

## VALORES PARA TERCER PARCIAL

### CAPÍTULO 9: MÚSCULO CARDÍACO: EL CORAZÓN COMO BOMBA Y LA FUNCIÓN DE LAS VÁLVULAS CARDIACAS

- **Potencial de acción en una fibra muscular ventricular** 105 mv
  - Presión intracelular **aumenta de -85mv a +20mv** en cada latido
- **Presencia de meseta** responsable que dure **hasta 15 veces más** la contracción ventricular que del musculo liso.
- **Canales lentos de calcio/sodio** se cierran después de **0.2 a 0.30 s**
- **Potencial de membrana**
  - **fase 0:** +20mv
  - **fase 4:** -90mv
- **Velocidad de conducción de señal potencial en acción**
  - **Fibras musculares** 0,3s a 0,5 m/S
  - **Fibras de Purkinje** 1,5- 4 m/s
- **Período refractario**
  - **normal del ventrículo** 0,25s a 0,30s
    - **Periodo refractario relativo adicional** 0,05s
  - **Del musculo auricular** 0,15s
- **Túbulos T del musculo cardiaco** diámetro es 5 veces mayor que en m. liso
- **Duración de contracción del musculo cardiaco (depende de duración de potencial de acción, incluyendo la meseta)**
  - **Musculo auricular** 0,2 s
  - **Musculo ventricular** 0,3s
- **Onda A – aumento de presión auricular durante la contracción auricular**
  - **Aurícula derecha** 4-6 mmHg
  - **Aurícula izquierda** 7-8 mmHg
- **60% de sangre del ventrículo al final de la diástole es expulsada en la sístole**
  - **70%** (1/3) periodo de eyección rápida.
  - **30%** (2/3) periodo de eyección lenta.
- **Duración contracción isovolumetrica** 0,02s a 0,03s
- **Duración relajación isovolumetrica** 0,03s a 0,06s
- **Volumen telediastolico** 110-120 ml (ventrículos llenos)
- **Volumen sistólico** 70ml (ventrículos se vacían)
- **Volumen telesistolico** 40-50ml (volumen que queda en c/ventrículo)
- **Entrada de sangre en arterias durante sístole – paredes se distienden y P aumenta** hasta 120 mmHg
- **Trabajo externo** del ventrículo derecho es **LA SEXTA parte del** ventrículo izquierdo.
- Durante **contracción ventricular, P sistólica** aumenta y alcanza un máximo a un **volumen ventricular de 150 a 170ml**
- **Presión sistólica máxima**
  - **de ventrículo izquierdo** entre 250 y 300 mmHg.

- **De ventrículo derecho** entre 60 y 80 mmHg.
- **Diagrama volumen-presión**
  - **FASE I**
    - **Volumen ventricular:** 50ml a 120ml
    - **presión diastólica:** 2 - 3 mmHg a 5 - 7mm Hg
  - **FASE II**
    - **Contracción isovolumetrica**
    - **Presión en el interior del ventrículo** 80 mmHg
  - **FASE III**
    - **Volumen** de 120ml a 50ml
    - **Presión sistólica** 100mmHg\*
  - **FASE IV**
    - **Volumen** 50 ml
    - **Presión diastólica** 2-3 mmHg
- **Energía química musculo cardiaco**
  - **70-90%** metabolismo oxidativo ácidos grasos
  - **10-30%** de otros nutrientes (lactato y glucosa)
- **Eficiencia del corazón** entre 20-25%, (en insuficiencias cardiaca 5-10%)
- **Corazón en reposo bombea** 4-6 litros cada minuto (en ejercicio puede ser necesario de 4-7 veces esa cantidad)
- **Distensión de la pared de la aurícula derecha** aumenta directamente la FC en un **10-20%** -> contribuye a aumentar cantidad de sangre que se bombea cada minuto.
- **Estimulación simpática** puede aumentar gasto cardiaco máximo **2 o 3 veces**.
  - **Fibras nerviosas simpáticas** que llegan al corazón descargan a una frecuencia baja, que mantiene el bombeo aprox 30% por encima del que habría sin estimulación simpática.
- **Estimulación parasimpática** puede interrumpir latido cardiaco durante algunos segundos, pero después el corazón "se escapa" y late a una FC de 20-40 latidos/min mientras continúe la estimulación.
  - **Reduce fuerza de contracción** en un 20-30%
  - **Reduce bombeo ventricular** en un 50% o mas.
- **Elevación de concentración de k a 8-12 mEq/l** puede producir profunda debilidad del corazón, alteración del ritmo, incluso muerte.
- A **presiones arteriales sistólicas** normales (80-140mmHg) gasto cardíaco determinado por la facilidad del flujo sanguíneo a través de tejidos corporales, que a su vez controla el **retorno venoso**

## CAPÍTULO 10: EXCITACIÓN RÍTMICA DEL CORAZÓN

- **Contracción repetitiva** 100,000 veces al día o 3,000 millones de veces en una vida.
- **Aurículas** se contraen **1/6 de s** antes de contracción ventricular.

- **Nodulo sinusal (sinoauricular)** 3mm de anchura, 15mm de longitud y 1mm de grosor. Sus fibras, 3-5mm de diámetro.
- **Potencial de membrana en reposo**
  - **Fibras del nodulo sinusal** -55mv a -60mv
    - **En estado hiperpolarizado** -65mv a -70 mv
  - **Fibra muscular ventricular** -85mv a -90mv
- **En fibras del nodulo sinusal** canales de calcio de tipo L se activan a -40mv
  - **100 a 150ms** después de apertura se inactivan y al mismo tiempo se abren canales de K.
- **Velocidad de conducción en mayor parte del músculo** 0,3 m/s
  - **En varias pequeñas bandas de fibras auriculares** 1/ms
- **RETRASOS y TIEMPOS**
  - **Vías internodulares** del nódulo sinusal al nódulo AV: 0,03 s
  - **Retraso en el nódulo av** 0,09s
  - **Haz av penetrante** 0,04 s
    - **Retraso total en el nódulo AV y sistema de AV** 0,13s
    - **Retraso total en el nódulo AV** antes de que señal excitadora llegue a musculo ventricular **0,16s**
  - **Desde haz AV hasta que sale de fibras de Purkinje** 0,03s
  - **Transmisión desde superficie endocárdica a superficie epicárdica del ventrículo** 0,03s
    - **Tiempo total para transmisión del impulso cardiaco** desde ramas iniciales del haz hasta ultimas fibras del musculo ventricular en el corazón **0,06s**
- **Porción distal del haz AV** se dirige hacia abajo en interior del tabique **a lo largo de 5 – 15mm** hacia punta del corazón.
- **Frecuencia rítmica intrínseca de descarga**
  - **Fibras del nodulo AV** 40 a 60 veces por minuto
  - **Fibras de Purkinje** 15 a 40 veces por minuto
  - **Nodulo sinusal** 70 a 80 veces por minuto
- Después de un **bloqueo súbito del haz AV** , **el sistema de Purkinje** no comienza a emitir sus impulsos rítmicos intrínsecos **hasta 5-20 s después** porque antes habían estado sobreexcitadas.
  - **Durante 5-20s** ventrículos dejan de bombear sangre y persona se desvanece después de los primeros **4 a 5s** debido a ausencia de flujo sanguíneo cerebral. **(SINDROME DE STROKE-ADAMS)**

### CAPÍTULO 11: EKG NORMAL

- **Aurículas se repolarizan** 0,15 a 0,20s después de la finalización de la onda P-
- **Musculo ventricular** comienza a repolarizarse en algunas fibras aprox **0,2s** después del comiendo de QRS pero en muchas otras **fibras** tarda hasta **0,35s**.
  - **Proceso de repolarizacion ventricular** se extiende a lo largo de 0,15s

- **En un EKG**
  - **Líneas de calibración horizontal** 10 hacia arriba o hacia abajo representan **1mv**
  - **Líneas verticales (tiempo)**
  - Típicamente se realiza una velocidad de **25mm/s**
    - **Cuadros medianos** representan 0,20s
    - **Cuadros pequeños** 0,04s
  - **Voltajes**
    - **Un electrodo colocado en ventrículo y el otro en otra localización alejada al corazón** voltaje del QRS – 3-4mv
    - **Electrodos en los dos brazos o en un brazo y una pierna** voltaje QRS – 1-1,5 mv
    - **Voltaje onda p** entre 0,1 y 0,3 mv
    - **Voltaje onda t** entre 0,2 y 0,3 mv
    - **Directamente en la membrana del musculo cardiaco** 110 mv
  - **Intervalo P-Q/P-R** rango 0,12s -0,20s **media** 0,16s
  - **Intervalo Q-T** 0,35s
  - **Intervalo normal entre dos complejos QRS** en adultos, aprox 0,83s -> FC 72 latidos/min
- **Al final del ciclo de despolarización** se invierte la dirección 0,01 s fluyendo desde la punta a la base porque la ultima parte del corazón que se despolariza son las paredes externas de los ventrículos cerca de la base del corazón.
- **Derivación I** +0,5 mv
- **Derivación II** +1,2mv
- **Derivación III** +0,7 mv

## CAPÍTULO 12: INTERPRETACIÓN ELECTROCARDIOGRÁFICA DE LAS ANOMALÍAS DEL M. CARDÍACO Y EL FLUJO SANGUINEO CORONARIO: ANALISIS VECTORIAL

- **Vector QRS medio / eje eléctrico medio de los ventrículos** +59°
- **Eje DI** 0°
- **Eje DII** +60°
- **Eje DIII** +120°
- **aVR** +210°
- **aVF** +90°
- **aFL** -30°
- **después de 0,15s** se genera la onda T
- **bloqueo rama izquierda del haz** desviación de eje hacia izquierda, aprox -50°
- **bloqueo rama derecha del haz** desviación hacia derecha, aprox 105°
- **voltajes de las 3 derivaciones medidos desde el pico de la onda R hasta parte mas profunda de onda S** varían entre 0,5 y 2 mv

- **duración complejo QRS** 0,06s a 0,08s
  - **hipertrofia o dilatación** del ventrículo izquierdo o derecho puede prolongarse 0,09s a 0,12s
  - **bloqueo completo de una rama del haz** 0,14s o mas

## CAPITULO 14: VISIÓN GENERAL DE LA CIRCULACIÓN: BIOFISICA DE LA PRESION, EL FLUJO Y LA RESISTENCIA

- **volumen de sangre**
  - **en circulación sistémica** 84%
    - **venas** 64%
    - **arterias** 13%
    - **arteriolas y capilares** 7%
  - **en corazón y pulmones** 16%
    - **corazón** 7%
    - **vasos pulmonares** 9%
- **superficies transversales:**
  - **aorta** 2,5
  - **pequeñas arterias** 20
  - **arteriolas** 40
  - **capilares** 2500
  - **vénulas** 250
  - **pequeñas venas** 80
  - **venas cavas** 8
- **velocidad en aorta** 33cm/s
- **velocidad en capilar** 0,3mm/s (sangre se queda aquí solo 1-3s)
- **presión en aorta** 80mmHg-120mmHg **100mmHg**
- **presión en venas cavas** 0 mmHg
- **presión en capilares sistémicos** 35mmHg (extremo arteriolar) – 10mmHg (extremo venoso) **presión media funcional** 17mmHg
- **presión en arteria pulmonar** 8mmHg-25mmHg **16mmhg**
- **corazón** no puede aumentar su Qc en mas de **4-7** veces su gasto cardiaco por encimal del nivel en reposo.
- **Flujo sanguíneo global** 5,000ml/min
- **Número de Reynolds** normal 200-400
- **Viscosidad de la sangre** 1/30poise **densidad** mayor a 1
- **Velocidad del flujo sanguíneo a través de todo el sistema circulatorio** 100ml/s
- **Diferencia de presión entre arterias y venas sistémicas** 100mmHg
- **Resistencia periférica total** 1PRU
  - **Cuando todos los vasos sanguíneos se contraen** 4PRU
  - **Cuando se dilatan** 0,2 PRU
- **Resistencia vascular pulmonar total** 0,14 PRU

- **En sistema pulmonar** presión arterial media 16mmHg
- **Presión media en aurícula izquierda** 2mmHg
- **Conductancia del vaso aumenta** a la cuarta potencia del diámetro
- **Viscosidad de sangre normal** es 3 veces maor que la del agua
- **Hematocrito: hombre 42 mujer 38**
- **Hematocrito 60-70** policitemia, viscosidad de la snagre hasta 10 veces mayor que la del agua.
- **Viscosidad del plasma sanguíneo** 1,5 veces la del agua
- **Autorregulación del flujo sanguíneo** capacidad de c/tejido de ajustar su resistencia vascular y mantener un flujo sanguíneo normal durante los cambios en la **PA entre 70-175mmHg**

### CAPÍTULO 15: DISTENSIBILIDAD VASCULAR Y FUNCIONES DE LOS SISTEMAS ARTERIAL Y VENOSO

- **Venas** capaces de almacenar 0,5-1l
- **Venas** ocho veces mas distendible que arterias
- **En circulación pulmonar- arterias pulmonares** distensibilidad es **seis veces** mayor que las arterias sistémicas.
- **Cuando sistema arterial de un adulto normal** se llena con 700ml, PA media es 100mmHg, pero cae a cero cuando se llena solo con 400ml (cambia mucho)
- **Sistema venoso sistémico** volumen varía entre 2000 y 3,500 ml, se necesita un cambiote para cambiar presión venosa solo en 3-5 mmHg (casi no cambia).
- **Control simpático** a venas, reduce su tamaño para que continúe la circulación funcional casi en normalidad aunque se haya perdido **20-25%** de volumen sanguíneo total.
- **Velocidad de transmisión de pulso de la presión**
  - **Aorta normal** 3-5 m/s (la velocidad de transmisión es 15 veces más que la velocidad del flujo sanguíneo)
  - **Ramas arteriales grandes** 7-10m/s
  - **Pequeñas arterias** 15-35m/s
- **Después de 60 años** se produce un incremento extra de **presion sistólica** causa del descenso en la distensibilidad o endurecimiento de arterias- aterosclerosis
- **Presion arterial media** 60% diastólica y 40% sistólica
- **Presion normal en aurícula derecha** 0mmHg
  - **Puede aumentar** hasta 20 o 30 mmHg en condiciones anormales.
  - **Limite inferior** -3 a -5mmHg (también presion de cavidad torácica alrededor del corazón)
- **Presion de venas pequeñas mas periféricas** +4-+6mmHg mayor que presion en aurícula derecha.
- **Presion de cavidad abdominal** +6mmHg, puede aumentar hasta +15-+30mmHg -> presion de venas de piernas debe incrementarse por encima de presion abdominal.

- **Presión gravitacional en presiones venosas**
  - **Cabeza** -10mmHg
  - **Cuello superior y cuello inferior** 0 mmHg
  - **Brazo por arriba de costilla** +6mmHg
  - **Brazo debajo de costilla** +8mmHg
  - **Mano** +35mmHg
  - **Abdomen** +22mmHg
  - **Femoral** +40mmHg
  - **Pie** +90mmhg (cuando se camina +20mmhg)
- **Presión gravitacional en presión arterial**
  - **A la altura del corazón (PA media)** 100mmHg
  - **En pies** 190 mmHg
- **Se puede perder 10-20%** del volumen desde el sistema circulatorio en 15-30min de bipedestación en inmovilidad total.
- **Cuando presión en aurícula derecha aumenta**
  - **hasta +10mmhg** venas de parte inferior del cuello comienzan a protruir
  - **+15mmHg** todas las venas del cuello están distendidas
- **Reservorios sanguíneos específicos**
  - **Bazo** 100ml (50ml de eritrocitos -> elevando hematocrito en 1-2%)
  - **Hígado** cientos de ml de sangre
  - **Venas abdominales grandes** 300ml
  - **Plexos venosos situados bajo la piel** varios cientos de ml.
  - **Corazón\*** 50-100ml
  - **Pulmones\*** 100-200ml

## CAPÍTULO 16: MICROCIRCULACIÓN Y EL SISTEMA LINFÁTICO: INTERCAMBIO DEL LÍQUIDO CAPILAR, LÍQUIDO INTERSTICIAL Y FLUJO LINFÁTICO

- **Circulación periférica** tiene alrededor de 10,000 millones de capilares con una superficie total estimada de 500-700m<sup>2</sup>
- **Arterias nutricias** (ramifica 6-8 veces) -> **arteriolas** (diámetro: 10-15mm – se ramifica 2-5 veces – diámetro 5-9mm) -> **metaarteriolas**
- **Grosor pared capilar** 0,5mm, **diámetro** 4-9mm
- **Espacio intercelular (representa 1/1000 de superficie total del capilar)** 6-7nm
- **Velocidad con la que difunden moléculas de H<sub>2</sub>O a través de membrana es 80** veces mayor que la velocidad con la que el propio plasma fluye linealmente por el capilar.
- **Profundidad de los espacios intercelulares capilares** 6-7nm (20 veces el diámetro de molécula de agua)
- **Filamentos de proteoglucano** 98% acudi hialurónico, 2% proteínas
- **Difusión a través del gel se produce con una rapidez** 95-99% de la que se desplaza a través de un líquido libre.
- **Cantidad líquido libre** presente en tejidos normales menor del 1%

- **Presión capilar media (hidrostática del capilar)**
  - **medida con canulación directa de los capilares con micropipeta** 25 mmHg
    - **Extremos arteriales** 30-40mmHg
    - **Extremos venosos** 10-15mmHg
    - **Zona media** 25mmHg
    - **Capilares glomerulares de riñon** 60mmHg – **capilares peritubulares** 13mmHg
  - **medida con determinación funcional indirecta de la presión capilar** 17mmHg
- **Presión hidrostática del líquido intersticial**
  - **Usando método de micropipeta** -1 - +2 mmHg en tejidos laxos
  - **Usando método de capsulas huecas perforadas** -6mmHg (usando capsulas de 2cm)
- **Presión líquido intersticial**
  - **Cerebro** +4-+6mmHg
  - **Renal** +6mmHg
  - **En tejido subcutáneo laxo** -3mmHg
- **Presiones en las que hay líquido libre en equilibrio con líquidos intersticiales**
  - **Espacio intrapleural** -8mmHg
  - **Espacio sinovial articular** -4 a -6mmHg
  - **Espacio epidural** -4 a -6mmHg
- **Presión coloidosmótica del plasma humano normal** 28mmHg (19 se deben a efectos moleculares – 9mm al efecto de Donnan (P extra causada por Na, k y demás cationes)
  - **80%** es consecuencia de la albumina (21,8)
  - **20%** globulinas (6)
  - **Casi nada** fibrinógeno (0,2)
- **Presión coloidosmótica media del líquido intersticial** 8mmHg
  - Concentración de proteínas en la mayoría de tejidos es solo de **40%** (3g/dl)
- **Presión de filtración neta (en el extremo arterial)** 13mmHg
- **Presión de reabsorción neta (extremo venoso)** 8mmHg
- **media** de presiones de capilares arteriales y venosos para calcular la media de la presión capilar funcional a lo largo de todo el capilar es de **17,3 mmHg**
- **filtración neta** 0,3mmHg (filtración mayor hacia espacios intersticiales que la reabsorción) **velocidad en todo el organismo, excepto riñones** 2ml/min
- **coeficiente filtración capilar** 6,67ml/min
  - **coeficiente de filtración capilar de un tejido medio** 0,01 ml/min/mmHg/100g de tejido
- **concentración de proteínas en el líquido intersticial de:**
  - **musculos** 1,5 g/dl
  - **tejido subcutáneo** 1,5 g/gl

- **intestino** 4 g/dl
  - **hígado** 6/g/dl
- La décima parte del líquido entra en los capilares linfáticos y vuelve hacia la sangre a través del sistema linfático, **2-3 litros de linfa al día**.
- **concentración de proteínas en el líquido intersticial** de la mayoría de los tejidos alcanza un promedio de 2 g/dl.
- **Concentración de linfa formada en:**
  - **Hígado** 6 g/dl
  - **Intestino** 3-4 g/dl
  - **Conducto torácico** 3-5g/dl (después de una comida grasa, 1-2%grasa)
- en reposo pasan **100 ml** por hora en flujo linfático a través del **conducto torácico**, y otros **20 ml** por hora fluyen a circulación a través de otros canales.
- **Flujo linfático total** estimado en torno a 120ml/h o 2-3 L al día.
- **Bomba linfática** genera presiones de hasta 50-100mmHg en el conducto torácico.
- **Bomba linfática** muy activa durante ejercicio, aumenta el flujo linfático 10-30 veces. En reposo, se vuelve casi cero.

## CAPÍTULO 20: GASTO CARDÍACO RETORNO VENOSO Y SU REGULACIÓN

- **Gasto cardíaco**
  - **En hombres jóvenes y sanos** 5,6 l/min
  - **Mujeres** 4,9 l/min
  - **Gasto cardíaco medio en adulto en reposo** 5l/min
- **Índice cardíaco medio normal en adultos** 3l/min/m<sup>2</sup>
- **% de gasto (sangre) que se deriva a**
  - **Encéfalo** 14%
  - **Corazón** 4%
  - **Esplácnico** 27%
  - **Riñones** 22%
  - **Musculo (inactivo)** 15%
  - **Piel, otros tejidos** 18%
- corazón de un ser humano normal que actúe sin una estimulación especial puede bombear una cantidad de retorno venoso **hasta 2-5 veces el retorno venoso normal antes de que corazón** se convierta en el factor limitante en el control del gasto cardíaco
- **en corredores** Cuando se combina la excitación nerviosa del corazón con hipertrofia, efecto total permite que el corazón bombee hasta **30-40l/min**
- **presión externa normal** es igual a presión intrapleurial normal: -4mmHg a -6mmHg
- Si se impiden los reflejos circulatorios nerviosos el **retorno venoso disminuye a cero** cuando la presión de la aurícula derecha aumenta hasta **+7 mmHg**.
- **presión media del llenado sistémico (Plls)** 7mmHg
- **presión media del llenado circulatorio**
  - **con estimulación simpática** 17mmHg
  - **inhibición sistema simpático** 4mmHg

- **resistencia al retorno venoso = 1,4 mmHg**
  - 2/3 resistencia venosa
  - 1/3 resistencia arteriolar y de pequeñas arterias
- **Punto de equilibrio** donde retorno venoso y gasto cardiaco se entrelazan: gasto cardiaco = 5l/min y presión en la aurícula derecha = 0mmHg
- **Aumento de volumen de sangre sobre el gasto cardíaco** en torno al 20%, aumenta el gasto cardíaco y el retorno venoso 2,5-3 veces y la presión en la aurícula derecha aumenta hasta aprox +8mmHg.
  - **En un periodo de 10-40 min** gasto cardiaco vuelve a normalidad

## **CAPITULO 38: VENTILACIÓN PULMONAR**

- Cuando la **caja costal se eleva**, **costillas** se desplazan hacia adelante casi en línea recta, el **esternón** también se mueve hacia adelante, haciendo que el **diámetro anteroposterior** del tórax sea **20% mayor durante la inspiración** máxima que durante la espiración.
- **Presión pleural** -5 hasta -7,5 cmH<sub>2</sub>O
- **Presión de referencia cero en vías aéreas** 0 cmH<sub>2</sub>O
  - **Cuando presión alveolar** -1cmH<sub>2</sub>O, arrastra 0,5l de aire hacia los pulmones en los **2s** necesarios para una **inspiración** tranquila normal.
  - **Cuando presión alveolar** +1cmH<sub>2</sub>O, 0,5l de aire sale desde los pulmones durante los **2-3s** de la espiración.
- **Presión de retroceso** +5cmH<sub>2</sub>O
- **Distensibilidad pulmonar (de ambos pulmones)** 200ml de aire por cada cmH<sub>2</sub>O de presión transpulmonar.
- **Fuerzas elásticas tisulares** representan 1/3 de la elasticidad pulmonar, **fuerzas de tensión superficial líquido-aire** representa 2/3
- **Células epiteliales alveolares de tipo II** constituyen aprox el 10% del área superficial de los alveolos.
- **Tensión superficial de diferentes líquidos en agua**
  - **Agua pura** 72dinas/cm
  - **Líquidos normales que tapizan alveolos sin surfactante** 50dinas/cm
  - **Líquidos normales que tapizan alveolos con surfactantes** entre 5 y 30dinas/cm
- **Presión de alveolos** 4cmH<sub>2</sub>O (3mmHg) (con un radio de 100mm)
- **Síndrome de dificultad respiratoria del recién nacido** alveolos de lactante sin surfactante tienen una tendencia a colapsarse hasta 6-8 veces la de una persona adulta.
- **Distensibilidad de todo el sistema pulmonar** 110 ml de volumen por cada cmH<sub>2</sub>O.
- **Energía necesaria para la respiración** 3-5% de energía total que consume el cuerpo. Durante ejercicio intenso, puede aumentar hasta 50 veces.
- **Volúmenes pulmonares** (20-25% menos en mujeres y mayores en personas de constitución grande y atletas)
  - **Volumen corriente** 500ml
  - **Volumen de reserva inspiratoria** 3,000ml
  - **Volumen de reserva espiratoria** 1,100ml
  - **Volumen residual** 1,200ml

- **Capacidades pulmonares** (20-25% menos en mujeres y mayores en personas de constitución grande y atletas)
  - **Capacidad inspiratoria** VC+VRI 3,500ml
  - **Capacidad residual funcional** VRE+VR 2,300ml
  - **Capacidad vital** VRI+VC+VRE 4,600ml
  - **Capacidad pulmonar total** CV+VR 5,800ml
- **Volumen respiratorio minuto** 6l/min
- **Cuando se mide el volumen del espacio muerto** concentración de O<sub>2</sub> esta al 100%
- **Volumen normal del espacio muerto** 150ml
  - **En personas con alveolos parcialmente funcionales** puede ser hasta 10 veces mayor o 1-2 litros.
- **Ventilación alveolar por minuto** 4,200ml/mim
- **Toda superficie de vías aéreas** tapizada por epitelio ciliado que tiene aprox **200 cilios** por cada celula epitelial. Cilios baten a una frecuencia de **10-20** veces por segundo en dirección a faringe.
- **el aire es calentado** por las extensas superficies de los **cornetes y del tabique** (área total 160 cm<sup>2</sup>) [hasta **menos de 0,5 °C** respecto a la temperatura corporal]
- **Casi no llegan partículas mayores de 6micrometros** de diámetro a pulmones.
  - **Las partículas de 1-5 micrómetros** se depositan en bronquiolos mas pequeños como consecuencia de precipitación gravitacional.
  - **Partículas 0,5 micrómetros** suspendidas en aire alveolar y son expulsadas mediante espiración.

#### CAPÍTULO 40: PRINCIPIOS FÍSICOS DEL INTERCAMBIO GASEOSO: DIFUSIÓN DE O<sub>2</sub> Y CO<sub>2</sub> A TRAVÉS DE LA MEMBRANA RESPIRATORIA

- **Presión del aire** 760mmHg
  - **79%** de nitrógeno (600mmHg)
  - **21%** oxígeno (160mmHg)
- **Coefficientes**

|                            | De solubilidad a T° corporal | De difusión relativos |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <b>Oxígeno</b>             | 0,024                        | 1                     |
| <b>Dióxido de carbono</b>  | 0,57                         | 0,23                  |
| <b>Monóxido de carbono</b> | 0,018                        | 0,80                  |
| <b>nitrogeno</b>           | 0,012                        | 0,53                  |
| <b>helio</b>               | 0,08                         | 0,95                  |

- **CO<sub>2</sub> es 20 veces mas soluble que O**
- **Presión de vapor de agua** (para escapar) a 37°C – 47mmHg

|                  | Aire atmosférico* (mmHg) |          | Aire humidificado (mmHg) |          | Aire alveolar (mmHg) |         | Aire espirado (mmHg) |         |
|------------------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| N <sub>2</sub>   | 597                      | (78,62%) | 563,4                    | (74,09%) | 569                  | (74,9%) | 566                  | (74,5%) |
| O <sub>2</sub>   | 159                      | (20,84%) | 149,3                    | (19,67%) | 104                  | (13,6%) | 120                  | (15,7%) |
| CO <sub>2</sub>  | 0,3                      | (0,04%)  | 0,3                      | (0,04%)  | 40                   | (5,3%)  | 27                   | (3,6%)  |
| H <sub>2</sub> O | 3,7                      | (0,5%)   | 47                       | (6,2%)   | 47                   | (6,2%)  | 47                   | (6,2%)  |
| Total            | 760                      | (100%)   | 760                      | (100%)   | 760                  | (100%)  | 760                  | (100%)  |

- **350 ml de aire nuevo** entran en los alvéolos en cada inspiración y se espira de aire alveolar.
- **El volumen de aire alveolar** que es sustituido por aire atmosférico en cada respiración es **1/7 del total**.
- Con **una ventilación alveolar normal** se elimina la mitad del gas en 17 s.
- Una **frecuencia ventilatoria** normal de **4,2 l/min** (250ml de O<sub>2</sub>/min) tiene una PO<sub>2</sub> de 104 mmHg
- **Velocidad normal de excreción de CO<sub>2</sub>** 200ml/min
- **Velocidad normal de ventilación alveolar** 4,2 l/min
- **300 millones de alveolos** en los 2 pulmones y cada uno tiene un diámetro 0,2mm.
- **Membrana respiratoria** grosor global en algunas zonas 0,2mm **en promedio** 0,6mm excepto donde hay núcleos celulares.
  - **Área superficial total** 70m<sup>2</sup>
  - **Cantidad total de sangre en capilares pulmonares** 60-140ml **diámetro** 5micrómetros
- **Oxígeno** difunde aprox 2 veces más rápido que el nitrógeno.
- **capacidad de difusión del O<sub>2</sub>**
  - **en condiciones de reposo** 21 ml/min/mmHg
  - **en ejercicio** 65ml/min/mmHg
- **capacidad de difusión de CO<sub>2</sub>**
  - **en reposo** 400-450 ml/min/mmHg
  - **en ejercicio** 1,200-1,300 ml/min/mmHg
- **capacidad de difusión de CO** 17ml/min/mmHg
- **La diferencia media de presión de O<sub>2</sub>** a través de la membrana respiratoria durante la respiración tranquila normal es de aprox**11 mmHg**.
- **230 ml de O<sub>2</sub>** difunden a través de la membrana respiratoria cada minuto; igual a la velocidad a la que el cuerpo en reposo utiliza el O<sub>2</sub>.
- **V<sub>A</sub>/Q= 0** presión de gases alveolares es idéntica a presión de sangre venosa
- **V<sub>A</sub>/Q= ∞** aire alveolar se hace igual que aire inspirado humidificado
- **V<sub>A</sub>/Q= normal** intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a través de membrana es óptimo.
- **V<sub>A</sub>/Q= menor de lo normal** ventilación inadecuada para aportar O para oxigenar completamente la sangre que fluye a través de capilares alveolares. Sangre no se oxigena- **sangre derivada -> cortocircuito fisiológico**.
- **V<sub>A</sub>/Q= mayor de lo normal** cuando ventilación de algunos alveolos es grande pero flujo sanguíneo alveolar es bajo, se dispone de muchos mas O en los alveolos de lo que se puede extraer de alveolos por la sangre que fluye. Ventilación desperdiciada- **espacio muerto fisiológico**
- **Pulmón normal**
  - **Parte superior** V<sub>A</sub>/Q= 2,5 – espacio muerto fisiológico
  - **Parte inferior** V<sub>A</sub>/Q= 0,6 – cortocircuito fisiológico
- **En enfermedad pulmonar obstructiva** algunas partes presentan cortocircuito fisiológico y otras un espacio muerto fisiológico importante.

## CAPÍTULO 41: TRANSPORTE DE O<sub>2</sub> Y CO<sub>2</sub> EN LA SANGRE Y LIQUIDOS TISULARES

- **Hemoglobina en eritrocitos** permite que sangre transporte 30-100 veces más  $O_2$  de lo que podría transportar en forma disuelta.
- **Sustancias químicas** a las que se combina el  $CO_2$  en la sangre aumentan de 15-20 veces su transporte.
- **Diferencia de presión que hace que  $O_2$  difunda hacia capilar pulmonar** 64mmHg
- **Sangre normalmente** esta en capilares pulmonares **aprox 3 veces más** del tiempo necesario para producir una oxigenación completa
- **Transporte de  $O$  en sangre arterial**
  - **98%** de sangre que entra en aurícula izquierda desde pulmones, acaba de atravesar capilares alveolares y se ha oxigenado hasta  **$PO_2$  104mmHg**
  - **2%** a pasado desde aorta a través de circulación bronquial, que vasculariza tejidos profundos de pulmones y no esta expuesta a aire pulmonar. **Flujo de derivación**
- **$PCO_2$** 
  - **Intracelular** 46mmHg
  - **Intersticial** 45mmHg
  - **Sangre arterial que entra en tejidos** 40mmHg
  - **Sangre venosa que sale de tejido** 45mmHg
  - **Sangre que entra en capilares pulmonares en extremo arterial** 45mmHg
  - **Aire alveolar** 40mmHg
- **$PO_2$** 
  - **máxima en humidificación** 149mmHg
  - **sangre venosa/intersticial** 40mmHg (saturación de Hb 75%-14,4ml)
  - **alveolar** 104mmHg
  - **de sangre que entra a corazón izquierdo (y bombeada hacia aorta)/ $PO_2$  arterial/ Límite superior al que puede aumentar la  $PO_2$**  95mmHg (saturación de Hb 97% -19,4ml por cada 100ml de sangre)
  - **sangre que sale de capilares y que entra en venas sistémicas** 40mmHg
  - **intracelular normal** 5-40mmHg promedio 23mmHg
  - **Solo son necesario 1-3mmHg de  $PO_2$**  para soporte completo de procesos químicos que utilizan oxígeno en la célula
- **Transporte de oxígeno**
  - **97%** transportado en combinación con hemoglobina.
  - **3%** se transporta en estado disuelto en el agua del plasma y de las células de la sangre.
- **Sangre de una persona normal contiene** 15g de Hb por cada 100ml de sangre y cada gramo de Hb se puede unir a un máximo de **1,34ml de  $O_2$**  -> en total **20ml de  $O_2$**
- **Se transportan aprox 5ml de  $O_2$**  desde pulmones a tejidos por cada 100ml de flujo sanguíneo.
- **En ejercicio** se transportan **15ml de  $O_2$**  y  **$PO_2$  intersticial baja a 15mmHg.**
- **Coeficiente de utilización** 25%
  - **En ejercicio** 75-85%

- **En zonas tisulares locales en que flujo sanguíneo es lento** 100%
- **Hb cede su O<sub>2</sub> hacia tejidos a una P** 15-40mmHg
- **Se transportan 0,17ml de O<sub>2</sub> en estado disuelto** a tejidos por cada 100ml de flujo sanguíneo.
  - **En ejercicio** cantidad transportada en estado disuelto disminuye a 1.5%
  - **Si se respira a concentraciones muy elevadas de PO<sub>2</sub> alveolar** cantidad transportada es mucho mayor.
- **PCO alveolar** a 0,4mmHg permite que CO compita en situación de igualdad con el O<sub>2</sub> para combinarse con la Hb, y hace que la mitad de la Hb se una al CO. -> una PCO de 0,6mmHg puede ser mortal
- **Se transportan aprox 4ml de CO<sub>2</sub>** desde tejidos hacia pulmones en cada 100ml de sangre.
  - **Se transportan 0,3ml** en forma disuelta por cada 100ml del flujo sanguíneo (7% de todo el CO<sub>2</sub> que se transporta)
  - **Anhidrasa carbonica -bicarbonato** responsable aprox del 70% del CO<sub>2</sub> que se transporta.
  - **Combinación de carbamino con Hb y proteínas plasmáticas** 30% - 1,5ml de CO<sub>2</sub> (como reacción es lenta, es dudoso que transporte mas del 20%)
- **Anhidrasa carbonica** cataliza reacción entre el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O y acelera su velocidad de reacción aprox 5,000 veces.
- **Efecto haldane** aumenta aprox al doble la cantidad de CO<sub>2</sub> que se libera desde la sangre en pulmones y aumenta aprox al doble la captación de CO<sub>2</sub> en tejidos.
- **Ph arterial** 7,41
- **Ph cuando adquiere CO<sub>2</sub>- venoso** 7,37
- **Cociente de intercambio respiratorio (R)**
  - **Metabolizando grasas** 0,7
  - **Dieta normal (cantidades medias de hidratos de carbono, grasas y proteínas)** 0,825

## CAPÍTULO 42: REGULACION DE LA RESPIRACIÓN

- **La respiración** comienza débilmente y aumenta de continua a modo de **rampa** durante **2s**.
- **Después se interrumpe** de manera súbita durante los **3s siguientes**, lo que inactiva la excitación del diafragma y permite que el retroceso elástico de los pulmones y pared torácica produzca la **espiración**.
- **Señales neumotáxicas**
  - **intensa**, la inspiración es tan sólo **0.5 s**; , la frecuencia respiratoria aumenta **hasta 30 a 40 resp/min**
  - **débil** la inspiración puede durar **5 s o más**, la frecuencia reduce a **3 a 5 resp/min**

- **reflejo de hering-breuer** No se activa hasta que el volumen corriente aumenta 3x (más de 1,5 litros por respiración)
- **La excitación del centro respiratorio** por el **CO<sub>2</sub>** es intensa en las primeras horas, disminuye gradualmente **1 a 2 días** luego, disminuyendo hasta **1/5 del efecto inicial**.
- **El flujo sanguíneo** a través de los quimiorreceptores es de **20 veces** su peso cada minuto.
- **Quimiorreceptores** están expuestos a sangre arterial y sus valores de PO<sub>2</sub> son los valores de PO<sub>2</sub> arteriales.
- **Frecuencia de los impulsos** es particularmente sensible a modificaciones de la PO<sub>2</sub> arterial en el intervalo de 60-30mmHg
- **Estimulación** a través de quimiorreceptores periféricos para el aumento de concentración de CO<sub>2</sub> se produce con una rapidez **hasta 5 veces mayor** que estimulación central.
- A **presiones menores de 100 mmHg** la ventilación aumenta **al doble** cuando la PO<sub>2</sub> arterial baja a **60 mmHg** y hasta **5 veces** para **PO<sub>2</sub> muy bajas**.
- **Aclimatación** en un plazo de 2-3 días, centro respiratorio del tronco encefálico pierde 4/5 de su sensibilidad a las modificaciones de la PCO<sub>2</sub> y iones hidrogeno
  - **Ventilación alveolar** aumenta entre 400-500% después de 2-3 días de O<sub>2</sub> bajo

## CAPÍTULO 61: SNA Y MEDULA SUPRARRENAL

- **Más o menos 8% de fibras contenidas en un nervio esquelético** son simpáticas.
- **75% de todas las fibras nerviosas parasimpáticas** están en el nervio vago (X)
- **Segregadas en la sangre: noradrenalina y adrenalina** permanecen activas 10-30s , pero su funcionalidad disminuye hasta la extinción en 1 o varios minutos
- La estimulación de la **médula suprarrenal** por parte de los **nervios simpáticos** hace que se libere **adrenalina (80%) y noradrenalina (20%)** a la circulación sanguínea.
- **La adrenalina y la noradrenalina** ejercen las mismas acciones sobre los órganos que la estimulación simpática directa, **sus efectos duran de 5 a 10 veces más** debido a que desaparecen en **2 a 4 min**.
- **adrenalina** ejerce un efecto metabólico **5 a 10 veces mayor** que la noradrenalina en metabolismo tisular.
  - puede elevar el índice metabólico de todo el cuerpo hasta un 100% por encima de lo normal.
- **Un impulso nervioso** cada pocos segundos puede mantener el **efecto simpático o parasimpático normal**, la activación total se alcanza cuando las fibras descargan de **10 a 20 veces por segundo**.
- **velocidad normal** de la secreción por la médula suprarrenal en reposo:
  - **Adrenalina** es **0,2 µg/kg/min**
  - **Noradrenalina** es **0,05 µg/kg/min**.
- La sección de nervios simpáticos produce una **vasodilatación** sustancial en 5 a 30 s.

## **FÁRMACOS QUE ACTUAN SOBRE ORGANOS EFECTORES ANDRENÉRGICOS**

- **fármacos simpaticomiméticos o adrenérgico** adrenalina, noradrenalina y metoxamina; producen los mismos efectos que la estimulación simpática
  - difieren entre sí por el **grado con el que estimulan**.
    - **la noradrenalina y la adrenalina** sólo se extiende de 1 a 2 min, mientras que dura de **30 min a 2 h** en otros productos simpaticomiméticos diferentes de uso habitual.
- **Fármacos que estimulan unos receptores adrenérgicos específicos**
  - **Fenilefrina** (receptores  $\alpha$ ),
  - **isoprenalina o isoproterenol** (receptores  $\beta$ )
  - **Salbutamol** (sólo receptores  $\beta_2$ ).

### **FÁRMACOS QUE PROVOCAN LIBERACION DE NORADRENALINA DESDE TERMINACIONES NERVIOSAS**

- **Fármacos con acción simpaticomimética indirecta** efedrina, tiramina y anfetamina; liberan noradrenalina desde sus vesículas de almacenamiento y esto genera los efectos simpáticos

### **FÁRMACOS QUE BLOQUEAN ACTIVIDAD ADRENÉRGICA** puede bloquearse en diversos puntos del proceso estimulador:

- **Reserpina:** Evita la síntesis y almacenamiento de noradrenalina en las terminaciones nerviosas simpáticas.
- **Guanetidina:** Impide liberación de noradrenalina desde las terminaciones simpáticas.
- **Fenoxibenzamina y fentolamina:** Bloquean los receptores **simpáticos  $\alpha$** 
  - **Bloqueadores adrenérgicos  $\alpha_1$  selectivos** prazosina y terazosina
  - **Bloqueador  $\alpha_2$**  yohimbina
- **Propranolol:** bloquea los **receptores  $\alpha_1$  y  $\beta_2$** .
  - **Bloquean sobre todo receptores  $\beta_1$**  atenolol, nebivolol, metoprolol
- **Hexametonio** Importante para bloquear la transmisión simpática y parasimpática.

### **FÁRMACOS QUE ACTUAN SOBRE ORGANOS EFECTORES COLINERGICOS**

- **Fármacos parasimpaticomiméticos:** Pilocarpina y Metacolina: actúan directamente sobre los receptores colinérgicos de tipo **muscarínico**.

### **FÁRMACOS QUE POSEEN UN EFECTO PARASIMPATICO POTENCIADORR: ANTICOLINESTERÁSICOS**

- **Neostigmina, Piridostigmina y Ambenonio:** inhiben la acetilcolinesterasa, evita la destrucción rápida de la acetilcolina liberada en terminaciones nerviosas parasimpáticas.

### **FÁRMACOS QUE BLOQUEAN LA ACTIVIDAD COLINÉRGICA EN ORGANOS EFECTORES: ANTIMUSCARÍNICOS**

- **Atropina, homatropina y escopolamina:** Bloquean la acción de la acetilcolina sobre los órganos efectores colinérgicos de tipo muscarínico. **No influyen** sobre la actividad **nicotínica** de la acetilcolina.

## FÁRMACOS QUE ESTIMULAN O BLOQUEAN NEURONAS POSGANGLIONARES SIMPATICAS Y PARASIMPATICAS

### -FARMACOS QUE ESTIMULAN NEURONAS POSGANGLIONARES AUTONOMAS-

- **acetilcolina** liberada por las **neuronas preganglionares** de los SN simpático y parasimpático estimula a las **neuronas posganglionares**.
  - **La inyección de acetilcolina** puede estimular **neuronas posganglionares de ambos sistemas**, lo que genera al mismo tiempo efectos, simpáticos y parasimpáticos por todo el organismo.
- **nicotina** excita neuronas posganglionares simpáticas y parasimpáticas al mismo tiempo; propicia una potente vasoconstricción simpática en los órganos abdominales y en las extremidades y aumento de actividad digestiva
- **metacolina** posee acciones nicotínicas y muscarínicas
- **pilocarpina** solamente ejerce acciones muscarínicas

### -FARMACOS BLOQUEANTES GANGLIONARES-

- **Ion tetraetilamonio, ion hexametonio y pentolinio**: obstaculizan estimulación de neuronas posganglionares por acetilcolina en SNA. se utilizan para anular la actividad simpática.
  - pueden reducir especialmente la presión arterial en muchos pacientes con hipertensión, pero no resultan muy útiles desde el punto de vista clínico porque sus efectos son difíciles de controlar.