



UNIVERSIDAD DEL  
SURESTE

## **PRESENTACIÓN**

NOMBRE DEL DOCENTE: DR. OSCAR FABIÁN  
GONZALES SÁNCHEZ

NOMBRE DEL ALUMNO: ZHURY SHADAY LÓPEZ CRUZ

MATERIA: ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA

CARRERA: LIC. EN ENFERMERÍA

GRADO: PRIMER CUATRIMESTRE

TRABAJO: SISTEMAS

# SISTEMAS

---

## SISTEMA CARDIOVASCULAR

### DEFINICIÓN:

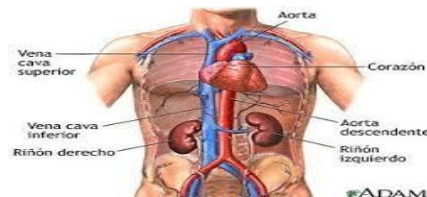
El sistema cardiovascular está formado por el corazón y los vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares. Se trata de un sistema de transporte en el que una bomba muscular (el corazón) proporciona la energía necesaria para mover el contenido (la sangre), en un circuito cerrado de tubos elásticos (los vasos)

### FUNCIÓN:

El sistema cardiovascular presenta un patrón estructural que incluye tres capas de túnicas concéntricas. Las propiedades estructurales (calibre y constitución histológica) que caracterizan a cada uno de los elementos que integran el sistema, depende de las condiciones hemodinámicas de la circulación sanguínea. De ahí que varíen mucho de una región a otra del sistema. El corazón, cuya función es impulsar rítmicamente la sangre, tiene una gruesa capa muscular que realiza esa función. El segmento arterial que le continúa entre sus funciones, adecuar la presión con que la sangre sale del corazón, y a la vez, regular la cantidad de sangre que llega a la periferia. Debido a esto, en la primera porción de su trayecto y en su pared predominan las fibras elásticas que pueden resistir grandes presiones. En la medida que estos vasos arteriales se alejan del corazón disminuyen de calibre y son del tipo muscular, para mantener la circulación y llevar la sangre a los diferentes órganos de nuestra economía. Las arteriolas por las características de su pared y su diámetro menor de  $100\mu\text{m}$  actúan como reguladoras por excelencia de la presión sanguínea de todo el sistema arterial y que la sangre llegue con poca presión al lecho capilar. Los capilares son las estructuras donde se efectúa el intercambio transcelular de líquidos, gases y nutrientes; presentan una pared muy fina, prácticamente reducida al endotelio y a la membrana basal. Cuando el intercambio lo exige, por tratarse de macromoléculas, sus paredes son fenestradas (capilares tipo II) o discontinuas (sinusoides). Las venas realizan una función más pasiva, pues garantizan el retorno de la sangre al corazón, por lo que su pared es de menor consistencia y está formada fundamentalmente por elementos conjuntivos. Por tanto podemos precisar que el sistema cardiovascular presenta un patrón estructural general, en el cual existen dos elementos constantes, el endotelio y la membrana basal, las características histológicas de cada una de las capas restantes varían de acuerdo a las exigencias fisiológicas, las que condicionan la complicación o simplificación estructural en las diferentes partes del sistema.

## CORAZÓN

El corazón es un órgano musculoso formado por 4 cavidades. Su tamaño es parecido al de un puño cerrado y tiene un peso aproximado de 250 y 300 g, en mujeres y varones adultos, respectivamente. Está situado en el interior del tórax, por encima del diafragma, en la región denominada mediastino, que es la parte media de la cavidad torácica localizada entre las dos cavidades pleurales. Casi dos terceras partes del corazón se sitúan en el hemitórax izquierdo. El corazón tiene forma de cono apoyado sobre su lado, con un extremo puntiagudo, el vértice, de dirección anteroinferior izquierda y la porción más ancha, la base, dirigida en sentido posterosuperior. Pericardio La membrana que rodea al corazón y lo protege es el pericardio, el cual impide que el corazón se desplace de su posición en el mediastino, al mismo tiempo que permite libertad para que el corazón se pueda contraer



El pericardio consta de dos partes principales, el pericardio fibroso y el seroso.

El pericardio fibroso, más externo, es un saco de tejido conjuntivo fibroso duro no elástico. Descansa sobre el diafragma y se continúa con el centro tendinoso del mismo. Las superficies laterales se continúan con las pleuras parietales.

La función del pericardio fibroso es evitar el excesivo estiramiento del corazón durante la diástole, proporcionarle protección y fijarlo al mediastino. 2. El pericardio seroso, más interno, es una fina membrana formada por dos capas: a. la capa más interna visceral o epicardio, que está adherida al miocardio. b. la capa más externa parietal, que se fusiona con el pericardio fibroso. Entre las hojas parietal y visceral hay un espacio virtual, la cavidad pericárdica, que contiene una fina capa de líquido seroso, el líquido pericárdico, que reduce la fricción entre las capas visceral y parietal durante los movimientos del corazón.

Pared: La pared del corazón está formada por tres capas:

- Una capa externa, denominada epicardio, que corresponde a la capa visceral del pericardio seroso.
- Una capa intermedia, llamada miocardio, formada por tejido muscular cardíaco.

- Una capa interna, denominada endocardio, la cual recubre el interior del corazón y las válvulas cardíacas y se continúa con el endotelio de los granos vasos torácicos que llegan al corazón o nacen de él.

Cavidades El corazón está formado por 4 cavidades: dos superiores, las aurículas y dos inferiores, los ventrículos. En la superficie anterior de cada aurícula se observa una estructura arrugada a manera de bolsa, la orejuela, la cual incrementa levemente la capacidad de la aurícula.

1. Aurícula derecha: Es una cavidad estrecha, de paredes delgadas, que forma el borde derecho del corazón y está separada de la aurícula izquierda por el tabique interauricular. Recibe sangre de tres vasos, la vena cava superior e inferior, y el seno coronario. La sangre fluye de la aurícula derecha al ventrículo derecho por el orificio aurícula ventricular derecho, donde se sitúa la válvula tricúspide, que recibe este nombre porque tiene tres cúspides.

2. Ventrículo derecho: Es una cavidad alargada de paredes gruesas, que forma la cara anterior del corazón. El tabique interventricular lo separa del ventrículo izquierdo. El interior del ventrículo derecha presenta unas elevaciones musculares denominadas trabéculas carnosas. Las cúspides de la válvula tricúspide están conectadas entre sí por las cuerdas tendinosas que se unen a los músculos papilares. Las cuerdas tendinosas impiden que las valvas sean arrastradas al interior de la aurícula cuando aumenta la presión ventricular. La sangre fluye del ventrículo derecho a través de la válvula semilunar 4 pulmonar hacia el tronco de la arteria pulmonar. El tronco pulmonar se divide en arteria pulmonar derecha y arteria pulmonar izquierda.

3. Aurícula izquierda: Es una cavidad rectangular de paredes delgadas, que se sitúa por detrás de la aurícula derecha y forma la mayor parte de la base del corazón. Recibe sangre de los pulmones a través de las cuatro venas pulmonares, que se sitúan a la cara posterior, dos a cada lado. La cara anterior y posterior de la pared de la aurícula izquierda es lisa debido a que los músculos pectíneos se sitúan exclusivamente en la orejuela. La sangre pasa de esta cavidad al ventrículo izquierdo a través del orificio aurículo-ventricular izquierdo, recubierto por una válvula que tiene dos cúspides válvula mitral (o bicúspide).

4. Ventrículo izquierdo: Esta cavidad constituye el vértice del corazón, casi toda su cara y borde izquierdo y la cara diafragmática. Su pared es gruesa y presenta trabéculas carnosas y cuerdas tendinosas, que fijan las cúspides de la válvula a los músculos papilares. La sangre fluye del ventrículo izquierdo a través de la válvula semilunar aórtica hacia la arteria aorta. El grosor de las paredes de las 4

cavidades varía en función de su acción. Las aurículas tienen unas paredes delgadas debido a que solo transfieren la sangre a los ventrículos adyacentes. El ventrículo derecho tiene una pared más delgada que el ventrículo izquierdo debido a que bombea la sangre a los pulmones, mientras que el ventrículo izquierdo la bombea a todo el organismo. La pared muscular del ventrículo izquierdo es entre 2-4 veces más gruesa que la del ventrículo derecho.

Entre el miocardio auricular y ventricular existe una capa de tejido conjuntivo denso que constituye el esqueleto fibroso del corazón. Cuatro anillos fibrosos, donde se unen las válvulas cardíacas, están fusionados entre sí y constituyen una barrera eléctrica entre el miocardio auricular y ventricular. **Inervación** El corazón está inervado por fibras nerviosas autónomas, tanto del sistema parasimpático como del sistema simpático, que forman el plexo cardíaco. Las ramas del plexo cardíaco inervan el tejido de conducción, los vasos sanguíneos coronarios y el miocardio auricular y ventricular. Las fibras simpáticas proceden de los segmentos medulares cervical y torácico. La inervación parasimpática deriva de los nervios vagos o X par craneal. **Irrigación** En la parte inicial de la aorta ascendente nacen las dos arterias coronarias principales, la arteria coronaria derecha y la arteria coronaria izquierda. Estas arterias se ramifican para poder distribuir la sangre oxigenada a través de todo el miocardio. La sangre no oxigenada es drenada por venas que desembocan en el seno coronario, el cual desemboca en la aurícula derecha. El seno coronario se sitúa en la parte posterior del surco aurícula ventricular.

### MÚSCULO CARDÍACO

El miocardio o músculo cardíaco está formado por fibras musculares estriadas más cortas y menos circulares que las fibras del músculo esquelético. Presentan ramificaciones, que se conectan con las fibras vecinas a través de engrosamientos transversales de la membrana celular o sarcolema, denominados discos intercalares. Estos discos contienen uniones intercelulares que permiten la conducción de potenciales de acción de una fibra muscular a las otras vecinas. **Sistema de conducción cardíaco** Cada latido cardíaco se produce gracias a la actividad eléctrica inherente y rítmica de un 1% de las fibras musculares miocárdicas, las fibras autorrítmicas o de conducción. Estas fibras son capaces de generar impulsos de una forma repetida y rítmica, y actúan como marcapasos estableciendo el ritmo de todo el corazón, y forman el sistema de conducción cardíaco. El sistema de conducción garantiza la contracción coordinada de las cavidades cardíacas y de esta forma el corazón actúa como una bomba eficaz. Los componentes del sistema de conducción son:

1. El nódulo sinusal o nódulo sinoauricular, localizado en la pared de la aurícula derecha, por debajo de desembocadura de la vena cava superior. Cada potencial de acción generado en este nódulo se propaga a las fibras miocárdicas de las aurículas.

2. El nódulo auriculoventricular (AV) se localiza en el tabique interauricular. Los impulsos de las fibras musculares cardíacas de ambas aurículas convergen en el nódulo AV, el cual los distribuye a los ventrículos a través del

3. haz de His o fascículo auriculoventricular, que es la única conexión eléctrica entre las aurículas y los ventrículos. En el resto del corazón el esqueleto fibroso aísla eléctricamente las aurículas de los ventrículos.

4. El fascículo auriculoventricular se dirige hacia la porción muscular del tabique interventricular y se divide en sus ramas derecha e izquierda del haz de His, las cuales a través del tabique interventricular siguen en dirección hacia el vértice cardíaco y se distribuyen a lo largo de toda la musculatura ventricular.

5. Por último, el plexo subendocárdico terminal o fibras de Purkinje conducen rápidamente el potencial de acción a través de todo el miocardio ventricular, VASOS SANGUÍNEOS, Los vasos sanguíneos forman una red de conductos que transportan la sangre desde el corazón a los tejidos y desde los tejidos al corazón, LAS ARTERIAS son vasos que distribuyen la sangre del corazón a los tejidos.

Las arterias se ramifican y progresivamente en cada ramificación disminuye su calibre y se forman las arteriolas.

En el interior de los tejidos las arteriolas se ramifican en múltiples vasos microscópicos, los capilares que se distribuyen entre las células. Los 6 capilares se unen en grupos formando venas pequeñas, llamadas vénulas, que se fusionan para dar lugar a venas de mayor calibre.

Las venas retornan la sangre al corazón. Las paredes de los grandes vasos, arterias y venas, están constituidos por tres capas:

1. La capa interna está constituida por un endotelio (epitelio escamoso simple), su membrana basal y una capa de fibras elásticas.

2. La capa media está compuesta por tejido muscular liso y fibras elásticas. Esta capa es la que difiere más, en cuanto a la proporción de fibras musculares y elásticas y su grosor entre venas y arterias.

3. La capa externa o adventicia se compone principalmente tejido conjuntivo.

## ARTERIAS

Las arterias son vasos cuyas paredes están formadas por tres capas (capa interna o endotelio, capa media y capa externa o adventicia), con un predominio de fibras musculares y fibras elásticas en la capa media. Ello explica las principales características de las arterias: la elasticidad y la contractilidad. Según la proporción de fibras elásticas y musculares de esta capa se pueden diferenciar dos tipos de arterias: arterias elásticas y arterias musculares.

- Las arterias elásticas son las de mayor calibre, la aorta y sus ramas, tienen una mayor proporción de fibras elásticas en su capa media y sus paredes son relativamente delgadas en relación con su diámetro. La principal función de estas arterias es la conducción de la sangre del corazón a las arterias de mediano calibre.

- Las arterias musculares son las de calibre intermedio y su capa media contiene más músculo liso y menos fibras elásticas. Gracias a la contracción (vasoconstricción) o dilatación (vasodilatación) de las fibras musculares se regula el flujo sanguíneo en las distintas partes del cuerpo.

## VASOS SANGUÍNEOS

### ARTERIOLAS

Las arteriolas son arterias de pequeño calibre cuya función es regular el flujo a los capilares. La pared de las arteriolas tiene una gran cantidad de fibras musculares que permiten variar su calibre y, por tanto, el aporte sanguíneo al lecho capilar.

### CAPILARES

Los capilares son vasos microscópicos que comunican las arteriolas con las vénulas. Se sitúan entre las células del organismo en el espacio intersticial para poder facilitar el intercambio de sustancias entre la sangre y las células. Las paredes de los capilares son muy finas para permitir este intercambio. Están formadas por un endotelio y una membrana basal. Los capilares forman redes extensas y ramificadas, que incrementan el área de superficie para el intercambio rápido de materiales. Los capilares nacen de las arteriolas terminales y en el sitio de origen presentan un anillo de fibras de músculo liso llamado esfínter precapilar, cuya función es regular el flujo sanguíneo hacia los capilares.

### VENAS Y VÉNULAS

La unión de varios capilares forma pequeñas venas denominadas vénulas. Cuando la vénula aumenta de calibre, se denomina vena. Las venas son



estructuralmente muy similares a las arterias aunque sus capas interna y media son más delgadas. La capa muscular y elástica es mucho más fina que en las arterias porque presentan una menor cantidad de fibras tanto elásticas como musculares. La capa externa (adventicia) es más gruesa y contiene más tejido conjuntivo. Las venas de las extremidades inferiores presentan válvulas en su pared, que es una proyección interna del endotelio. La función de estas válvulas es impedir el reflujo de sangre y ayudar a dirigir la sangre hacia el corazón.



## ANASTOMOSIS

Se llama anastomosis a la unión de dos o más vasos. Existen distintos tipos de anastomosis:

- Anastomosis arteriales: es la unión de dos ramas arteriales que irrigan una misma región. Las anastomosis arteriales constituyen rutas alternas para que llegue sangre a un tejido u órgano.
- Anastomosis arteriovenosa: es la comunicación directa entre una arteriola y una vénula de manera que la sangre no pasa a través de la red capilar.

## VENAS DE PEQUEÑO Y MEDIANO CALIBRE

Las venas pequeñas miden aproximadamente de 0,2 a 1 mm de diámetro. La íntima está formada por endotelio y una fina membrana basal, mientras que la media contiene de dos a cuatro capas de fibras elásticas y colágenas. La adventicia posee haces de fibras colágenas y elásticas orientadas longitudinalmente, pocos fibroblastos y macrófagos y vasa vasorum (figura 10.10). Las de mediano calibre desde 1 hasta 10 mm todas las venas de los órganos y de la parte distal de las extremidades pertenecen a esta categoría. La íntima es delgada al igual que la membrana basal y la capa subendotelial contiene colágeno y fibras elásticas diseminadas. Las venas que conducen sangre en contra de la fuerza de gravedad (en las extremidades inferiores) poseen una capa elástica pobremente definida, y la íntima envía hacia la luz varios pares de pliegues semilunares denominados valvas o válvulas, formadas por un centro de tejido conjuntivo cubierto de endotelio. Estas válvulas poseen márgenes libres dirigidos hacia el corazón y ayudan a evitar el flujo retrógrado en la sangre. La media es más delgada que en las arterias de calibre similar y poseen pocas fibras musculares lisas entretejidas con fibras colágenas y elásticas. La adventicia es

más gruesa que la media y está compuesta por tejido conjuntivo laxo y fibras musculares lisas. Poseen también vasa vasorum (muy abundantes), vasos linfáticos y nervios mielínicos

### VENAS DE GRAN CALIBRE

En los humanos estas venas miden de 9 a 19 mm de diámetro (yugular externa, innominada, pulmonar, iliaca externa, renal, adrenal, mesentérica superior, esplénica, portal y vena cava) y sus paredes son extremadamente finas (figura 10.10). La íntima posee la misma configuración que las de mediano calibre. Las células endoteliales están unidas por dos tipos de uniones: estrechas y espaciadas. La membrana basal es delgada en comparación con el resto de la íntima y poseen una elástica interna fenestrada. La media es delgada, con muy pocas fibras musculares lisas y tejido conjuntivo laxo y está muy reducida en algunas zonas de la vena cava. Poseen pocas capas de fibras musculares; y la membrana elástica interna esta pobremente definida o está ausente. La adventicia representa la mayor parte de la pared y contiene tejido conjuntivo laxo con haces gruesos de fibras colágenas y elásticas orientados longitudinalmente, fibras musculares lisas, vasa vasorum, linfáticos y un rico plexo nervioso. Venas especializadas Las adaptaciones funcionales han provocado un aumento de los elementos estructurales, especialmente en la comparación muscular de algunas venas.; por ejemplo, las venas coronarias tienen los haces musculares de la capa media dispuestos longitudinalmente. En la vena porta existen dos capas musculares, una interna circular y una externa longitudinal. Las venas de las fosas nasales, el pene y otras poseen esfínteres musculares que regulan el flujo de sangre. En las suprarrenales la íntima está desarrollada a modo de almohadillas que hacen prominencia en la luz.

## SISTEMA CIRCULATORIO

### DEFINICIÓN:

El sistema circulatorio se encarga de bombear, transportar y distribuir la sangre por todo el cuerpo se integra con el corazón y los vasos sanguíneos arteria, venas y capilares

### FUNCIÓN:

El sistema circulatorio lleva oxígeno, nutrientes y hormonas a las células y elimina los productos de desecho, como el óxido de carbono

El corazón es una bomba muscular y se considera el centro del sistema circulatorio. Las arterias transportan sangre oxigenada y con nutrientes desde el corazón hasta los tejidos, mientras que las venas llevan sangre poco oxigenada en dirección del corazón (las arterias y venas pulmonares son la única excepción a esta regla). Los capilares son el sitio donde tiene lugar el intercambio de nutrientes y gases entre la sangre y los tejidos.

La estructura de los vasos sanguíneos es muy importante para posibilitar sus funciones. La pared de los vasos sanguíneos es tubular, flexible y adaptable a ciertas condiciones fisiológicas, ya sea que produzca vasodilatación o vasoconstricción.

Desde un punto de vista anatómico, el sistema circulatorio se divide en un circuito mayor o sistémico y otro menor o pulmonar ambos se originan en el corazón y consisten en vasos sanguíneos que se dirigen hacia todo el cuerpo y los pulmones, respectivamente.

### CIRCUITO MAYOR O SISTÉMICO

transporta sangre oxigenada a través de arterias desde el corazón hasta los tejidos y la regresa desoxigenada (concentraciones elevadas de dióxido de carbono) a través de venas de nueva cuenta al corazón

### CIRCUITO PULMONAR

transporta sangre desoxigenada mediante las arterias desde el corazón hasta los pulmones y devuelve sangre oxigenada a través de las venas otra vez al corazón. Esta aparente paradoja resulta de un concepto anatómico de acuerdo al cual todos los vasos que se originan en el corazón son arterias y todos los que llegan a él son venas, cualquiera que sea la saturación de oxígeno en la sangre y a pesar de que etimológicamente la palabra *arteria* significa “que lleva aire”.

## SISTEMA PORTA

Que se refiere a una red de vasos sanguíneos (arteriales o venosos) que llevan sustancias de un lugar a otro sin pasar por el corazón. Son ejemplos el sistema porta hipofisario y el sistema porta hepático.

## SISTEMA LINFÁTICO

### DEFINICIÓN:

Es un líquido incoloro formado por plasma sanguíneo y por glóbulos blancos, en realidad es la parte de la sangre que se escapa o sobra de los capilares sanguíneos al ser estos porosos

### FUNCIÓN:

Los vasos sanguíneos linfáticos son tubos muy delgados y transparentes muy difíciles de observar, están provistos de válvulas en toda su longitud y se reúnen en unas pequeñas glándulas, los ganglios linfáticos, que están repartidos por todo el cuerpo, pero los más numerosos se encuentran en puntos como las axilas, la ingle, cuello y garganta en estos ganglios hay células que limpian de bacterias y células muertas, como defensas permanentes del organismo, contra las infecciones. También en ellos se forman los linfocitos y otros glóbulos blancos y los anticuerpos contra células extrañas e infecciones

- Nódulos cervicales
- Nódulos subclaviales
- Nódulos linguales
- Nódulos axilares



## SISTEMA RESPIRATORIO

### DEFINICIÓN:

El sistema respiratorio está formado por las estructuras que realizan el intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre.

### FUNCIÓN:

El oxígeno (O<sub>2</sub>) es introducido dentro del cuerpo para su posterior distribución a los tejidos y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido por el metabolismo celular, es eliminado al exterior. Además interviene en la regulación del pH corporal, en la protección contra los agentes patógenos y las sustancias irritantes que son inhalados y en la vocalización, ya que al moverse el aire a través de las cuerdas vocales, produce vibraciones que son utilizadas para hablar, cantar, gritar. El proceso de intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> entre la sangre y la atmósfera, recibe el nombre de respiración externa. El proceso de intercambio de gases entre la sangre de los capilares y las células de los tejidos en donde se localizan esos capilares se llama respiración interna.

### LA INHALACIÓN Y LA EXHALACIÓN SON LA VENTILACIÓN PULMONAR. (RESPIRAR)

En la ventilación pulmonar, el aire es inhalado a través de las cavidades nasal y bucal (la nariz y la boca). Se desplaza a través de la faringe, la laringe y la tráquea para llegar a los pulmones. Cuando el aire es exhalado, fluye en forma inversa por la misma vía. Cambios en el volumen y la presión del aire en los pulmones desencadenan la ventilación pulmonar. Durante la inhalación normal, el diafragma y los músculos intercostales externos se contraen y se eleva la caja torácica. A medida que el volumen en los pulmones aumenta, la presión del aire disminuye e ingresa el aire. Durante la exhalación normal, los músculos se relajan. Los pulmones se vuelven más pequeños, la presión del aire aumenta y este se expulsa.

### LA RESPIRACIÓN EXTERNA

intercambia gases entre los pulmones y el torrente sanguíneo

Dentro de los pulmones, el oxígeno se intercambia por dióxido de carbono de desecho a través del proceso denominado respiración externa. Este proceso tiene lugar en cientos de millones de sacos microscópicos denominados alvéolos. El oxígeno del aire inhalado difunde de los alvéolos a los capilares pulmonares que los rodean. Se une a las moléculas de hemoglobina en los glóbulos rojos y es bombeado por el torrente sanguíneo. Mientras tanto, el dióxido de carbono de la sangre desoxigenada difunde de los capilares a los alvéolos y es eliminado mediante la exhalación.

### LA RESPIRACIÓN INTERNA

intercambia gases entre el torrente sanguíneo y los tejidos del cuerpo

El torrente sanguíneo lleva oxígeno a las células y elimina el dióxido de carbono de desecho a través de la respiración interna. En este proceso, los glóbulos rojos transportan oxígeno absorbido de los pulmones por todo el cuerpo, a través de la vasculatura. Cuando la sangre oxigenada llega a los capilares estrechos, los glóbulos rojos liberan el oxígeno. Este difunde por las paredes de los capilares hacia los tejidos del cuerpo. Mientras tanto, el dióxido de carbono difunde de los tejidos a los glóbulos rojos y el plasma. La sangre desoxigenada transporta el dióxido de carbono de regreso a los pulmones para ser eliminado.

Aire que ase vibrar las cuerdas bucales

La fonación es la creación de sonido mediante estructuras que se encuentran en las vías respiratorias superiores. Durante la exhalación, el aire pasa de los pulmones por la laringe. Cuando hablamos, músculos en la laringe mueven los cartílagos aritenoides. Los cartílagos aritenoides juntan las cuerdas vocales, o pliegues vocales. Cuando las cuerdas se unen, el aire que pasa entre ellas las hace vibrar, lo que crea sonidos. Una mayor tensión de las cuerdas vocales crea vibraciones más rápidas y sonidos más agudos. Con una tensión menor, la vibración es más lenta y el sonido es más grave.

### LA OLFACCIÓN, U OLFATO, ES UNA SENSACIÓN QUÍMICA

El proceso de la olfacción comienza en las fibras olfatorias que recubren las cavidades nasales dentro de la nariz. A medida que el aire ingresa en las cavidades, algunas sustancias químicas del aire se unen a receptores del sistema nervioso en los cilios y las activan. Este estímulo envía una señal al encéfalo: las neuronas llevan la señal desde las cavidades nasales a través de orificios en el hueso etmoides, hasta los bulbos olfatorios. La señal luego viaja desde los bulbos olfatorios, a lo largo del nervio craneal 1, al área olfatoria de la corteza cerebral.

## SISTEMA RESPIRATORIO SUPERIOR

El sistema respiratorio superior, o tracto respiratorio superior, consiste en la nariz y la cavidad nasal, la faringe y la laringe. Estas estructuras nos permiten respirar y hablar. Calientan y limpian el aire que inhalamos: las membranas mucosas que revisten las estructuras respiratorias superiores atrapan algunas partículas extrañas, que incluyen humo y otras sustancias contaminantes, antes de que descienda a los pulmones.

La nariz y las cavidades nasales forman las vías respiratorias para la respiración

Las cavidades nasales son las cámaras del interior de la nariz. Por delante, los orificios nasales, o narinas, crean aberturas hacia el mundo externo. El aire es inhalado a través de los orificios nasales y es calentado a medida que se desplaza hacia el interior de las cavidades nasales. Huesos con forma de rollos, los cornetes nasales, protruyen y forman espacios por donde pasa el aire. Los cornetes hacen que el aire forme un remolino, lo que le otorga al aire tiempo



para humedecerse, calentarse y limpiarse antes de ingresar a los pulmones. Cilios epiteliales (comúnmente denominados pelos nasales) y una membrana mucosa revisten el interior de las cavidades. Los cilios, junto con el moco producido por las glándulas seromucosas y otras glándulas en la membrana, atrapan partículas indeseadas. Finalmente, el aire filtrado y calentado sale por la parte posterior de las cavidades nasales hacia la nasofaringe, la parte más superior de la faringe.

## LOS SENOS PARANASALES RODEAN LAS CAVIDADES NASALES

Los senos paranasales son cuatro cavidades pares llenas de aire que se encuentran dentro de los huesos de la estructura ósea de la cabeza. Estos senos se denominan según los huesos de la estructura ósea de la cabeza que los contienen: frontal, etmoides, esfenoideos y maxilar. Los senos paranasales están revestidos por mucosas que ayudan a calentar y humedecer el aire que inhalamos. Cuando el aire ingresa a los senos desde las cavidades nasales, el moco formado por las membranas mucosas drena a las cavidades nasales.



La faringe conecta las cavidades nasales y la bucal con la laringe y el esófago

La faringe, o garganta, tiene forma de embudo. Durante la respiración, permite el paso de aire entre la laringe y la tráquea y las cavidades nasales y la bucal. La faringe incluye tres regiones: La nasofaringe es posterior a la cavidad nasal y funciona sólo como conducto para el paso de aire. La orofaringe es posterior a la

cavidad bucal y contiene las amígdalas palatinas. Tanto el aire como los alimentos ingeridos pasan a través de la orofaringe y la laringofaringe que se encuentra por debajo. La laringofaringe se ubica posterior a la epiglotis y se conecta con la laringe (por arriba) y el esófago (por debajo). Cuando respiramos, la epiglotis permanece arriba y el aire pasa libremente entre la laringofaringe y la laringe.



## LA LARINGE Y LAS CUERDAS VOCALES

La laringe conecta la parte inferior de la faringe, la laringofaringe, con la tráquea. Mantiene abiertos los conductos para el paso de aire durante la respiración y la digestión y es el órgano clave para la producción de sonidos. La laringe está formada por nueve cartílagos. Uno, la epiglotis, es un salvavidas: Ubicado en la parte posterior de la laringe, la epiglotis se cierra como una puerta trampa cuando deglutimos. Esta acción dirige los alimentos hacia abajo en dirección al esófago y los aleja de la tráquea. Dentro de la laringe se encuentran los pliegues vocales (o cuerdas vocales verdaderas), que tienen ligamentos elásticos en su parte central. Cuando hablamos, gritamos o cantamos, el aire que asciende desde los pulmones y la tráquea hace vibrar las cuerdas, produciendo el sonido.



## EL HIOIDES

El hueso hioides tiene forma de U, ubica justo por debajo del mentón, contribuye de manera importante los procesos respiratorios y



se  
y  
con



digestivos. El hioides está unido a la lengua, y ayuda en la deglución al inicio de la digestión. En el sistema respiratorio, las estructuras que producen los sonidos dependen del hioides. El cuerpo y los cuernos mayores del hueso sirven de puntos de unión para los músculos del cuello, que elevan y descienden la laringe durante el habla (y también durante la deglución).

## APARATO DIGESTIVO

### DEFINICIÓN:

El sistema digestivo está constituido por un tubo hueco abierto por sus extremos (boca y ano), llamado tubo digestivo propiamente dicho, o también tracto digestivo, y por una serie de estructuras accesorias.

### FUNCIÓN:

El tubo digestivo o tracto digestivo incluye la cavidad oral, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso. Mide, aproximadamente, unos 5-6 metros de longitud. Las estructuras accesorias son los dientes, la lengua, las glándulas salivares, el páncreas, el hígado, el sistema biliar y el peritoneo. El estómago, el intestino delgado y el intestino grueso así como el páncreas, el hígado y el sistema biliar están situados por debajo del diafragma, en la cavidad abdominal.



## TUBO DIGESTIVO

### ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

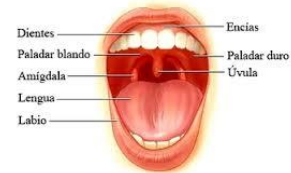
En la pared del tubo digestivo distinguimos las siguientes capas de dentro afuera:

- Una mucosa que consiste en una capa de epitelio que está especializado según las regiones, para las diferentes funciones digestivas, una capa de tejido conectivo laxo, la lámina propia y una capa de músculo liso llamada muscular de la mucosa.

- Una submucosa o capa de tejido conectivo laxo donde se encuentran numerosos vasos sanguíneos, nervios, vasos linfáticos y ganglios linfáticos y, en algunos sitios, glándulas submucosas. La pared del tubo digestivo tiene un rico aporte de vasos sanguíneos que le suministran el oxígeno y las sustancias necesarias para sostener sus actividades. Las venas y los linfáticos trasladan los productos absorbidos procedentes de la digestión hasta el hígado y la circulación sistémica, respectivamente.
- Dos capas de músculo liso, una, más externa, con células dispuestas longitudinalmente y la otra, más interna, con células dispuestas circularmente. La capa circular es 3-4 veces más gruesa que la capa longitudinal y a ciertos intervalos a lo largo del tubo aparece engrosada y modificada formando un anillo llamado esfínter, que actúa como una válvula. Con excepción de la boca y la lengua, movidas por músculo estriado esquelético, las fibras musculares lisas son responsables de las funciones motoras del tubo digestivo ya que se encargan del mezclado del alimento con las secreciones digestivas y de su propulsión a una velocidad que permite una digestión y absorción óptimas de los nutrientes.
- Una capa externa, llamada adventicia que en la boca, el esófago y el recto, es de tejido conectivo laxo que los une a los órganos adyacentes. Y en el estómago y los intestinos es una membrana serosa, el peritoneo, que permite a estos órganos deslizarse libremente dentro de la cavidad abdominal durante los movimientos peristálticos del tubo digestivo. Además la pared del tubo digestivo contiene un sistema complejo de plexos nerviosos que constituyen el sistema nervioso entérico, intrínseco al tubo 3 digestivo, y que inerva los vasos sanguíneos, las glándulas y el músculo liso del tubo digestivo, ocupándose de la coordinación de sus movimientos. Son el plexo submucoso de Meissner que se encuentra en la submucosa y se ocupa, sobre todo, del control de la actividad secretora y de la inervación de los vasos sanguíneos, y el plexo mientérico de Auerbach que se encuentra entre las dos capas de músculo liso, la longitudinal y la circular, y regula la motilidad del tubo digestivo. Debido a su compleja organización y a su independencia, a veces estos plexos nerviosos reciben el nombre de pequeño cerebro intestinal. Pero no solo trabajan de modo independiente sino que también establecen conexiones con la inervación extrínseca al sistema digestivo constituida por el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático. El sistema nervioso parasimpático estimula todos los procesos de secreción y movimiento del sistema digestivo mientras que el sistema nervioso simpático los inhibe.

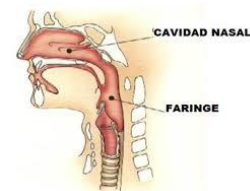
## BOCA

La boca es la primera parte del tubo digestivo aunque también se emplea para respirar. Está tapizada por una membrana mucosa, la mucosa oral, con epitelio plano estratificado no queratinizado y limitada por las mejillas y los labios. El espacio en forma de herradura situado entre los dientes y los labios, se llama vestíbulo y el espacio situado por detrás de los dientes es la cavidad oral propiamente dicha. El techo de la cavidad oral está formado por el paladar que consiste en dos partes: una ósea llamada paladar duro, formada por parte de los huesos maxilar superior y palatinos y otra, formada por músculos pares recubiertos de mucosa, llamada el paladar blando o velo del paladar, que se inserta por delante en el paladar duro y, por detrás es libre y presenta una proyección cónica en la línea media, la úvula. A cada lado del paladar blando hay dos músculos recubiertos de repliegues verticales de mucosa que constituyen los dos pilares anteriores y los dos pilares posteriores del paladar y forman el istmo de las fauces o puerta de comunicación de la cavidad oral con la parte oral de la faringe u orofaringe. Entre los pilares, en cada lado, se encuentra una colección de tejido linfóide que constituye las amígdalas palatinas (que cuando se infectan son llamadas popularmente anginas) cuya parte visible no es una guía exacta de su tamaño real porque una gran porción de ellas puede estar oculta por detrás de la lengua. Por su parte anterior la cavidad oral se comunica con el exterior por la abertura de la boca.



## FARINGE

La faringe es un tubo que continúa a la boca y constituye el extremo superior común de los tubos respiratorio y digestivo. En su parte superior desembocan los orificios posteriores de las fosas nasales o coanas, en su parte media desemboca el istmo de las fauces o puerta de comunicación con la cavidad oral y por su parte inferior se continúa con el esófago, de modo que conduce alimentos hacia el esófago y aire hacia la laringe y los pulmones. Para una mejor descripción se divide en 3 partes: nasofaringe, situada por detrás de la nariz y por encima del paladar blando, orofaringe, situada por detrás de la boca, y laringofaringe, situada por detrás de la laringe. Debido a que la vía para los alimentos y el aire es común en la faringe, algunas veces la comida pasa a la laringe produciendo tos y sensación de ahogo y otras veces el aire entra en el tubo digestivo acumulándose gas en el estómago y provocando eructos. 4 La orofaringe es la parte oral de la faringe y tiene una función digestiva ya que es continuación de la boca a través del istmo de las fauces y está tapizada por una mucosa similar a la mucosa oral. La orofaringe está limitada por arriba por



el paladar blando, por abajo por la base de la lengua, en donde se encuentra una colección de tejido linfoide llamada amígdala lingual, y por los lados por los pilares del paladar anteriores y posteriores.

## ESÓFAGO

El esófago es el tubo que conduce el alimento desde la faringe al estómago. Se origina como una continuación de la faringe (a nivel de la VI vértebra cervical) y desciende a través del cuello y el tórax para atravesar después el diafragma (por el hiato esofágico) y alcanzar el estómago. Hasta llegar a la bifurcación de la tráquea, está situado entre la tráquea por delante y la columna vertebral, por detrás. Después, el pericardio separa el esófago de la aurícula izquierda. Penetra en el estómago formando un ángulo agudo (a nivel de la X vértebra dorsal) y su longitud total es de unos 25 cm. El epitelio de su mucosa es plano estratificado no queratinizado y en las capas musculares de su pared, se encuentra músculo estriado esquelético en su 1/3 superior que gradualmente es sustituido por músculo liso en su 1/3 medio, en donde se encuentran juntas fibras musculares estriadas y lisas, y en su 1/3 inferior ya es músculo liso que se continúa con las capas de músculo liso del estómago. En la parte superior del esófago existe el esfínter faringoesofágico, entre la faringe y el esófago, que permanece cerrado entre deglución y deglución y por tanto impide que el aire entre en el esófago durante la inspiración y en su extremo inferior, el esfínter gastroesofágico, entre el esófago y el estómago.

La función principal de este esfínter es impedir el reflujo del contenido gástrico hacia el esófago, ya que dicho contenido es muy ácido y rico en enzimas proteolíticas y puede dañar la mucosa esofágica que no es capaz de resistir la agresión y se ulcera (esofagitis por reflujo). El diafragma ayuda en la función de este esfínter y también el hecho de que el esófago forme un ángulo agudo al desembocar en el estómago lo que hace más difícil el reflujo.

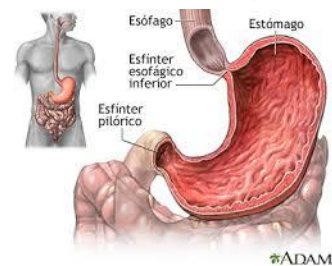


## ESTÓMAGO

El estómago es una dilatación del tubo digestivo situada entre el esófago y el duodeno, con una capacidad aproximada de 1-1.5 litros. Difiere del resto del tubo digestivo en que su pared tiene una tercera capa de fibras musculares lisas orientadas de modo oblicuo y situadas en la parte interna de la capa circular. La mayor parte del estómago se encuentra situado en el epigastrio aunque ocupa también parte del hipocondrio izquierdo. Se relaciona por delante con el lóbulo izquierdo hepático y el reborde costal izquierdo, por detrás con el riñón izquierdo,

por encima con el diafragma y por debajo con el colon transversal y su mesocolon. Si consideramos que el estómago tiene forma de J, se puede distinguir una porción vertical y otra horizontal. El pliegue que está entre las dos porciones se llama incisura angular. Un plano que pase por la incisura angular y otro que pase por la unión esófago-gástrica delimitan varias partes:

- El fundus o fórnix, es la parte más alta del estómago. Está situado en la parte superior y a la izquierda del orificio de comunicación con el esófago o cardias. El ángulo que se forma entre el fundus y el cardias ayuda a evitar el reflujo gastroesofágico y las hernias de hiato (deslizamiento de parte del estómago al interior de la cavidad torácica).
- El cuerpo, es la zona comprendida entre el fórnix y la incisura angular. Está limitado a ambos lados por las curvaturas mayor y menor
- La porción pilórica o píloro, tiene forma de embudo y es la zona comprendida entre la incisura angular y el esfínter pilórico, que separa al estómago del duodeno. El píloro se divide en una porción proximal o antro pilórico, que es la parte más ancha, y una porción distal o canal pilórico, que es más estrecha. esófago fundus pliegues rugosos-crestas cuerpo del estómago curvatura mayor antro pilórico duodeno esfínter pilórico curvatura menor cardias



## INTESTINO DELGADO.

El intestino delgado es un tubo estrecho que se extiende desde el estómago hasta el colon. Consta de 3 partes, duodeno, yeyuno e íleon. El duodeno tiene unos 25 cm de longitud y se extiende desde el píloro hasta el ángulo duodeno-yeyunal, rodeando la cabeza del páncreas. Con fines descriptivos se divide en 3 porciones: primera, segunda y tercera. Igual que sucede con el páncreas, el duodeno está cubierto por peritoneo solamente por su cara anterior, por ello se le considera órgano retroperitoneal. Se relaciona con el estómago, el hígado y el páncreas con los que forma una unidad funcional y recibe el quimo del estómago, las secreciones del páncreas y la bilis del hígado. El colédoco y el conducto pancreático principal desembocan juntos en la segunda porción del duodeno, en la ampolla de Vater o papila duodenal, en donde existe un esfínter, el esfínter de Oddi que está relacionado, sobre todo, con el control del flujo del jugo pancreático al duodeno ya que el flujo de bilis hacia el duodeno está controlado por el esfínter del colédoco situado en el extremo distal de este conducto biliar. 6 El yeyuno y el íleon tienen en conjunto más de 4.5 m de longitud y debido a que sus

características morfológicas y funcionales son parecidas se les puede considerar una unidad: el yeyun-íleon, que forma las llamadas asas del intestino delgado, situadas por debajo del colon transversal y recubiertas por el mesenterio, constituido por pliegues de peritoneo, que las sujeta a la pared abdominal posterior. La desembocadura del íleon en el colon, se produce en el ciego, en el orificio íleocecal a través del cual pasa el contenido del intestino delgado al intestino grueso, y que está rodeado por la válvula íleo-cecal cuya función principal es evitar el reflujo de materias fecales desde el colon al intestino delgado. En los últimos centímetros de íleon, que preceden a la válvula, la pared intestinal posee una pared muscular engrosada, el esfínter íleocecal que, en condiciones normales, se encuentra medianamente contraído y no permite que el contenido del íleon se vacíe en el ciego de un modo brusco y continuado.

La mucosa y la submucosa del intestino delgado están dispuestas en forma de pliegues circulares que se extienden sobre toda su superficie interna y se proyectan a la luz intestinal, se llaman válvulas conniventes de Kerckring. Son más pronunciadas en el duodeno y el yeyuno en donde sobresalen hasta 8 mm en la luz o hueco del tubo. Estos pliegues circulares, a su vez, están cubiertos totalmente de minúsculas proyecciones de la mucosa, en forma de dedo, con una longitud de 0.5 a 1 mm, llamadas vellosidades intestinales o villi. La superficie de estos villi está formada por un epitelio columnar simple con las células unidas fuertemente entre sí, cada una de las cuales presenta en su superficie apical un borde en cepillo formado por unas 600 prolongaciones citoplasmáticas de aproximadamente 1 micra de largo, llamadas microvellosidades. Las vellosidades o villi tienen un aspecto diferente en las distintas partes del intestino delgado. Son anchas en el duodeno, más delgadas en el yeyuno y más cortas en el íleon. En el interior de cada vellosidad se encuentra un capilar linfático o quilífero, músculo liso que le permite modificar su longitud, tejido conjuntivo y una red capilar. Esta disposición es ventajosa para la absorción de líquidos y sustancias disueltas hacia la sangre de la vena porta así como hacia el sistema linfático. Entre una vellosidad y otra, en la parte basal, se sitúan glándulas tubulares simples llamadas criptas de Lieberkühn cuya secreción líquida recubre a las vellosidades, proporcionando un medio acuoso para la absorción de sustancias desde el quimo cuando entra en contacto con las vellosidades. Además de las criptas, en el duodeno existen las glándulas de Brunner que segregan un líquido alcalino rico en mucina para proteger la mucosa duodenal. En las paredes del yeyuno-íleon se encuentran acumulaciones de tejido linfoide llamadas placas de Peyer que forman parte de la colección de tejido linfoide asociado a mucosa (MALT, mucosa-associated lymphatic tissue) que se encuentra a nivel de los tubos digestivo y respiratorio. La combinación de las válvulas conniventes más las vellosidades más las microvellosidades aumenta unas 600 veces el área de absorción de la mucosa

intestinal originando una extraordinaria superficie total de unos 250 m<sup>2</sup> para todo el intestino delgado (equivalente a la superficie de una cancha de tenis). 7 En los seres humanos el epitelio del intestino delgado se renueva en un plazo de una semana, aproximadamente. Las células epiteliales se forman por proliferación de células madre indiferenciadas situadas en el interior de las criptas, que migran hacia el extremo distal de la vellosidad desde donde se desprenden a la luz intestinal y son expulsadas al exterior. A medida que las células migran y abandonan las criptas, maduran y desarrollan el borde en cepillo. La inanición prolongada puede provocar atrofia de estas células y reducción de su proliferación y recambio.

### INTESTINO GRUESO

El intestino grueso se extiende desde la válvula íleo-cecal hasta el ano y tiene unos 1.5 m de longitud. Consta de: /ciego /apéndice / colon ascendente / colon transverso / colon descendente / colon sigmoide / recto y conducto anal.

- El ciego es un fondo de saco de unos 8 cm de longitud y 8 cm de ancho que comunica con el íleon a través de la válvula íleocecal.
- El apéndice vermiforme es una protrusión similar a un dedo de guante de unos 8 cm de longitud. Comunica con el ciego a nivel de la parte pósteromedial de éste, a unos 3 cm por debajo de la válvula íleo-cecal y es muy móvil. Su inflamación (apendicitis) suele seguir a la obstrucción de su luz por heces.
- El colon ascendente tiene unos 15 cm de longitud y se extiende desde la válvula íleo-cecal hasta el ángulo cólico derecho o ángulo hepático (a nivel de la cara inferior del lóbulo derecho del hígado), en donde gira para continuarse con el colon transverso.
- El colon transverso tiene unos 50 cm de longitud y se extiende transversalmente hasta el ángulo cólico izquierdo o ángulo esplénico en donde el colon gira para continuarse con el colon descendente.
- El colon descendente es la porción más estrecha del colon. Tiene unos 30 cm de longitud y se extiende desde el ángulo esplénico hasta el borde de la pelvis.
- El colon sigmoide tiene unos 40 cm de longitud y se extiende desde el borde de la pelvis hasta la cara anterior de la 3<sup>a</sup> vértebra sacra.
- El recto tiene unos 12 cm de longitud y se extiende desde el colon sigmoide hasta el conducto anal. Se encuentra en la parte posterior de la pelvis. Por su parte distal se ensancha y forma la ampolla rectal.



- El conducto anal es la porción terminal del tubo digestivo, se encuentra fuera de la cavidad abdominal y en la unión recto-ano hay una transición brusca del epitelio de la mucosa intestinal que pasa a ser plano estratificado no queratinizado, ya que es una zona más expuesta a las abrasiones. Este conducto tiene unos 4 cm de longitud, se abre al exterior por un orificio llamado ano y en él se distinguen 2 esfínteres, el esfínter anal interno y el esfínter anal externo.

El esfínter anal interno es un engrosamiento de la musculatura lisa circular del recto y rodea los 2/3 inferiores del conducto anal. Es involuntario. El esfínter anal externo rodea el conducto anal y se superpone, en parte, al esfínter interno. Está integrado en la musculatura estriada esquelética del suelo de la pelvis. Es un esfínter voluntario desde los 18 meses de edad aproximadamente.

En la lámina propia y submucosa del conducto anal se encuentra una red venosa (el plexo hemorroidal) formada por la anastomosis o conexión de venas rectales superiores (que van a drenar a la vena porta) y venas rectales medias e inferiores (que van a drenar a la vena cava inferior). Este plexo venoso es clínicamente importante ya que su agrandamiento da como resultado las hemorroides.

ángulo hepático (colon derecho) colon ascendente arteria cólica derecha mesenterio ílion válvula ileocecal ciego íleon apéndice vermiforme recto vena cava inferior aorta vena esplénica colon transversal ángulo esplénico (colon izquierdo) arteria mesentérica superior colon descendente arteria y vena mesentéricas inferiores arteria y vena sigmoideas colon sigmoide arteria y vena hemorroidales superiores

### ESTRUCTURAS ACCESORIAS DIENTES

Los dientes son órganos digestivos accesorios implantados en los alvéolos dentarios situados en los bordes alveolares de la mandíbula y del maxilar superior. En la especie humana aparece primero un grupo de dientes, los dientes de leche o primarios que son temporales. Constan de 2 incisivos, 1 canino y 2 molares (5 piezas) en cada cuadrante. Hay, pues, 20 dientes de leche. Comienzan a aparecer hacia el 6º mes de vida y se completan al final del 2º año. Alrededor de los 5 años los dientes permanentes sustituyen a los primarios y no se completan hasta después de los 20 años.

La dentadura definitiva consta de 8 piezas, en cada cuadrante: 2 incisivos, 1 canino, 2 premolares y 3 molares. Es decir, 32 dientes en total. Los dientes tienen las siguientes funciones: 9

- La captura o sujeción del alimento
- La división o separación de una parte del alimento, antes de introducirlo en La boca

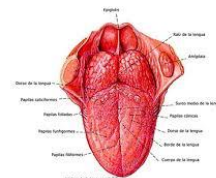


- La masticación o conversión de las partículas grandes de alimento en otras más pequeñas. Las 2 primeras funciones las realizan los incisivos y caninos porque tienen bordes cortantes. Los premolares y molares que tienen amplias superficies planas, mastican el alimento. Los músculos masticadores, trabajando juntos, pueden cerrar los incisivos con una fuerza de 25 Kg y los molares con una fuerza de 90 Kg. LENGUA Es un órgano digestivo accesorio que forma el suelo de la boca.



## LA LENGUA

La lengua está formada por músculos esqueléticos recubiertos por una mucosa con un epitelio plano estratificado no queratinizado. Un tabique medio que se inserta en el hueso hioides, la divide simétricamente en dos mitades, cada una de las cuales contiene un conjunto idéntico de músculos intrínsecos (que se originan y terminan en el tejido conjuntivo de la lengua) y extrínsecos (que se originan por fuera de la lengua y terminan en su tejido conjuntivo). Los músculos intrínsecos modifican la forma y el tamaño de la lengua para el habla y la deglución y los extrínsecos mueven la lengua de lado a lado y de adentro afuera para acomodar los alimentos durante la masticación, formar el bolo alimenticio y transportarlo hacia la parte posterior de la boca para deglutirlo. Las caras superior, dorsal y lateral de la lengua están cubiertas por papilas, en algunas de las cuales hay receptores gustativos, mientras que en otras hay receptores del tacto. En la mucosa de la lengua se encuentran las glándulas linguales que secretan líquidos serosos y mucosos que contienen el enzima lipasa lingual que actúa sobre las grasas de los alimentos.



## GLÁNDULAS DEL TUBO DIGESTIVO

Durante el desarrollo embrionario del tubo digestivo, la mucosa se proyecta a la luz o cavidad del tubo, formando pliegues y vellosidades o villi. También se proyecta al interior de la pared del tubo digestivo para formar glándulas cuyas células producen moco, enzimas digestivos y hormonas. La mayoría de estas glándulas permanecen en la submucosa. Otras, proliferan de tal modo durante el desarrollo embrionario, que dan lugar a órganos independientes, las llamadas glándulas accesorias del tubo gastrointestinal, que son: glándulas salivares hígado páncreas Estas glándulas accesorias permanecen conectadas por largos

conductos con la superficie epitelial que recubre la luz o parte hueca del tubo digestivo, en donde liberan sus secreciones.

## GLÁNDULAS SALIVARES

La salivación es la secreción de saliva por las glándulas salivares, que en el ser humano es de alrededor de 1 litro por día. Las glándulas salivares están situadas 10 por fuera de las paredes del tubo digestivo. Las más importantes son: las parótidas, las submaxilares y las sublinguales. Son estructuras pares o sea que hay 6 glándulas salivares mayores, aunque existen otras pequeñas. Las glándulas parótidas están formadas exclusivamente por células serosas que producen una secreción acuosa desprovista de moco. Contribuyen al 25% de la secreción total de saliva en reposo. Cada parótida está situada entre la rama de la mandíbula por delante y la apófisis mastoides por detrás y tiene un conducto que desemboca en la superficie de la mucosa de la mejilla por encima del 2º molar superior. Está atravesada por la arteria carótida externa y el nervio facial. Las glándulas sublinguales y las glándulas submaxilares están formadas por células mucosas y serosas y situadas por debajo de la mucosa del suelo de la boca, en donde desembocan por varios conductos. Las glándulas submandibulares contribuyen a un 70% de la secreción de saliva en reposo y las sublinguales al restante 5%. La secreción serosa contiene la amilasa salivar o ptialina, un enzima utilizado para digerir el almidón y la secreción mucosa contiene mucoproteínas que dan a la saliva una consistencia pegajosa (moco) y sirve para lubricar.

La saliva basal contiene, además, iones de sodio, cloro y bicarbonato en concentraciones parecidas a las del plasma. La concentración de potasio es superior a la del plasma, de modo que cualquier estado que provoque eliminación excesiva de saliva al exterior dará lugar a una pérdida grave de estos iones.

## PÁNCREAS

El páncreas es una glándula accesoria del tubo digestivo que está conectada al duodeno por dos conductos secretores, manteniendo con él una estrecha relación anatómica. Es una glándula mixta, exocrina y endocrina.

Glándula exocrina porque segrega jugo digestivo que llega a la cavidad del duodeno. Tiene una estructura similar a la de las glándulas salivares, ya que tiene células secretoras agrupadas (los acini o acinos) que vierten sus secreciones a conductos que se van haciendo mayores hasta formar los conductos pancreáticos.

Glándula endocrina porque segrega 2 hormonas principales: el glucagón y la insulina que pasan a la sangre.

Las células endocrinas se disponen en los islotes de Langerhans que están separados del tejido exocrino. El páncreas tiene una forma alargada y aplanada y se localiza en la parte izquierda del abdomen, en posición transversal con respecto a los cuerpos de las vértebras lumbares superiores. Tiene una longitud de 12-15 cm y pesa unos 100 gr.



Con propósitos descriptivos se distinguen 4 partes:

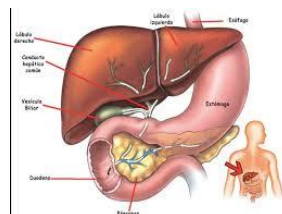
Cabeza

Cuello

cuerpo y cola

La cabeza está colocada dentro del marco duodenal y se relaciona por detrás con la arteria aorta, la vena cava inferior, la vena porta y el colédoco. El cuerpo y la cola se relacionan, respectivamente, con el riñón izquierdo y el bazo. Por delante se interpone peritoneo entre el páncreas y la cara posterior del estómago. El páncreas es, pues, un órgano retroperitoneal. En su interior se encuentra el conducto pancreático principal de Wirsung, que comienza en la cola del páncreas y viaja a lo largo del parénquima de la glándula. Al llegar a la cabeza se ramifica y da lugar al conducto de la cabeza que desemboca en el duodeno, en solitario. En cambio, el conducto de Wirsung se une con el colédoco y ambos desembocan juntos en la segunda porción del duodeno, en la ampolla de Vater o papila duodenal, en donde existe el esfínter de Oddi que está relacionado, sobre todo, con el control del flujo del jugo pancreático al duodeno. Por su parte, el flujo de bilis hacia el duodeno está controlado por el esfínter del colédoco situado en el extremo distal de este conducto biliar.

## HÍGADO.



El hígado es el órgano de mayor importancia metabólica del cuerpo y el más grande, pesa 1.5 Kg aproximadamente. Es una glándula accesoria del tubo digestivo. Ocupa el hipocondrio derecho, y parte del epigastrio y del hipocondrio izquierdo. Está situado debajo del diafragma y suele estar cubierto por las costillas 5-10. Se mueve con la respiración y varía también su posición con cualquier cambio postural que afecte al diafragma ya que está sujeto a la pared abdominal anterior y a la cara inferior del diafragma mediante el ligamento falciforme que es

un pliegue de peritoneo y que separa los 2 lóbulos hepáticos, uno derecho y otro izquierdo. Presenta 4 caras: anterior, posterior, diafragmática y visceral. La cara diafragmática es lisa y con forma de cúpula. Se amolda a la concavidad del diafragma que la separa de las estructuras intratorácicas. La cara visceral presenta muchas irregularidades. Se relaciona con el estómago, el duodeno, la vesícula biliar y el colon. En ella se encuentra el hilio hepático por el que pasa la arteria hepática, la vena porta, los conductos hepáticos derecho e izquierdo y vasos linfáticos. Los 2 lóbulos hepáticos están separados funcionalmente. Cada uno recibe su propio aporte de la arteria hepática y de la vena porta y tiene su propio drenaje venoso. En forma similar, el conducto hepático derecho recoge bilis desde la 1/2 derecha del hígado y el conducto hepático izquierdo recoge bilis desde la 1/2 izquierda del hígado. La distribución de los vasos sanguíneos también forma una base para dividir al hígado en segmentos hepáticos que son quirúrgicamente significativos.

El hígado está rodeado por una cápsula fibrosa que en el hilio forma vainas fibrosas alrededor de la vena porta, la arteria hepática y los conductos hepáticos. El parénquima hepático está dispuesto en lobulillos de un diámetro de 1 mm aproximadamente. Cada lobulillo se compone de dobles láminas de hepatocitos o células hepáticas, separadas entre sí por una red de capilares: los sinusoides hepáticos, que tienen una capa endotelial incompleta, no tienen membrana basal, y algunas de cuyas células son macrófagos (células de Kupffer). Debido a los espacios que hay entre las células endoteliales que revisten los sinusoides, todos los hepatocitos están en contacto directo con el plasma, que ocupa el espacio de Disse, situado entre las células sinusoidales y los hepatocitos. El hígado tiene un doble aporte sanguíneo. Un 30% proviene de la arteria hepática y un 70% de la vena porta.

La arteria hepática común transporta sangre oxigenada y nace de la arteria aorta abdominal (tronco celíaco) y cerca del hilio hepático se divide en arteria hepática izquierda y arteria hepática derecha, cada una de las cuales irriga una mitad del hígado y se van ramificando. La sangre oxigenada que transportan va a desembocar en los sinusoides hepáticos. La vena porta transporta sangre conteniendo los productos de la digestión de los carbohidratos, grasas y proteínas desde el intestino y también recoge sangre del bazo (con restos de la destrucción de hematíes), páncreas y vesícula biliar. La vena porta se forma por detrás del cuello del páncreas, por la unión de las venas mesentérica superior y esplénica.

A nivel del hilio hepático se divide en vena porta derecha y vena porta izquierda, cada una de las cuales irriga una mitad del hígado y se van ramificando. Al igual que sucede con la sangre transportada en las ramas de la arteria hepática, también la sangre que transportan las ramas de la vena porta desemboca en los

sinusoides hepáticos. Así pues, la red capilar de sinusoides hepáticos recibe sangre tanto de ramas de la arteria hepática como de ramas de la vena porta y, desde los sinusoides, los hepatocitos recogen el oxígeno y los nutrientes que necesitan así como otros productos con los que trabajan y, a su vez, devuelven algunos de los productos resultantes de su metabolismo y los productos de deshecho a los sinusoides.

Los hepatocitos intervienen en el metabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas, eliminan de la sangre productos metabólicos de deshecho generados por otros tejidos y los convierten en compuestos excretables por la orina o las heces, transforman compuestos biológicamente activos como fármacos, hormonas y tóxicos y sintetizan la bilis. Resulta sorprendente la cantidad de reacciones metabólicas diferentes que se llevan a cabo en los hepatocitos.

Los sinusoides, a su vez, llevan la sangre a una vena central de cada lóbulo hepático. Desde esta vena central se forman vasos venosos cada vez más grandes que transportan la sangre hacia las venas hepáticas y éstas a su vez desembocan en la vena cava inferior y la circulación general. La bilis es sintetizada por los hepatocitos y excretada a los canalículos biliares situados entre hepatocitos adyacentes y sin contacto con los sinusoides. A partir de estos canalículos se forman los conductos interlobulillares que se unen unos con otros dando lugar a conductos progresivamente más grandes, hasta formar los conductos hepáticos derecho e izquierdo.

### SISTEMA BILIAR

El sistema biliar es el sistema de canales y conductos que lleva la bilis hasta el intestino delgado. Se diferencian en él dos partes: una que está constituida por los canalículos y conductillos biliares que forman parte de la estructura microscópica del hígado: vía biliar intrahepática y otra que sale por el hilio hepático y conecta con la vesícula biliar y el duodeno: vía biliar extrahepática. La vía biliar extrahepática comienza en cada uno de los conductos hepáticos derecho e izquierdo que recogen la bilis de la mitad correspondiente del hígado y salen por el hilio. Después de dejar el hilio, los 2 conductos hepáticos se unen para formar el conducto hepático común de unos 4 cm de longitud que desciende y se une con el conducto cístico, procedente de la vesícula biliar, para formar el conducto colédoco que tiene de 8-10 cm de longitud. El colédoco desciende y pasa por detrás de la primera porción del duodeno y de la cabeza del páncreas. Durante este recorrido entra en contacto con el conducto pancreático principal y desembocan juntos en la segunda porción del duodeno, en la ampolla de Vater o papila duodenal, en donde existe un esfínter, el esfínter de Oddi que está relacionado, sobre todo, con el control del flujo del jugo pancreático al duodeno.

Por su parte, el flujo de bilis hacia el duodeno está controlado por el esfínter del 13 colédoco situado en el extremo distal de este conducto biliar. Cuando este esfínter se contrae, la bilis no puede entrar en el duodeno y entonces refluye por el conducto colédoco y el conducto cístico hasta la vesícula biliar en donde es almacenada. La vesícula biliar es un saco de paredes delgadas en forma de pera, que se encuentra en una depresión de la cara visceral del hígado. Almacena la bilis secretada por el hígado en los intervalos entre las fases activas de la digestión y la concentra absorbiendo agua y electrolitos. Tiene una longitud de 7-10 cm, un diámetro de 4 cm y su capacidad de almacenar bilis es de unos 60 ml. Su conducto de salida es el conducto cístico que se une con el conducto hepático común para formar el conducto colédoco. La mucosa del conducto cístico presenta un pliegue en espiral que lo mantiene permanentemente abierto de modo que la bilis puede pasar a la vesícula biliar cuando el colédoco está cerrado o puede pasar al duodeno cuando la vesícula se contrae.

**PERITONEO** El peritoneo es una delgada membrana serosa que rodea la cavidad abdominal. Una membrana serosa tapiza una cavidad corporal que no está abierta al exterior y recubre los órganos que se encuentran en el interior de dicha cavidad y consiste en una fina capa de tejido conjuntivo laxo cubierta por una capa de epitelio plano simple. Como el tipo de epitelio de una serosa es siempre el mismo (al contrario de lo que sucede en las mucosas, que varía según la localización), se le da el nombre genérico de mesotelio al epitelio de una serosa.

El mesotelio secreta un líquido lubricante, el líquido seroso, que permite a los órganos deslizarse fácilmente unos contra otros o contra las paredes de la cavidad. Son serosas: las pleuras, el pericardio y el peritoneo.

En el peritoneo se distinguen dos partes, la que tapiza las paredes abdominales es el peritoneo parietal y la que tapiza las vísceras abdominales es el peritoneo visceral. Las capas visceral y parietal están separadas entre sí por una pequeña cantidad de líquido, el líquido peritoneal, para suavizar el movimiento de las vísceras. Algunas vísceras abdominales están casi totalmente revestidas por peritoneo visceral, como el estómago y el bazo. Otras, lo están solo en parte y tienen zonas al descubierto, como el hígado. Y otras no están tapizadas por peritoneo, como los riñones que se encuentran retroperitoneales, entre el peritoneo parietal y la pared abdominal posterior. El peritoneo parietal se extiende hacia abajo, hasta la pelvis, para recubrir las paredes pélvicas y las caras superiores de las vísceras pélvicas. Se utilizan distintos términos para describir las partes del peritoneo que conectan unos órganos con otros o con la pared abdominal. Un mesenterio está formado por una doble capa de peritoneo visceral y parietal que encierra parte o la totalidad de una víscera como sucede con el intestino delgado o con el mesenterio del estómago o mesogastrio o el del colon

transverso o mesocolon transverso, y proporciona un medio para la comunicación vascular entre el órgano y la pared abdominal.

Un epiplon es una lámina ancha de peritoneo visceral que pasa del estómago a otro órgano abdominal, El epiplon mayor cuelga de la curvatura mayor del estómago y la parte proximal del duodeno. Después de descender, se repliega hacia atrás y se fija a la superficie anterior del colon transverso y su mesenterio. El epiplon menor conecta la curvatura menor del estómago, la parte proximal del duodeno y el hígado, biliar y el colon, En ella se encuentra el hilio hepático por el que pasa la arteria hepática, la vena porta, los conductos hepáticos derecho e izquierdo y vasos linfáticos. Los 2 lóbulos hepáticos están separados funcionalmente. Cada uno recibe su propio aporte de la arteria hepática y de la vena porta y tiene su propio drenaje venoso. En forma similar, el conducto hepático derecho recoge bilis desde la 1/2 derecha del hígado y el conducto hepático izquierdo recoge bilis desde la 1/2 izquierda del hígado. La distribución de los vasos sanguíneos también forma una base para dividir al hígado en segmentos hepáticos que son quirúrgicamente significativos

El epiplon mayor cuelga de la curvatura mayor del estómago y la parte proximal del duodeno. Después de descender, se repliega hacia atrás y se fija a la superficie anterior del colon transverso y su mesenterio.

El epiplon menor conecta la curvatura menor del estómago, la parte proximal del duodeno y el hígado. para conseguir una buena digestión 27

- Poner en contacto el quimo con la pared intestinal para obtener una correcta absorción

- Propulsar el contenido intestinal en dirección distal. Estos movimientos son:

(1) contracciones de mezclado o de segmentación que son contracciones concéntricas localizadas y espaciadas a lo largo del intestino delgado, que se desencadenan cuando una porción de intestino es distendida por el quimo. La longitud de cada contracción es de 1 cm aproximadamente, de modo que cada serie de contracciones provoca segmentación del intestino delgado y corta el quimo varias veces en un minuto, haciendo que se mezclen las partículas de alimento con las secreciones que hay en el intestino

(2) contracciones de propulsión o peristálticas que son las ondas peristálticas que impulsan al quimo por el intestino delgado. Cuando el quimo entra en el intestino procedente del estómago, provoca distensión inicial del duodeno proximal, con lo que se inician las ondas peristálticas que se desplazan en dirección anal a una velocidad de unos 2 cm/seg, aunque son más rápidas en la parte proximal del

intestino y mucho más lentas en la parte terminal. Como estas ondas peristálticas no suelen desplazarse más de 10 cm, se las llama de corto alcance. El proceso se intensifica a medida que quimo adicional penetra en el duodeno.

La función de las ondas peristálticas en el intestino delgado es no solo la progresión del quimo hacia la válvula íleo-cecal sino también la dispersión del quimo por la mucosa intestinal para que sea facilitada su absorción. Como el esfínter íleocecal en condiciones normales se encuentra medianamente contraído y no permite que el íleon se vacíe de un modo brusco en el ciego, hay una dificultad en la salida del quimo lo que prolonga la permanencia del mismo en el intestino, facilitando la absorción de nutrientes. Durante la fases de ayuno o cuando ya se ha procesado la comida, se produce un movimiento característico en las paredes del intestino delgado, en que los movimientos de segmentación desaparecen y se inician unas ondas peristálticas en el duodeno que barren lentamente todo el intestino delgado. Como se desplazan unos 70 cm antes de desaparecer se llaman de largo alcance. Se piensa que sirven para barrer los últimos restos de comida digerida junto con bacterias y otros residuos hacia el colon.

## INTESTINO DELGADO

### VACIAMIENTO, REGULACIÓN

El vaciamiento del intestino delgado es regulado a partir de señales reguladoras procedentes del estómago y señales reguladoras procedentes del ciego. (1) Señales que provienen del ESTÓMAGO. Son facilitadoras de la motilidad y el vaciamiento intestinales. Constituyen el reflejo gastroentérico, que es iniciado por la distensión del estómago y conducido a lo largo de la pared del intestino delgado, intensificando el peristaltismo intestinal y facilitando el vaciamiento del contenido del íleon en el ciego, al relajar el esfínter íleocecal. Al llegar a este esfínter, el quimo a veces queda bloqueado varias horas hasta que la persona toma otro alimento. Entonces el reflejo gastroentérico intensifica el peristaltismo en el íleon y manda el resto del quimo al interior del ciego. (2) Señales que provienen del CIEGO. Son señales reflejas inhibitoras de la motilidad y del vaciamiento intestinal. En todos los casos en que se distiende el ciego, se inhibe el peristaltismo del íleon y se intensifica el grado de contracción del 28 esfínter íleocecal, con lo que se retrasa el vaciamiento del quimo desde el íleon al ciego.

INTESTINO DELGADO. SECRECIÓN. REGULACIÓN El jugo intestinal es la mezcla de las secreciones de las siguientes células y glándulas: 1. Glándulas de Brunner, se encuentran en la parte proximal del duodeno (entre el píloro y la



ampolla de Vater) y producen grandes cantidades de un líquido alcalino rico en mucina en respuesta a diversos estímulos, cuya función principal es proteger la mucosa duodenal del quimo ácido 2. Células caliciformes secretoras de moco dispersas entre las células epiteliales columnares unidas fuertemente entre sí, que revisten toda la superficie del intestino delgado 3. Criptas de Lieberkühn, son glándulas tubulares simples que se encuentran entre una vellosidad intestinal y otra, en la parte basal, a lo largo de toda la superficie del intestino delgado. Las células epiteliales de estas glándulas elaboran una secreción a un ritmo aproximado de 1800 ml/día que es casi en su totalidad líquido extracelular con un pH alcalino (entre 7.5 y 8), carece de acción enzimática y recubre a las vellosidades, proporcionando un medio acuoso para la absorción de sustancias desde el quimo cuando entra en contacto con las vellosidades. Las secreciones del intestino delgado carecen de acción enzimática excepto a nivel del duodeno en donde se secreta el enzima que actúa sobre el tripsinógeno inactivo convirtiéndolo en tripsina activa. Sin embargo, en las propias células epiteliales columnares que revisten la mucosa intestinal, a nivel de su membrana apical, existen enzimas digestivos que completan la digestión de los nutrientes poco antes de ser absorbidos. Son las disacaridasas (hidrolizan disacáridos a monosacáridos) y las peptidasas (hidrolizan péptidos a aminoácidos) que se ocupan de la digestión final de carbohidratos y proteínas, respectivamente. La intensidad de la secreción del intestino delgado está regulada por mecanismos nerviosos y hormonales:

- Mecanismos nerviosos: la estimulación mecánica o química de cualquier zona del intestino delgado aumenta su secreción. Estos estímulos son mediados por reflejos locales o por los nervios vagos (parasimpáticos). El sistema nervioso simpático, por el contrario, disminuye la secreción intestinal

- Mecanismos hormonales: las hormonas secretina y la colecistoquinina aumentan la secreción intestinal.

**DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO** El consumo diario de hidratos de carbono en las dietas occidentales es de unos 250-800 g. Casi todos los carbohidratos de la dieta son grandes polisacáridos o disacáridos que son combinaciones de monosacáridos. Hay 3 fuentes principales de carbohidratos en la dieta normal: la sucrosa, disacárido conocido como azúcar de caña; la lactosa, disacárido de la leche y los almidones, grandes polisacáridos presentes en casi todos los alimentos. El almidón vegetal o amilopectina es la 2ª principal fuente de hidratos de carbono en la mayoría de las dietas humanas.

En el duodeno, la digestión del almidón se realiza muy rápido por la amilasa pancreática. Pero como los carbohidratos solo pueden absorberse en forma de monosacáridos, los productos resultantes de la digestión por las amilasas, que son oligosacáridos, tienen que seguir desintegrándose. Esto lo realizan las

disacaridasas de la membrana de las microvellosidades de las células epiteliales columnares del duodeno y yeyuno. Todos los hidratos de carbono son convertidos al final en monosacáridos: fructosa, galactosa y glucosa.

La glucosa y la galactosa son absorbidas, entrando en las células epiteliales por la membrana del borde en cepillo, en contra de gradiente utilizando un mecanismo de cotransporte dependiente de sodio, y saliendo de las células por sus membranas plasmáticas basal y lateral por difusión facilitada, pasando a la sangre de la vena porta para llegar al hígado. La fructosa no puede ser transportada en contra de gradiente, de modo que se absorbe desde la luz intestinal al interior de las células epiteliales mediante difusión facilitada independiente del sodio. El duodeno y el yeyuno proximal poseen la mayor capacidad para absorber azúcares, que resulta menor en el yeyuno distal y el íleon.

### DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE GRASAS

La ingesta diaria de grasas es de 60-100 g. Las grasas más comunes de la dieta son las grasas neutras o triglicéridos (la inmensa mayoría formados por ácidos grasos de cadenas largas). También hay pequeñas cantidades de colesterol, fosfolípidos y vitaminas liposolubles. En el estómago, los lípidos forman grandes gotas de grasa. Lo primero que pasa cuando las grasas llegan al duodeno es que las sales biliares recubren las gotas de grasa y éstas se rompen, dividiéndose en gotitas de grasa más pequeñas que aumentan miles de veces la superficie de actuación de los enzimas lipolíticos del páncreas. Este proceso se llama emulsión de las grasas (una emulsión es una suspensión acuosa de pequeñas gotas de grasa) y permiten el acceso a los triglicéridos de la lipasa pancreática que los rompe en monoglicéridos y ácidos grasos. De este modo los movimientos gastrointestinales pueden romper las gotas de grasa en partículas más y más finas. Si no hubiese bilis, todos los lípidos se unirían formando un gran globo de grasa, exponiendo la menor superficie posible al agua. Como los enzimas pancreáticos son hidrosolubles, solo actuarían en la superficie del globo de grasa expuesta al agua y la digestión de las grasas sería mínima. A su vez, los productos de la digestión de los lípidos, junto con colesterol, fosfolípidos y vitaminas liposolubles, forman pequeños agregados moleculares con las sales biliares que se llaman micelas, con la cara hidrofóbica orientada hacia el interior lipídico de la micela y la cara hidrofílica hacia el exterior. El tamaño de las micelas es lo bastante pequeño como para difundir entre las microvellosidades y permitir la absorción de los lípidos por la membrana plasmática del borde en cepillo de las células epiteliales intestinales. Una vez dentro del citoplasma celular, los monoglicéridos y los ácidos grasos se resintetizan de nuevo en triglicéridos en el retículo endoplasmático liso que, asociados con colesterol y vitaminas liposolubles y rodeados de fosfolípidos y una lipoproteína forman los quilomicrones que son

expulsados de la células epiteliales intestinales por exocitosis y pasan a los espacios intercelulares laterales, entrando en los capilares linfáticos ya que los quilomicrones son demasiado grandes para atravesar la membrana de los capilares sanguíneos. Los quilomicrones abandonan el intestino con la linfa, que los transportará a la circulación sanguínea general. El duodeno y el yeyuno son los segmentos más activos en la absorción de las grasas, de modo que la mayor parte del total ingerido ya se ha absorbido cuando el quimo llega al yeyuno medio. Las grasas presentes en las heces normales no proceden de la alimentación, que se absorben por completo, sino de las bacterias del colon y de células intestinales exfoliadas. Una vez que sueltan a los productos de digestión de las grasas, las sales biliares vuelven al quimo para ser usadas una y otra vez para este proceso de transporte de lípidos en las micelas, hasta que se reabsorben en el íleon distal y son recicladas por los hepatocitos cuando llegan al hígado por la circulación enterohepática.

### DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS

Las personas adultas ingieren diariamente 70-90 g de proteínas. La digestión de las proteínas comienza en el estómago por la pepsina que convierte a las proteínas en grandes polipéptidos. Este enzima funciona solamente a pH muy ácido. Solo un 10- 20% de proteínas se digiere en el estómago. El resto en el intestino delgado. La pepsina es especialmente importante por su habilidad para digerir el colágeno que no es afectado por los otros enzimas. Ya que el colágeno es un constituyente importante de la carne, es esencial que sea digerido para que el resto de la carne pueda ser atacado por los otros enzimas digestivos. Luego el resto de las proteínas es digerido en el intestino delgado por la acción de enzimas proteolíticos pancreáticos como la tripsina. Las proteasas pancreáticas son muy activas en el duodeno y convierten rápidamente las proteínas ingeridas en péptidos pequeños. Alrededor del 50% de las proteínas de la dieta se digieren y absorben en el duodeno. El borde en cepillo de las células epiteliales del duodeno y del intestino delgado contiene, a su vez, diversas peptidasas. El resultado final de la acción de las proteasas pancreáticas y estas peptidasas son péptidos pequeños y aminoácidos simples. Estos pequeños péptidos y los aminoácidos se transportan a través del borde en cepillo de la membrana apical de las células epiteliales intestinales hacia el citoplasma de las mismas. La velocidad de transporte de los dipéptidos o tripéptidos suele ser mayor que la de los aminoácidos aislados. Los aminoácidos son absorbidos en el ribete en cepillo de las células epiteliales intestinales mediante un mecanismo de cotransporte dependiente de sodio, similar al que se utiliza para la absorción de los monosacáridos. Existen 10 transportadores diferentes para los 31 aminoácidos, de los que siete se localizan en la membrana del ribete en cepillo y tres en la

membrana basolateral. Por su parte, los péptidos de pequeño tamaño entran en las células epiteliales utilizando un transportador que no está ligado al sodio sino a los iones H<sup>+</sup>. En el citoplasma celular los pequeños péptidos son convertidos en aminoácidos simples por peptidasas citoplasmáticas. Los aminoácidos entonces salen de las células epiteliales intestinales por un sistema transportador de aminoácidos que existe en la superficie basolateral y por la sangre de la vena porta llegan al hígado que, por consiguiente, solo recibe aminoácidos simples. Si la comida se ha masticado bien y en una pequeña cantidad cada vez, alrededor del 98% de las proteínas ingeridas se convierte en aminoácidos y es absorbida y solo el 2% es eliminada en las heces. En las personas normales, casi todas las proteínas de la dieta ya están digeridas y absorbidas en el momento de llegar el quimo a la zona intermedia del yeyuno.

## INTESTINO GRUESO.

### SECRECIÓN. FORMACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LAS HECES

Aproximadamente unos 500 ml de quimo pasan cada día desde el íleon al ciego. La mucosa del intestino grueso es lisa ya que no tiene vellosidades y el ribete en cepillo de sus células epiteliales columnares no contiene enzimas. Hay gran cantidad de células caliciformes productoras de moco dispersas entre las células columnares. Por tanto, la secreción del intestino grueso consiste en un líquido mucoso, conteniendo grandes cantidades de iones bicarbonato, y su misión consiste en: evitar lesiones a la mucosa, asegurar la cohesión del bolo fecal y proteger la mucosa contra la intensa actividad bacteriana de esta zona. Cuando una zona del intestino grueso está muy irritada, la mucosa secreta además de moco, grandes cantidades de agua y electrolitos. De este modo se diluyen las sustancias irritantes y se acelera el tránsito de las heces hacia el ano, dando lugar a una diarrea. La absorción de carbohidratos, lípidos y proteínas, así como de otros nutrientes ya se ha completado en el momento en que el quimo pasa el esfínter íleocecal. De modo que el quimo que pasa al intestino grueso contiene restos celulares, fibras y grandes cantidades de agua y electrolitos. La mayor parte del agua y los electrolitos contenidos en este quimo, se absorben en el colon por lo que quedan menos de 100 ml de líquido para ser excretados en las heces. Toda la absorción que tiene lugar en el intestino grueso ocurre en su 1/2 proximal por lo que a esta parte se le llama colon de absorción. La 1/2 distal tiene como misión almacenar las materias fecales por lo que se llama colon de almacenamiento. El colon proximal tiene muchas bacterias (hay más de 400 tipos de bacterias en el colon, algunas anaerobias y otras aerobias) que constituyen la flora bacteriana intestinal. La flora intestinal realiza varias funciones:

- Fermentar los hidratos de carbono y lípidos que son indigeribles y llegan al colon. Como consecuencia de esta fermentación se forman ácidos grasos de cadena corta y diversos gases. Cada día se forman aproximadamente unos 500 ml de gases o más si la dieta es rica en hidratos de carbono indigeribles como la celulosa
- Convertir la bilirrubina en otros pigmentos que dan el color marrón a las heces 32
- Dar lugar a la formación de varias vitaminas como la vitamina K, varias del grupo B (B1 o tiamina, B2 o riboflavina, y B12 o cianocobalamina). La vitamina B12 solo se puede absorber en el íleon terminal de modo que la que se sintetiza en el colon se excreta. Tiene importancia principal la cantidad de vitamina K formada por las bacterias intestinales puesto que no basta la que se absorbe con los alimentos para asegurar una coagulación sanguínea normal. Las heces están compuestas de 3/4 partes de agua y 1/4 parte de sustancias sólidas (bacterias muertas, restos de alimentos no digeribles, células intestinales muertas, moco etc.). Su color se debe a un derivado de la bilirrubina que se llama estercobilina y su olor a procesos microbianos sobre los residuos fecales que producen sustancias odoríferas como el indol, el ácido sulfídrico, etc. La fibra que se ingiere con la dieta está formada principalmente por celulosa que no puede ser digerida por los seres humanos de modo que permanece en el intestino añadiendo masa a los residuos alimentarios y como, además, tiene un efecto higroscópico (absorbe agua), las heces con un contenido elevado en fibra son más voluminosas y blandas y, por tanto, más fáciles de expulsar.

### INTESTINO GRUESO.

#### REFLEJO DE LA DEFECACIÓN

El colon presenta movimientos de mezclado y movimientos propulsores lentos. Las ondas peristálticas se producen varias veces al día y sirven para mover el contenido del intestino grueso en largas distancias. El recto permanece habitualmente vacío y el conducto anal esta cerrado por los esfínteres anales, de modo que la coordinación del recto y el conducto anal es importante para la defecación. Después de la entrada de los alimentos en el estómago, la motilidad del colon aumenta debido al reflejo gastrocólico. Cuando las heces llegan al recto se desencadena el reflejo de la defecación que comienza con la distensión del recto por las heces. Como consecuencia, se inician ondas peristálticas en el colon descendente, el colon sigmoide y el recto que fuerzan las heces hacia el ano. Al aproximarse la onda peristáltica al ano se inhibe el esfínter anal interno, que es involuntario. Si también se relaja el esfínter anal externo se produce la defecación. Pero este esfínter, al contrario del anterior, puede controlarse voluntariamente y si

se mantiene contraído no se produce la defecación. De modo que si se mantiene contraído voluntariamente el esfínter externo, el reflejo de defecación se disipa al cabo de unos minutos y se mantiene inhibido durante horas o hasta que entran más heces en el recto. Las personas que inhiben con demasiada frecuencia el reflejo natural de la defecación, acaban sufriendo estreñimiento. Normalmente se eliminan unos 100-150 gramos de heces cada día.

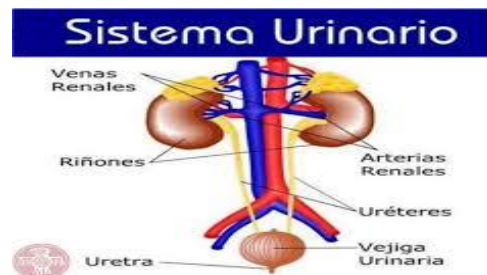
## SISTEMA URINARIO

### DEFINICIÓN:

El sistema urinario es el conjunto de órganos que participan en la formación y evacuación de la orina.

### FUNCIÓN:

Está constituido por dos riñones, órganos densos productores de la orina, de los que surgen sendas pelvis renales como un ancho conducto excretor que al estrecharse se denomina uréter, a través de ambos uréteres la orina alcanza la vejiga urinaria donde se acumula, finalmente a través de un único conducto, la uretra, la orina se dirige hacia el meato urinario y el exterior del cuerpo. Los riñones filtran la sangre y producen la orina, que varía en cantidad y composición, para mantener el medio interno constante en composición y volumen, es decir para mantener la homeostasis sanguínea. Concretamente, los riñones regulan el volumen de agua, la concentración iónica y la acidez (equilibrio ácido base y pH) de la sangre y fluidos corporales, además regulan la presión arterial, eliminan residuos hidrosolubles del cuerpo, producen hormonas y participan en el mantenimiento de la glucemia, en los estados de ayuno.



## LOS RIÑONES SITUACIÓN Y PRINCIPALES RELACIONES ANATÓMICAS

Los riñones están situados en el abdomen a ambos lados de la región dorsolumbar de la columna vertebral, aproximadamente entre la 12ª vértebra dorsal y la 3ª vértebra lumbar, situándose el derecho en un plano inferior al izquierdo, debido a la presencia del hígado. La cara posterior de cada riñón se apoya en la pared abdominal posterior formada por los músculos posas mayor, cuadrado de los lomos y transversos del abdomen de cada lado, su cara anterior está recubierta por el peritoneo, de ahí que se consideren órganos retroperitoneales. A través de la membrana peritoneal, los riñones se relacionan con los órganos intraabdominales vecinos. El riñón derecho se relaciona con la vena cava inferior, la segunda porción del duodeno, el hígado y el ángulo hepático del colon, con los dos últimos a través del peritoneo. El riñón izquierdo se relaciona con la arteria aorta abdominal, el estómago, el páncreas, el ángulo esplénico del colon y el bazo. El polo superior de cada riñón está cubierto por la glándula suprarrenal correspondiente, que queda inmersa en la cápsula adiposa.

### INERVACIÓN E IRRIGACIÓN

La inervación de ambos riñones corre a cargo de los nervios renales que se originan en el ganglio celíaco, estructura nerviosa del sistema nervioso autónomo simpático situada sobre la arteria aorta abdominal, a ambos lados del tronco arterial celíaco, justo por debajo del diafragma. Los nervios renales forman el plexo renal que penetra en los riñones acompañando a las arterias renales, la mayoría son vasomotores (inervan vasos sanguíneos), de manera que regulan el flujo sanguíneo renal. 3 La irrigación de los riñones es muy abundante en relación a su peso y se debe a la función de depuración sanguínea que éstos realizan; las arterias renales derecha e izquierda son ramas de la arteria aorta abdominal, de la cual se originan a nivel de la primera vértebra lumbar, al penetrar por el hilio renal forman parte del pedículo renal (ver hilio renal). Ambas arterias aseguran un aporte de sangre de unos 1200 ml por minuto, en reposo, volumen que representa entre un 20 y 25 % del gasto cardíaco en reposo. El retorno venoso de los riñones se produce a través de las venas renales derecha e izquierda que drenan a la vena cava inferior.

### MORFOLOGÍA EXTERNA

Los riñones son de color rojizo, tienen forma de habichuela, en el adulto pesan entre 130 g y 150 g cada uno y miden unos 11cm. (de largo) x 7cm. (de ancho) x 3cm. (de espesor). En cada riñón se distingue un polo superior y uno inferior; dos caras, la anterior y la posterior; dos bordes, el externo o lateral convexo y el medial o interno cóncavo que presenta en su porción central el hilio renal, éste es una

ranura por donde entran y salen nervios, vasos linfáticos, vasos arteriovenosos y la pelvis renal, estos últimos constituyen el pedículo renal que se dispone de la siguiente forma, de delante a atrás: vena renal, arteria renal y pelvis renal. Envolviendo íntimamente al parénquima renal se encuentra primero la cápsula fibrosa, por fuera de ésta se encuentra la cápsula adiposa y aún más externamente se sitúa la aponeurosis renal.

### MORFOLOGÍA INTERNA

#### SENO, PARÉNQUIMA RENAL (CORTEZA Y MÉDULA) Y VASCULARIZACIÓN

En un corte frontal del riñón observamos dos elementos bien diferenciados: una cavidad llamada seno renal, cuyo orificio es el hilio renal y el tejido llamado parénquima renal, que a su vez presenta dos zonas de distinto aspecto y coloración: la corteza renal lisa y rojiza, en la periferia y la médula renal de color marrón, situada entre la corteza y el seno renal. El seno renal es la cavidad del riñón que se forma a continuación del hilio renal, contiene las arterias y venas renales segmentarias e interlobulares, los ramos nerviosos principales del plexo renal y las vías urinarias intrarrenales (ver vías urinarias): los cálices renales menores y mayores y la pelvis renal, todos ellos rodeados de tejido graso que contribuye a inmovilizar dichas estructuras. El parénquima renal es la parte del riñón que asegura sus funciones, está constituido por las nefronas, cada una con una porción en la corteza y otra en la médula renal. La corteza renal es la zona del parénquima situada inmediatamente por debajo de la cápsula fibrosa, tiene un aspecto liso, rojizo y un espesor aproximado de 1cm., se prolonga entre las pirámides formando las columnas de Bertin. En la corteza y las columnas se disponen los corpúsculos renales y los conductos contorneados de las nefronas (ver las nefronas), además de los vasos sanguíneos más finos. La médula renal es de color marrón y textura estriada, consta de 8 a 18 estructuras cónicas, las llamadas pirámides renales o de Malpighi, cuyos vértices, dirigidos hacia el seno renal, se denominan papilas. 4 En las pirámides se sitúan las asas de Henle, los conductos colectores y los conductos papilares, todos ellos conductos microscópicos que forman parte de las nefronas. Dentro de cada riñón, la arteria renal sufre sucesivas divisiones, dando ramas de calibre cada vez menor. La denominación de cada subdivisión arterial es como sigue: de la arteria renal nacen, a nivel del seno renal, las arterias segmentarias; éstas, a nivel de las columnas renales, se ramifican en arterias interlobulares; de éstas se forman las arterias arciformes que rodean las pirámides renales entre la corteza y la médula, a su vez, a nivel de la corteza renal, las arciformes se ramifican en arterias interlobulillares, que emiten las arteriolas aferentes y éstas, los capilares glomerulares o glomérulo en íntimo contacto con la cápsula de Bowman de las nefronas. A diferencia de otros órganos, aquí los capilares glomerulares no



confluyen en una vénula, sino que dan lugar a la arteriola eferente de la cual se origina la segunda red capilar renal, los llamados capilares peritubulares, además de algunos capilares largos en forma de asa que acompañan las asas de Henle de las nefronas y que reciben el nombre de vasos rectos; a partir de aquí y siguiendo un recorrido paralelo pero inverso los capilares venosos, vénulas i venas de calibre creciente drenan la sangre a la vena renal que sale por el hilio renal.

## LAS NEFRONAS

### CORPÚSCULOS, TÚBULOS Y APARATO YUXTAGLOMERULAR

Al observar microscópicamente el parénquima renal, se constata que cada riñón está constituido por más de 1 millón de elementos tubulares plegados y ordenados, sustentados por tejido conjuntivo muy vascularizado, que denominamos nefronas. En función de la posición en el parénquima se distinguen las nefronas corticales (80% aprox.) con el corpúsculo situado en la zona más externa de la corteza y el segmento tubular denominado asa de Henle que penetra a penas en la zona superficial de la pirámide medular y las nefronas yuxtamedulares (20%) que tienen el corpúsculo situado en la zona de la corteza próxima a la médula y el asa de Henle larga que penetra profundamente en la pirámide medular. Cada nefrona consta del corpúsculo renal y del túbulo renal. El corpúsculo renal está constituido por los capilares glomerulares alojados en una cápsula esférica llamada la cápsula de Bowman. Podemos imaginar la cápsula como un globo parcialmente desinflado en el que se hunde el glomérulo como un puño, de manera que los capilares glomerulares quedan rodeados por una doble pared de la cápsula de Bowman, la pared visceral, en íntimo contacto con la pared de los capilares, que forman la membrana de filtración y por fuera la pared parietal, entre las dos capas está el espacio capsular que se continua sin interrupción con la luz del túbulo renal. La arteriola Aferente que precede al glomérulo y la Eferente que le sigue, se sitúan ambas al mismo nivel y constituyen el polo vascular del corpúsculo, opuesto a éste se encuentra el polo urinario con el inicio del túbulo renal.

En el corpúsculo sucede la filtración del plasma sanguíneo y la formación del filtrado glomerular El túbulo renal nace a continuación de la cápsula de Bowman, presenta cuatro segmentos con características histológicas, funcionales y topográficas distintas, rodeados por la red capilar peritubular (ver riñón: Morfología interna: seno, parénquima renal (corteza y médula) y vascularización), su función es la de 5 concentrar el filtrado hasta conseguir una orina definitiva ajustada a las necesidades homeostáticas de la sangre.

(1) El túbulo contorneado proximal es un tubo sinuoso de 13 mm de longitud aprox., se dispone a continuación del corpúsculo renal, consta de un epitelio cuboide simple, cuyas células poseen un borde en cepillo de microvellosidades que aumenta su capacidad de absorción. Su función principal es la de reabsorber el 80% aprox. del filtrado glomerular.

(2) El asa de Henle está constituida por dos ramas en forma de horquilla: la rama descendente que parte a continuación del tubo contorneado proximal y se introduce en la pirámide medular a más o menos profundidad, dependiendo de si se trata de una nefrona cortical o yuxtamedular y la rama ascendente, a continuación, que retorna hacia la corteza renal. En la porción ascendente del asa de Henle de las nefronas yuxtamedulares, se distingue el segmento delgado seguido del segmento grueso, este último presenta un epitelio cuboide simple, a diferencia del resto del asa que se caracteriza por un epitelio escamoso simple. Estas asas largas crean un gradiente de concentración de sodio en el intersticio de la médula renal (mayor concentración salina cuanto más cerca de la papila) que hace posible la formación de escasa orina concentrada cuando el cuerpo necesita ahorrar agua.

(3) El túbulo contorneado distal es de epitelio cuboide simple con algunas células principales poseedoras de receptores para las hormonas antidiurética y aldosterona. Este segmento sigue la rama ascendente del asa de Henle y en su porción inicial se sitúa entre las arteriolas aferente i eferente, la confluencia de estas tres estructuras forma el denominado aparato yuxttaglomerular que presenta células muy especializadas reguladoras de la tasa de filtración glomerular

(4) El túbulo o conducto colector, Es un tubo rectilíneo que se forma por confluencia de los túbulos contorneados distales de varias nefronas, a su vez, varios túbulos colectores confluyen en un conducto papilar que junto con otros similares drena en un cáliz menor. Estos conductos, se prolongan desde la corteza hasta la papila renal, atravesando en altura toda la pirámide. El colector se asemeja al distal en cuanto al tipo de epitelio que lo constituye, además de las células principales posee muchas células intercaladas que intervienen en la homeostasis del pH sanguíneo.

## VÍAS URINARIAS INTRARRENALES

### CÁLICES Y PELVIS RENAL

Son el conjunto de canales excretores que conducen la orina definitiva desde su salida del parénquima renal hasta el exterior del riñón: los cálices menores y mayores, la pelvis renal. Los cálices menores son unas estructuras visibles macroscópicamente, en forma de copa, situados en el seno renal. Recogen la

orina procedente de los conductos papilares que desembocan en la papila renal (vértice agujereado de cada pirámide medular). En cada riñón hay tantos cálices menores como pirámides, es decir entre 8 y 18 aprox. Los cálices mayores, en número de 2 a 3 por riñón, conducen la orina de los cálices menores a la pelvis renal. La pelvis renal se forma por la reunión de los cálices mayores, es un reservorio con capacidad para 4-8 cm<sup>3</sup> de orina, tiene actividad contráctil que contribuye al avance de la orina hacia el exterior. La pelvis renal tiene una porción intrarrenal, situada en el seno renal y una porción extrarrenal, a partir del hilio, que se hace progresivamente más estrecha hasta continuarse con el uréter.

### EXTRARRENALES:

#### URÉTERES, VEJIGA Y URETRA

Son los uréteres, la vejiga urinaria, la uretra: La pelvis renal de cada riñón se continua con el uréter correspondiente éstos son dos finos conductos musculomembranosos (entre 4 y 7 mm de diámetro), retroperitoneales, que terminan en la base de la vejiga urinaria, dibujando un trayecto de entre 25 a 30 cm., con una porción abdominal y una pelviana.

En su trayecto abdominal, los uréteres descienden verticalmente, apoyados sobre la pared muscular abdominal posterior (a lo largo del músculo Psoas), recubiertos por el peritoneo. Al penetrar en la cavidad pélvica, cruzan los vasos ilíacos comunes iniciándose su trayecto pélvico. A continuación, en el hombre, los uréteres pasan por debajo de los conductos deferentes, mientras que en la mujer lo hacen por debajo de las arterias uterinas. Finalmente los dos uréteres llegan al fondo vesical donde se abocan, atraviesan la pared vesical siguiendo un trayecto oblicuo de arriba abajo y de fuera adentro. Este trayecto explica la ausencia de reflujo vesicoureteral cuando la vejiga está llena, y se puede considerar una verdadera válvula fisiológica.

La pared de los uréteres consta de tres capas: la mucosa, que recubre la luz del tubo, la muscular intermedia, compuesta por células musculares lisas con actividad contráctil y la serosa externa constituida a base de fibras conjuntivas. La vejiga urinaria es un órgano muscular hueco situado en la cavidad pélvica, es un reservorio de orina con capacidad máxima fisiológica de hasta 800 ml, aunque en determinadas patologías puede exceder bastante este volumen. Cuando está vacía, la vejiga adopta una forma triangular de base ancha situada hacia atrás y hacia abajo, el fundus, el cuerpo vesical se estrecha hacia delante coincidiendo en su borde anterior con el borde superior de la sínfisis púbica. La cara superior (sobre la cual se apoya el útero en la mujer) es ligeramente cóncava, a no ser que contenga un gran volumen de orina (700cl aprox.), en cuyo caso, la cara superior

forma una cúpula que sobrepasa la sínfisis púbica. En el fundus vesical hay tres orificios, los dos ureterales, separados por unos 4-5 cm. y el orificio uretral, punto de partida de la uretra, los tres delimitan un espacio triangular denominado triángulo vesical. La capa muscular de la pared vesical está constituida por una potente red de fibras musculares lisas, músculo detrusor, que permiten una contracción uniforme de este órgano. La capa muscular está revestida interiormente por la mucosa y submucosa. El orificio uretral y el inicio de la uretra están rodeados por dos esfínteres: uno de control involuntario formado por haces del músculo pubovesical y otro de control voluntario formado por fibras del músculo transverso profundo del periné que forma parte del diafragma urogenital.

La uretra femenina es un conducto de unos 3-4 cm. de longitud destinado exclusivamente a conducir la orina. Nace en la cara inferior de la vejiga, desciende describiendo un trayecto ligeramente cóncavo hacia delante, entre la sínfisis púbica por delante y la pared vaginal por detrás, desemboca en el meato uretral externo de la vulva, entre el clítoris por delante y el orificio vaginal por detrás. Poco antes del meato, la uretra atraviesa el músculo transverso profundo del periné que constituye su esfínter externo, de control voluntario.

La uretra masculina tiene una longitud de entre 20-25 cm repartidos en varios segmentos:

(1) uretra prostática, segmento de unos 3-4cm de longitud y 1cm de diámetro que atraviesa la próstata.

(2) uretra membranosa de 1cm aprox. de longitud, que atraviesa el músculo transverso profundo del periné, el esfínter voluntario del conducto.

(3) uretra esponjosa, que se dispone a todo lo largo del cuerpo esponjoso del pene, hasta el meato uretral.

SISTEMA URINARIO:

### FISIOLOGÍA FORMACIÓN DE LA ORINA

La Filtración glomerular (membrana de filtración), La Reabsorción tubular La Secreción tubular Agua y cloruro sódico a través de la nefrona: Efecto de las hormonas antidiurética y aldosterona. Potasio, calcio, urea e hidrogeniones a través de la nefrona.

Función endocrina de los riñones La micción EQUILIBRIO OSMÓTICO O HIDROELECTROLÍTICO Volumen y composición de los compartimentos fluidos del organismo. Ganancias y pérdidas diarias de agua y electrolitos Control de la ganancia de agua Control de las pérdidas de agua y solutos EQUILIBRIO ACIDO

BASE Introducción Sustancias ácidas y básicas: acidez, basicidad y pH  
Mecanismos reguladores de equilibrio ácido base: Sistemas amortiguadores: proteico, bicarbonato y fosfato Regulación de la ventilación pulmonar Control renal

FORMACIÓN DE LA ORINA La formación de la orina pasa por tres etapas fundamentales:

(1) la filtración glomerular (2) la reabsorción tubular (3) la secreción tubular La mayor parte de sustancias excretadas, es decir las que se encuentran en la orina definitiva, pasan por las dos primeras. LA FILTRACIÓN GLOMERULAR La filtración glomerular es la etapa inicial en la formación de la orina, consiste en el paso de parte del plasma sanguíneo que circula por los capilares glomerulares del riñón, hacia el espacio capsular de Bowman, atravesando la membrana de filtración, ésta es un filtro complejo formado por tres estructuras:

la membrana basal y el endotelio fenestrado, ambos, constituyentes de los capilares glomerulares y la capa de podocitos, propia de la pared visceral de la cápsula de Bowman, que los rodea. Los podocitos son células epiteliales muy modificadas con largas prolongaciones citoplasmáticas llamadas pedicelos. Los elementos formes de la sangre (hematíes leucocitos y plaquetas) así como las proteínas plasmáticas no pueden atravesar la membrana de filtración, de ahí que el filtrado, orina primitiva u orina inicial que se recoge en el espacio de Bowman tenga una composición similar a la del plasma, excepto en lo que concierne a las proteínas. Para que haya filtración glomerular debe haber suficiente presión sanguínea en los capilares glomerulares, esto se consigue si la presión arterial sistémica (PAS) es igual o superior a 60 mmHg, ya que cifras menores no producen una presión capaz que forzar el paso del agua y solutos del plasma hacia el espacio capsular de Bowman. Gracias a distintos mecanismos reguladores en los que, entre otras, intervienen hormonas producidas por el propio riñón (en el aparato yuxtglomerular), se consigue que la filtración glomerular se mantenga constante entre 80 y 180 mmHg de PAS. La Presión neta de filtración (PNF) que hace posible la filtración glomerular, es el resultado de las siguientes fuerzas contrapuestas:

1) la presión hidrostática de la sangre en el glomérulo (PHSG) que depende de la PAS y favorece la filtración,

2) la presión hidrostática del filtrado en la cápsula de Bowman (PHC)

3) la presión coloidosmótica (oncótica) de la sangre glomerular (PC), ambas opuestas a la filtración. Substituyendo los valores medios reales de estas tres fuerzas obtenemos el valor de la PNF que es de aprox. 10 mmHg.  $PNF = PHSG - (PHC + PC) = 55 \text{ mm Hg} - (15 \text{ mmHg} + 30 \text{ mmHg}) = 10 \text{ mm Hg}$  La tasa de

filtración glomerular (TFG) es otro de los parámetros a saber de la fisiología renal, es el volumen de filtrado que se produce por unidad de tiempo, es 10 de unos 120mL/min. aprox., que en 24 horas supone la elevada cifra de 180 L. Este enorme volumen de filtrado se debe a la gran cantidad de sangre que reciben ambos riñones por unidad de tiempo, unos 1200 mL/min., que representa del 20 al 25% del gasto cardíaco en reposo (5000 mL/min.). Se comprende la necesidad de la reabsorción tubular para alcanzar el volumen definitivo de orina, que en general, en el adulto es de unos 2 L/día. Se puede estudiar la TFG midiendo, en orina, la concentración de sustancias que como la inulina o la creatinina, cumplen los siguientes requisitos: se filtran en forma de molécula libre, no ligada a proteínas, no se reabsorben ni se secretan a nivel tubular, no se producen ni destruyen por el riñón, ni modifican el funcionamiento del mismo.

**LA REABSORCIÓN TUBULAR**

La reabsorción tubular es el retorno de gran parte del filtrado al torrente sanguíneo: las sustancias imprescindibles para el cuerpo como el agua, la glucosa, los aminoácidos, vitaminas, parte de la urea, los iones Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bicarbonato), HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (fosfato) abandonan los túbulos de las nefronas e ingresan en los capilares peritubulares, atravesando las paredes de ambas estructuras. El motor de la reabsorción tubular de gran parte del filtrado es el continuo funcionamiento de las bombas de Sodio/potasio (ATPasa de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>) ubicadas en la cara basal de las células tubulares. Estos dispositivos moleculares consumen energía en forma de ATP para poder transportar ambos iones en contra de su gradiente de concentración (transporte activo). Las bombas de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> crean un flujo de sodio desde el filtrado hacia los capilares que directa o indirectamente propicia la reabsorción de todo lo demás. La reabsorción del 99% del filtrado sucede a todo lo largo del túbulo renal especialmente en el segmento contorneado proximal (un 80% aprox.) mientras que el ajuste preciso del volumen y composición de orina definitiva se efectúa en el túbulo contorneado distal y colector.

**SECRECIÓN TUBULAR**

La secreción tubular es la transferencia de materiales desde la sangre de los capilares peritubulares y de las células de los túbulos renales hasta el líquido tubular, con el objetivo de regular la tasa de dichas sustancias en el torrente sanguíneo y de eliminar desechos del cuerpo. Las principales sustancias secretadas son H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (iones amonio), creatinina y ciertos fármacos como la penicilina.

### AGUA Y CLORURO SÓDICO A TRAVÉS DE LA NEFRONA: EFECTO DE LAS HORMONAS ANTIDIURÉTICA Y ALDOSTERONA

En el glomérulo renal se filtra toda la sal (NaCl o cloruro sódico) y el agua del plasma a razón de 120mL/min. En los 180 L de filtrado producidos diariamente hay 1,5 Kg. de NaCl, del que sólo será excretado el 1%. En el túbulo contorneado proximal (TCP) se reabsorbe el 75% del Na<sup>+</sup> por transporte activo a través de las

Bombas de Sodio/Potasio o ATPasa de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , una proporción similar de iones Cloro le sigue por la diferencia de cargas 11 eléctricas que se crea (gradiente eléctrico) y el agua acompaña a ambos siguiendo un gradiente osmótico. Al final de este segmento, el volumen de filtrado se ha reducido mucho pero se mantiene isotónico con respecto al plasma sanguíneo, es decir ambos fluidos presentan una similar concentración de sal. En la porción descendente del asa de Henle, siguiente segmento tubular de la nefrona, apenas sucede transporte activo de  $\text{Na}^+$  y consecuentemente tampoco de  $\text{Cl}^-$ , en cambio, sus paredes son muy permeables al agua. La porción ascendente del Asa de Henle presenta características contrapuestas a la anterior, es decir, una activa reabsorción de  $\text{NaCl}$  y gran impermeabilidad al agua. Esta configuración del Asa de Henle, típica de las nefronas yuxtamedulares, produce una progresiva concentración de la orina primitiva a medida que desciende por el asa y su posterior dilución a medida que recorre el tramo ascendente, de manera que la orina que llega al túbulo contorneado distal (TCD) contiene menos  $\text{NaCl}$  que el plasma sanguíneo, es orina diluida o hipotónica con respecto al plasma. Si a esta curiosa configuración del Asa le añadimos la pobre vascularización de las pirámides medulares, por donde éstas hacen su recorrido de ida y vuelta hacia la corteza, tenemos las condiciones necesarias para que se produzca una gran concentración de sal (mayor cuanto más nos acercamos a la papila) en el intersticio de esta región. La elevada salinidad de la medula renal va a permitir que se pueda concentrar la orina, cuando el cuerpo precise agua, esto sucederá en el último segmento tubular de las nefronas, el conducto colector y siempre que haya hormona antidiurética o ADH (segregada por la hipófisis posterior) en sangre. En el túbulo contorneado distal (TCD) sólo sucede la reabsorción de  $\text{Na}^+$  en presencia de Aldosterona (hormona suprarrenal), ambas hormonas intervienen para regular, de forma precisa, la excreción de agua y sal en función de las necesidades del organismo. En ausencia de ADH, la pared de la porción terminal del TCD y toda la pared del CC son casi impermeables al agua, es el caso del exceso de agua en el organismo que se compensa con la producción de más volumen de orina hipotónica u orina diluida. El déficit de agua en el organismo, sin embargo, estimula la secreción de la ADH ésta hace que el último tramo de la nefrona sea permeable al agua y el agua difunde de la luz tubular hacia los capilares sanguíneos de la médula renal gracias al gradiente de salinidad generado por el asa de Henle, el resultado es poco volumen de orina concentrada, (ver equilibrio osmótico). En la porción terminal del TCD y la porción inicial del CC, la reabsorción de  $\text{Na}^+$  sólo se produce de forma significativa en presencia de la Aldosterona. En caso de disminución del volumen plasmático o descenso de la presión arterial se estimula la secreción de Aldosterona y la reabsorción de sodio (ver equilibrio osmótico). POTASIO, CALCIO, UREA E HIDROGENIONES A TRAVÉS DE LA NEFRONA El potasio juega un papel crucial en la excitabilidad

neuromuscular, de ahí que, cambios por exceso o por defecto de sus valores sanguíneos, ( $[K^+] = 4,5-5 \text{ mmol/L}$ ) pueden originar trastornos graves de la conductibilidad y contractibilidad cardiacas. 12 Tras ser filtrado, el potasio es totalmente reabsorbido en el TCP y sólo aparece en la orina cuando por efecto de la Aldosterona y en respuesta a un exceso de potasio o un déficit de sodio en sangre (hiperkaliemia) se secreta y elimina en el segmento terminal. La hipocalcemia (descenso del calcio sanguíneo,  $Ca^{2+}$ ) aumenta la excitabilidad neuromuscular. El calcio tras filtrarse en el glomérulo es reabsorbido pasivamente a todo lo largo del túbulo renal, a excepción del segmento contorneado distal, donde su reabsorción sucede en presencia de la Paratohormona, hormona hipercalcemiente secretada por las glándulas paratiroides. La urea es un producto residual del metabolismo de los aminoácidos y de otros compuestos nitrogenados, además de filtrado a nivel glomerular, es secretado a todo lo largo del túbulo renal y en parte reabsorbido en el AH y en el CC de manera que se produce un continuo reciclamiento de la misma a nivel de la médula renal. La secreción de hidrogeniones (también llamados protones o  $H^+$ ) sucede en el TCP y en el CC de cara a mantener el equilibrio ácido base del organismo. Los riñones segregan sustancias reguladoras como la renina, la eritropoyetina y la forma activa de la vitamina D. (1) La renina es una sustancia segregada por el aparato yuxtglomerular renal que participa en el sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona que contribuye al equilibrio osmótico del organismo (ver equilibrio hidroelectrolítico del organismo). (2) La eritropoyetina es segregada por las células medulares del riñón y actúa sobre la médula ósea estimulando la maduración y proliferación de los glóbulos rojos. (3) El riñón produce la forma activa de la vitamina D o 1,25 Dihidroxicolecalciferol que estimula la absorción activa de calcio a nivel intestinal y favorece la actividad hipercalcemiente de la paratohormona a nivel renal y óseo.

## LA MICCIÓN

Es el vaciado vesical que permite la evacuación de la orina. Cuando el volumen de orina en la vejiga es menor de 350 mL aprox., los esfínteres uretrales interno y externo están contraídos y el orificio uretral está cerrado. Un mayor volumen de orina desencadena el llamado reflejo de la micción, en este arco reflejo, la distensión de las paredes vesicales estimula sus presorreceptores que captan y propagan la señal de estiramiento a través de fibras nerviosas que alcanzan el centro medular de la micción situado entre S2 y S3 de la médula espinal lumbosacra, a partir de aquí, fibras parasimpáticas conducen la respuesta motora hasta la vejiga provocando la contracción del músculo detrusor y la relajación del esfínter. Al mismo tiempo, el centro de la micción inhibe las motoneuronas somáticas, con centro en la corteza cerebral, que inervan el esfínter uretral



externo, así, solo se produce la micción cuando el músculo vesical se contrae y los esfínteres interno y externo se relajan. 13 El control voluntario de la micción, por lo tanto, se efectúa gracias al esfínter uretral externo, constituido por fibras del gran músculo estriado llamado diafragma pélvico. La correcta hidratación del cuerpo depende tanto del volumen preciso de agua corporal como de la proporción adecuada de sustancias iónicas (electrolitos) disueltas en ella. Diversos mecanismos homeostáticos nerviosos y hormonales actúan continuamente para mantener constante la proporción de estas sustancias, a base de regular ganancias y pérdidas de las mismas. EQUILIBRIO OSMÓTICO O HIDROELECTROLÍTICO VOLUMEN Y COMPOSICIÓN DE LOS COMPARTIMENTOS FLUIDOS DEL ORGANISMO De forma abstracta podemos considerar el cuerpo humano como la suma de dos grandes compartimentos o espacios rellenos de fluidos: el celular que comprende el líquido o fluido intracelular (LIC) de todas las células de todos los tejidos y el extracelular que contiene el líquido o fluido extracelular (LEC), subdividido en líquido intersticial del espacio intersticial (75% del LEC) y plasma sanguíneo del espacio vascular (25% del LEC). El 55-60% de la masa corporal total de una persona adulta corresponde al agua, dos terceras partes de este gran volumen acuoso constituyen el LIC, mientras que el tercio restante corresponden al LEC. La barrera que separa el compartimiento celular del espacio intersticial circundante es la membrana citoplasmática de todas las células, muy selectiva al paso de iones y pequeñas moléculas, mientras que entre el líquido intersticial y el plasma sanguíneo se dispone la membrana endotelial de los capilares sanguíneos que permite el paso de agua, iones y moléculas de bajo peso molecular. La proporción de electrolitos en los compartimentos intra y extracelulares se mantiene constante alrededor de los 300 mEq/L, a expensas de los principales iones que en el LIC son  $K^+$ ,  $HPO_4^-$ ,  $H_2PO_4^-$  y proteínas- principalmente, mientras que en el LEC son  $Na^+$ ,  $Cl^-$  y  $HCO_3^-$ . GANANCIAS Y PÉRDIDAS DIARIAS DE AGUA Y ELECTROLITOS Generalizando, se puede considerar que el adulto sano obtiene unos 2500 mL de agua al día a partir de los alimentos (30%), de las bebidas (60%) y del agua metabólica, que resulta de la oxidación intracelular de los compuestos nutritivos durante la respiración celular (10%). 14 Fuentes de pérdida y ganancia diaria de agua en condiciones normales. Las cifras son el promedio para adultos. En condiciones normales, la pérdida de agua equivale a la ganancia.

### REGULACIÓN DE LA VENTILACIÓN PULMONAR

El pH de los líquidos corporales se puede modificar, voluntariamente, en pocos minutos regulando el ritmo y la profundidad de la respiración: En la hiperventilación voluntaria (más respiraciones profundas por unidad de tiempo) se exhala más  $CO_2$ , disminuye el ácido carbónico alveolar y paralelamente el

plasmático, los protones libres disociados del carbónico disminuyen, de modo que disminuye la acidez del plasma. En la hipoventilación voluntaria, en cambio, se exhala menos CO<sub>2</sub>, lo que aumenta el ácido carbónico alveolar, plasmático, y los protones libres disociados de éste, de modo que aumenta la acidez del plasma. En situaciones patológicas vemos esta relación directa entre acidez plasmática y ventilación pulmonar: Cuando la producción de ácidos no volátiles aumenta anormalmente (como sucede en la descompensación diabética), el bicarbonato plasmático capta el exceso de protones libres convirtiéndose en ácido carbónico que se desdobra en CO<sub>2</sub>, el aumento de este gas en el plasma es un fuerte estímulo para los centros respiratorios bulbares del sistema nervioso central que inducen una mayor actividad de los músculos inspiratorios, la respuesta hiperventilatoria puede eliminar el exceso de ácido volátil. En caso de no conseguirlo, hablamos de acidosis metabólica. Cuando un proceso patológico pulmonar dificulta la respiración normal y la eliminación del CO<sub>2</sub>, su concentración plasmática aumenta, acidificándose el pH, el exceso de protones sólo podrá ser eliminado por los riñones, pero si a pesar de ello, el pH plasmático continúa ácido, se habla de acidosis respiratoria. Aunque menos frecuentes también se dan las situaciones contrarias, alcalosis respiratoria y metabólica.

### 18 CONTROL RENAL

En condiciones normales, los riñones son capaces de responder a todas las modificaciones importantes de la concentración plasmática de protones libres y del pH, en unas horas. La acidificación de la sangre estimula la excreción urinaria de protones, una reabsorción total del bicarbonato y la síntesis de bicarbonato nuevo en las células de los túbulos renales. Cuando lo que sucede es una basificación de la sangre, las células renales reabsorben protones a cambio de excretar iones

## BIBLIOGRAFIA

Autora: Blanca Cutillas Arroyo • Cargo: Profesora Titular de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona

• CV: Licenciada en Medicina. Colaboradora: Julia Reiriz Palacios Cargo: Profesora Titular de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona

• CV: Doctora en Medicina. Especialista en Neurología. Coordinadora de la materia de Estructura y Función del Cuerpo Humano del portal de salud La Enfermera Virtual. 19 Bibliografía general

• Agur MR, Dalley F. Grant. Atlas de Anatomía. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007. • Berne RM y Levy MN. Fisiología. 3ª ed. Madrid: Harcourt. Mosby; 2001.

• Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology. Updated edition. Filadelfia (EEUU): Elsevier Saunders. 2005. Burkitt HG, Young B, Heath JW. Histología funcional Wheater. 3ª ed. Madrid: Churchill Livingstone; 1993.

• Costanzo LS. Fisiología. 1ª ed. Méjico: McGraw-Hill Interamericana; 2000. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. GRAY Anatomía para estudiantes. 1ª ed. Madrid: Elsevier; 2005. Fox SI. Fisiología Humana. 7ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2003. Fox SI. Fisiología Humana. 10ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2008. Gartner LP, Hiatt JL. Histología Texto y Atlas. 1ª ed. Méjico: Mc Graw Hill Interamericana; 1997. Guyton AC. Tratado de Fisiología Médica. 11ª ed. Madrid: Elsevier España. 2006.

• Jacob SW, Francone CA, Lossow WJ. Anatomía y Fisiología Humana. 4ª ed. Méjico: Nueva Editorial Interamericana; 1988. Jacob S. Atlas de Anatomía Humana. 1ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A. 2003. Lamb JF, Ingram CG, Johnston IA, Pitman RM. Fundamentos de Fisiología. 2ª ed. Zaragoza: Ed. Acribia,SA; 1987. Lumley JSP, Craven JL, Aitken JT. Anatomía esencial. 3ª ed. Barcelona: Salvat Editores S.A. 1985. Moore KL. Anatomía con orientación clínica. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1993.

• Netter FH. Sistema Digestivo. Conducto superior. Colección Ciba de ilustraciones médicas. 1ª ed. Barcelona: Masson-Salvat Medicina; 1981. Netter FH. Interactive Atlas of Human Anatomy. CIBA MEDICAL EDUCATION & PUBLICATIONS. 1995. Netter FH. Atlas de Anatomía Humana. 3ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2003. Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2002. Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 2ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2005. Regueiro González JR, López Larrea C,

González Rodríguez S, Martínez Naves E. Inmunología. Biología y patología del sistema inmune. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2002.

- Rhoades RA, Tanner GA. Fisiología médica. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson-Little, Brown, S.A. 1997. Schmidt RF, Thews G. Fisiología Humana. 24ª ed. Madrid: Interamericana.McGraw-Hill. 1993. Stevens A, Lowe J. Histología Humana. 3ªed. Madrid: Elsevier/Mosby; 2006. 20 • Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 2ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995.

- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 4ª ed. Madrid: Ediciones Harcourt; 2000. Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 6ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A; 2007. Thibodeau GA, Patton KT. Estructura y Función del cuerpo humano. 10ª ed. Madrid: Harcourt Brace; 1998.

- Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006. • West JB. Bases fisiológicas de la práctica médica. 12ª ed. Madrid: Editorial medica panamericana

Autora: Julia Reiriz Palacios • Cargo: Profesora Titular de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona • CV: Doctora en Medicina. Especialista en Neurología. Coordinadora de la materia de Estructura y Función del Cuerpo Humano del portal de salud