TEMA 7 - SISTEMA CARDIOVASCULAR III

(Circulación arterial y venosa – Presión arterial – Regulación)

⇒ SISTEMA CARDIOVASCULAR

Entramos en el marco general del tema:
El sistema cardiovascular tiene tres funciones esenciales:

1. **Distribuir la sangre** a todos los tejidos.
2. **Mantener una presión adecuada** para que el flujo sea continuo.
3. **Ajustarse a las necesidades del organismo** (reposo, ejercicio, cambios posturales, pérdidas de volumen).

Todo el tema se centrará **no en el corazón como bomba**, sino en:

- **Cómo circula la sangre** por arterias y venas.
- **Qué es la presión arterial** y de qué depende.
- **Cómo se regula la presión arterial** a corto, medio y largo plazo.

⇒ CIRCULACIÓN ARTERIAL

Aquí comenzamos el **primer gran bloque**: la circulación arterial.

Las **arterias**:

- Llevan la sangre **desde el corazón hacia los tejidos**.
- Lo hacen a **alta presión**, porque reciben directamente la energía del ventrículo izquierdo.

Idea clave para todo el tema:
👉 **La circulación arterial es el sistema de presión del organismo.**
Sin presión suficiente:

- No hay flujo eficaz.
- No hay perfusión tisular.
- Los órganos no funcionan.

⇒ CARACTERÍSTICAS DE LA CIRCULACIÓN ARTERIAL

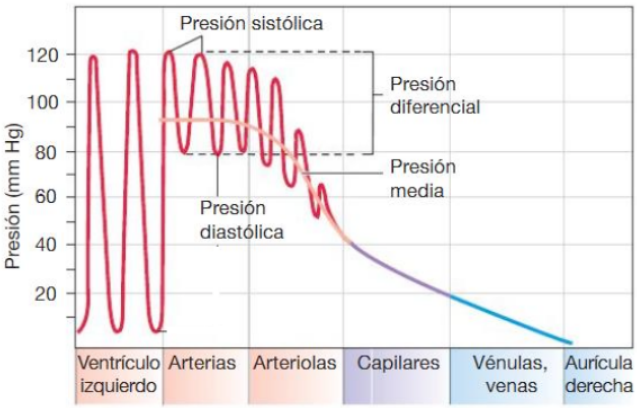
Se introducen los **dos valores clásicos de la presión arterial**:

→ **Presión arterial sistólica (PAS)**

- Es la **presión máxima**.
- Se alcanza durante la **sístole ventricular**.
- Valor medio en adulto sano: ≈ **120 mmHg**.

→ **Presión arterial diastólica (PAD)**

- Es la **presión mínima**.
- Corresponde a la **diástole**, cuando el corazón se relaja.
- Valor medio: ≈ **80 mmHg**.



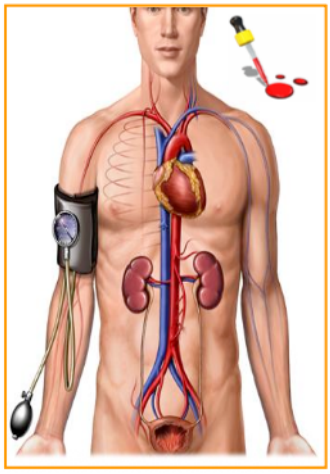
Esta gráfica es muy importante:

- Muestra que la presión es **alta y pulsátil** en arterias grandes.
- Desciende progresivamente a lo largo del árbol vascular.
- **La mayor caída de presión ocurre en las arteriolas**, no en los capilares.

👉 Esto anticipa una idea fundamental: **Las arteriolas son los vasos de resistencia.**

⇒ **¿QUÉ ES LA PRESIÓN ARTERIAL?**

Se llama **presión arterial** a la presión que ejerce la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos.



Esto no es un dato genérico:

- Es totalmente **imprescindible** para que la sangre circule.
- Permite que el oxígeno y los nutrientes lleguen a todos los órganos.

Aquí aparece la **ecuación fundamental del tema**:

→ **Presión arterial (PA) = Gasto cardíaco (GC) × Resistencias periféricas (RP)**

→ Es decir, la presión arterial (la fuerza que la sangre ejerce contra las paredes de las arterias) depende de dos factores principales: cuánta sangre bombea el corazón y lo "apretadas" que estén las arterias.

→ El corazón empuja (gasto).

→ Los vasos oponen resistencia.

→ De la combinación de ambos surge la presión.

Imaginemos que el sistema circulatorio es como una manguera de jardín:

1. Gasto Cardíaco (El grifo)

Es la cantidad de sangre que el corazón bombea por minuto. Se calcula multiplicando la frecuencia cardíaca (latidos) por el volumen de sangre que sale en cada latido.

- **En el jardín:** Si se abre más el grifo sale más agua por la manguera y la presión aumenta.
- **En el cuerpo:** Si se hace ejercicio, el gasto cardíaco sube y, por lo tanto, la presión también.

2. Resistencias Periféricas (La boquilla)

Es la dificultad que encuentran los vasos sanguíneos al paso de la sangre. Depende principalmente del diámetro de las arterias (vasoconstricción o vasodilatación).

- **Si se aprieta la boquilla de la manguera del jardín:** El agujero se hace más pequeño y el agua sale con muchísima más fuerza (presión).
- **En el cuerpo:** Si las arterias se vuelven rígidas o se contraen (por estrés, nicotina o frío), la presión sube.

→ **La fórmula en acción**

Para que la presión se mantenga estable, por ejemplo 120/80 mmHg (milímetro de mercurio), el cuerpo debe equilibrar ambos lados:

- **Si el gasto cardíaco baja** (por ejemplo, por deshidratación porque hay menos volumen de sangre), el cuerpo compensa aumentando las **resistencias** (cerrando las arterias) para que la presión no caiga en exceso y se produzca un desmayo.
- **Si las resistencias suben crónicamente** (hipertensión), el corazón tiene que trabajar mucho más duro para vencer esa resistencia, lo que puede dañarlo a largo plazo.

⇒ **¿CÓMO INFLUYE LA RESISTENCIA SOBRE LA PRESIÓN ARTERIAL?**

Vamos a llevar la idea anterior a términos hemodinámicos.

La presión arterial:

- **Aumenta** si aumenta el gasto cardíaco.
- **Aumenta** si aumentan las resistencias periféricas.

Aquí se introduce una idea muy importante y experimentada por el fisiólogo estadounidense **Arthur Guyton**):

👉 **El principal determinante de la presión arterial es el volumen de sangre contenido en las arterias.**

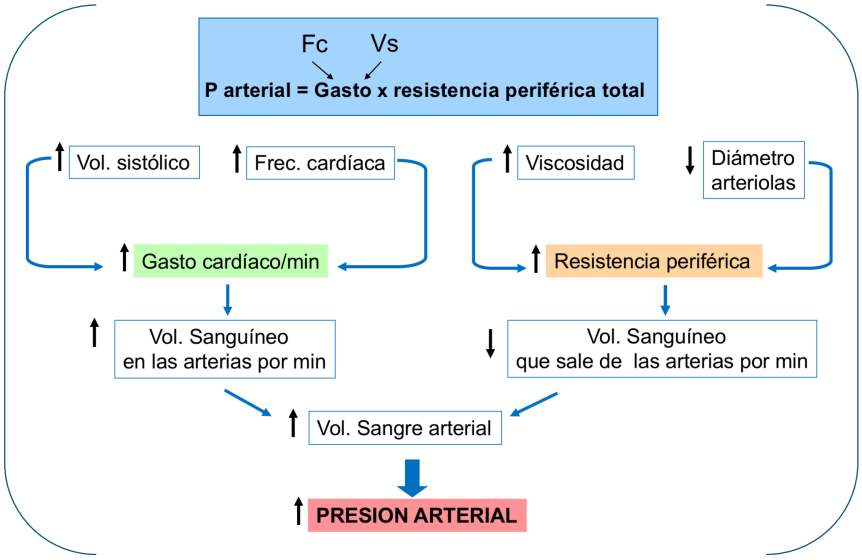
No es solo cuánto bombea el corazón, sino:

- Cuánta sangre **entra** al sistema arterial.
- Cuánta sangre **sale** del sistema arterial.

→ La ecuación: **Q (caudal) = ΔP (diferencia de presión) / R (resistencia hidrodinámica)** nos recuerda que:

- El flujo depende del gradiente de presión.
- Y de la resistencia al paso de la sangre.

⇒ **RELACIÓN ENTRE VOLUMEN DE SANGRE ARTERIAL Y PRESIÓN ARTERIAL**



Este esquema explica cómo se regula la presión **llenando o vaciando** el compartimento arterial.

→ **Por el lado del corazón**

- ↑ Volumen sistólico
- ↑ Frecuencia cardíaca

→ ↑ Gasto cardíaco

→ ↑ Sangre que entra a las arterias por minuto

→ **Por el lado de los vasos**

- ↑ Viscosidad
- ↓ Diámetro de las arteriolas

→ ↑ Resistencia periférica

→ ↓ Sangre que sale de las arterias por minuto

→ Resultado común:

- **Aumenta el volumen de sangre arterial**
- **Aumenta la presión arterial**

👉 Esta es una idea central que conviene fijar bien:

La presión arterial se comporta como la presión de un depósito: **sube si entra más sangre o si cuesta más que salga.**

⇒ **PULSACIONES DE LA PRESIÓN ARTERIAL**

Aquí se introduce el **concepto de pulso**. Las arterias son un reservorio de presión: su retracción elástica mantiene la presión motriz durante la diástole ventricular.

→ **Concepto de pulso**:

- Es la **expansión y retracción alternante** de una arteria.
- Se produce por la eyección intermitente de sangre desde el corazón.

Características importantes:

- El pulso es **más intenso en las arterias grandes** próximas al corazón.
- Se **atenúa progresivamente** en arteriolas.
- **Desaparece en los capilares**, donde el flujo ya no es pulsátil.

→ **Frecuencia del pulso**:

- En condiciones normales coincide con la **frecuencia cardíaca**.

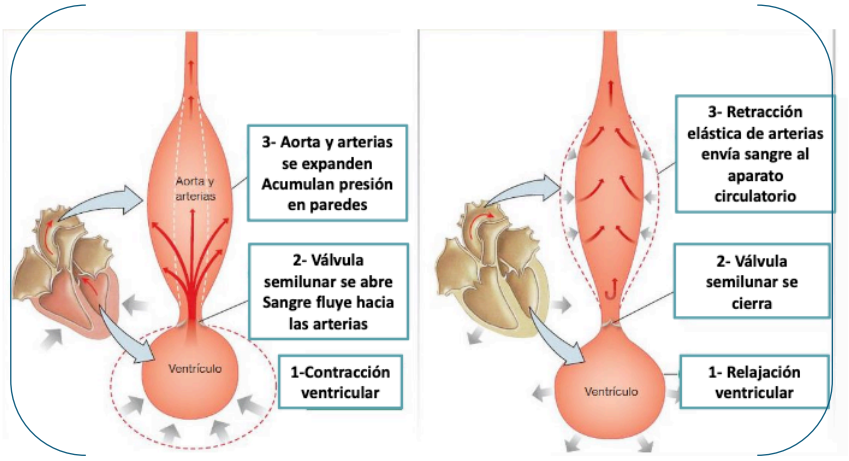
- Valor habitual en reposo: **70–80 latidos/min**.

→ **Idea fisiológica clave**

Las arterias no son tubos rígidos. Actúan como un **reservorio de presión** gracias a su elasticidad.

⇒ **<u>FUNCIÓN ELÁSTICA DE LAS ARTERIAS</u> (conocido como efecto *Windkessel*)**

Este esquema ilustra un mecanismo fundamental:



→ **Durante la sístole**

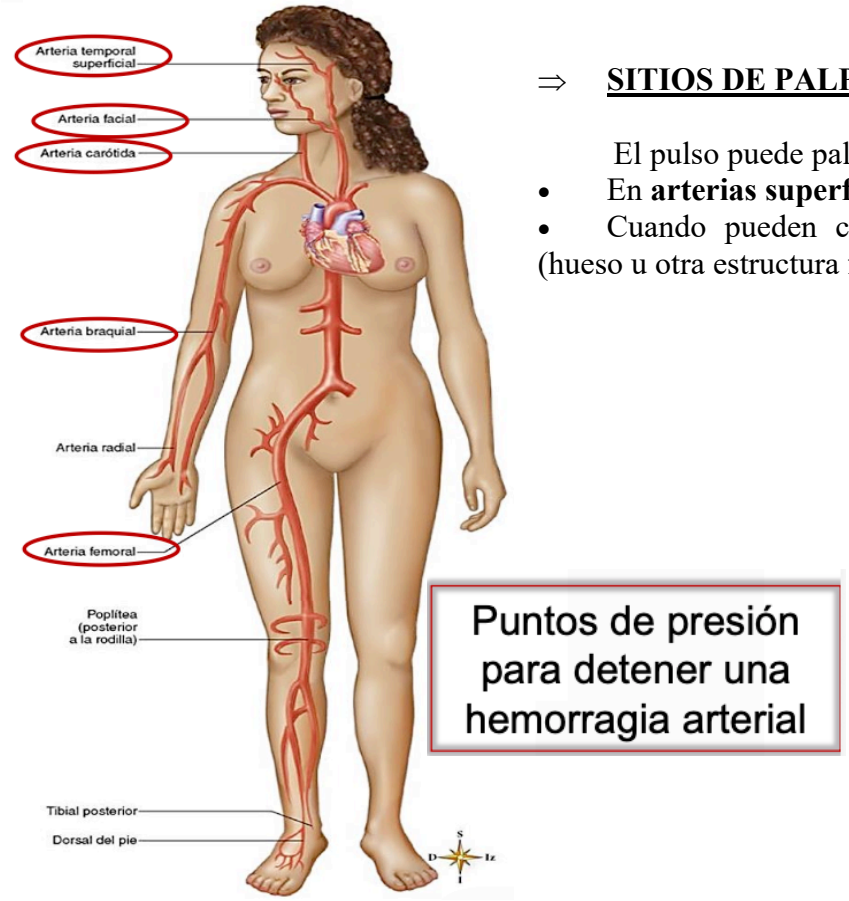
1. El ventrículo izquierdo se contrae.
2. Se abre la válvula semilunar.
3. La sangre entra bruscamente en la aorta.
4. La aorta y las grandes arterias **se expanden** y **almacenan energía elástica** en sus paredes.

→ **Durante la diástole**

1. El ventrículo se relaja.
2. La válvula semilunar se cierra.
3. Las arterias se **retraen elásticamente**.
4. Esa retracción mantiene la **presión motriz** y el flujo hacia la periferia.

👉 Conclusión importante:

Aunque el corazón bombea de forma intermitente, **el flujo arterial es relativamente continuo** gracias a la elasticidad arterial.



⇒ **<u>SITIOS DE PALPACIÓN O PUNTOS DE PULSO</u>**

El pulso puede palparse:

- En **arterias superficiales**.
- Cuando pueden comprimirse contra un **plano duro** (hueso u otra estructura firme).

⇒ PRESIÓN ARTERIAL MEDIA (PAM)

La **presión arterial media** es un concepto clave, más importante fisiológicamente que la PAS o la PAD aisladas.

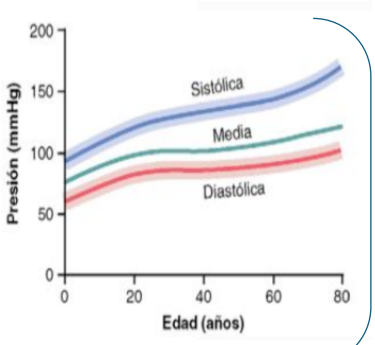
→ **Definición**:
Presión media en las arterias durante todo el ciclo cardíaco.
Es la **fuerza motriz real del flujo sanguíneo**.

Ejemplo:
- PAS = 120 mmHg
- PAD = 80 mmHg

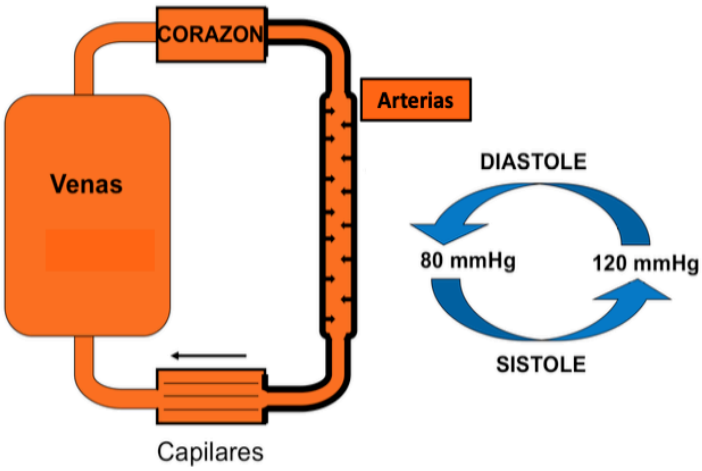
→ **Idea clave**
- Los tejidos **no "ven" la PAS ni la PAD**, sino la PAM.
- El flujo sanguíneo depende directamente de la **PAM**.

La gráfica muestra cómo:
- Con la edad aumenta sobre todo la **presión sistólica**.
- La presión media también tiende a elevarse progresivamente.

Ejemplo
PAM= 80 +1/3 (120-80)
= 93 mm Hg



⇒ ARTERIAS: ALTA ELASTICIDAD, BAJA DISTENSIBILIDAD



Este gráfico resume el **papel mecánico de las arterias**.

Características:
- **Alta elasticidad**: capacidad de recuperar la forma tras distensión.
- **Baja distensibilidad** en comparación con las venas.

Función:
- Soportar presiones elevadas.
- Amortiguar las variaciones de presión entre sístole y diástole.
- Garantizar un flujo relativamente continuo hacia los capilares.

Mensaje implícito:
👉 Cuando las arterias **pierden elasticidad** (edad, arteriosclerosis):
- Aumenta la PAS.
- Aumenta la presión de pulso.
- Se sobrecarga el corazón.

⇒ CIRCULACIÓN VENOSA

A partir de aquí comenzamos con el segundo gran bloque del tema **"la circulación venosa".**
Mientras que el sistema arterial es el sistema de presión,
👉 **el sistema venoso es el sistema de volumen**.

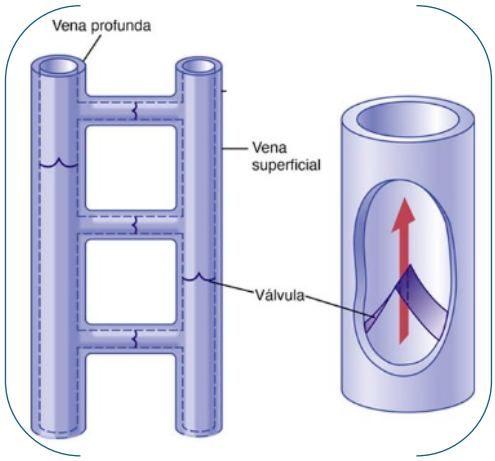
Las venas:

- Devuelven la sangre desde los tejidos al corazón.
- Funcionan a **baja presión**.
- Actúan como **reservorio sanguíneo**.

⇒ CARACTERÍSTICAS DE LA CIRCULACIÓN VENOSA

Puntos fundamentales:

- Las venas son **vasos de capacitancia**:
  - Gran distensibilidad.
  - Capaces de almacenar grandes volúmenes.
- Aproximadamente **el 66 % del volumen sanguíneo total** está en las venas.



Diferencias con el sistema arterial:

- Mayor diámetro.
- Menor componente elástico.
- Presión venosa **mucho menor** que la arterial.
- Presión en aurícula derecha ≈ **0 mmHg**.
- Presencia de **válvulas unidireccionales** hacia el corazón.
- Sistema muy ramificado, especialmente en extremidades inferiores (plexos venosos).

👉 Idea clave:

El sistema venoso es una **reserva dinámica** que puede movilizar sangre cuando la presión arterial cae.

⇒ EL RETORNO VENOSO

→ **Definición:** Es el volumen de sangre que fluye de regreso al corazón a través de las venas sistémicas.

Y aquí aparece una afirmación fundamental:

👉 **El retorno venoso es el determinante del gasto cardíaco.**

Porque el corazón solo puede bombear lo que recibe.

Si disminuye el retorno venoso → disminuye el llenado ventricular → disminuye el volumen sistólico → baja el gasto cardíaco.

→ Factores que favorecen el retorno venoso

Existen tres mecanismos principales:

1. **Bomba muscular venosa**
2. **Bomba respiratoria**
3. **Bomba cardíaca**

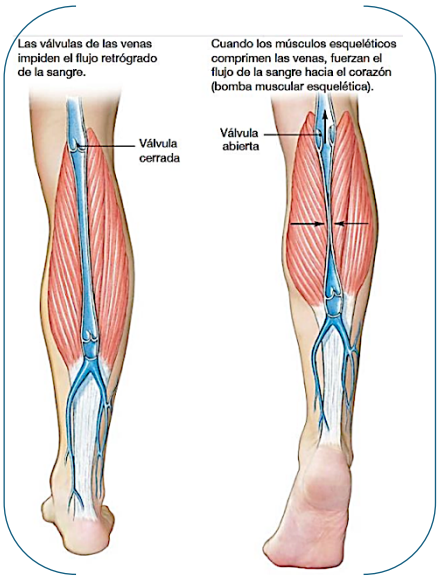
Expliquemos uno por uno.

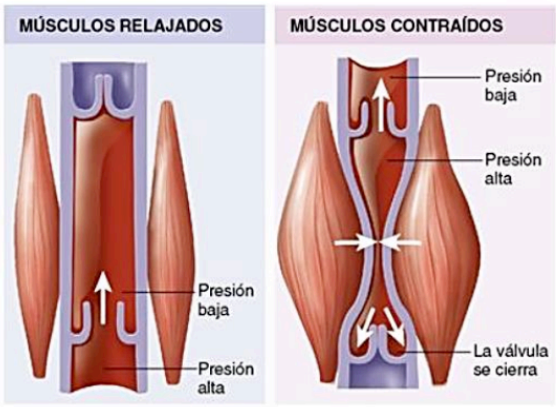
→ BOMBA MUSCULAR

Este es un mecanismo mecánico sencillo pero esencial.

Cuando los músculos esqueléticos se contraen:

- Comprimen las venas que pasan entre ellos.
- Aumenta la presión venosa local.
- La sangre es empujada hacia el corazón.





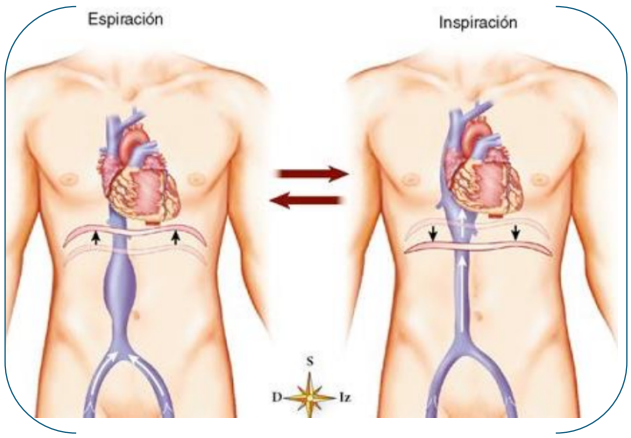
Las **válvulas venosas** impiden el retroceso.

Resultado:
Cada contracción muscular actúa como un "empujón" hacia arriba.

👉 Por eso:

- Caminar mejora el retorno venoso.
- Permanecer inmóvil favorece el estancamiento.
- En viajes largos puede aparecer edema.

Es un mecanismo especialmente importante en **extremidades inferiores**, donde la sangre debe vencer la gravedad.



→ **BOMBA RESPIRATORIA**
Aquí entra la fisiología torácica.

Durante la inspiración:

- El diafragma desciende.
- Aumenta el volumen torácico.
- Disminuye la presión intratorácica.
- Aumenta la presión abdominal.

Se crea un gradiente de presión:

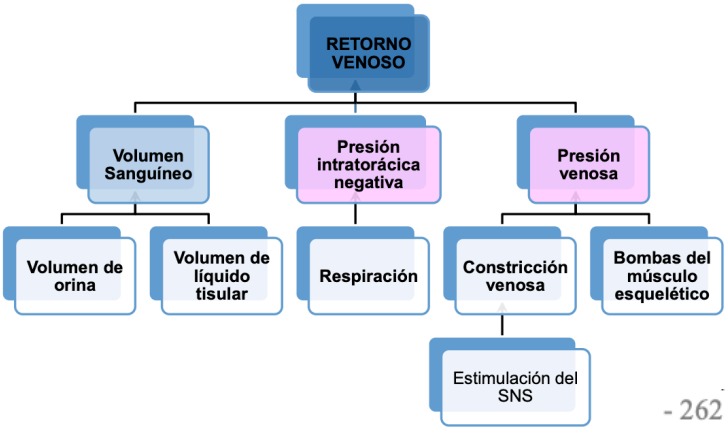
- La sangre se desplaza desde las venas abdominales hacia las venas torácicas.
- Entra con mayor facilidad en la aurícula derecha.

Durante la espiración:
Ocurre el fenómeno inverso y el retorno disminuye ligeramente.

👉 La respiración normal actúa como una bomba auxiliar continua.

⇒ **<u>FACTORES QUE AFECTAN AL RETORNO VENOSO</u>**

Este esquema organiza los factores en tres grandes grupos:



1. Volumen sanguíneo
Depende de:

- Volumen de orina (función renal)
- Volumen de líquido tisular

Si aumenta el volumen total → aumenta el retorno.

2. Presión intratorácica negativa
Relacionada con la respiración.

Mayor presión negativa → mayor retorno.

3. Presión venosa
Depende de:

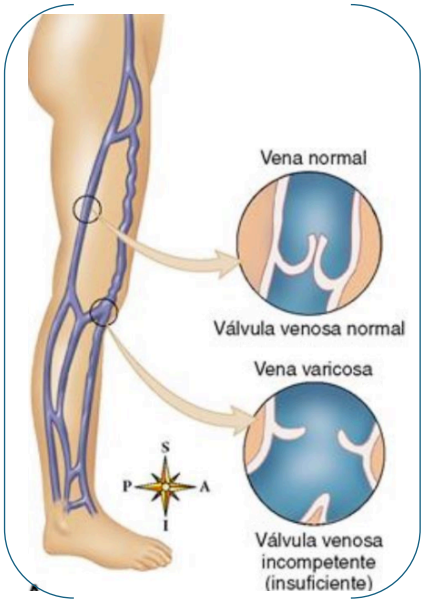
- Constricción venosa
- Estimulación simpática
- Bombas musculares

La **estimulación simpática** reduce el diámetro venoso:

- Disminuye la capacitancia.
- Moviliza sangre hacia el corazón.
- Aumenta el retorno.

👉 Esta es una herramienta clave del organismo ante caídas de presión arterial.

⇒ VARICES O VENAS VARICOSAS



Aquí entramos en fisiopatología.

Las varices aparecen cuando:

- Las válvulas venosas se vuelven incompetentes.
- Se produce reflujo.
- Aumenta la presión venosa distal.
- La vena se dilata y se vuelve tortuosa.

Consecuencia:
Estasis venosa crónica.

Tratamientos que aparecen en la diapositiva:

- Medias elásticas (compresión externa).
- Escleroterapia.
- Oclusión por radiofrecuencia.
- Oclusión por láser.
- Flebectomía.

Es un ejemplo práctico de lo que ocurre cuando falla la mecánica del retorno.

⇒ EFECTO DE LA GRAVEDAD SOBRE EL RETORNO Y LA PRESIÓN VENOSA

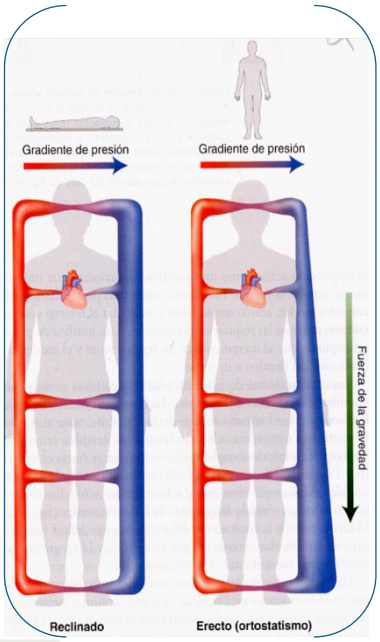
Este punto es clínicamente muy importante.

Cuando una persona pasa de estar tumbada a ponerse de pie:

1. **La gravedad hace que**:
    - Aumente el volumen de sangre en las piernas.
    - Aumente la presión venosa en extremidades inferiores.
2. **Disminuye**:
    - La presión venosa central.

- El llenado de la aurícula derecha.
- El volumen sistólico derecho.

3. **Resultado**:
   - Disminuye el gasto cardíaco.
   - Baja la presión arterial.



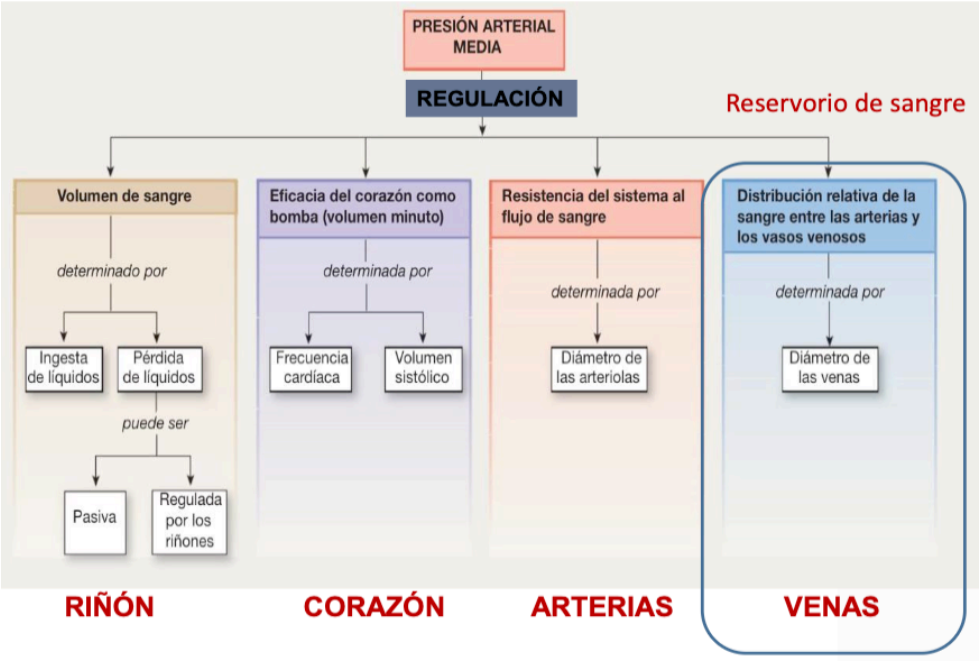
Esto produce:

👉 **Hipotensión ortostática transitoria.**

Pero el organismo lo corrige rápidamente mediante el **reflejo barorreceptor**, que veremos a continuación.

⇒ REGULACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL

Aquí se muestra el esquema global de regulación.
La presión arterial se controla actuando sobre cuatro estructuras:



1. **Riñón** → volumen sanguíneo
2. **Corazón** → frecuencia y volumen sistólico
3. **Arteriolas** → resistencia
4. **Venas** → distribución del volumen (reservorio)

Dato importante:
Más del 60 % de la sangre está en las venas.

Por eso:

👉 El sistema venoso es una reserva estratégica que puede compensar pérdidas de hasta un 20 % de volumen sanguíneo.

⇒ MECANISMOS DE REGULACIÓN POR PLAZOS

La regulación se divide en tres niveles temporales:

Corto plazo (minutos–horas)
- Reflejo barorreceptor
- Reflejo quimiorreceptor (periféricos y centrales)

Medio plazo (horas–días)
- Sistema renina–angiotensina
- Vasoconstricción inducida

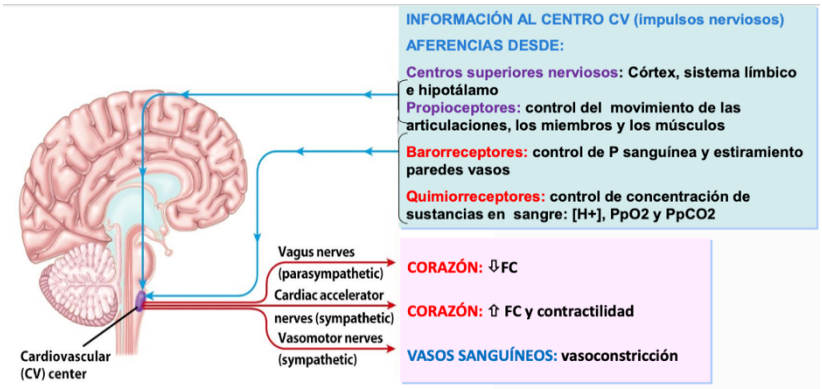
Largo plazo (semanas–meses)
- Ajuste renal
- Aldosterona
- ADH

Aquí se ve claramente la jerarquía fisiológica:
Primero nervioso (corto plazo).
Después hormonal (medio plazo).
Finalmente, renal-volumétrico (largo plazo).

⇒ REGULACIÓN A CORTO PLAZO (CONTROL NERVIOSO)

→ Información al centro cardiovascular

Aquí vemos representado el **centro cardiovascular**, situado en el **bulbo raquídeo**.



Este centro recibe información (aferencias) desde:

1️⃣ **Centros superiores**
- Corteza cerebral
- Sistema límbico
- Hipotálamo

Influyen emociones, estrés, temperatura, dolor, etc.

2️⃣ **Propioceptores**
Informan sobre movimiento muscular y actividad física.

Cuando se comienza a hacer ejercicio:
- Aumenta el tono simpático incluso antes de que baje la presión.

3️⃣ **Barorreceptores**
Detectan:
- Los estiramiento de la pared arterial
- Los cambios en la presión sanguínea

Son los sensores principales de presión.

4️⃣ **Quimiorreceptores**
Detectan y controlan la concentración de sustancias en sangre:
- ↑ H^+ (iones de hidrógeno - acidosis)
- ↓ O_2 (oxígeno)
- ↑ CO_2 (dióxido de carbono)

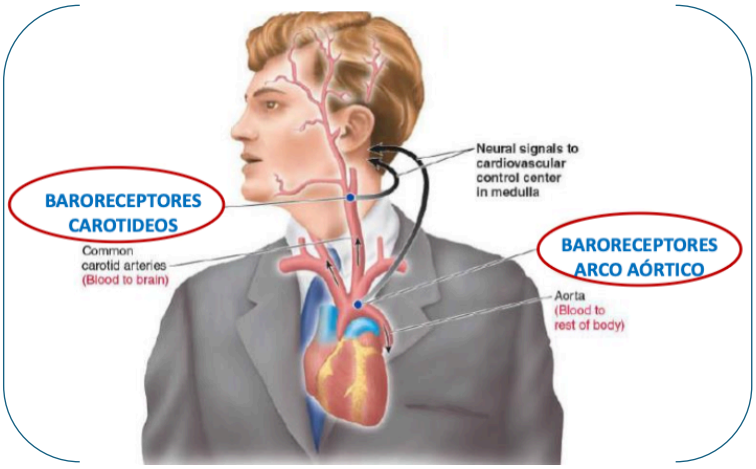
Ya que son indicadores de alteraciones químicas en sangre.

→ Respuesta eferente del centro cardiovascular
El centro envía órdenes por:
- **Parasimpático (vago)** → ↓ frecuencia cardíaca
- **Simpático** → ↑ frecuencia y contractilidad
- **Simpático vascular** → vasoconstricción

👉 Este sistema permite ajustes en segundos.

⇒ EL REFLEJO BARORRECEPTOR

→ Localización y función



Los barorreceptores se encuentran en:

- **Seno carotídeo**
- **Arco aórtico**

Son mecanorreceptores sensibles al estiramiento.

→ Funcionamiento básico

Si aumenta la presión arterial:

- Aumenta el estiramiento.
- Aumenta la frecuencia de descarga nerviosa.
- Se inhibe el simpático.
- Se activa el parasimpático.
- Baja la frecuencia cardíaca.
- Se produce vasodilatación.
- Desciende la presión.

Si disminuye la presión:

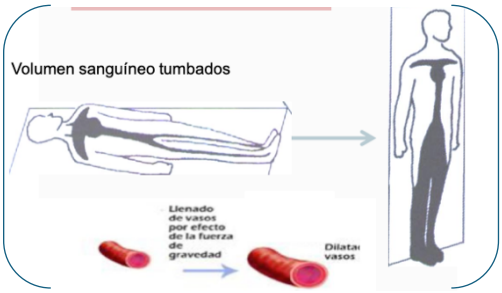
- Disminuye la descarga.
- Aumenta el simpático.
- Aumenta la frecuencia y contractilidad.
- Se produce vasoconstricción.
- La presión se eleva.

👉 Es un sistema de **retroalimentación negativa inmediata**.

→ Papel en cambios posturales

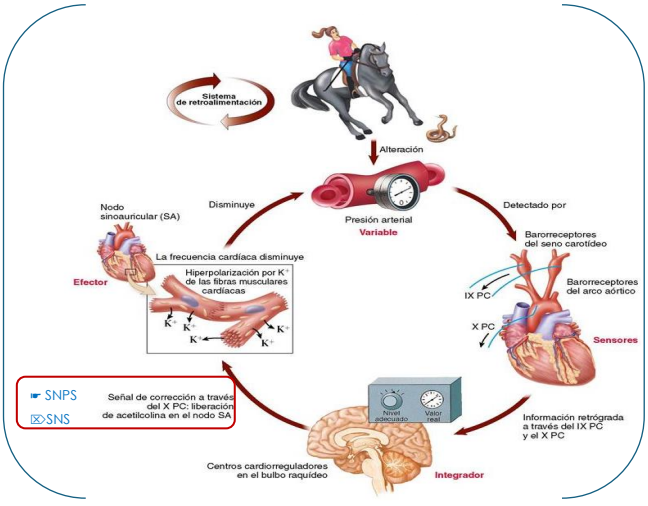
Modula la presión arterial ante cambios posturales, ya que al pasar de tumbado a de pie:

- Baja el retorno venoso.
- Baja la presión.
- Se activan barorreceptores.
- Se activa el simpático.
- Se corrige la hipotensión.



Por eso normalmente no nos desmayamos al levantarnos.

⇒ CIRCUITO COMPLETO DEL REFLEJO



Aquí se ve el esquema funcional:

1. Variable: Presión arterial.
2. Sensor: Barorreceptores.
3. Integrador: Centro cardiovascular.
4. Efectores:
   - Corazón (nodo SA).
   - Vasos sanguíneos.

El sistema simpático actúa sobre:

- Músculo cardíaco (contractilidad).
- Nodo sinusal (frecuencia).
- Músculo liso vascular (vasoconstricción).

El parasimpático actúa principalmente sobre:

- Nodo sinusal (↓ frecuencia).

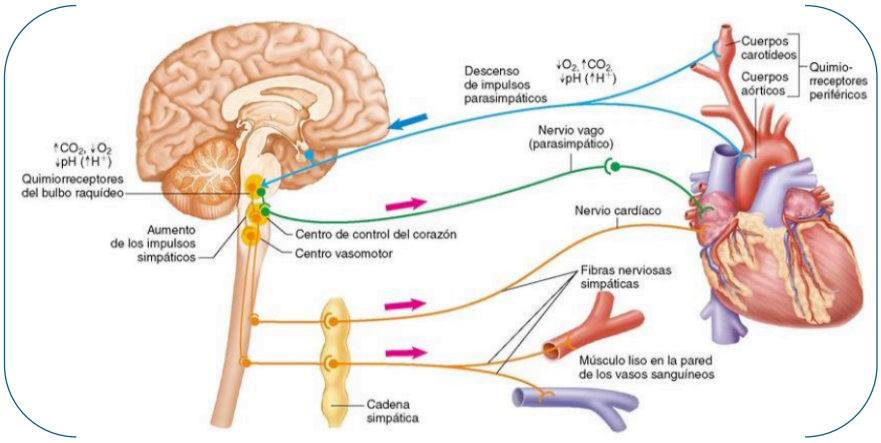
Importante:

👉 El parasimpático no tiene gran efecto directo sobre las arteriolas sistémicas.

⇒ REFLEJO QUIMIORRECEPTOR

Este reflejo actúa cuando la sangre presenta:

- Hipoxia (↓ O_2)
- Hipercapnia (↑ CO_2)
- Acidosis (↑ H^+)



→ **Localización**:

- Cuerpos carotídeos
- Cuerpos aórticos
- Centros bulbares

→ **Respuesta:**

- Aumento del simpático
- Vasoconstricción periférica
- Aumento de frecuencia cardíaca
- Estimulación de la respiración

Barorreceptor y **quimiorreceptor** trabajan coordinados.

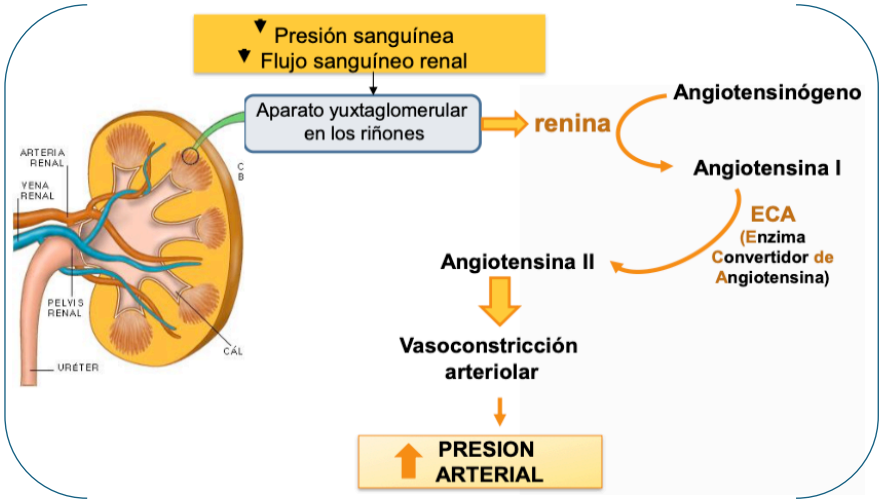
👉 El objetivo es mantener perfusión cerebral y equilibrio químico.

⇒ REGULACIÓN A MEDIO PLAZO

→ **Sistema renina–angiotensina**

Se activa cuando:

- Disminuye la presión arterial.
- Disminuye el flujo renal.



Proceso:

1. El aparato yuxtaglomerular libera **renina**.
2. La renina transforma angiotensinógeno en **angiotensina I**.
3. La ECA convierte angiotensina I en **angiotensina II**.
4. La angiotensina II produce:
   - Vasoconstricción arteriolar.
   - Aumento de la presión arterial.

👉 Es un mecanismo más lento que el reflejo nervioso, pero más sostenido.

⇒ REGULACIÓN A LARGO PLAZO

La **angiotensina II** estimula la corteza suprarrenal para liberar: **Aldosterona.**

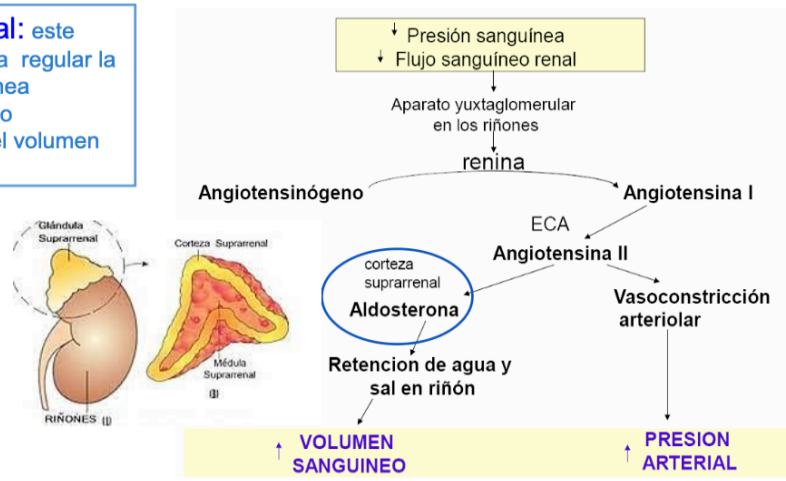
Efecto:

- Aumenta la reabsorción de sodio en el riñón.
- El agua sigue al sodio.
- Aumenta el volumen sanguíneo.
- Aumenta la presión arterial.

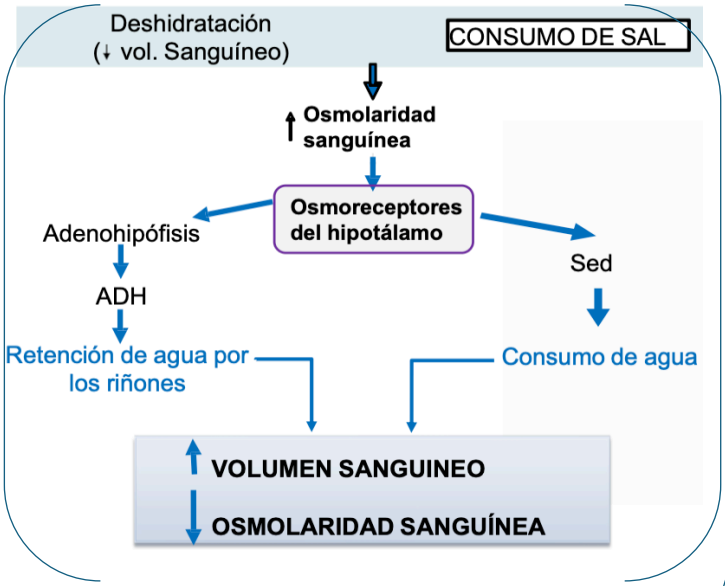
Este es un control volumétrico.

Estos mecanismos actúan a las horas, días o las semanas de haberse iniciado los mecanismos rápidos.

Control renal: este sistema ayuda a regular la presión sanguínea incrementando o disminuyendo el volumen sanguíneo



⇒ ADH (HORMONA ANTIDIURÉTICA)



Se libera cuando:

- Aumenta la osmolaridad.
- Hay deshidratación.
- Disminuye el volumen sanguíneo.

Efectos:

- Aumenta la reabsorción de agua en el riñón.
- Estimula la sed.
- Aumenta el volumen sanguíneo.

⇒ RESUMEN HORMONAL

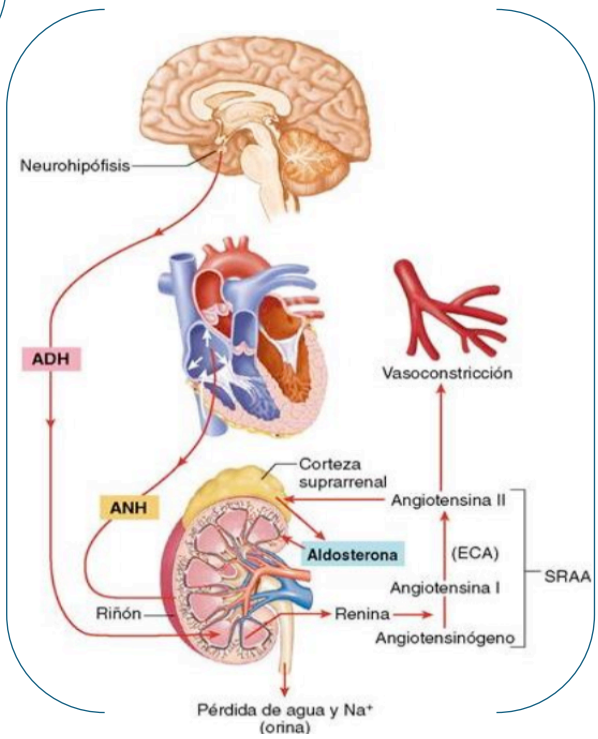
Interacción de:

- ADH
- Aldosterona
- Sistema renina–angiotensina
- ANH (hormona natriurética auricular)

ANH actúa en sentido contrario:

- Favorece eliminación de sodio y agua.
- Reduce volumen.
- Reduce presión.

👉 Este es un mecanismo de equilibrio.



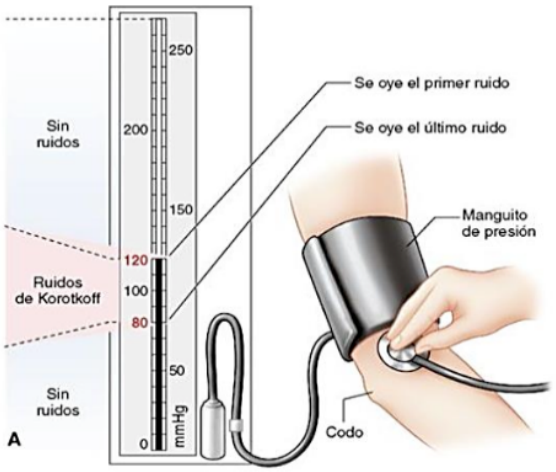
⇒ MEDICIÓN CLÍNICA DE LA PRESIÓN ARTERIAL



→ Esfigmomanómetro

El esfigmomanómetro, tensiómetro o baumanómetro es un instrumento médico empleado para la medición indirecta de la presión arterial, proporcionando, por lo general, la medición en milímetros de mercurio.

Veamos como es este método clásico de medición indirecta de la presión arterial.



Instrumento:

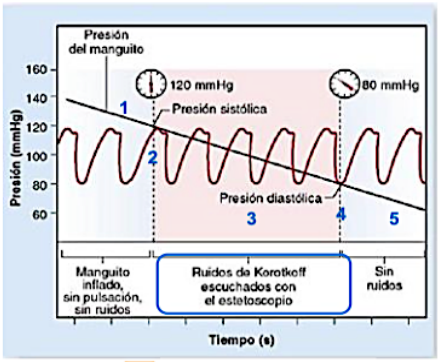
- Manguito inflable alrededor del brazo.
- Manómetro (columna de mercurio o aneroide).
- Fonendoscopio sobre la arteria braquial.

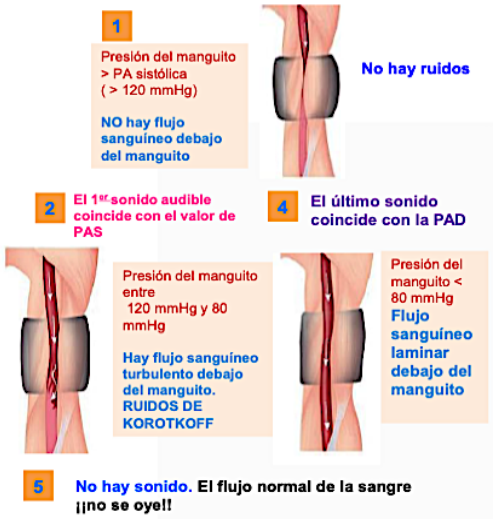
El principio es sencillo:

- Se comprime la arteria.
- Se libera lentamente la presión.
- Se escuchan los **ruidos de Korotkoff**.

Pero, ¿que son los Ruidos de Korotkoff?

Esta diapositiva nos muestra claramente esta práctica clínica.





1 Manguito > presión sistólica (>120 mmHg)

- La arteria está completamente ocluida.
- No hay flujo sanguíneo.
- No se oye nada.

2 Manguito desciende hasta igualar la PAS

- La presión arterial supera la presión del manguito en cada sístole.
- Aparece el **primer ruido audible**.
- Ese momento marca la **Presión Arterial Sistólica (PAS)**.

El flujo es **turbulento**, no laminar.

3 Presión entre PAS y PAD

- El flujo sigue siendo turbulento.
- Se oyen ruidos intermitentes.
- Son los ruidos de Korotkoff.

4 Manguito < presión diastólica (<80 mmHg)

- El flujo vuelve a ser laminar.
- Desaparecen los ruidos.
- El último ruido marca la **Presión Arterial Diastólica (PAD)**.

5️⃣ **Presión mucho menor que la diastólica**

- Flujo normal.
- No se oye nada.

👉 Idea clave:
El flujo sanguíneo normal es silencioso.
El ruido aparece cuando el flujo es turbulento.

⇒ **RESUMEN FISIOLÓGICO INTEGRADOR**

→ **Principios hemodinámicos**

Aquí se muestra el tema de manera sintetizada en leyes básicas.

1️⃣ **Especialización de los vasos**

- **Arterias** → reservorio de presión
- **Arteriolas** → vasos de resistencia
- **Capilares** → intercambio
- **Venas** → reservorio de volumen

2️⃣ **Primera ley de la circulación**

La sangre fluye: de zonas de mayor presión a zonas de menor presión.
Sin gradiente de presión no hay flujo.

3️⃣ **Determinantes del flujo**

→ El flujo depende de:

- Diferencia de presión.
- Resistencia vascular.

→ La resistencia depende de:

- Viscosidad.
- Longitud del vaso.
- Radio del vaso (a la cuarta potencia).

👉 El radio es el factor decisivo. Pequeñas variaciones del diámetro arteriolar producen grandes cambios en resistencia y presión.

⇒ **SÍNTESIS FINAL DEL CONTROL**

Puntos esenciales:

- El flujo arterial es pulsátil.
- Las venas son vasos de capacitancia.
- El retorno venoso depende de bombas muscular, respiratoria y cardíaca.
- El principal determinante de la presión arterial es el volumen de sangre en las arterias.
- Regulación:
  - Corto plazo → reflejos.
  - Medio plazo → angiotensina.
  - Largo plazo → control renal (aldosterona, ADH, ANH).

→ **Microcirculación (detalle final importante)**

- El flujo capilar es intermitente.
- Las metaarteriolas y esfínteres precapilares presentan vasomotilidad.
- El O_2 tisular regula el tono local:
  - Bajo O_2 → vasodilatación.
  - Alto O_2 → vasoconstricción.

Este es un mecanismo de **autorregulación local**.