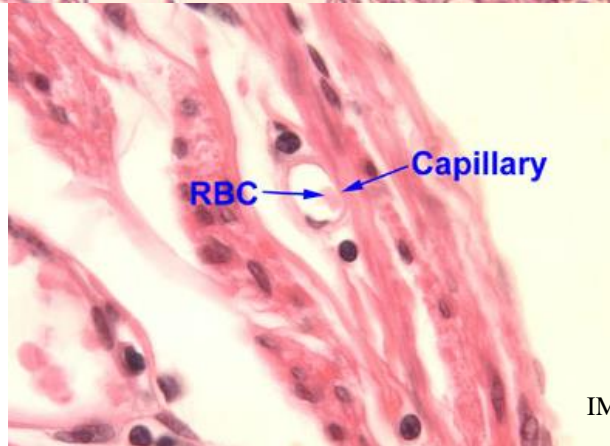
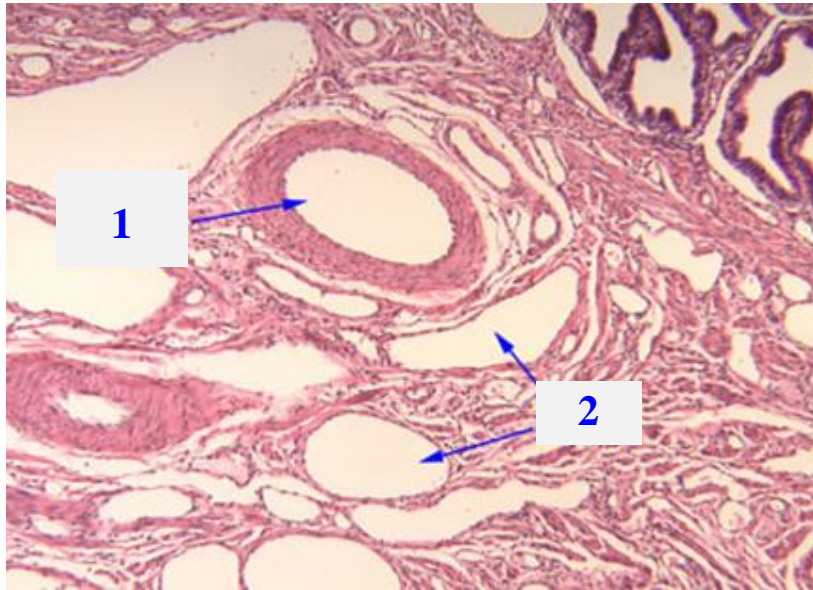
	Arteria	Capilar	Vena
Diámetro	Mayor de 10 μm	Alrededor de 10 μm	Mucho mayor de 10 μm .
Grosor relativo de la pared y diámetro del lumen	Pared relativamente gruesa en relación al diámetro de su luz	Pared extremadamente fina formada de una sola capa de células	Pared relativamente finas en relación al diámetro de su luz
Número de capas en la pared	3 capas o túnica (íntima, media y externa)	Solo 1 capa o túnica íntima formada por una única capa de delgadas células endoteliales	3 capas o túnica (íntima, media y externa)
Presencia de fibras elásticas y musculares en la pared	Abundante	Ninguna	Pequeñas cantidades
Presencia de válvulas	Ninguna	Ninguna	Presente

Animación1

in lumen
XXXXXX

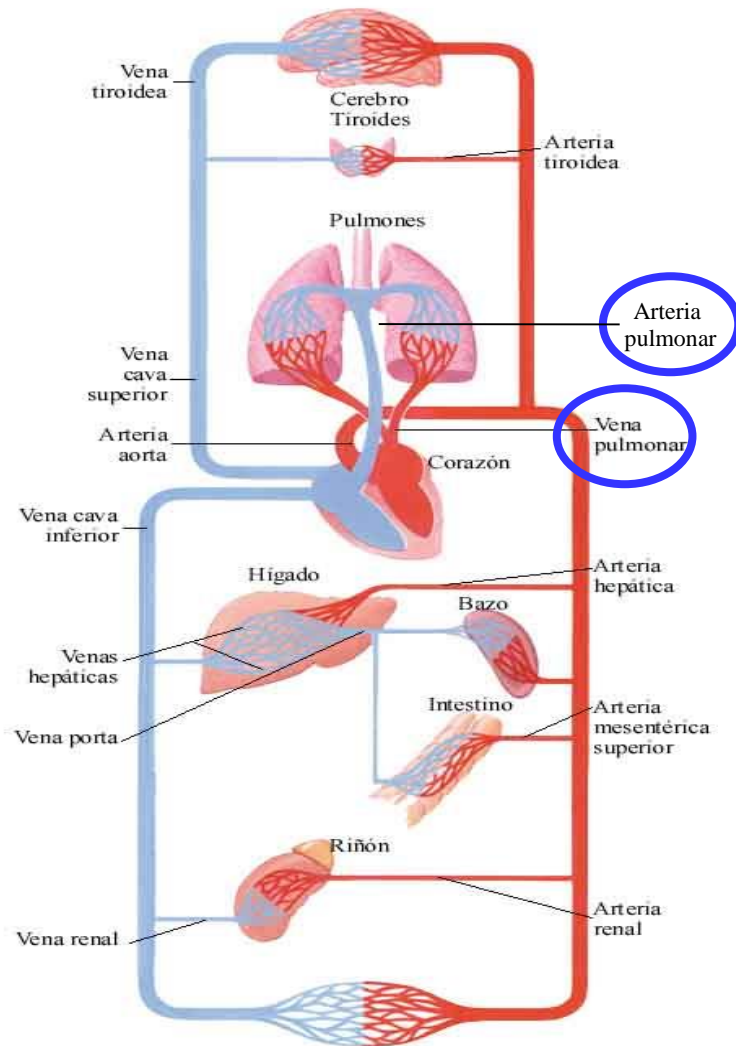


HABILIDAD: Reconocimiento de los vasos sanguíneos





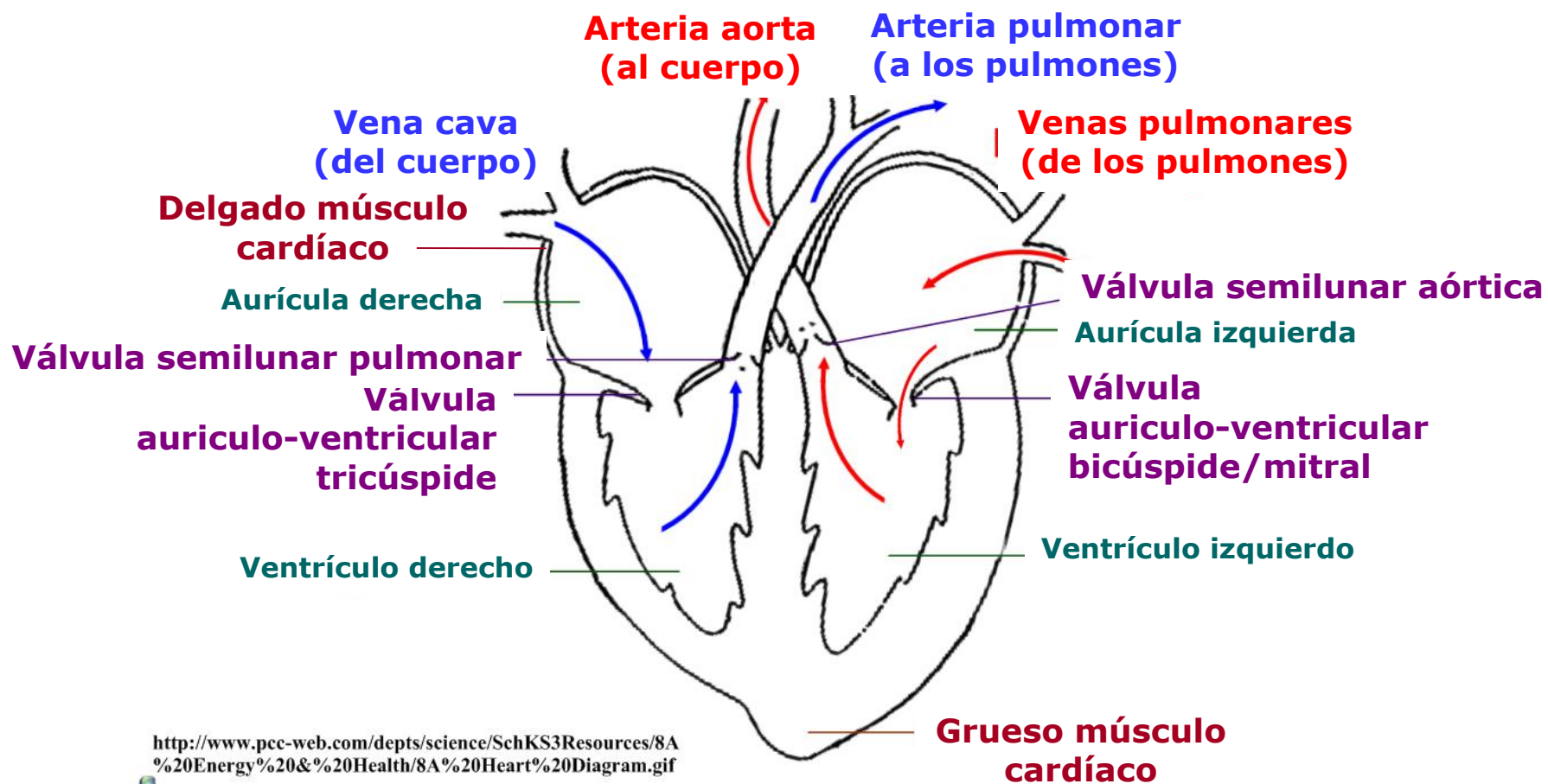
Circulación doble y completa



- La circulación sanguínea es **doble** porque se realiza por dos circuitos que parten del corazón y terminan en el mismo (sangre pasa 2 veces por el corazón).
- La **circulación pulmonar** o menor lleva sangre desoxigenada del corazón a los pulmones y viceversa.
- La **circulación sistémica** (general) o mayor lleva sangre oxigenada del corazón a los órganos y viceversa.
- La circulación es **completa** porque la sangre venosa desoxigenada en la circulación pulmonar nunca se pone en contacto con la arterial oxigenada en la circulación sistémica.
- El **corazón** es una cámara doble que bombea sangre a ambos circuitos de forma separada y a diferentes presiones (menor en la pulmonar).



HABILIDAD: Anatomía interna del corazón

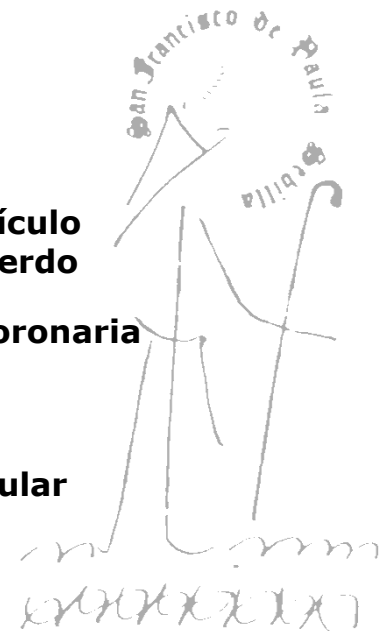
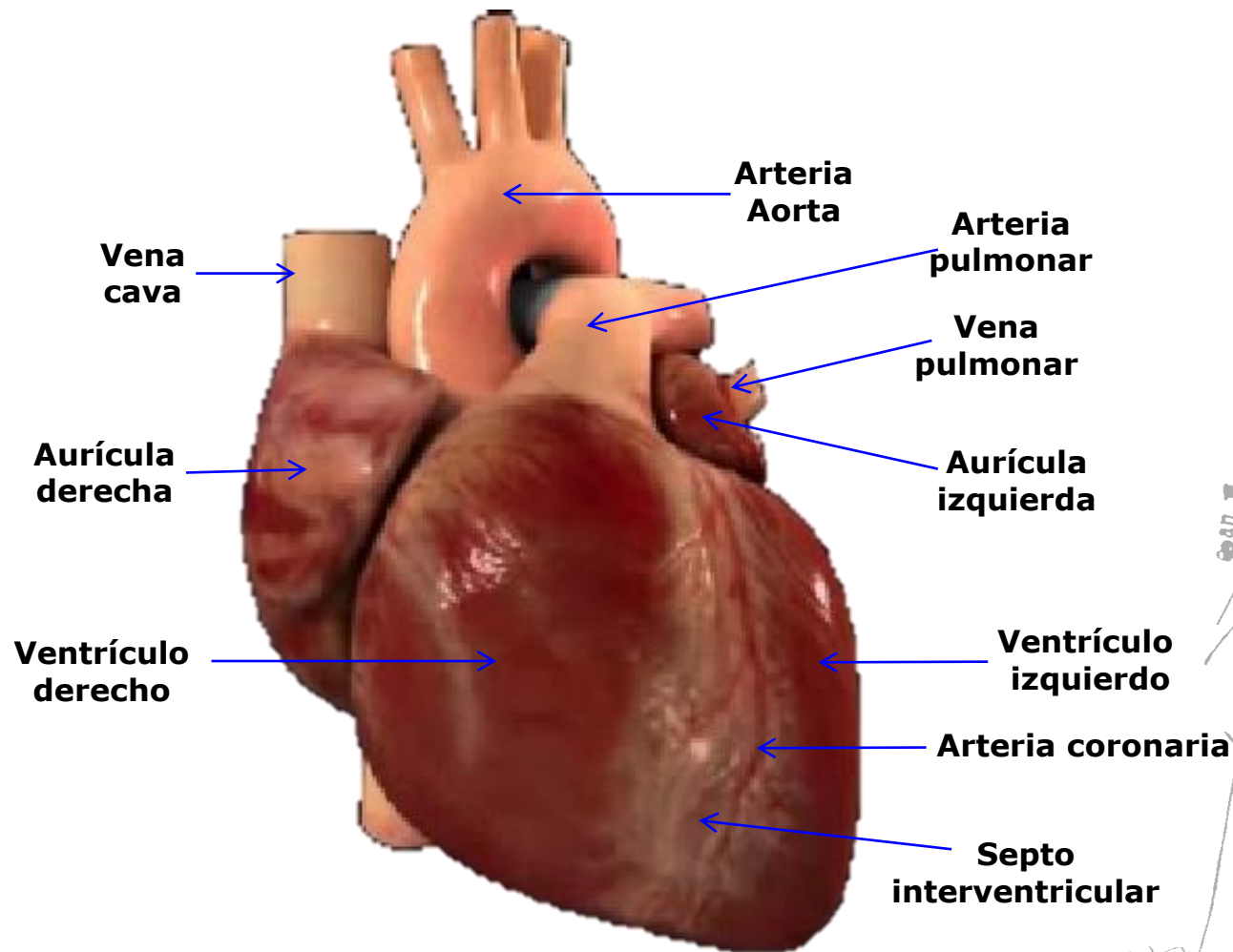


<http://www.pcc-web.com/depts/science/SchKS3Resources/8A%20Energy%20&%20Health/8A%20Heart%20Diagram.gif>

Have a go at this: <http://www.bishopstopford.com/faculties/science/arthur/Heart%20drag&drop.swf>

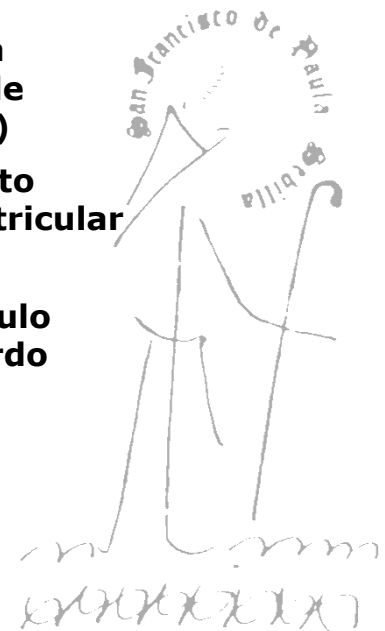
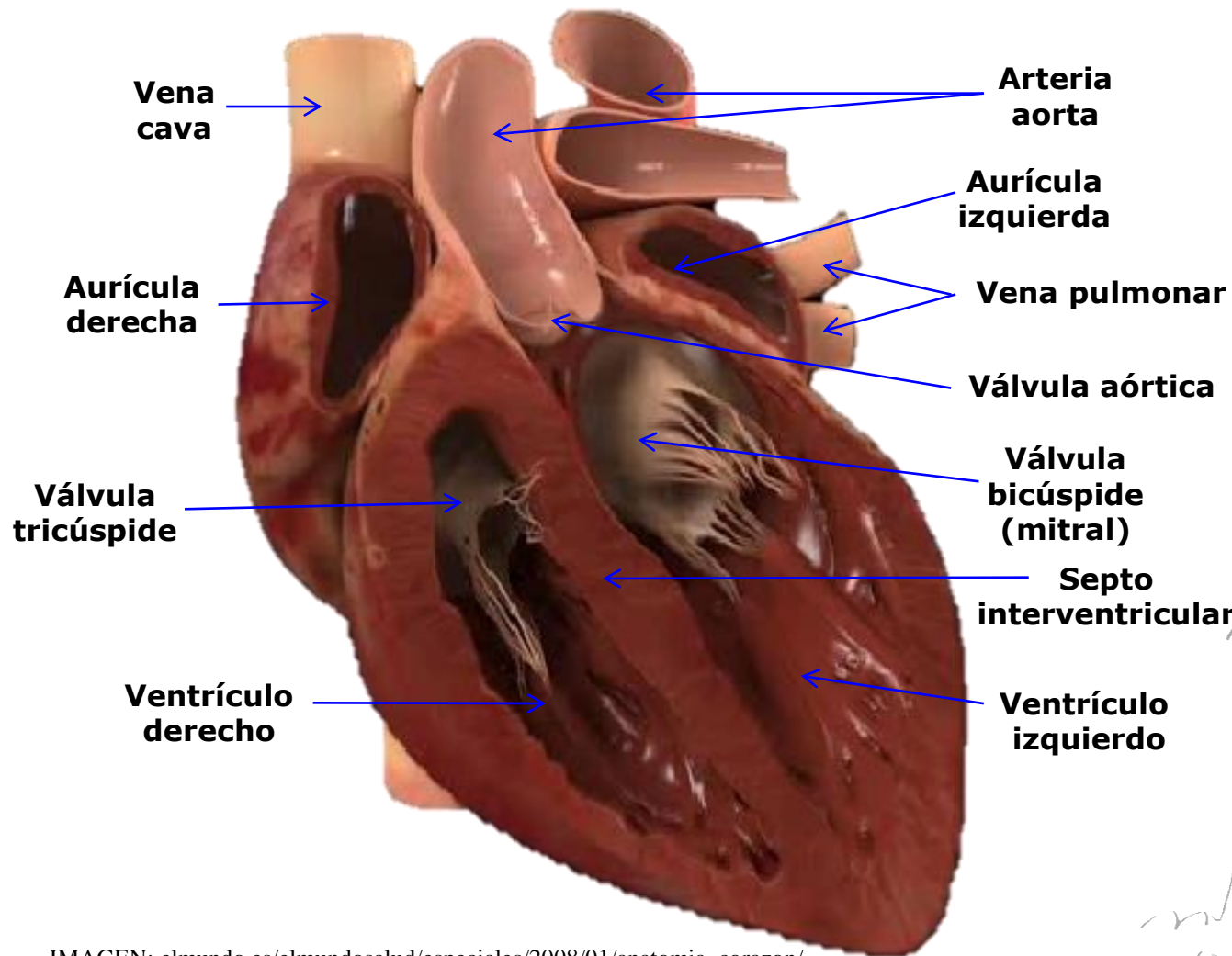


HABILIDAD: Anatomía externa del corazón



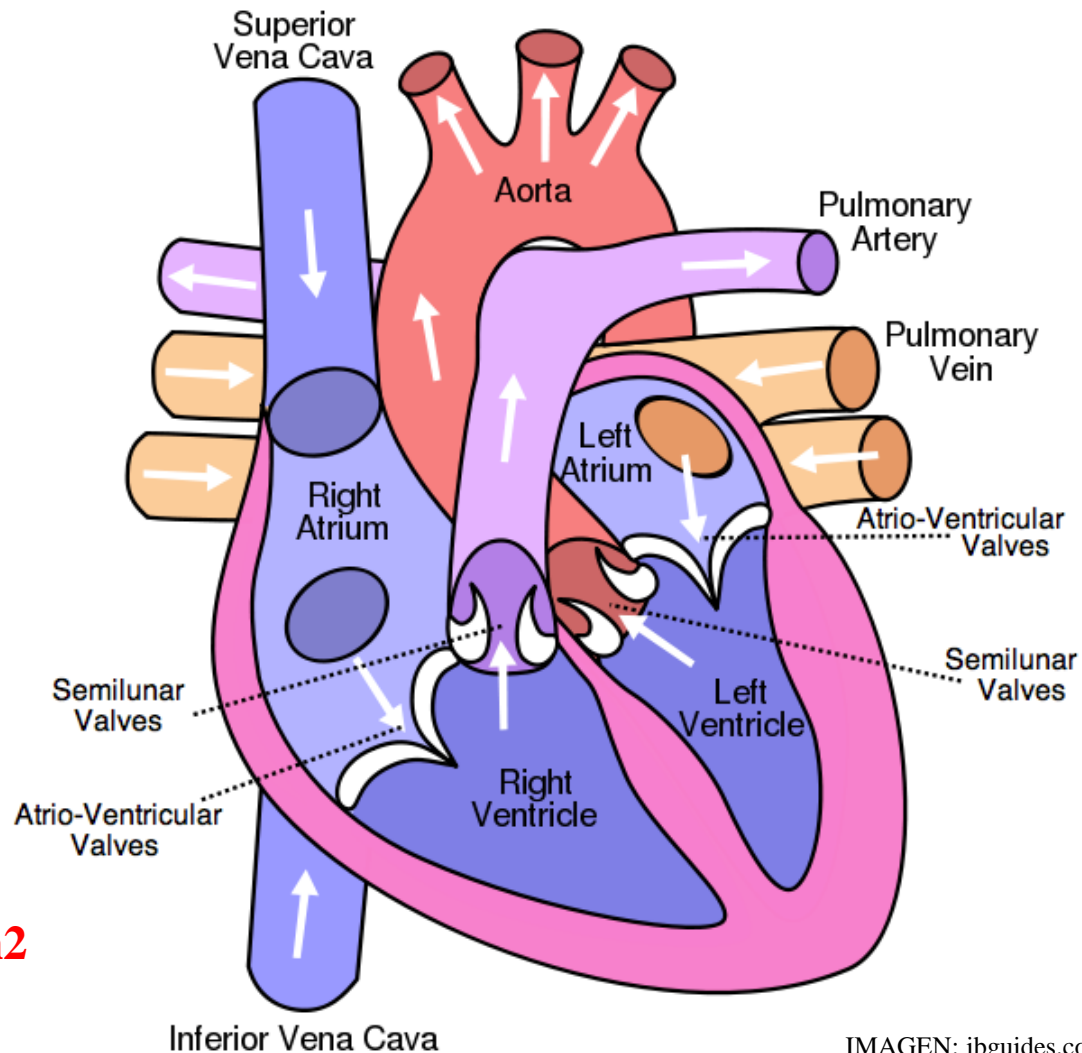


HABILIDAD: Anatomía interna del corazón





HABILIDAD: Anatomía interna del corazón



Animación2



Nutrición del corazón: Aterosclerosis

- El corazón, al igual que el resto de órganos, necesita nutrirse mediante el aporte de oxígeno y otros nutrientes, y eliminar los desechos generados.
- Una rama de la aorta denominada **arteria coronaria**, entra en el músculo cardíaco (miocardio) para suministrar al corazón la energía necesaria para que no se pare la contracción.
- El **miocardio** es el tejido muscular del corazón encargado de bombear la sangre mediante su contracción, por lo que es importante que las arterias coronarias no estén ocluidas y suministren continuamente los nutrientes necesarios.

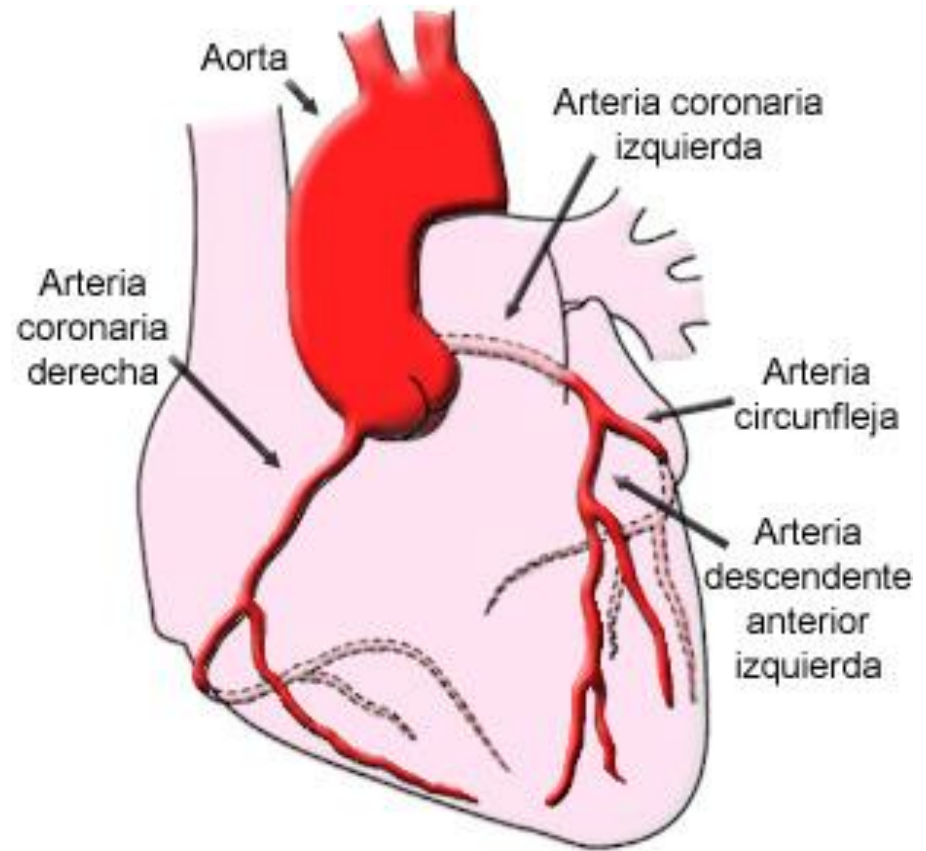


IMAGEN: drjuan.net/cateterismo-de-las-arterias-coronarias-2/

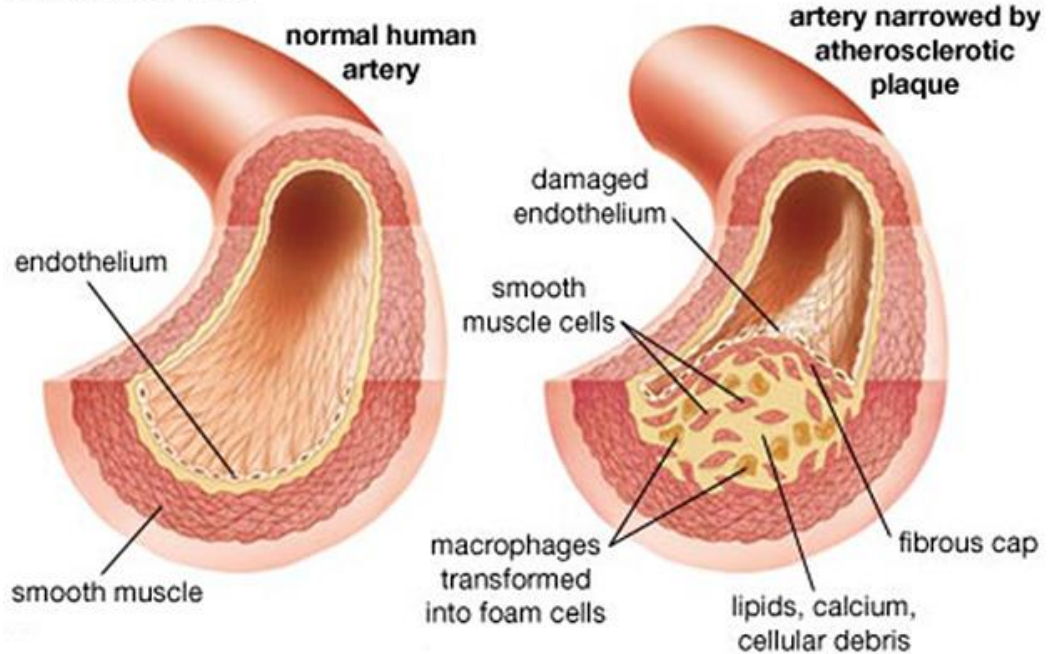
Handwritten signature and scribbles.



APLICACIÓN: Oclusión de las arterias coronarias

- Uno de los problemas de salud más frecuentes es la **aterosclerosis**, debida a la acumulación de tejido graso en la pared de las arterias en forma de placas (**ateroma**) entre el endotelio y la capa muscular.
- Además de acumularse lipoproteínas de baja densidad (LDL), las células endoteliales y de la musculatura lisa atraen a macrófagos fagocíticos.
- Los macrófagos crecen mucho al fagocitar a las vesículas de lípidos y colesterol (LDL), mientras que células de la musculatura lisa migran formando una duro tapón fibroso sobre el ateroma.
- Como consecuencia, la pared arterial sobresale hacia el lumen, haciéndolo más estrecho e impidiendo el flujo de sangre.

Atherosclerosis





APLICACIÓN: Oclusión de las arterias coronarias

- La **oclusión coronaria** se debe al estrechamiento de las arterias, como consecuencia de una aterosclerosis, que aportan sangre con oxígeno y nutrientes al miocardio.
- Sus **consecuencias** son la generación de un estado de carencia de oxígeno (anoxia) que causa dolor (conocido como angina) y afecta a la capacidad del miocardio para contraerse, haciendo que el corazón lata más rápido para mantener la circulación de la sangre.
- A veces el tapón fibroso que cubre al ateroma se rompe, pudiéndose formar un coágulo que puede bloquear las arterias que aportan sangre al corazón, generando enfermedades cardiovasculares.

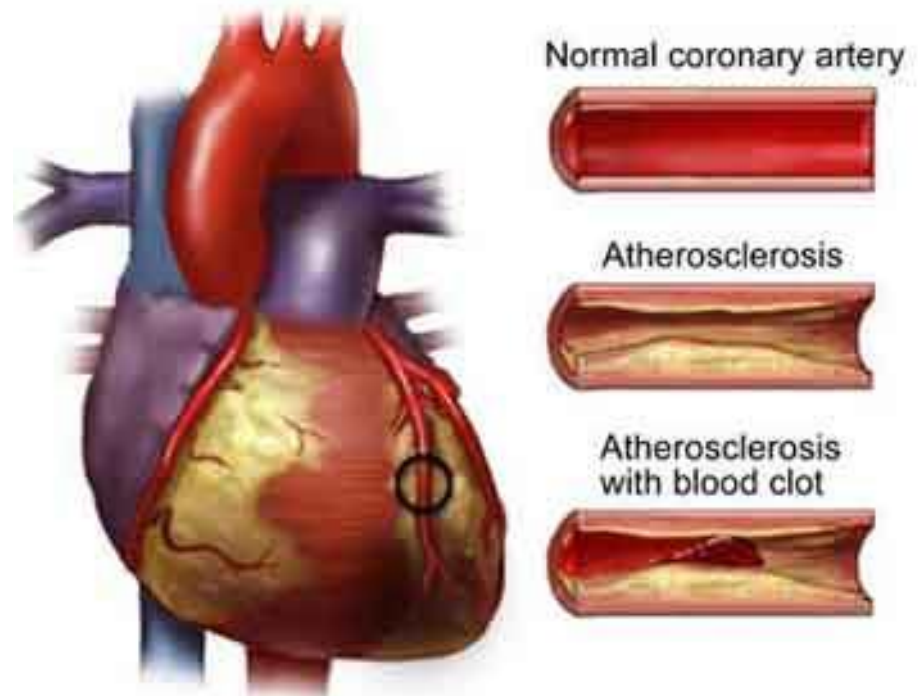


IMAGEN: elmundo.es/elmundosalud/especiales/2008/01/anatomia_corazon/



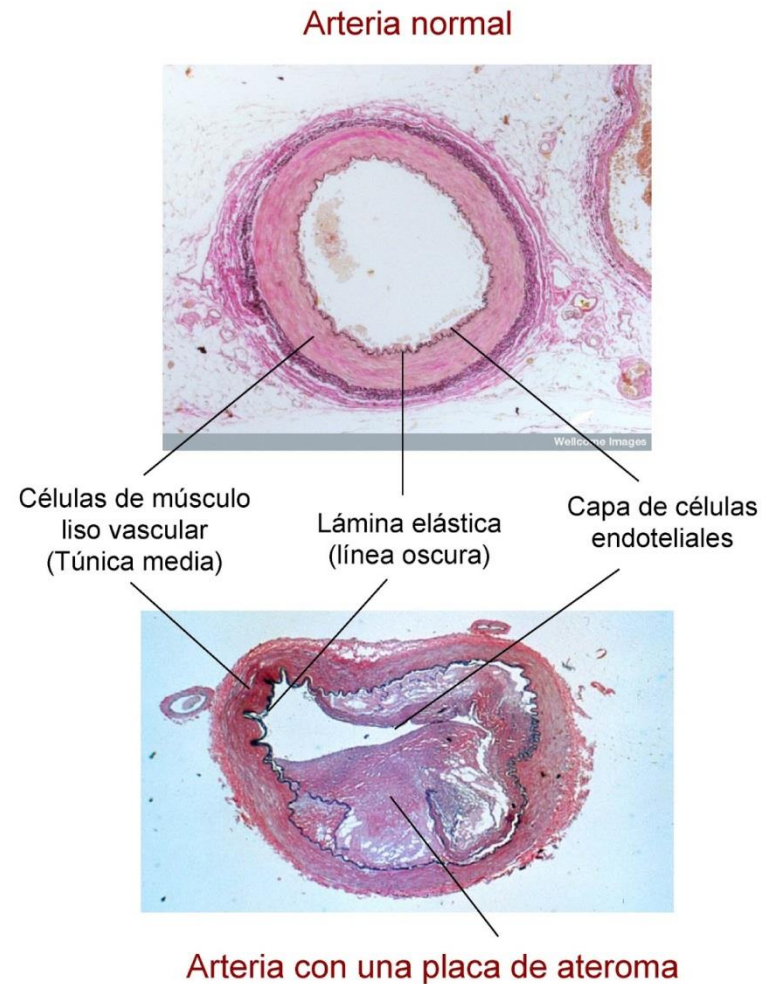
IMAGEN: cepvi.com



APLICACIÓN: Oclusión de las arterias coronarias

- Las **causas** de la aterosclerosis no están bien definidas todavía, pero varios factores han sido asociados a un incremento del riesgo de sufrirla, como son:

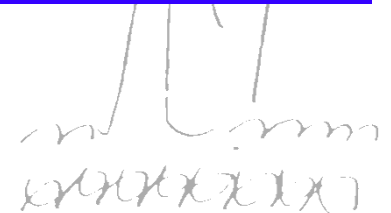
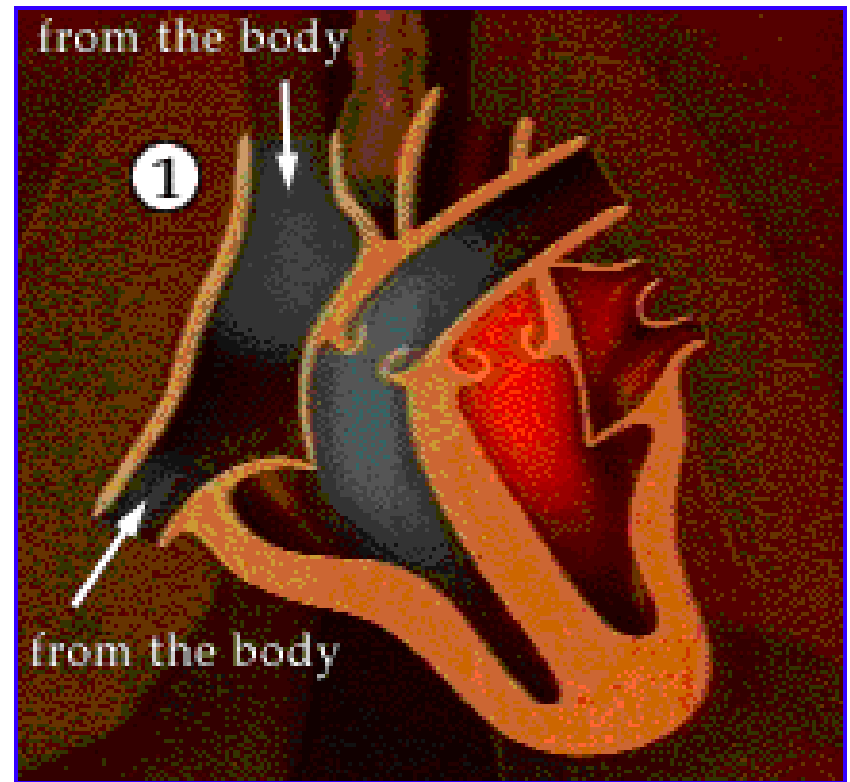
- Altos niveles de LDL en sangre.
- Altos niveles crónicos de glucosa en sangre debido a obesidad o diabetes.
- Alta presión sanguínea de tipo crónico debido al tabaquismo, estrés u otras causas.
- Consumo de grasas *trans* que dañan al endotelio de la arteria.
- Infección de la pared arterial por *Chlamydia pneumoniae*.





Fisiología del corazón (ciclo cardíaco)

- (1) La vena cava que porta sangre desoxigenada de los órganos confluye en la aurícula derecha (AD).
- (2) La AD envía la sangre a través de la válvula tricúspide hacia el ventrículo derecho (VD).
- (3) El VD envía la sangre a través de la válvula pulmonar semilunar a las arterias pulmonares hacia los pulmones.
- (4) Las venas pulmonares que portan sangre oxigenada desembocan en la aurícula izquierda (AI).
- (5) La AI envía sangre que pasa por la válvula bicúspide hacia el ventrículo izquierdo (VI).
- (6) El VI envía sangre a través de la válvula aorta semilunar situada dentro de la aorta hacia los órganos.

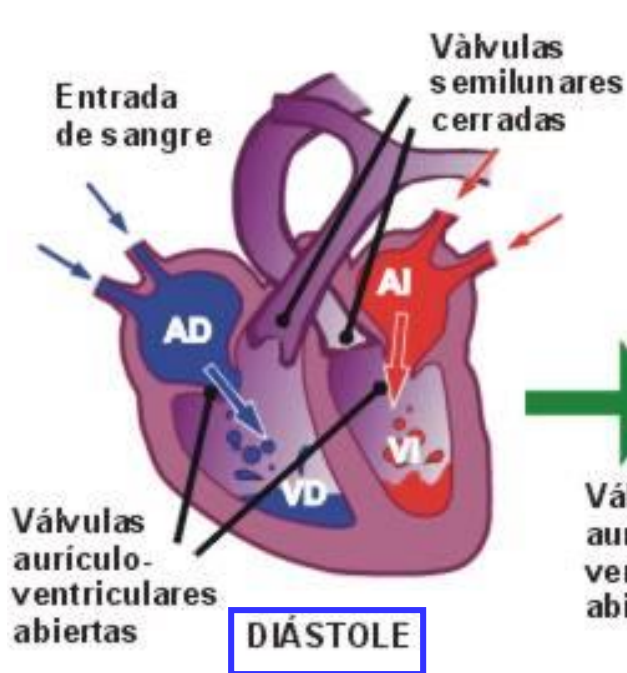




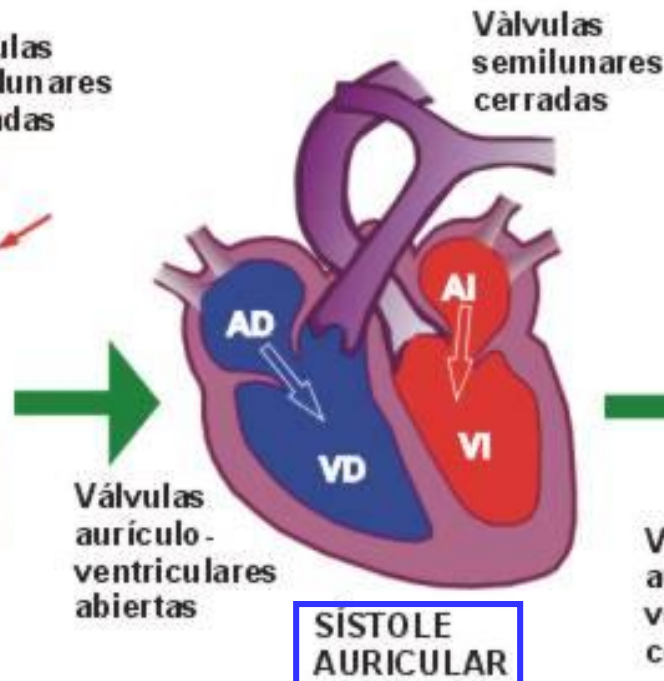
Fisiología del corazón (ciclo cardíaco)

- El corazón funciona como una bomba aspirante e impelente. Para ello realiza movimientos de relajación (**diástoles**) seguidos de movimientos de contracción (**sístoles**). El **ciclo cardíaco** (latido) dura 0.8 segundos y presenta 3 etapas:

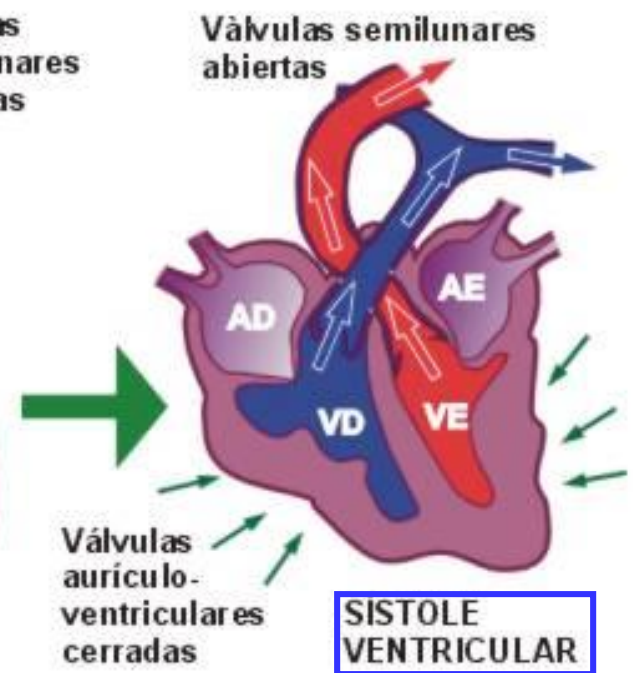
Aurículas y ventrículos relajados



Aurículas contraídas



Ventrículos contraídos



XXXXXXXXXX

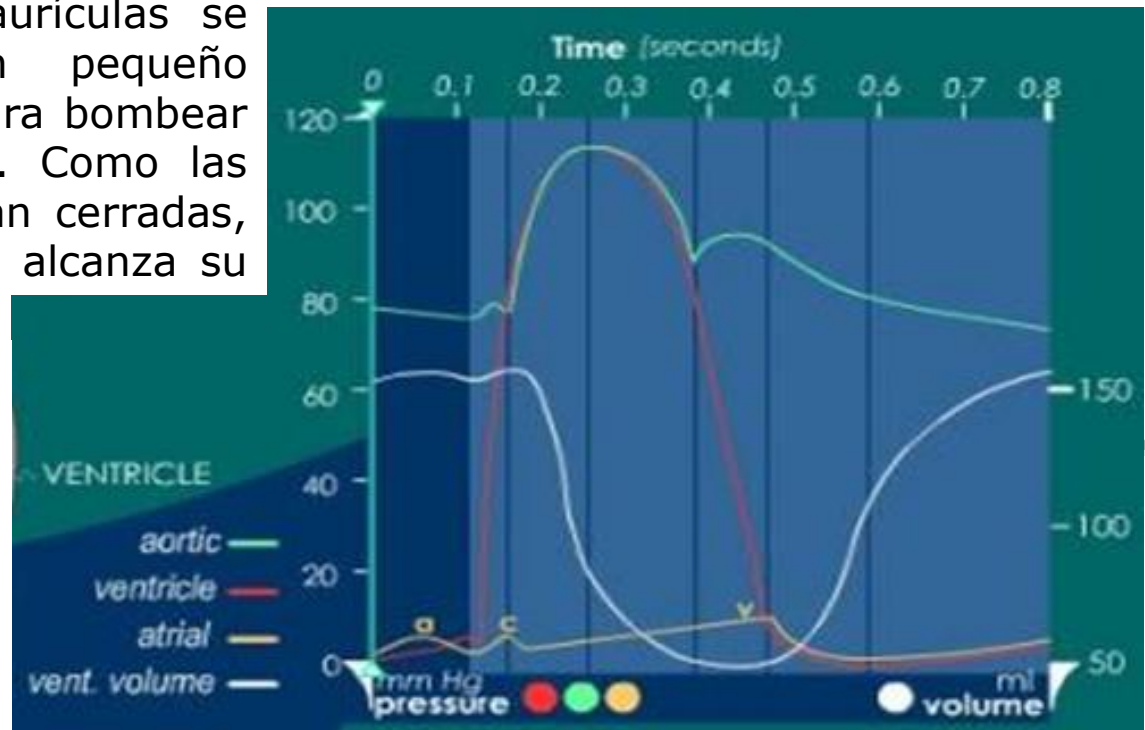


APLICACIÓN: Cambios de presión en el ciclo cardíaco

- El siguiente gráfico muestra los cambios de presión a lo largo del ciclo cardíaco en las aurículas (línea amarilla) y ventrículos (línea roja) del corazón y en la aorta (línea verde).

0-0.1 segundos: Las aurículas se contraen causando un pequeño aumento de la presión para bombear sangre a los ventrículos. Como las válvulas semilunares están cerradas, la presión en las arterias alcanza su valor mínimo.

0.1-0.15 segundos: Los ventrículos se contraen experimentando un rápido aumento de su presión que provoca el cierre de las válvulas auriculo-ventriculares, estando las semilunares cerradas.



Animación3

Handwritten notes in the bottom right corner, including a signature and some illegible scribbles.



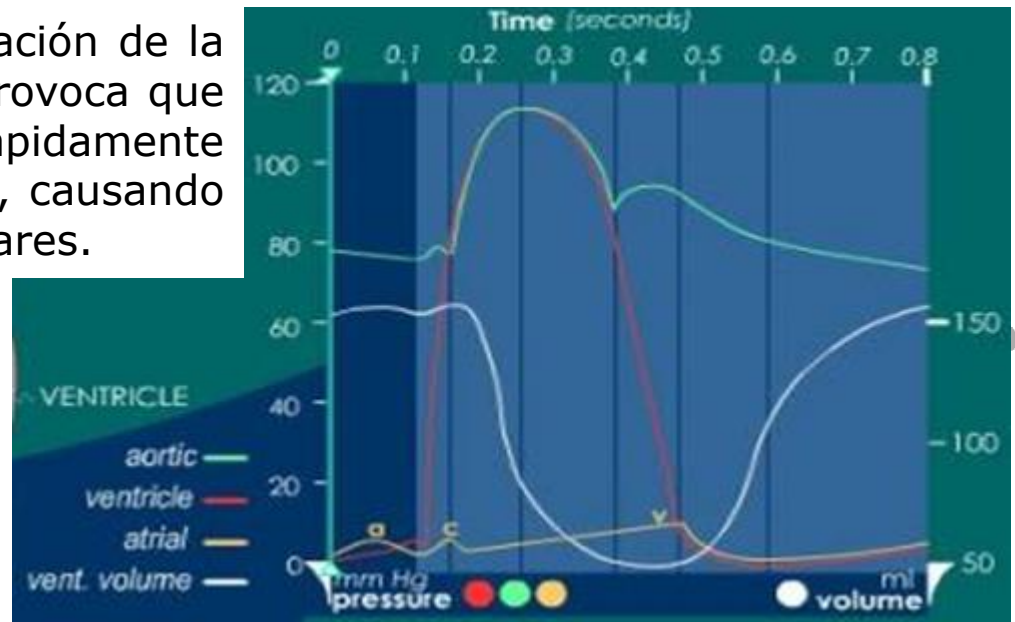
APLICACIÓN: Cambios de presión en el ciclo cardíaco

0.15-0.4 segundos: La presión en los ventrículos aumenta por encima de la de las arterias, por lo que las válvulas semilunares se abren y la sangre es bombeada desde los ventrículos a las arterias alcanzando éstas su presión máxima.

La presión en las aurículas aumenta lentamente a medida que la sangre entra en ellas desde las venas.

0.4-0.45 segundos: La finalización de la contracción de los ventrículos provoca que la presión en ellos disminuya rápidamente por debajo de la de las arterias, causando el cierre de las válvulas semilunares.

0.45-0.8 segundos: La presión en los ventrículos cae por debajo de la de las aurículas, provocando que las válvulas auriculo-ventriculares se abran.



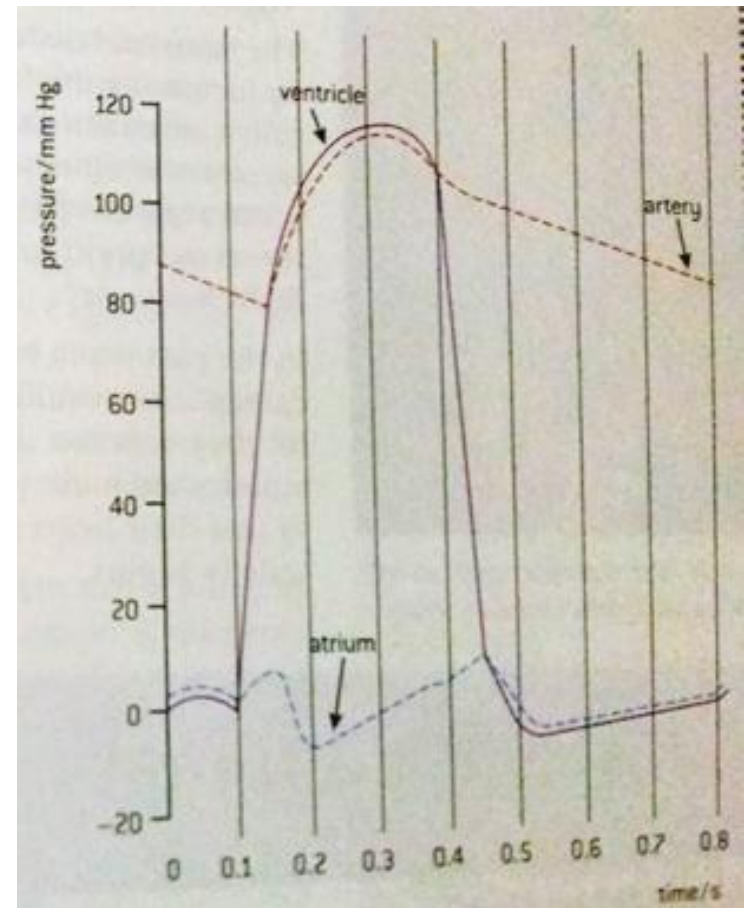
La sangre entra desde las venas a las aurículas y desde éstas, a los ventrículos causando un suave aumento de la presión.



APLICACIÓN: Cambios de presión en el ciclo cardíaco

■ El gráfico adjunto muestra un segundo del ciclo cardíaco.

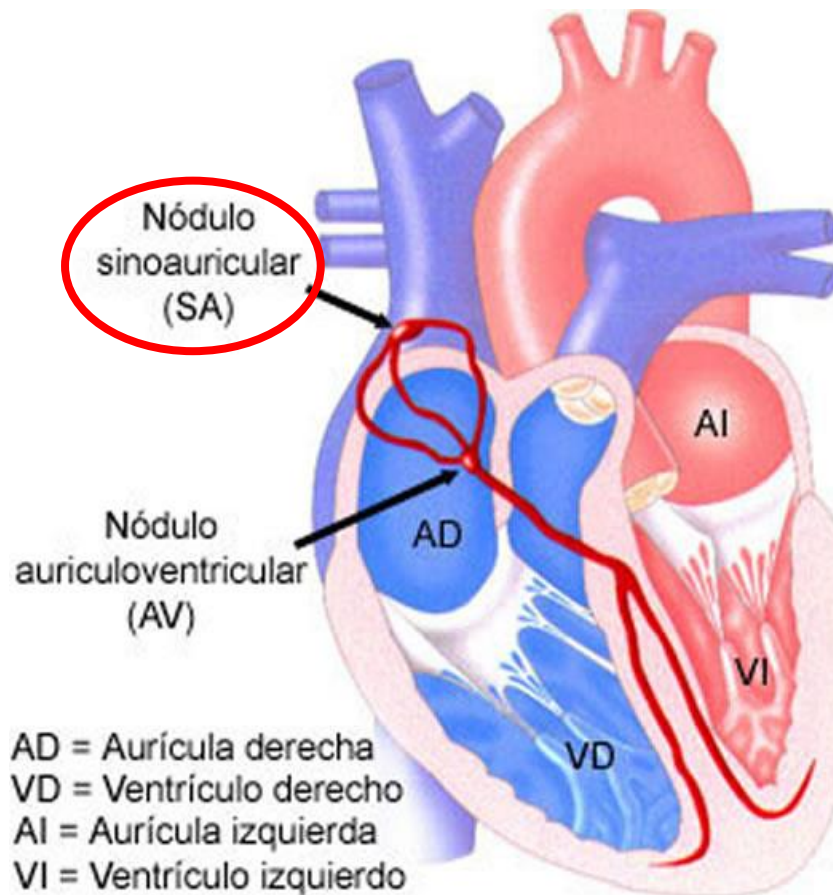
1. Deduce cuándo la sangre está siendo bombeada desde las aurículas hasta los ventrículos. Indica tanto el momento de inicio como de finalización.
2. Deduce cuándo los ventrículos comienzan a contraerse.
3. Indica cuándo las válvulas auriculo-ventriculares se cierran.
4. Indica cuándo las válvulas semilunares se abre.
5. Deduce cuando las válvulas semilunares se cierran.
6. Deduce cuándo la sangre está siendo bombeada hacia las arterias. Indica tanto el momento de inicio como de finalización.
7. Deduce cuándo el volumen de sangre en los ventrículos es:
 - a) Máximo
 - b) Mínimo



XXXXXXXXXX



Inicio del latido cardíaco: NSA

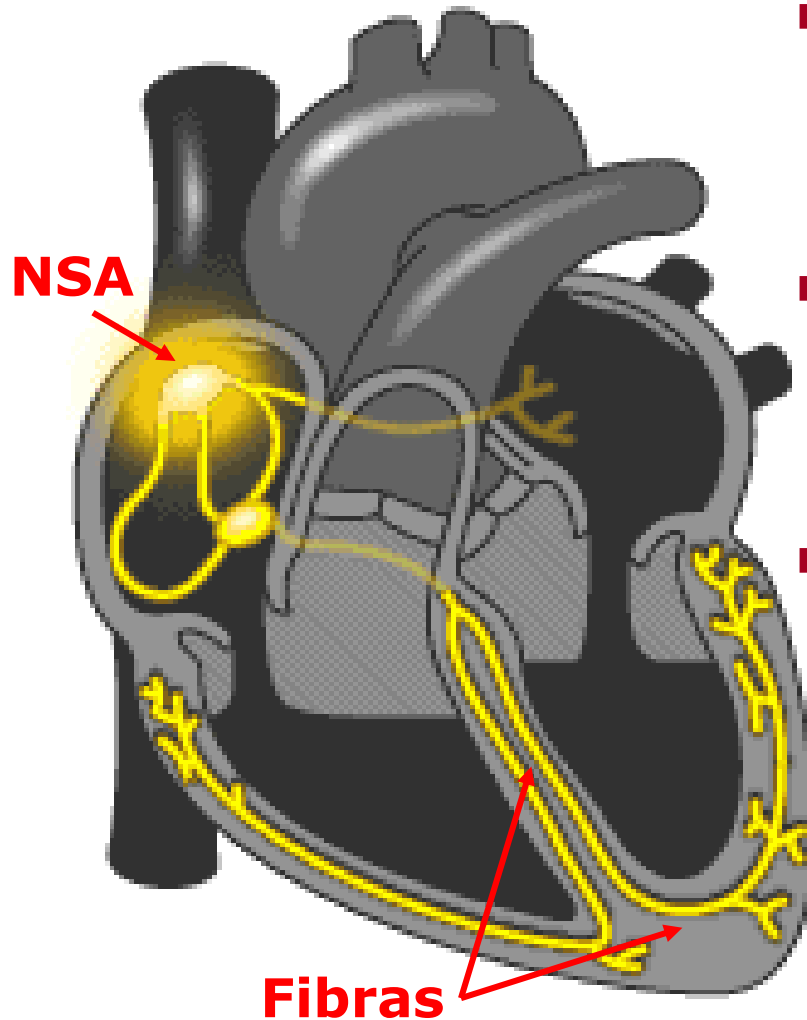


AD = Aurícula derecha
VD = Ventrículo derecho
AI = Aurícula izquierda
VI = Ventrículo izquierdo

- El corazón es un órgano único en el cuerpo, dado que su musculatura puede contraerse sin estimulación de las neuronas motoras.
- Es decir, el latido del corazón es iniciado por el propio músculo cardíaco (miocardio) en la denominada **contracción miogénica**.
- La membrana de las células musculares del corazón se activan cuando se contraen, activando a las células adjuntas que también se contraen.
- Un grupo de células musculares especializadas localizadas en la parte superior de la pared de la aurícula derecha, que constituyen el **nódulo sinoauricular (NSA)**, originan la señal eléctrica responsable de iniciar el latido del corazón, al ser las primeras en despolarizarse.



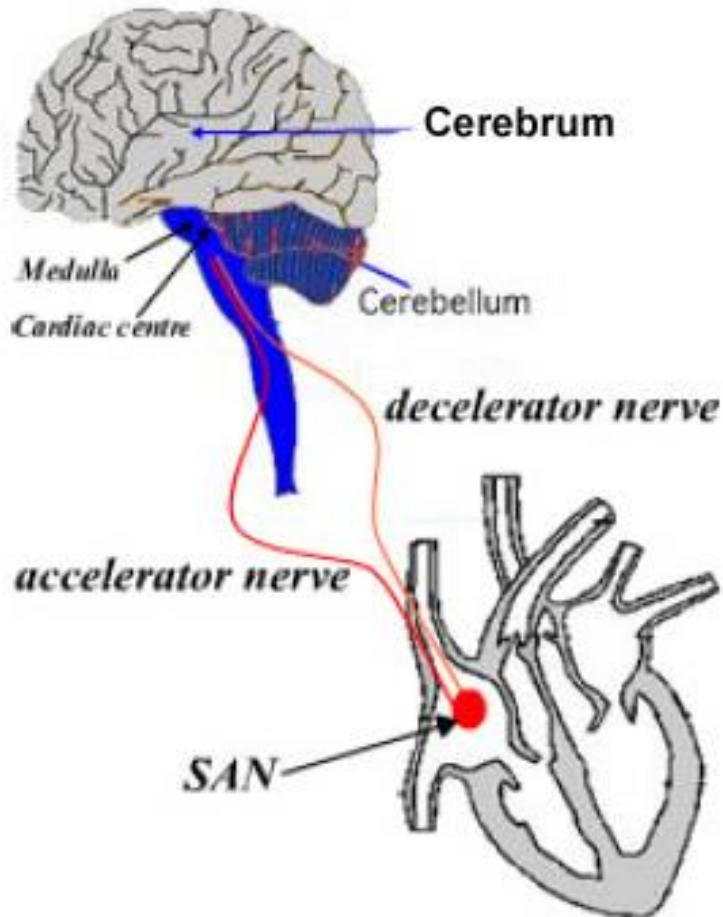
Inicio del latido cardíaco: NSA



- Dado que el nódulo sinuauricular inicia cada latido cardíaco, se le denomina «**marcapasos natural**» del corazón, al determinar el ritmo de latido del corazón.
- El nódulo sinuauricular inicia un latido cardíaco mediante la contracción y distribución simultánea de una señal eléctrica que se expande a través de la pared de la aurícula.
- La señal eléctrica generada en el NSA se propaga rápidamente a través de un conjunto de fibras musculares ramificadas e interconectadas, permitiendo que esta señal estimule la contracción conforme se propaga primero a través de las paredes de las aurículas, y a continuación de las paredes de los ventrículos.



Regulación del ritmo cardíaco

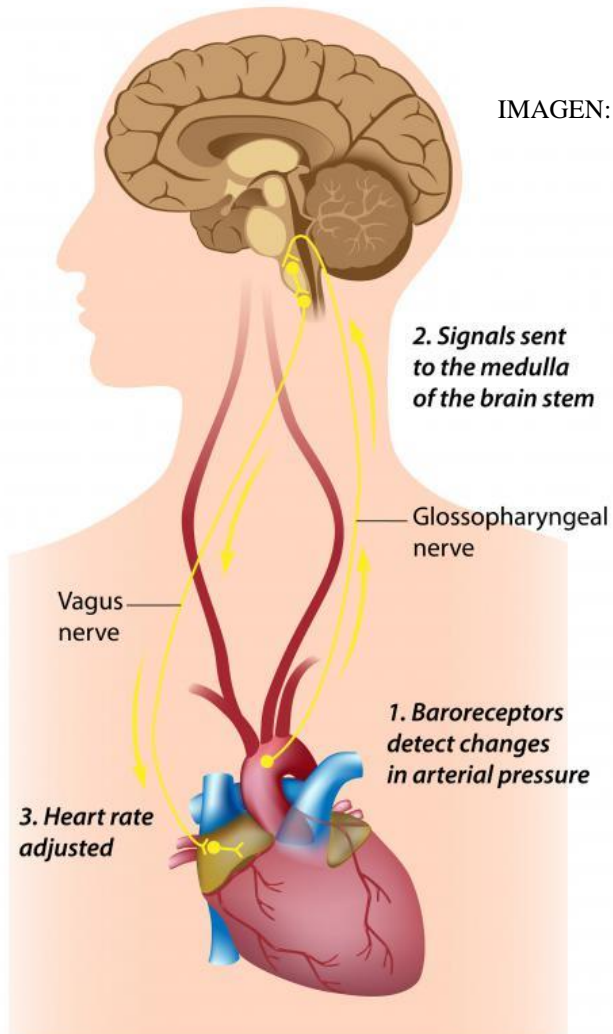


- El **NSA** que establece el ritmo de latido también **responde a** señales externas al corazón, como son **estímulos nerviosos y hormonas**.
- En la parte inferior del tronco del encéfalo, en la **médula**, existe una región denominada centro cardiovascular de la que parten dos nervios.
- Señales nerviosas de uno de los nervios estimulan al NSA haciendo que aumente la frecuencia de latido, mientras que señales del otro nervio inhiben al NSA causando una disminución del ritmo cardíaco.

scribble



Regulación del ritmo cardíaco

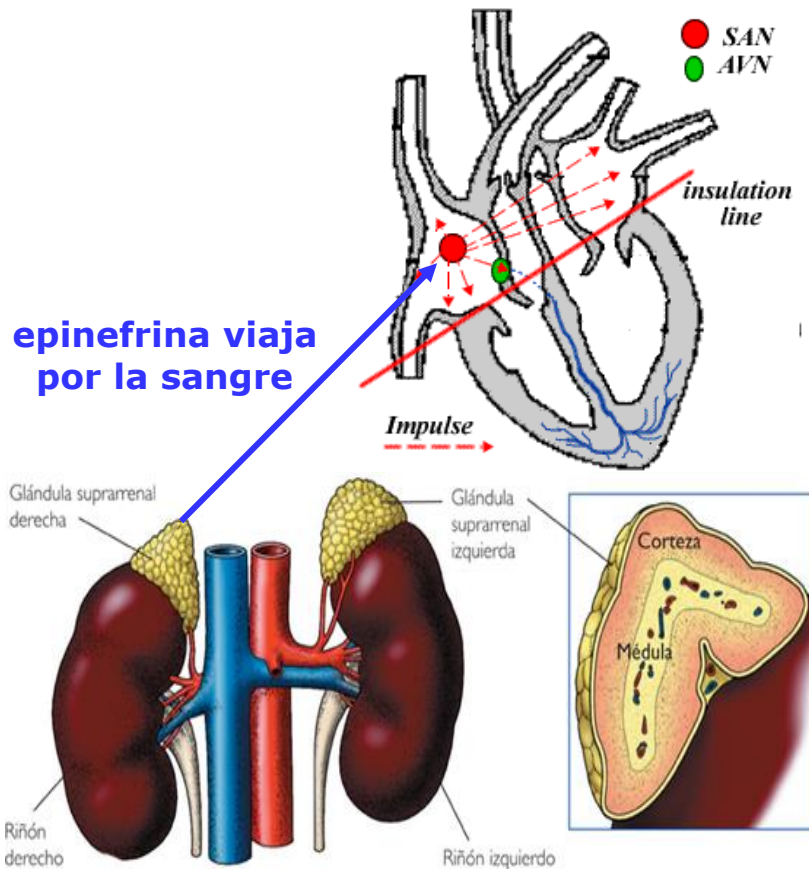


- El centro cardiovascular en la médula, recibe información de receptores que monitorizan la presión sanguínea así como su pH (refleja su concentración de CO_2) y la concentración de oxígeno.
- Una baja presión sanguínea, baja concentración de oxígeno y un pH bajo, son indicadores de que el **ritmo cardíaco debe aumentarse** para incrementar el flujo de sangre a los tejidos, llevando más O_2 y recogiendo más CO_2 .
- Por el contrario, una alta presión sanguínea, alta concentración de oxígeno y alto pH, son indicadores de que el **ritmo cardíaco debe disminuirse**.



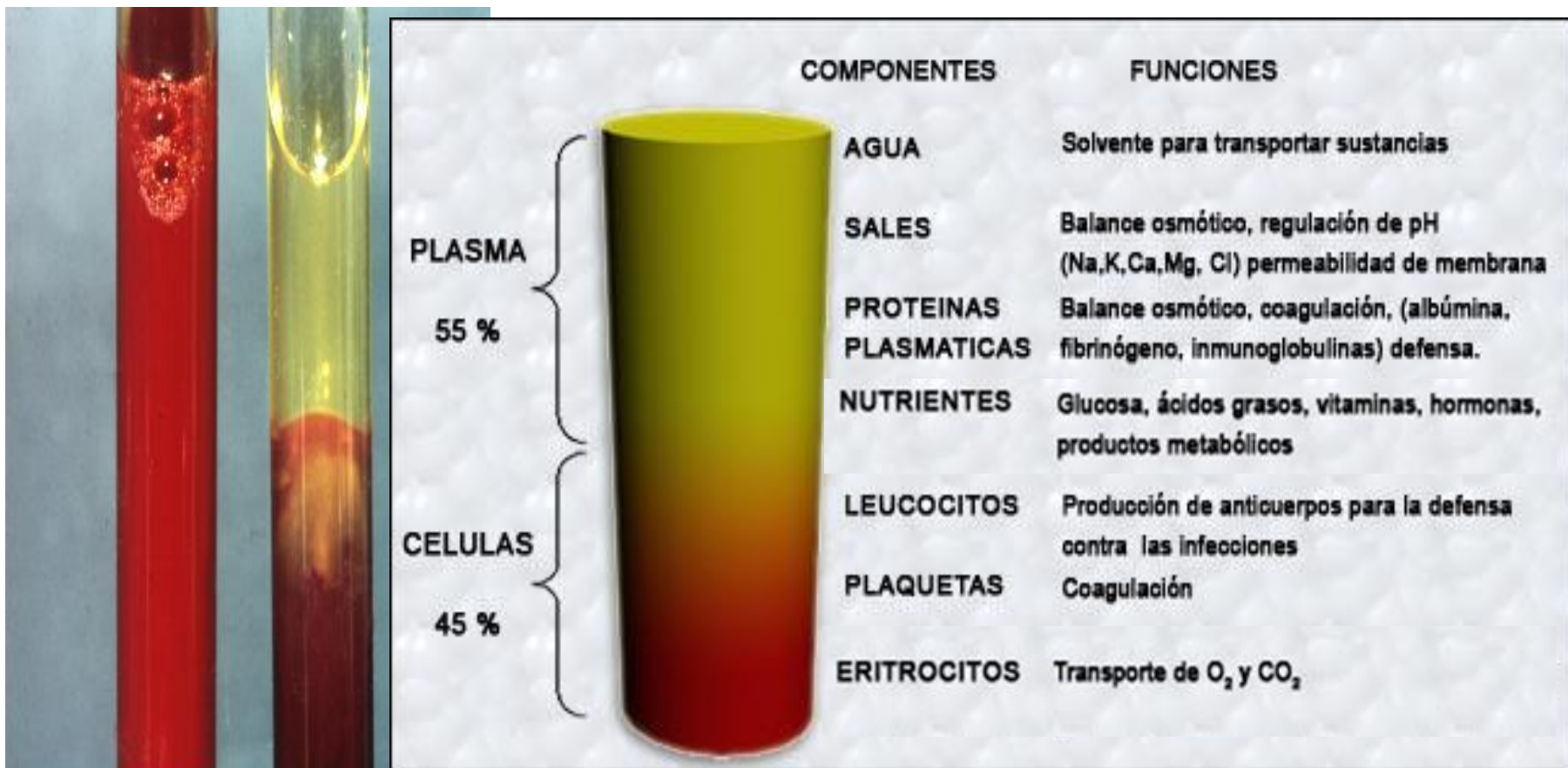
Regulación del ritmo cardíaco

- El ritmo miogénico del corazón también puede ser modificado por **estímulos hormonales**.
- La **hormona epinefrina** (adrenalina) es liberada por la glándulas suprarrenales y transportada por la sangre hasta llegar al corazón.
- La epinefrina se libera bajo situaciones en las que una actividad física vigorosa debe llevarse a cabo debido a una amenaza u oportunidad (fight or flight hormone), lo que estimula al NSA causando un **aumento del ritmo cardíaco**.





Composición de la sangre

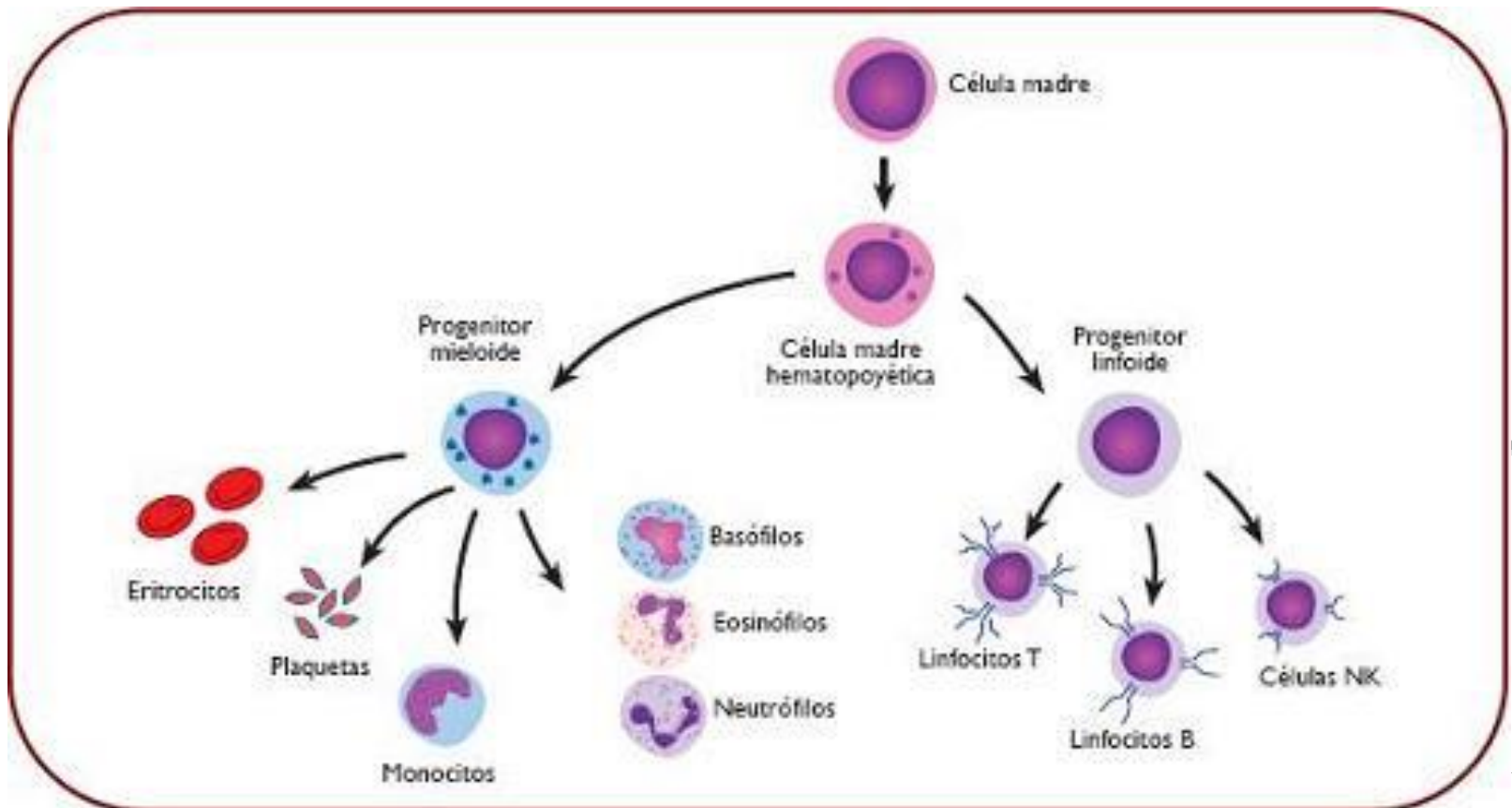


Handwritten signature and scribbles.



Génesis de las células sanguíneas

- Proceso denominado hematopoyesis.
- Tiene lugar en la médula ósea de los huesos, a partir de una célula madre.



XXXXXXXXXX



Ciencia vs intuición: TdC

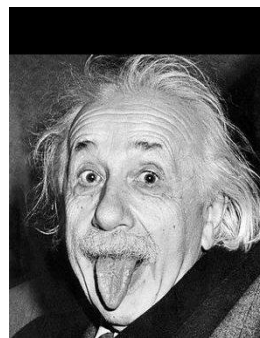
- ¿Qué significa “tengo una una corazonada”?
- ¿Qué parte del cuerpo usa una parte cuando toma una decisión basada en una corazonada?
- Actualmente, se conciben las emociones como un producto de la actividad del cerebro y no del corazón.
- ¿Es más válido el conocimiento basado en la ciencia que el conocimiento basado en la intuición?



Probamos por medio de la lógica, pero
descubrimos por medio de la intuición.

(Henri Poincaré)

akifrases.com



La única cosa realmente valiosa es la intuición.

—Albert Einstein

www.frasesgo.com

- Piensa en un ejemplo de decisión que suelas tomar basándote en la intuición y otro que tomes basándote en un razonamiento científico.

XXXXXXXXXX