Flujo sanguíneo y viscosidad

Uno de los factores que determina la resistencia al movimiento de los fluidos son las fuerzas de rozamiento entre las partes contiguas del fluido, las fuerzas de viscosidad.

La viscosidad (η) se define como la propiedad de los fluidos, principalmente de los líquidos, de oponer resistencia al desplazamiento tangencial de capas de moléculas. Según Newton, resulta del cociente entre la tensión de propulsión (τ) o fuerza de cizalladura y el gradiente de velocidad (Δν) entre las distintas capas de líquidos.

Imagen5.7

Las unidades de *η* son Pascales/seg.

Los fluidos newtonianos u homogéneos son los que muestran una viscosidad constante, como el agua, o las soluciones de electrolitos; por el contrario, los fluidos no newtonianos, o heterogéneos, presentan una viscosidad variable, es el caso de la sangre que se modifica dependiendo de las dimensiones del tubo y del tipo de flujo. Cuando la velocidad de la sangre se incrementa la viscosidad disminuye.

La viscosidad de la sangre normal (u) es de aproximadamente 3,5 x 10-2 P o de 3,5 x 10-3 Pa-s (Pascal/seg) [1poise(P) = 1dina/s/cm2 equivale a 10 pascales-seg (Pa-s)]

Así ha de tenerse en cuenta que la sangre no presenta una viscosidad constante. Al estar formada por células y plasma, las primeras son las responsables principales de la viscosidad sanguínea, y tanto el hematocrito como la velocidad del flujo y el diámetro del vaso modifican la viscosidad de la sangre. A altas velocidades, la viscosidad disminuye al situarse las células preferentemente en el eje central del vaso.

es el volumen de sangre bombeado en una unidad de tiempo. Se mide en ml/s o L/min; a su vez la velocidad con que éste se desplaza (como se verá, flujo y velocidad no son sinónimos), o sea la distancia recorrida en la unidad de tiempo, se mide en cm/s o m/s.

Un fluido se desplaza en el interior de un tubo cuando la presión en el inicio es superior a la existente al final del tubo, moviéndose desde una zona de mayor presión a una de menor presión. El flujo o caudal depende directamente del gradiente o diferencia de presión entre esos dos puntos e inversamente de la resistencia, en una relación similar a la de Ohm para los circuitos eléctricos.

La resistencia depende de las dimensiones del tubo y de la naturaleza del fluido, y mide las fuerzas de rozamiento o fricción entre las propias moléculas del fluido y entre éstas y las moléculas de la pared del tubo.

La velocidad con la que circula la sangre en el interior de un tubo es directamente proporcional al flujo e inversamente proporcional al área transversal del tubo.

Q (flujo o caudal) = ΔP (P1 – P2) / R (resistencia)

El flujo o caudal (volumen/minuto) se define también como el volumen circulante por un segmento transversal del circuito en la unidad de tiempo:

**Imagen5.13**

El flujo sanguíneo es la cantidad de sangre eyectada por el corazón en la aorta por minuto. Normalmente se expresa en mililitros por minuto o litros por minuto, se abrevia "Q".Corresponde al resultado de multiplicar el volumen sistólico que el ventrículo expulsa en cada latido (unos 60 ml) por la frecuencia cardíaca (unos 75 latidos por minuto).

El análisis de los factores que determinan el flujo sanguíneo es relativamente complejo ya que es un flujo [pulsátil](https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_en_tuber%C3%ADa), que discurre por un circuito cerrado de tubos [distensibles](https://es.wikipedia.org/wiki/Vena) con múltiples ramificaciones y de calibre variable. Además el fluido circulante, la sangre, es un fluido [pseudoplástico](https://es.wikipedia.org/wiki/Tixotrop%C3%ADa" \o "Tixotropía) con propiedades no lineales y compuesto de líquido ([plasma](https://es.wikipedia.org/wiki/Plasma_sangu%C3%ADneo)) y elementos formes ([hematíes](https://es.wikipedia.org/wiki/Hemat%C3%ADe), [leucocitos](https://es.wikipedia.org/wiki/Leucocito), [plaquetas](https://es.wikipedia.org/wiki/Plaquetas) y otros). Esto explica que se recurra a [modelos](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_cient%C3%ADfico) y simplificaciones que no siempre se pueden aplicar de manera directa.....

Cuanto mayor la viscosidad de un fluido,más se suaviza el movimiento del mismo. A bajas velocidades éste fluye a lo largo de líneas regulares; este patrón de flujo se llama laminar.

La fricción viscosa produce una resistencia al flujo; para mantener un flujo estable a través de un vaso se produce una caída de presión a lo largo del mismo:([9](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422004000200006#9))

Q = https://www.scielo.sa.cr/img/fbpe/rcc/v6n2/2507f12.JPG P /R.             https://www.scielo.sa.cr/img/fbpe/rcc/v6n2/2507f12.JPGP =P1 –P2

(caída de presión a lo largo del sistema).O sea que (10)R= P1-P2 /Q es decir que la resistencia al flujo (R)es directamente proporcional a la diferencia de presión e inversamente proporcional a la tasa volumétrica de flujo(Q).

https://www.scielo.sa.cr/img/fbpe/rcc/v6n2/2507f04.JPG  
  
Sabemos que Q = V/t  V: volumen ; t: tiempo  y V = A.L / t Cmo Q = A . v (A. Área  y velocidad) , luego v = Q/A = Q/ñ. r2 Reemplazando R en (10) por (11):

https://www.scielo.sa.cr/img/fbpe/rcc/v6n2/2507f05.JPG

esto demuestra que un pequeño cambio en el radio vascular produce grandes cambios en la resistencia al flujo; este concepto está claramente ligado al de "estenosis crítica "que será desarrollado más adelante

Por lo tanto una disminución del radio del vaso a la mitad precisa de un aumento de ([2](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422004000200006#2))4 (es decir ¡16 veces!)de la presión para mantener el flujo constante; si tenemos 3 vasos de 1,2 y 3mm de diámetro, a igual gradiente de presión que permita que por el primero pase 1ml/s, por el segundo pasarán 16ml/s,y por el tercero 81ml/s (a igualdad de presión de perfusión duplicar o triplicar el diámetro aumenta el flujo respectivamente ¡16 y 81 veces!)