CAPÍTULO 14

Visión general de la circulación; biofísica de la presión, flujo y resistencia.

Funciones de la circulación:

* Transportar nutrientes
* Transportar productos de desecho
* Transportar hormonas
* Mantener entorno apropiado en los líquidos tisulares

El corazón y vasos sanguíneos proporcionan el gasto cardíaco y la presión arterial necesarios para garantizar el flujo sanguíneo necesario.

LA VELOCIDAD DEL FLUJO SANGUÍNEO EN MUCHOS DE LOS TEJIDOS SE CONTROLA PRINCIPALMENTE EN RESPUESTA A SU NECESIDAD DE NUTRIENTES.

Características físicas de la circulación

La circulación está dividida en:

Circulación sistémica🡪 también se conoce como CIRCULACIÓN PERIFÉRICA O MAYOR. Aporta flujo sanguíneo a todos los tejidos excepto los pulmones.

Circulación pulmonar🡪aporta flujo sanguíneo a los pulmones

Componentes funcionales de la circulación

Arterias

* TRANSPORTAN SANGRE CON PRESIÓN ALTA HACIA TEJIDOS
* Tienen paredes vasculares fuertes
* Tienen flujos sanguíneos con velocidad alta

Arteriolas

* CONTROLAN CONDUCTOS A TRAVÉS DE LOS CUALES SE LIBERA SANGRE EN LOS CAPILARES
* Son las últimas ramas pequeñas del sistema arterial
* Con paredes musculares fuertes para causar vasoconstricción o vasodilatación
* PUEDEN ALTERAR MUCHO EL FLUJO SANGUÍNEO EN CADA LECHO TISULAR EN RESPUESTA A SUS NECESIDADES.

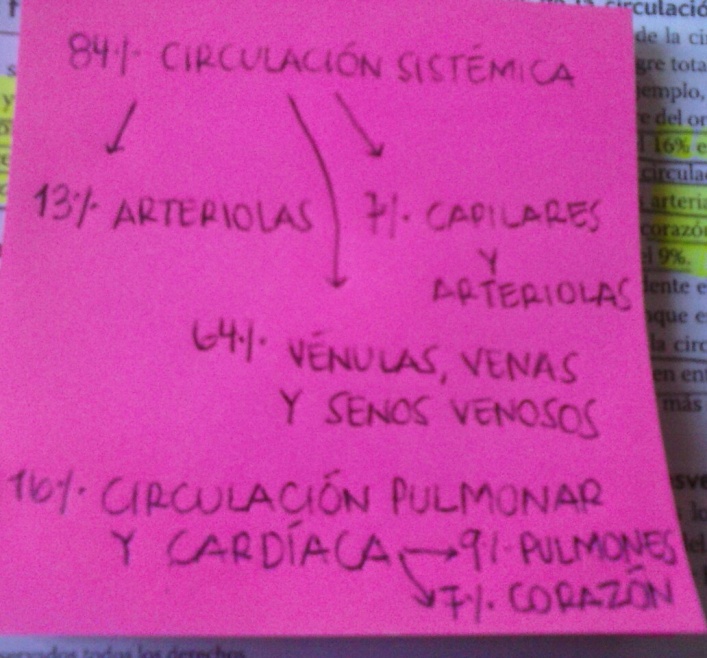
Capilares

* INTERCAMBIAN LÍQUIDOS, ELECTRÓLITOS, HORMONAS, NUTRIENTES Y OTRAS SUSTANCIAS EN LA SANGRE Y EL LÍQUIDO INTERSTICIAL.
* SE PRODUCE LA DIFUSIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUE ENTRAN Y SALEN ENTRE LA SANGRE Y LOS TEJIDOS (función más importante de la circulación)
* Sus paredes son finas y tienen muchos poros capilares permeables al agua y moléculas pequeñas.

Vénulas

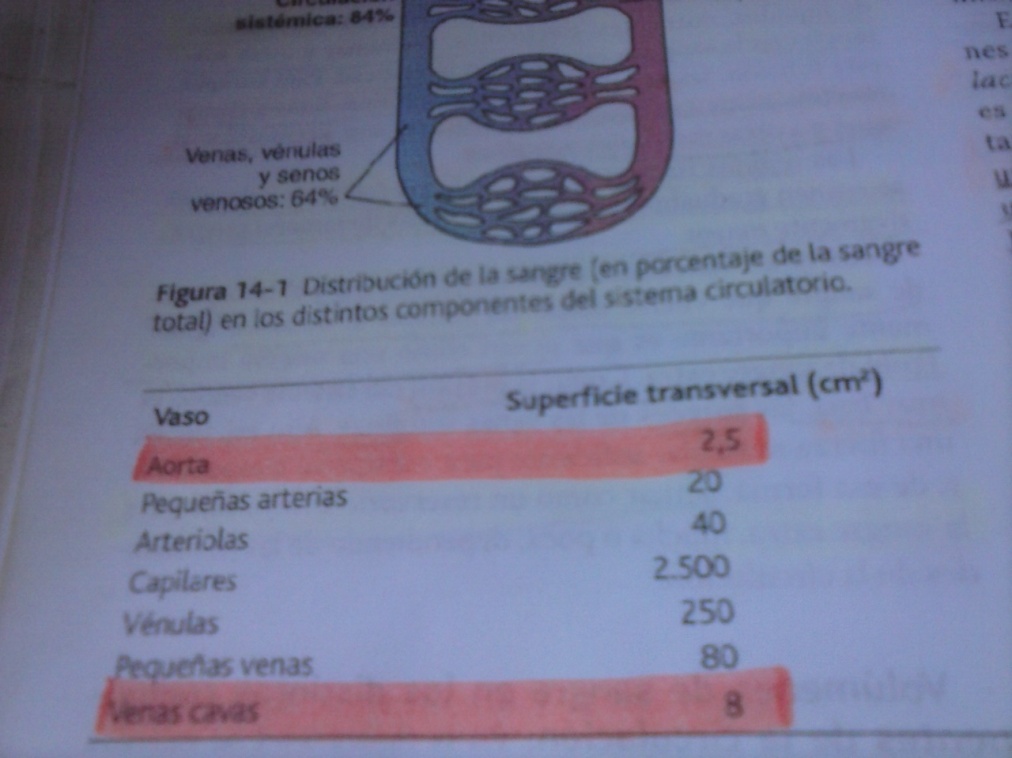
* RECOGEN LA SANGRE DE LOS CAPILARES
* Se reúnen para formar venas de tamaño progresivamente mayor
* Venas
* TRANSPORTAN SANGRE QUE VUELVE DESDE VÉNULAS AL CORAZÓN
* SIRVEN COMO RESERVA IPORTANTE DE SANGRE EXTRA
* ACTÚAN COMO RESERVORIO CONTROLABLE PARA LA SANGRE EXTRA
* Tienen baja presión
* Sus paredes son finas

Volúmenes de sangre en los componentes de la circulación



Superficies transversales y velocidades del flujo sanguíneo

LA SUPERFICIE TRANSVERSAL DE LAS VENAS ES MUCHO MAYOR A LA DE LAS ARTERIAS (4 veces mayor)



Presiones en distintas porciones de la circulación

El bombeo cardíaco es pulsátil por tanto la presión arterial alterna entre 120 mmHg (presión sistólica) y 80 mmHg (presión diastólica).

A medida que el flujo sanguíneo atraviesa la circulación sistémica la presión media va cayendo progresivamente hasta llegar casi a 0 mmHg en el momento en el que alcanza la terminación de las venas cava, donde se vacía en la aurícula derecha.

La presión media en los capilares es de 17 mmHg, tienen presión de 35 mmHg en los extremos arteriales y 10 mmHg en los extremos venosos.

La presión en el sistema arterial pulmonar es en promedio la sistólica es 25 mmHg y la diastólica de 8 mmHg. La presión arterial pulmonar media es de 16 mmHg y la presión capilar pulmonar es aprox 7 mmHg.

PRESIÓN PULMONAR

Sistólica🡪25 mmHg

Diastólica🡪8 mmHg

Capilar 🡪7 mmHg

Media🡪16 mmHg

PRESIÓN SISTÉMICA

Sistólica🡪120 mmHg

Diastólica🡪80 mmHg

Capilar🡪17 mmHg

Media🡪100 mmHg

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FUNCIÓN CIRCULATORIA

La función circulatoria tiene tres principios:

1. LA VELOCIDAD DEL FLUJO SANGUINEO EN CADA TEJIDO CASI SIEMPRE SE CONTROLA CON PRESICIÓN EN RELACIÓN CON LA NECESIDAD DEL TEJIDO.

Un tejido que se encuentra activo requiere mayor aporte de nutriente, por tanto el flujo sanguíneo es mayor.

La microvasculatura de cada tejido vigila las necesidades de éste, la disponibilidad de O2 y otros nutrientes así como la acumulación de CO2 y otros residuos. A su vez esto actúa directamente sobre los vasos sanguíneos locales para dilatarlos o contraerlos y lograr contolar el flujo sanguíneo local.

El control nervioso y las hormonas también intervienen en el control del flujo sanguíneo local.

1. EL GASTO CARDÍACO SE CONTROLA POR LA SUMA DE TODOS LOS FLUJOS TISULARES LOCALES

El corazón responde a las necesidades de los tejidos porque el flujo sanguíneo que atraviesa un tejido inmediatamente vuelve al corazón a través de las venas. Luego el corazón responde al aumento en el flujo aferente y lo bombea hacia las arterias.

1. LA REGULACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL ES GENERALMENTE INDEPENDIENTE DEL CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO LOCAL O DEL CONTROL DEL GASTO CARDÍACO.

Cuando la presión se encuentra por debajo del nivel normal:

* Las señales nerviosas aumentan la fuerza de bomba del corazón
* Provocan la contracción de los reservorios venosos para aportar más sangre al corazón
* Provocan constricción generalizada de la mayoría de las arteriolas a través del organismo, con lo que acumula más sangre en las grandes arterias para aumentar la presión arterial.

INTERRELACIONES ENTRE LA PRESIÓN, FLUJO Y RESISTENCIA

El flujo sanguíneo está determinado por dos factores:

GRADIENTE DE PRESIÓN🡪diferencia de presión de la sangre entre los dos extremos de un vaso.

RESISTENCIA VASCULAR🡪impedimentos que el flujo sanguíneo encuentra en el vaso y es consecuencia de la fricción entre el flujo de sangre y el endotelio intravascular.

Ley de Ohm🡪Calcula el flujo a través del vaso

Flujo sanguíneo

Es la cantidad de sangre que atraviesa un punto dado de la circulación en un período de tiempo determinado.

EL FLUJO SANGUÍNEO GLOBAL DE UN ADULTO EN REPOSO ES 5L ó 5,000 mL/min. EL GASTO CARDÍACO ES IGUAL AL FLUJO SANGUÍNEO GLOBAL PORQUE ES LA CANTIDAD DE SANGRE QUE BOMBEA EL CORAZÓN EN LA AORTA EN CADA MINUTO.

El flujo sanguíneo puede ser:

Flujo laminar

También es llamado flujo aerodinámico

Se mantiene en equilibrio a través de un vaso sanguíneo

Se produce de forma aerodinámica, es decir que mantiene cada capa de sangre a la misma distancia del vaso.

La porción más central de sangre se mantiene en el centro del vaso.

El flujo es más rápido en el centro y más lento cerca de los bordes exteriores.

Su velocidad tiene perfil parabólico porque las moléculas que tocan la pared se mueven lentamente por su adherencia a la pared del vaso y porque el líquido de la parte central se mueve rápidamente debido a que tiene muchas capas de moléculas deslizantes entre la zona central del vaso y su pared.

Flujo turbulento

Transcurre en todas direcciones del vaso

Se mezcla continuamente en su interior

Se produce cuando el flujo sanguíneo es demasiado grande, atraviesa una obstrucción, hace un giro brusco o pasa sobre una superficie rugosa.

Genera corrientes en torbellino aumentando así la fricción del flujo en el vaso.

El número de Reynolds mide la tendencia a producirse turbulencias. Si este aumenta encima de 200-400 indica que se producirá flujo turbulento en algunas ramas de los vasos. Si asciende por encima de 2,000 habrá turbulencias en todos los vasos.

FLUJO LAMINAR🡪TIENE VELOCIDAD PARABÓLICA. TIENE FLUJO AERODINÁMICO.

FLUJO TURBULENTO🡪GENERA TORBELLINOS. SU FLUJO ES DESORDENADO

En la aorta y la arteria pulmonar el flujo turbulento se produce por:

* Una velocidad elevada del flujo sanguíneo
* Naturaleza pulsátil del flujo
* Cambio brusco del diámetro en el vaso
* Diámetro del vaso de gran calibre

Presión sanguínea

MIDE LA FUERZA EJERCIDA POR LA SANGRE CONTRA UNA UNIDAD DE SUPERFICIE DE LA PARED DEL VASO.

La presión sanguínea se mide casi siempre en mmHg pero en ocasiones se mide en cmH2O. 1mmHg es igual a 1.36 cmH2O.

Resistencia al flujo sanguíneo

RESISTENCIA ES EL IMPEDIMENTO AL FLUJO SANGUÍNEO EN UN VASO.

Se calcula a partir de las determinaciones del flujo sanguíneo y la diferencia de presión entre dos puntos del vaso.

Unidad de resistencia periférica (PRU)🡪diferencia de presión es de 1 mmHg y el flujo es 1 ml/s.

La velocidad del flujo sanguíneo a través de todo el sistema circulatorio es igual a la velocidad de la sangre que bombea el corazón, es decir, es igual al gasto cardíaco.

Resistencia periférica total🡪es la resistencia de toda la circulación sistémica y es de 1 PRU. Cuando hay vasoconstricción puede aumentar hasta 4 PRU y cuando hay vasodilatación puede descender hasta 0.2 PRU.

Resistencia vascular pulmonar total🡪es de 0.14 PRU

Conductancia🡪es la medición del flujo sanguíneo a través de un vaso para dar una diferencia de presión dada.

La conductancia del vaso aumenta en proporción a la cuarta potencia del diámetro ya que pequeños cambios en el diámetro causan enormes cambios en la conductancia.

En la circulación sistémica aprox 2/3 de toda la resistencia sistémica al flujo sanguíneo se debe a la resistencia arteriolar en las pequeñas arteriolas.

Ley de la cuarta potencia🡪hace que sea posible que las arteriolas, que responden con pequeños cambios del diámetro a señales nerviosas o químicas de los tejidos locales, hagan desaparecer casi completamente el flujo o provoquen un inmenso incremento del mismo.

Resistencia al flujo sanguíneo en circuitos vasculares y en paralelo

La sangre que bombea el corazón fluye desde la parte de presión alta de la circulación sistémica hacia el lado de baja presión a través de muchos miles de vasos sanguíneos dispuestos en serie y paralelo.

Cuando los vasos se disponen en serie el flujo de cada vaso es el mismo y la resistencia total del flujo es igual a la suma de la resistencia de cada vaso.

La distribución paralela de los vasos permite que cada tejido regule su propio flujo sanguíneo en mayor grado, independientemente del flujo de los demás tejidos.

El flujo a través de cada vaso unido en paralelo está determinado por el gradiente de presión y su resistencia.

Si hay muchos vasos sanguíneos en paralelo será más sencillo para la sangre fluir a través del circuito porque cada vaso paralelo constituye otra vía o conductancia para el flujo sanguíneo.

Efecto del hematocrito y de la viscosidad de la sangre sobre la resistencia vascular y el flujo sanguíneo

CUANTO MAYOR SEA LA VISCOSIDAD, MENOR SERÁ EL FLUJO EN UN VASO

Hematocrito🡪es la proporción de la sangre que corresponde a globulos rojos. En el hombre es en promedio 42 y en la mujer 38.

LA VISCOSIDAD DE LA SANGRE AUMENTA A MEDIDA QUE AUMENTA EL HEMATROCRITO. (A MAYOR HEMATOCRITO MAYOR VISCOSIDAD)

El tipo y concentración de proteínas plasmáticas también afecta la viscosidad de la sangre.

Efecto de la presión sobre la resistencia vascular y el flujo sanguíneo tisular

El aumento de la presión arterial aumenta la fuerza que impulsa la sangre a través de los vasos y también incrementa la resistencia vascular en unos segundos, a través de la activación de los mecanismos locales de control.

La disminución de la presión arterial produce la disminución de la resistencia vascular.

Autorregulación🡪 es la capacidad de cada tejido de ajustar su resistencia vascular y mantener un flujo sanguíneo normal durante los cambios en la presión arterial.

Los cambios en el flujo sanguíneo se pueden producir debido a estimulación simpática, que causa vasoconstricción, o a la presencia de vasoconstrictores hormonales, como noradrenalina, angiotensina II, vasopresina o endotelina.

Los mecanismos autorreguladores locales de cada tejido superan la mayoría de los efectos de los vasoconstrictores para proporcionar un flujo sanguíneo que resulta apropiado para las necesidades del tejido.

Relación presión-flujo en los lechos vasculares pasivos

El aumento de la presión arterial reduce la resistencia vascular.

El descenso en la presión arterial eleva la resistencia. Cuando la presión desciende por debajo de un nivel crítico, llamado presión de cierre crítica, el flujo cesa en el momento en que los vasos sanguíneos se colapsan por completo.

La inhibición de la actividad simpática dilata mucho los vasos y aumenta el flujo sanguíneo.

La estimulación simpática genera contracción en los vasos y disminuye el flujo sanguíneo.

RESISTENCIA VASCULAR EN LECHOS VASCULARES PASIVOS

AUMENTA PRESIÓN🡪REDUCE RESISTENCIA VASCULAR

DISMINUYE PRESIÓN🡪AUMENTA RESISTENCIA VASCULAR

RESISTENCIA VASCULAR EN LOS TEJIDOS

AUMENTA PRESIÓN🡪AUMENTA RESISTENCIA

DISMINUYE PRESIÓN🡪DISMINUYE RESISTENCIA