

# ► La circulación mayor

Observatory Teaching learning of Physiology

---

Autores	Fernanda Maltos Gómez
Afiliación	Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM
Información del Trabajo	
Recibido	5 de noviembre de 2019
Revisado	18 de noviembre de 2019
Aceptado:	21 de noviembre de 2019
Palabras clave	Capilares, fuerza, Frank-Starling, distensibilidad, presión.

---

## Resumen

En este resumen se ofrece un breve repaso de los mecanismos implicados en la regulación de la circulación mayor, así como conceptos hemodinámicos de esta circulación que están implicados en los procesos fisiológicos normales, se explican las fuerzas de Frank-Starling, además de hablar de la circulación capilar

---

\* Autor para correspondencia. Tel.: +52 5547128293.

E-mail: [shmuely@gmail.com](mailto:shmuely@gmail.com)

Revisado por: Samuel Bravo Hurtado

<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3550258>

## La circulación mayor

Recordemos que la circulación se divide en dos: una mayor (también conocida como sistémica o periférica) y una menor o pulmonar.

### Regulación física del sistema arterial

La circulación tiene varios componentes cuyas funciones se enlistan a continuación:

- Arterias: tienen paredes fuertes porque transportan sangre con una presión alta, un gran flujo sanguíneo a velocidad alta.
- Arteriolas: al ser las últimas ramas del sistema arterial tienen una pared muscular fuerte que puede contraerse y cerrar el vaso por completo o relajarse y dilatarlo para regular el flujo que llega a los capilares.
- Capilares: es donde se da el intercambio de sustancias tales como líquidos, nutrientes, electrolitos y hormonas entre la sangre y el líquido intersticial por lo que cuentan con paredes delgadas con numerosos poros pequeños permeables al agua y otras moléculas pequeñas.
- Vénulas: recogen la sangre de los capilares.
- Venas: al confluir varias vénulas se forman las venas que regresan la sangre al corazón y sirven como reservorio de sangre extra. Manejan presiones bajas y, por tanto, tienen paredes delgadas.

Vaso	Superficie transversal (cm <sup>2</sup> )
Aorta	2,5
Pequeñas arterias	20
Arteriolas	40
Capilares	2.500
Vénulas	250
Pequeñas venas	80
Venas cavas	8

Figura 1. Superficie transversal de los diferentes vasos sanguíneos

Además, estos vasos difieren en su superficie transversal como se muestra en la **figura 1**. Las venas son los vasos que tienen una mayor superficie transversal lo que las hace vasos de capacitancia (es decir, sirven como reservorio de sangre). Aunque los distintos vasos tienen superficies transversales diferentes, el volumen de flujo sanguíneo (F) debe ser el mismo en todos los segmentos por lo que la velocidad de este flujo (v) es inversamente proporcional a la superficie transversal vascular (A); esto se expresaría de la siguiente manera:

$$v = F/A$$

### Conceptos de presiones en el sistema arterial y factores que las determinan (gasto cardíaco, distensibilidad, capacitancia y resistencia periférica)

Se entiende como presión arterial a la fuerza ejercida por la sangre contra una unidad de superficie de la pared de un vaso y, como solemos medirla con un baumanómetro de mercurio, se expresa en milímetros de mercurio (mmHg). Por lo tanto, si la presión es 100 mmHg, logrará empujar la columna de mercurio de nuestro manómetro hasta los 100 mm.

La aorta recibe la sangre bombeada por el corazón por lo que su presión media es alta (100 mmHg). El bombeo cardíaco es pulsátil, por lo que la presión que recibe la aorta oscila entre los 120 mmHg (presión sistólica) y los 80 mmHg (presión diastólica). Esta presión va cayendo conforme la sangre avanza por la circulación sistémica, como se observa en la **figura 2**, llegando a 0 mmHg al alcanzar la vena cava superior e inferior. En el caso de los capilares, se manejan presiones de 35 mmHg en el extremo arterial y de 10 mmHg en el extremo venoso, siendo la presión media en los lechos vasculares de 17 mmHg (lo cual permite fugas de plasma a través de las paredes capilares).

La *resistencia* es el impedimento al flujo sanguíneo (cantidad de sangre que atraviesa un punto dado de la circulación en cierto periodo de tiempo) en un vaso y es consecuencia de la fricción entre la sangre y el endotelio del vaso. Se calcula a partir del flujo sanguíneo (F) y la diferencia de presión entre dos puntos del vaso ( $\Delta P$ ), para lo cual debemos recordar la siguiente fórmula para poder despejarla:

$$F = \Delta P / R$$

Podemos expresar la resistencia periférica en unidades de resistencia periférica (PRU). La velocidad del flujo

sanguíneo por el sistema circulatorio es igual a la velocidad con la que el corazón bombea la sangre (en otras palabras, igual al gasto cardíaco); aproximadamente es de 100 ml/s mientras que la diferencia de presión entre las arterias y las venas sistémicas es de 100 mmHg, por lo que la resistencia periférica total es de 100/100 o 1 PRU. Si todos los vasos del organismo se contraen, la resistencia periférica total puede alcanzar hasta 4 PRU y cuando se dilatan puede llegar hasta 0.2 PRU.

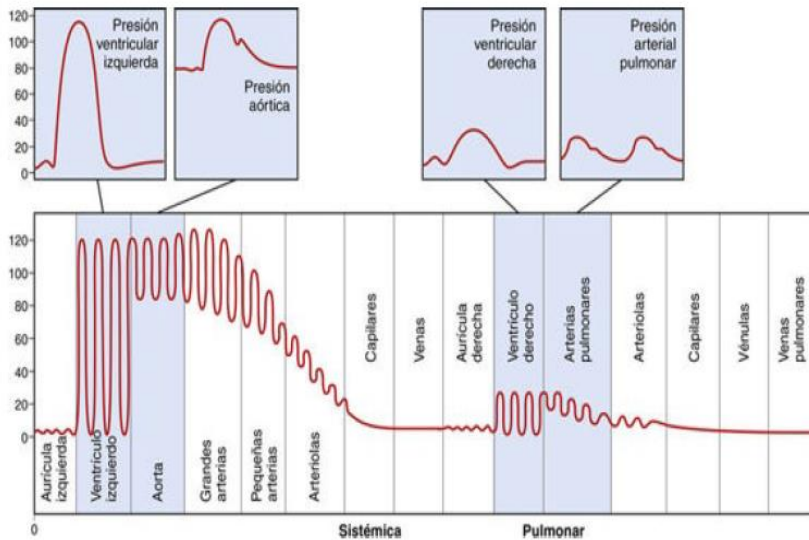


Figura 2. Presión en los distintos vasos de la circulación en una persona en decibitos

pequeños cambios en el diámetro de los vasos conlleva a grandes cambios en su capacidad para conducir la sangre puesto que la conductancia del vaso aumenta en proporción a la cuarta potencia del diámetro (*ley de la cuarta potencia*), teniendo un incremento del flujo hasta de 256 veces. Si quisiéramos representar lo dicho anteriormente con fórmulas, obtendríamos lo siguiente:

$$\text{Conductancia} = 1/\text{Resistencia}$$

$$\text{Conductancia} \approx \text{Diámetro}^4$$

El aumento de la conductancia cuando aumenta el diámetro del vaso se debe al flujo laminar que existe en ellos y puede verse representado en forma de círculos concéntricos en la **figura 3B**. La sangre cercana a las paredes de los vasos fluye lentamente por la fricción que ésta tiene con la pared vascular, mientras que la que se encuentra al centro lo hace más rápido. Por lo tanto, en los vasos con diámetro pequeño la sangre fluye lentamente al estar en gran medida en contacto con la pared del vaso. Si integramos las velocidades del flujo de todos los anillos concéntricos y los multiplicamos por las superficies de los anillos obtenemos la fórmula que representa la *ley de Poiseuille*:

$$F = \pi \Delta P r^4 / 8 \eta l$$

Donde F es la velocidad del flujo sanguíneo,  $\Delta P$  es la diferencia de presión en dos segmentos de un vaso, r es el radio del vaso, l es la longitud del vaso y  $\eta$  es la viscosidad

Por otro lado, la *conductancia* es el recíproco de la resistencia. Es importante tomar en cuenta que

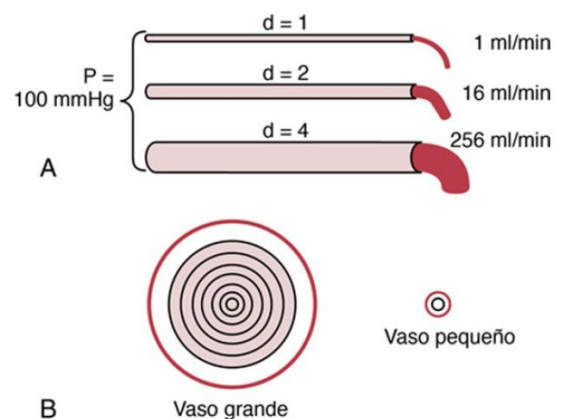
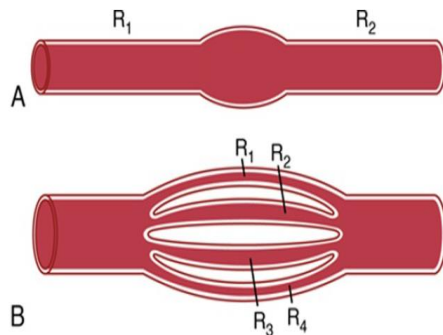


Figura 3. A) Relación del diámetro (d) de los vasos sanguíneos sometidos a la misma presión (P) con el flujo. B) Flujo en anillos concéntricos de los vasos sanguíneos.

de la sangre. El radio del vaso ( $r$ ) está elevado a la cuarta potencia y es proporcional a la velocidad del flujo sanguíneo ( $F$ ), lo cual denota que el diámetro de un vaso (es decir, el doble del radio) es el que más influye en la velocidad del flujo.

Dos tercios de resistencia sistémica está dada por las arteriolas y, como consecuencia de la *ley de la cuarta potencia*, pequeños cambios en su diámetro interno en respuesta a señales químicas o nerviosas pueden variar significativamente el flujo.



Los vasos de la circulación sistémica se disponen en serie (**figura 4A**) y en paralelo (**figura 4B**). Las arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas se disponen en serie, siendo el flujo en ellos el mismo y la resistencia total la suma de la resistencia de cada vaso, lo cual equivale a la resistencia vascular periférica:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \dots$$

Figura 4. Resistencias en serie (A) y en

paralelo (B). Cuando hablamos de circuitos en paralelo nos referimos a las ramas que emiten los vasos sanguíneos y que irrigan órganos y tejidos. La importancia de esta disposición radica en que de esta manera cada tejido puede regular su propio flujo (es decir, el flujo a través de los vasos unidos en paralelo está dado por el gradiente de presión y su propia resistencia, no por la de los demás vasos sanguíneos en paralelo). La resistencia total de estos circuitos se expresa de la siguiente manera:

$$1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 \dots$$

Al añadirse más vasos a un circuito en paralelo se reduce la resistencia vascular total porque, al haber más vasos en paralelo, existen más vías o conductancias por las cuales puede circular la sangre. La conductancia total del flujo sanguíneo es la suma de la conductancia de cada vía paralela:

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \dots$$

Los vasos sanguíneos son *distensibles*, característica importante para que las arterias logren superar las pulsaciones de la presión, resultado del gasto pulsátil del corazón, y así exista un flujo de sangre continuo y homogéneo en aquellos más pequeños. Esta característica en el sistema arterial reduce las pulsaciones de la presión hasta que prácticamente desaparecen en los capilares, de manera que la sangre fluye tanto en la sístole como en la diástole y no sólo en la sístole como ocurriría si los vasos no fueran distensibles.

Los vasos más distensibles son las venas (hasta 8 veces más que las arterias; es decir, un incremento de presión causa un aumento en el volumen de sangre 8 veces mayor en una vena que en una arteria de tamaño similar, lo cual se debe a las paredes más gruesas y fuertes de las arterias) por lo que pueden almacenar de 0.5 a 1 litro con leves incrementos en la presión venosa. Hablando de la circulación pulmonar, las venas sistémicas y pulmonares tienen más o menos la misma distensibilidad; sin embargo, las arterias pulmonares manejan una sexta parte de la presión con la que trabajan las sistémicas por lo que su distensibilidad es seis veces mayor. La distensibilidad se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Distensibilidad vascular} = \text{Aumento de volumen} / \text{Aumento de presión} \times \text{Volumen original}$$

Por tanto, si 1 mmHg provoca el aumento de volumen de 1 ml en un vaso que originalmente contenía 10 ml de sangre, la distensibilidad sería de 0.1 por mmHg o del 10% por mmHg.

La *compliance* o *capacitancia* vascular se refiere a la cantidad total de sangre que una porción de la circulación es capaz de almacenar por cada milímetro de mercurio que aumente la presión.

$$\text{Compliance vascular} = \text{Aumento de volumen} / \text{Aumento de presión}$$

No hay que confundir los conceptos de compliancia y distensibilidad: un vaso con poco volumen y muy distensible puede tener una compliancia menor que un vaso con un gran volumen y poca distensibilidad, ya que compliancia es igual a distensibilidad por volumen. Una vena sistémica es 8 veces más distensible que una arteria sistémica y tiene 3 veces un volumen mayor, por lo que su compliancia es 24 veces mayor ( $8 \times 3 = 24$ ).

Si hablamos de compliancia diferida de un vaso nos referimos a que si incrementamos el volumen que éste maneja primero observaremos un gran incremento en la presión para después presenciar un estiramiento del músculo liso vascular que regresa la presión a valores normales. Por ello este fenómeno se conoce como *relajación por estrés*.

Estas características explican por qué nos pueden transfundir grandes volúmenes (hasta medio litro de sangre) sin afectar la función de la circulación. En la **figura 5** se muestra la curva volumen-presión, donde podemos apreciar que el sistema arterial de un adulto al llenarse con 700 ml de sangre la presión arterial media es de 100 mmHg y cae a 0 con 400 ml; sin embargo, el sistema venoso sistémico (el cual maneja volúmenes de 2000 a 3500 ml) necesita un incremento considerable de volumen para cambiar la presión venosa en 3 o 5 mmHg.

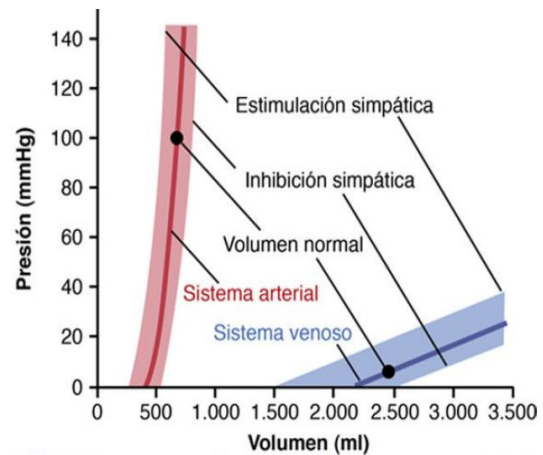


Figura 5. Curva volumen-presión para el sistema arterial y el venoso.

En el sistema arterial se conoce como *presión de pulso* a la diferencia entre la presión pico de cada pulso en la aorta (presión sistólica = 120 mmHg) y el punto más bajo de cada pulso (presión diastólica = 80 mmHg), por lo que ésta es igual a 40 mmHg. La presión de pulso se ve afectada por el volumen sistólico del corazón, la compliancia (distensibilidad total) del sistema arterial y, en menor medida, la característica de la eyección del corazón en la sístole. A mayor volumen sistólico del corazón, mayor será el aumento y el descenso durante la sístole y la diástole, respectivamente, y por lo tanto será mayor la presión de pulso. A menor compliancia, mayor será el aumento de la presión para un volumen sistólico dado (esto ocurre en la arterioesclerosis por el endurecimiento de los vasos). Por lo tanto, cualquier evento que afecte a estos dos factores (gasto cardíaco y compliancia del árbol arterial) tendrá un impacto sobre la presión de pulso.

$$\text{Presión de pulso} \approx \text{volumen gasto cardíaco} / \text{compliancia arterial}$$

Por ejemplo, en la estenosis valvular aórtica la presión de pulso disminuye porque disminuye el volumen que eyecciona el corazón hacia la aorta. En el conducto arterioso permeable, gran parte del volumen eyeccionado por el ventrículo izquierdo hacia la aorta fluye hacia la arteria pulmonar y de esta manera disminuye la presión diastólica antes del siguiente ciclo cardíaco. En la insuficiencia aórtica la válvula no cierra por completo o está ausente, por lo que con cada latido del corazón la sangre eyeccionada hacia la aorta se regresa al corazón, por lo cual la presión aórtica cae a cero entre latidos y la escotadura del perfil del pulso aórtico está ausente porque no hay una válvula aórtica que se cierre. Esto se ve ejemplificado en la **figura 6**.

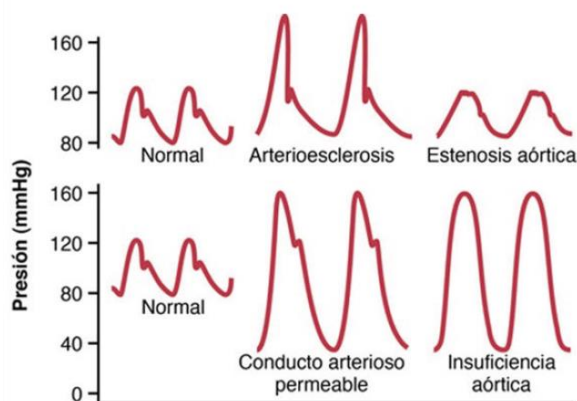


Figura 6. Cambios en el perfil de la presión aórtica

Esto se ve ejemplificado en la **figura 6**.

La presión de pulso va disminuyendo conforme la sangre avanza hacia las arterias más pequeñas, en las arteriolas y en los capilares (en estos últimos sólo encontraremos pulsaciones cuando la pulsación aórtica es muy grande o cuando las arteriolas están muy dilatadas). A este fenómeno se le conoce como *amortiguación de los pulsos de presión* y se debe a la resistencia al movimiento de la sangre y a la compliancia de los vasos.

El papel de la resistencia en la amortiguación es el siguiente: para que se logre distender el siguiente segmento del vaso tiene que existir un flujo anterógrado (hacia adelante) en el frente de la onda de pulso, a mayor resistencia es más difícil que esto se logre. Por otro lado, a mayor distensibilidad se necesita más sangre en el frente de la onda de pulso para incrementar la presión, por ello la compliancia influye en la amortiguación. Podemos concluir entonces que el grado de amortiguación es directamente proporcional a la resistencia por la compliancia.

### **Circulación capilar: hemodinámica capilar, intercambio a través de la membrana capilar.**

La principal función de la microcirculación es el transporte de nutrientes hacia los tejidos y la eliminación de restos celulares. Como se mencionó con anterioridad, la arteriolas regulan el flujo que llega a los capilares y el diámetro de las arteriolas es regulado por los factores locales de los tejidos: cada tejido regula su propio flujo.

Las arteriolas se ramifican entre dos y cinco veces; las arteriolas terminales se conocen como metaarteriolas y originan a los capilares. El punto de unión entre la metaarteriola y el capilar está rodeado por una fibra muscular lisa conocida como esfínter precapilar y abre y cierra la entrada al capilar.

La contracción discontinua de las metaarteriolas y de los esfínteres precapilares hace que la sangre no fluya de manera continua a través de los capilares; a dicho fenómeno se le conoce como *vasomotilidad*. La vasomotilidad está regulada por la concentración de oxígeno en los tejidos (si aumenta la demanda de oxígeno tisular se activan los periodos intermitentes de flujo sanguíneo capilar más seguido y la duración del periodo de cada flujo es mayor para que la sangre capilar transporte mayores cantidades de oxígeno a los tejidos).

La membrana capilar está compuesta de una sola capa de células endoteliales rodeada por una fina membrana basal. La pared capilar tiene un grueso de 0.5 micrómetros y el diámetro interno del capilar es de 4 a 9 micrómetros (apenas suficiente para el paso de células sanguíneas exprimidas). La membrana capilar tiene “pasadizos” o “poros”, uno de ellos es un espacio intercelular con ancho de 6-7 nm (un poco más pequeño que las moléculas de albúmina por lo que son impermeables a proteínas pero permeables a agua e iones) y otro de ellos son las vesículas del plasmalema llamadas cavéolas (formadas por proteínas llamadas caveolinas asociadas a colesterol y esfingolípidos).

Los espacios intercelulares están interrumpidos por pliegues de la inserción de proteínas que mantienen unidas las células endoteliales pero que permiten el paso de líquido a través de este espacio; aunque estos espacios sólo representan una pequeña porción de la superficie total de la pared capilar las moléculas de agua y la mayoría de los iones hidrosolubles logran difundir a través de ellos por la gran velocidad de movimiento térmico de estas partículas. Por otro lado, se cree que las cavéolas tienen una función de endocitosis y transcitosis de macromoléculas al interior de las células endoteliales y cuando confluyen forman canales vesiculares a través de la célula endotelial.

Los “poros” tienen características diferentes dependiendo del órgano del cual estemos hablando. En el cerebro son uniones estrechas que permiten el paso de moléculas pequeñas (agua, oxígeno y CO<sub>2</sub>), en el hígado son aperturas grandes por lo que casi todas las moléculas del plasma pasan por la sangre de este tejido, los del tracto gastrointestinal son de tamaño intermedio, y los del glomérulo del riñón (llamados fenestraciones) son ovals y atraviesan las células endoteliales en todo su trayecto por lo que permiten el paso de grandes cantidades de moléculas pequeñas e iones sin tener que pasar por los espacios intercelulares.

El movimiento de sustancias entre el plasma y el líquido intersticial se da por difusión; ésta es consecuencia del movimiento térmico de las moléculas disueltas en el líquido. Las sustancias liposolubles, como el CO<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub>, difunden a través de las membranas celulares sin necesidad de atravesar los poros por lo que su velocidad de transporte a través de la membrana es mayor que de otras sustancias. Por otro lado, las sustancias hidrosolubles o no liposolubles (como el agua, sodio, cloruro y glucosa) se transportan exclusivamente por los “poros”.

Recordemos que la velocidad de difusión de estas sustancias va a depender de su concentración: la velocidad de difusión neta de una sustancia es proporcional a la diferencia de concentración de esta sustancia a ambos lados de la membrana. Un ejemplo de ello es que la concentración de oxígeno es mayor en la sangre capilar que en el líquido intersticial por lo que éste tiende a difundir hacia este último; mientras que, como el CO<sub>2</sub> es más abundante en el líquido intersticial, difunde hacia la sangre capilar. Cabe resaltar que para que se dé este proceso la diferencia de concentración no debe ser necesariamente grande.

¿Qué determina si el líquido tiende a salir o a entrar hacia los capilares? Esto lo dictan las presiones hidrostáticas y las presiones coloidosmóticas (dadas por las proteínas), que en conjunto reciben el nombre de fuerzas de Frank Starling, y el sistema linfático que devuelve exceso de proteínas y líquido en el espacio intersticial hacia la circulación. Las fuerzas de Frank Starling, ilustradas en la **figura 7**, son:

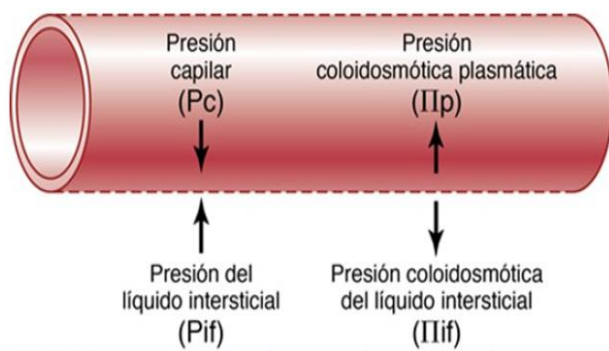


Figura 7. Fuerzas de Frank Starling

- Presión capilar ( $P_c$ ): tiende a sacar líquido del capilar hacia el intersticio.
- Presión del líquido intersticial ( $P_{if}$ ): mete líquido al capilar cuando es positiva, pero lo saca cuando es negativa.
- Presión coloidosmótica del plasma en el capilar ( $\pi_p$ ): dada por las proteínas, tiende a ocasionar ósmosis hacia el capilar, es decir, mete líquido al capilar.
- Presión coloidosmótica del líquido intersticial ( $\pi_{if}$ ): causa ósmosis hacia el exterior del capilar (saca líquido del capilar).

La suma de estas presiones da la presión de filtración neta (PNF). Si es positiva quiere decir que hay una filtración del líquido a través de los capilares hacia el líquido intersticial, si es negativa hay una absorción neta de líquido hacia los capilares. Por lo general, suele ser ligeramente positiva.

$$PNF = P_c - P_{if} - \pi_p + \pi_{if}$$

En la velocidad filtración interviene la presión de filtración neta y del coeficiente de filtración ( $K_f$ ), dado por el número y tamaño de poros de la pared capilar y de la cantidad de capilares por la que fluye la sangre.

$$Filtración = K_f \times PNF$$



### Sistema venoso: hemodinámica en el sistema venoso, concepto de retorno venoso y factores que contribuyen al flujo en las venas.

El sistema venoso tiene varias funciones: retorna la sangre al corazón, almacenan grandes cantidades de sangre para mantenerla disponible para cuando se necesite en el resto de la circulación e incluso puede regular el gasto cardíaco. El *retorno venoso* se entiende como la cantidad de flujo sanguíneo que vuelve desde las venas hacia la aurícula derecha por minuto.

La sangre de las venas fluye hacia la aurícula derecha, por ello la presión de ésta se denomina presión venosa central, la cual es igual a 0 mmHg (aunque su límite inferior puede llegar a -3 o -5 mmHg). Ésta está regulada por el equilibrio entre la capacidad del corazón derecho para bombear sangre hacia los pulmones y la tendencia de la sangre a fluir desde las venas periféricas hacia la aurícula derecha. Si disminuye la capacidad del corazón derecho para bombear sangre hacia los pulmones o aumenta el retorno venoso hacia el corazón (lo cual podría ser ocasionado por un aumento en el volumen de sangre, una vasoconstricción de los grandes vasos en todo el organismo o por dilatación arteriolar que disminuye la resistencia y permite que el flujo por las arterias y venas sea más rápido), la presión venosa central aumenta.

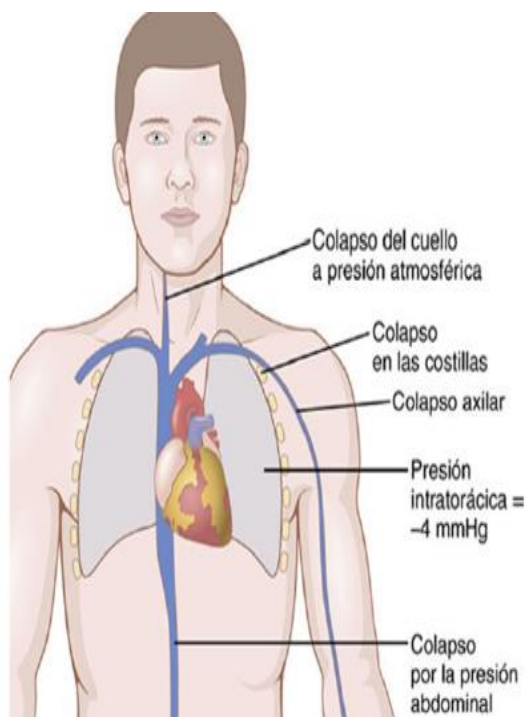


Figura 8. Colapso de las venas en diferentes puntos

A diferencia de las arterias, las grandes venas ejercen tan poca resistencia que ésta es igual a 0 cuando están distendidas; sin embargo, los tejidos circundantes en ciertas regiones del cuerpo u otros factores las comprimen y obstaculizan el flujo. Como se muestra en la **figura 8**, tal es el caso de las grandes venas que entran en el tórax, de las venas de los brazos que se comprimen por la angulación que se forma por la primera costilla, de las venas del cuello colapsadas porque manejan una presión tan baja que la presión atmosférica las colapsa, o de las venas abdominales comprimidas por los tejidos circundantes y por la presión intraabdominal. Por lo tanto, las grandes venas ofrecen resistencia al flujo sanguíneo y por ello la presión de las venas periféricas más pequeñas es de +4 o +6 mmHg mayor que la presión de la aurícula derecha en una persona en decúbito. Ahora bien, si aumenta la presión de la aurícula derecha, la sangre comienza a fluir retrógradamente (de vuelta hacia las venas) y se incrementa la presión venosa periférica.

En una persona que se encuentra de pie, la gravedad va a influir en la presión venosa. La presión venosa central en un adulto sano en bipedestación se mantiene en 0 mmHg

por la capacidad del corazón de bombear sangre hacia afuera de él; no obstante, un adulto en bipedestación y totalmente quieto la presión venosa de los pies es de +90 mmHg por el peso gravitacional de la sangre en las venas. Por otro lado, las venas de los brazos manejan una presión de +6 mmHg a nivel de la primera costilla pues ésta comprime la vena subclavia, pero al descender por el brazo la presión venosa estará no sólo determinada por este factor sino también por la distancia de cierto punto del brazo hasta la costilla. Las venas del cuello se colapsan casi por completo por la presión atmosférica, lo cual ocasiona que la presión en ellas sea de 0 mmHg (si la presión tiende a aumentar, las venas se abren y el flujo de sangre regresa el valor de la presión a cero; si la presión cae por debajo de cero, las venas se colapsan aumentando su resistencia y manteniendo el valor en cero). Las venas



dentro del cráneo no se colapsan por la presión atmosférica al encontrarse dentro de la cavidad craneal, por lo que hay una presión negativa en los senos de la dura de la cabeza. Lo anterior se ilustra en la **figura 9**.

Ahora bien, si la presión venosa de los pies es de +90 mmHg, ¿cómo regresa la sangre desde este punto hacia el corazón? Cuando la persona contrae o incluso sólo tensa los músculos, se comprimen las venas de los músculos y de los territorios adyacentes, empujando la sangre de esa región; esto aunado al hecho de que las venas tienen válvulas que dirigen el flujo de sangre hacia el corazón e impiden que la sangre se regrese, logra que la sangre retorne al corazón. Este sistema se conoce como *bomba venosa* o *bomba muscular*, y mantiene la presión venosa de un adulto que camina por debajo de +20 mmHg. Si una persona se mantiene en bipedestación perfecta la bomba venosa no funciona y la presión venosa de las piernas comenzaría a aumentar, aumentando a su vez la presión en los capilares lo que provocaría una pérdida de fluido desde la circulación hacia el intersticio (puede llegar a perderse 10 a 20% del volumen en el sistema circulatorio en 15 a 30 minutos, lo que provoca un desmayo).

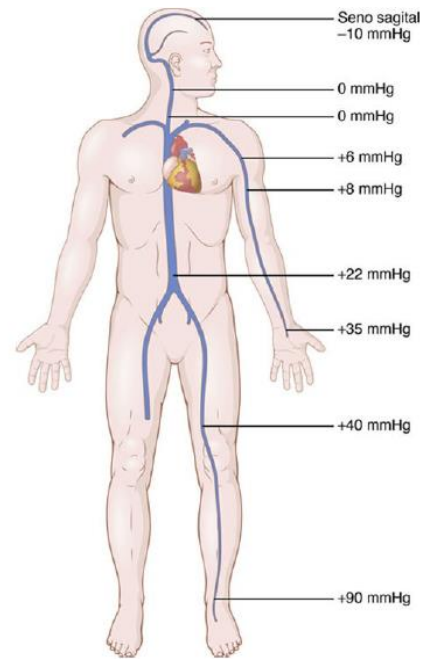


Figura 9. Presiones a lo largo del sistema venoso

### Bibliografía

Hall, J. E. (2015). Guyton y Hall tratado de fisiología médica. España: Elsevier.