

Clase 9

Características generales del sistema digestivo

El sistema digestivo actúa, junto con el sistema cardiovascular y el metabolismo orgánico, para proporcionar al organismo las moléculas combustibles apropiadas. El sistema digestivo consta del **tracto gastrointestinal** y de ciertos órganos glandulares asociados cuyas secreciones actúan en él.

La función principal del sistema digestivo es convertir el alimento en moléculas pequeñas (digestión) y hacerlas pasar al interior del organismo (absorción). Esto se consigue mediante una combinación de procesos:

- mecánicos: fragmentación, mezcla y transporte.
- químicos: mediante la acción de enzimas (existentes en los jugos digestivos y en la superficie de las células que recubren el tracto gastrointestinal), que desintegran proteínas, grasas e hidratos de carbono en moléculas pequeñas que puedan ser absorbidas.

Las proteínas, grasas y carbohidratos, junto con las sales minerales, agua y vitaminas, atraviesan la capa epitelial y llegan a la sangre o a la linfa.

Estructuralmente, el tracto gastrointestinal es esencialmente un tubo muscular, de diámetro variable, que se extiende de la boca al ano; está revestido interiormente por una capa mucosa. Las principales subdivisiones del tracto son: boca, faringe, esófago, estómago, duodeno, yeyuno, íleon, colon, recto y ano. Los órganos asociados son las **glándulas salivales**, el **hígado**, la **vesícula biliar** y el **páncreas**. Las secreciones de estos órganos y de la propia mucosa, penetran en el lumen de este tubo y digieren el alimento. Aunque la estructura del tracto varía de una región a otra, se pueden diferenciar varias capas que son comunes; de dentro a fuera serían:

- **mucosa**: formada a su vez por epitelio, lámina propia y capa muscular mucosa.
- **submucosa**: contiene la mayoría de los nervios y vasos sanguíneos importantes. También contiene glándulas submucosas. Las células nerviosas están interconectadas formando el **plexo de Meissner** (o submucoso).
- **muscular externa**: formada por dos capas de musculatura lisa, una interna circular y una externa longitudinal. Entre ambas capas se encuentra otro plexo nervioso, el **plexo de Auerbach** (o mioentérico).
- **serosa** (o adventicia): capa más externa, formada principalmente por tejido conjuntivo.

Los dos plexos nerviosos citados, junto con el resto de neuronas del tracto, constituyen el **sistema nervioso entérico** (o plexos intramurales).

Control de la actividad gastrointestinal

Existen tres mecanismos de control:

- el **sistema nervioso entérico**: el plexo de Auerbach afecta principalmente a la motilidad, mientras que el plexo de Meissner afecta a la motilidad y a la secreción. Este sistema puede actuar al margen de las aferencias simpáticas y parasimpáticas.
- la **inervación extrínseca** simpática y parasimpática. En general, la actividad parasimpática aumenta la actividad del músculo liso y la secreción glandular, mientras que la actividad simpática hace disminuir las secreciones y cierra los esfínteres.
- los denominados **péptidos reguladores**, como la gastrina (estimula la secreción de jugo gástrico), secretina (hormona liberada por la mucosa duodenal en

respuesta a la presencia de ácido; estimula la secreción de bicarbonato pancreático), etc.

Mecanismos básicos de motilidad

A la entrada y salida del tracto gastrointestinal (boca, faringe, esófago superior y recto) hay musculatura voluntaria que controla el paso de material. Los movimientos del resto del tracto los realizan los tres tipos de músculo liso de sus paredes. Existen tres tipos principales de movimiento:

- **peristaltismo**: su función es transportar el material a lo largo del tracto. Se produce en el esófago, estómago e intestinos.
- **segmentación rítmica**: que produce mezcla del contenido; se produce en el intestino delgado y grueso.
- **contracción de esfínteres**: lo que origina una obstrucción del paso y que permite separar regiones funcionalmente distintas. También impiden el reflujo.

Mecanismos básicos de secreción

Los jugos digestivos se producen por células secretoras de varias regiones:

- glándulas salivales, en la boca.
- glándulas del estómago y del intestino.
- región exocrina del páncreas.
- hígado.

Las secreciones contienen fundamentalmente enzimas (por ejemplo enzimas proteolíticas) y sales minerales. Las glándulas que producen enzimas tienen que evitar el problema de digerirse a sí mismas, lo que consiguen segregando precursores inactivos que son posteriormente activados en el lumen del tracto, cuyas paredes están protegidas por mucus.

Boca y esófago

En primer lugar se produce la masticación y deglución de los alimentos.

Masticación: el alimento se fracciona en partículas pequeñas que facilitan la deglución. Se trata de un reflejo involuntario controlado por centros superiores voluntarios. En esta fase se produce una de las secreciones del sistema digestivo, **la saliva**: se produce en las glándulas salivales (parótidas, submaxilares y sublinguales), que están situadas en su mayor parte fuera de la boca y que vierten a ésta a través de conductos. La secreción es estimulada por la presencia de cualquier objeto en la boca; el olfato también produce estimulación. La enzima principal es la **amilasa salival**, que actúa sobre el almidón reduciéndolo a moléculas de oligosacáridos. En resumen, la composición y funciones de la saliva son:

- amilasa salival: inicia la digestión del almidón (que finalmente se descompone en moléculas glucosa).
- agua: actúa como diluyente y disolvente.
- mucus: permite la deglución al hacer resbaladizo el alimento.
- iones: Na^+ , Cl^- , K^+ , HCO_3^- .
- inmunoglobulinas.

Deglución: una vez que el alimento ha sido masticado y mezclado con la saliva, se forma el llamado **bolo** alimenticio, que puede ser tragado. La deglución puede ser iniciada voluntariamente, pero a continuación se convierte en un proceso básicamente involuntario. El **reflejo deglutorio** es una secuencia ordenada de sucesos que transporta el alimento desde la boca hasta el estómago. Implica una serie complicada de contracciones e inhibiciones musculares, que normalmente se divide en tres fases: bucal, faríngea y esofágica.

El proceso lo inicia la lengua, que empuja al bolo a la parte posterior de la boca, en donde son estimulados receptores sensoriales que activan el **centro de la deglución** del bulbo, que coordina todo el proceso. Uno de los muchos mecanismos que se activan consiste en el cierre de la glotis, para evitar que el alimento penetre en la tráquea; si esto ocurre se produce tos, debido a la estimulación de receptores allí situados.

(Se puede comprobar que la deglución no siempre se puede iniciar de manera voluntaria: al tratar de tragar saliva varias veces seguidas, después de tragar dos o tres veces no queda saliva en la boca para estimular los receptores y no se puede iniciar el movimiento de la deglución).

Esófago: es el tubo que conduce el alimento desde la faringe hasta el estómago. Posee musculatura esquelética en su primer tercio y musculatura lisa en el resto. Existe un esfínter esofágico superior y otro inferior; ambos se encuentran cerrados en condiciones normales. Cuando un bolo penetra en el esófago (se abre el esfínter superior) se inicia una **onda peristáltica** que lo recorre desde el extremo oral al gástrico; al llegar la onda al esfínter inferior, éste se relaja y permite el paso del bolo.

Estómago

El estómago no tienen gran importancia ni para la digestión ni para la absorción; su papel principal es el de **almacén temporal**, que permite que el alimento se pueda tragar más rápidamente de lo que pasa al intestino delgado. Una vez que el alimento llega al estómago, se **mezcla** con los **jugos gástricos** y va pasando en pequeñas cantidades al duodeno.

En el estómago se produce por lo tanto:

- **almacén** del alimento: esto ocurre en su parte superior (fundus y cuerpo), que es capaz de contener una cantidad considerable de alimento.
- **mezcla** del alimento con los jugos gástricos: ocurre en su parte inferior (antro), gracias a las contracciones musculares (peristaltismo gástrico). Se forma así una mezcla semilíquida llamada **quimo**. La capa de musculatura longitudinal tiene una actividad rítmica intrínseca que se origina en una zona **marcapasos**, con una frecuencia de 3 ciclos/min. Las ondas viajan en dirección al **píloro**, empujando cierta cantidad de quimo hacia el duodeno. La fuerza y la frecuencia de esta contracción puede variar por efecto de las aferencias nerviosas.
- **vaciado** del contenido gástrico en el duodeno a un ritmo controlado.

Secreciones gástricas. El líquido secretado en el estómago se denomina **jugo gástrico**, que es una mezcla de las secreciones de las células de la mucosa gástrica. Están formadas por:

- **sales y H₂O**.
- **mucus y bicarbonato:** la superficie de la mucosa gástrica está recubierta de mucus con HCO₃⁻, lo que constituye una barrera que previene la lesión de la mucosa por el contenido gástrico.
- **pepsinas:** son proteasas secretadas por las **células principales**. Se secretan en forma de pepsinógenos, que a pH bajo se convierten en pepsinas.
- **HCl:** secretado por las **células parietales**. Proporciona un pH ácido en el cual las pepsinas son activas.
- **factor intrínseco:** es una glucoproteína secretada por las **células parietales**, necesario para la absorción de la vitamina B₁₂ (necesaria para la formación de glóbulos rojos, el mantenimiento del SN, etc). La secreción de factor intrínseco es la única función gástrica esencial para la vida humana.

Intestino delgado

En el intestino delgado el quimo ácido del estómago se mezcla con las secreciones alcalinas del páncreas, hígado y glándulas intestinales, cuyas enzimas son las responsables de la mayor parte de la **digestión**. En esta porción del tracto se realiza también la mayor parte de la **absorción**. El quimo se mezcla con las secreciones merced a movimientos peristálticos y de segmentación. Tiene tres regiones: duodeno, yeyuno e íleon, con una longitud de unos 5 metros que el quimo tarda entre 2 – 4 horas en recorrer.

La superficie del intestino forma pliegues o vellosidades denominados **villi**. Las células del epitelio intestinal presentan, a su vez, un borde en cepillo formado por microvellosidades o **microvilli**. Todos estos pliegues aumentan mucho el área de absorción de la mucosa intestinal (una superficie total de unos 250 m²). En los villi existen vasos sanguíneos y linfáticos hacia los cuales se absorben los productos de la digestión.

Finalmente, el contenido es empujado mediante ondas peristálticas al interior del intestino grueso; este proceso comienza a las cuatro horas de la ingesta y termina en unas diez horas.

Páncreas. El páncreas secreta diariamente más de 1 litro de **jugo pancreático**, que está compuesto principalmente por:

- **bicarbonato**, que neutraliza la acidez del quimo.
- **enzimas**, que digieren carbohidratos (amilasa pancreática), proteínas (proteasas pancreáticas, como la tripsina) y grasas (lipasas pancreáticas).

Esta secreción está controlada por señales nerviosas y hormonales, inducidas principalmente cuando el contenido gástrico penetra en el duodeno.

Hígado y vesícula biliar. El hígado realiza muchas funciones vitales y es el órgano de mayor importancia metabólica del cuerpo. El hígado es fundamental para:

- regular el metabolismo de proteínas, glúcidos y lípidos.
- sintetizar proteínas y otras moléculas.
- almacenar hierro y vitaminas.
- degradar ciertas hormonas.
- inactivar y excretar fármacos y toxinas.
- secreción intestinal => bilis.

Recibe por la **vena porta** sangre procedente de los capilares intestinales, rica en sustancias recientemente absorbidas en el intestino. Por la **arteria hepática** recibe sangre rica en O₂. Las células que confieren al hígado sus propiedades son los **hepatocitos**. Entre estas células existen canales por los que circula la sangre, los **sinusoides**; y canales por los que circula la bilis, los **canalículos biliares**.

La **bilis** se secreta hacia los canalículos, los cuales convergen finalmente en el **conducto biliar**, que abandona el hígado. Desde este conducto la bilis puede fluir directamente al duodeno o ser desviada a la **vesícula biliar** (por el conducto cístico), donde se almacena. Antes de llegar al duodeno, el conducto biliar (colédoco) se une con el conducto procedente del páncreas, de manera que la bilis y el jugo pancreático se vierten juntos. En la unión con el duodeno existe un esfínter, el **esfínter de Oddi**, que cuando se encuentra cerrado hace que la bilis se desvíe hacia la vesícula.

La bilis tiene dos funciones principales:

- contiene **sales biliares**, que actúan en la digestión y absorción de las grasas.
- actúa como vía de excreción de determinadas sustancias que no pueden ser eliminadas por los riñones:

- los **pigmentos biliares**, principalmente biliverdina y bilirrubina, son productos de degradación de la hemoglobina y otras sustancias, y confieren a la bilis su color verde-amarillento.
- la bilis es la principal vía de excreción de **colesterol**.

Intestino grueso

Las principales divisiones del intestino grueso son: ciego, colon ascendente, colon transverso, colon descendente, colon sigmoideo, recto y canal anal. En la unión del intestino delgado con el grueso existe un **esfínter ileocecal** y también una **válvula ileocecal**, para evitar el flujo retrógrado de materiales. En el canal anal existen dos esfínteres, el **esfínter anal interno**, de musculatura lisa; y el **esfínter anal externo**, de musculatura estriada, que se controla tanto de forma voluntaria como refleja.

Cada día pasa aproximadamente medio litro de contenido del intestino delgado al grueso, en donde se concentra por eliminación de sales y H₂O. También existen bacterias, que degradan carbohidratos (por fermentación) y proteínas (por putrefacción). En el intestino grueso se producen principalmente movimientos de segmentación rítmica, que mezclan y remueven el contenido, lo que facilita la absorción de H₂O y sales por el epitelio. Dos o tres veces al día se producen movimientos peristálticos, que barren las heces en dirección al recto.

Cuando el recto se llena con productos del colon, se activan receptores de distensión que producen la necesidad de defecar. En la defecación se produce una relajación voluntaria del esfínter anal externo y contracción de los músculos abdominales.

Digestión y absorción

En la digestión las macromoléculas que componen los alimentos son hidrolizadas por los jugos digestivos a moléculas de un tamaño que permita su absorción a través de la luz del tracto. De esta manera las proteínas se dividen en aminoácidos, los carbohidratos en glucosa y otros monosacáridos, y las grasas en glicerol y ácidos grasos. La digestión y la absorción se realizan principalmente en el intestino delgado.

En el intestino delgado las enzimas se encuentran mezcladas con el quimo y sobre la superficie de las células epiteliales, en una capa denominada **glicocálix**.

La **absorción** es el proceso mediante el cual las sustancias pasan de la luz del tracto digestivo al interior del organismo (sangre, linfa). El mecanismo de absorción en el tracto gastrointestinal es similar al que ocurre a través de las membranas de cualquier otro lugar del organismo, e incluye:

- difusión
- transporte activo
- pinocitosis (ingestión de vesículas muy pequeñas)

Digestión y absorción de las proteínas

La **pepsina**, liberada en el estómago, rompe determinadas proteínas y las convierte en polipéptidos. En el duodeno las proteasas del jugo pancreático (**tripsina**, **quimotripsina** y **carboxipeptidasa**) realizan una función similar. Las enzimas del glicocálix y del citoplasma de las células epiteliales son las que realizan la hidrólisis de los péptidos resultantes para dar aminoácidos. Los aminoácidos y pequeños

péptidos (dipéptidos, tripéptidos) pasan al interior de las células del epitelio por mecanismos de transporte activo secundario, mediante varios tipos de transportadores específicos (la energía la proporciona en unos tipos el gradiente de Na^+ y en otros el de H^+). Las enzimas del citoplasma convierten dipéptidos y tripéptidos a aminoácidos. A continuación los aminoácidos abandonan las células por distintos métodos (entre ellos difusión facilitada) y pasan a la sangre.

Digestión y absorción de carbohidratos

Prácticamente sólo se absorben monosacáridos, por lo que las grandes moléculas son atacadas por varios tipos de enzimas. El **almidón** vegetal (amilopectina) es la principal fuente de carbohidratos en la mayoría de las dietas humanas. Las **amilasas** salival y pancreática junto con enzimas del glicocáliz escinden el almidón a glucosa. En el glicocáliz también hay enzimas que degradan oligosacáridos como la lactosa (que se degrada a galactosa y glucosa) o la sacarosa (que se degrada a fructosa y glucosa). La glucosa y galactosa son absorbidos por mecanismos de cotransporte acoplados al gradiente de Na^+ . El otro monosacárido que se absorbe, la fructosa, penetra por mecanismos de difusión facilitada. El duodeno y el yeyuno proximal poseen la mayor capacidad de absorber azúcares. Posteriormente los monosacáridos pasan a la sangre por difusión facilitada siguiendo el gradiente de concentración.

Digestión y absorción de grasas

La grasa se digiere y absorbe principalmente en el duodeno y yeyuno. Las **sales biliares** producen la **emulsión** de la grasa (desintegración de los grandes glóbulos en glóbulos menores). Las **lipasas** pancreáticas son las principales enzimas encargadas de digerir las grasas. Como consecuencia de ese proceso se forman pequeños agregados moleculares (formados por ácidos grasos, 2-monoglicéridos, sales biliares); los componentes de estos agregados pasan al interior de la célula epitelial por difusión. Los productos de la digestión de los lípidos son captados por el retículo endoplasmático liso, en donde se produce un considerable procesamiento químico. Los lípidos procesados se acumulan en vesículas del retículo, dando lugar a gotitas denominadas **quilomicrones**. Finalmente los quilomicrones pasan a la linfa mediante exocitosis, llegando a la sangre a través del conducto torácico. Los ácidos grasos de pequeño tamaño también pueden pasar directamente a la sangre desde la célula epitelial.

Las **vitaminas** liposolubles (A, D, E, K) se absorben con la grasa; las hidrosolubles principalmente por difusión.

Absorción de agua

En circunstancias normales absorbemos casi el 99% del agua e iones contenidos en el alimento y en las secreciones del tracto. Normalmente ingerimos unos 2 l. de agua diarios, a los que se suman unos 7 l. de agua contenida en las secreciones; con las heces se eliminan unos 100 ml, por lo que el tracto gastrointestinal absorbe casi 9 l. al día.

En el intestino delgado tiene lugar una gran absorción neta de agua (unos 8,5 l), principalmente en el yeyuno. En el colon se absorben unos 400 ml.

Absorción de iones

El movimiento neto de los iones a través del epitelio intestinal representa la diferencia entre grandes flujos de la luz a la sangre y de la sangre a la luz. **El Na^+** se absorbe a lo largo de todo el intestino. El Na^+ cruza la membrana del borde en cepillo a favor de un gradiente electroquímico, y es extraído activamente de las células epiteliales mediante bombas de Na-K . La mayor velocidad neta de

absorción de Na^+ se produce en el yeyuno, en donde la absorción de Na^+ se encuentra acoplada a la de azúcares y aminoácidos.

En el yeyuno se absorben grandes cantidades de Cl^- y HCO_3^- . En el íleon y colon el HCO_3^- es normalmente secretado.

Respecto al K^+ , en el yeyuno e íleon el flujo neto va de la luz a la sangre. En el colon suele producirse una secreción neta de K^+ . Los movimientos se producen por difusión.

NUTRICIÓN

La energía necesaria para mantener la organización de los animales procede de la degradación de grandes moléculas, sintetizadas originalmente por las plantas. Los alimentos suministran energía, vitaminas, sales, agua, y algunos otros elementos. La ingesta está regulada por la sensación de hambre y sed, pero además los hábitos alimenticios están influidos por la tradición. Probablemente nuestros antepasados tenían más ocasiones de pasar hambre que de comer en exceso, lo que puede explicar el hecho de que los mecanismos para evitar un exceso de alimento son menos eficaces que los que desencadenan el acto de comer.

Composición y función de los alimentos

La mayor parte del alimento que ingerimos se emplea como fuente energética, y sólo una pequeña cantidad es destinada a fines estructurales.

Las proteínas están formadas por aminoácidos y su misión principal es la formación y reparación de estructuras del organismo. Nuestro organismo no puede sintetizar determinados aminoácidos (aminoácidos esenciales), por lo que deben de ser suministrados por la dieta. Los aminoácidos no se almacenan en grandes cantidades en el organismo, por lo que es necesario ingerir una mezcla apropiada en cada comida; esto sucede de manera natural si se comen productos animales, pero necesita cierta planificación si la dieta es exclusivamente vegetariana.

Los carbohidratos son principalmente fuentes de energía, pero también sirven como elementos estructurales. La mayoría de nuestros carbohidratos proceden del almidón sintetizado por los vegetales.

Las grasas tienen la misión principal de proporcionar energía. Hay un número de ácidos grasos que no pueden ser sintetizados por el organismo y han de tomarse en la dieta (ácidos grasos esenciales). La grasa de los alimentos puede ser visible (en capas en la carne, en los aceites, etc) o bien estar oculta en forma de pequeñas gotitas. Los métodos actuales de cría de animales favorecen la producción de alimentos con grasa oculta, lo que explica en parte el alto contenido en grasa de la dieta del mundo occidental.

La energía se obtiene mediante la degradación de proteínas, grasas y carbohidratos. Para los animales es muy importante el poder almacenar energía para los tiempos de escasez. La grasa suministra más energía por gramo que las proteínas y carbohidratos, por lo que es la forma más económica de almacenar el combustible. En los músculos y en el hígado se almacena una pequeña cantidad de carbohidratos en forma de glucógeno, pero no se almacenan proteínas. En los casos de ayuno prolongado la fuente de proteínas se obtiene mediante la degradación de las proteínas estructurales, por eso los músculos pueden perder una gran cantidad de masa.

Las vitaminas son sustancias orgánicas necesarias en pequeñas cantidades para el buen funcionamiento del organismo y que éste no puede sintetizar, por lo que se necesita adquirirlas con la dieta. Su estructura química es muy diversa y su acción sobre el metabolismo celular suele ser muy específica.

Las sales más importantes de la dieta son Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} . Una dieta natural contiene mucho K^+ pero poco Na^+ , por eso en las sociedades primitivas la sal era una sustancia muy cotizada. El ser humano moderno es casi un adicto del ClNa, circunstancia que parece estar relacionada con la alta incidencia de la hipertensión.

Características generales de las hormonas

El sistema endocrino es un sistema de **control y comunicación** que, en general, regula las actividades del organismo de una manera más lenta que el nervioso y sus efectos son más generales. Es un sistema de transmisión de señales intercelulares. Existen células endocrinas específicas, generalmente agrupadas en glándulas, que responden a las alteraciones del medio secretando sustancias químicas denominadas **hormonas**. Las hormonas se secretan en concentraciones extremadamente bajas, y son reconocidas en los órganos efectores por células diana específicas. Por lo tanto, las hormonas son moléculas transmisoras de información.

Las principales funciones hormonales pueden dividirse en dos tipos:

- función **homeostática**: se encargan de mantener constantes ciertos parámetros fisiológicos, regulando el metabolismo y los líquidos corporales. Su secreción suele estar regulada por mecanismos de **retroalimentación** negativa: en respuesta a la acción hormonal, las células diana se comportan en sentido opuesto a la alteración que provocó la secreción de la hormona, con lo que se restaura la situación normal del organismo.
- el sistema endocrino ayuda a iniciar, mediar y regular los procesos de crecimiento y desarrollo sexual.

Existen varios mecanismos de transmisión de señales intercelulares a través de moléculas hormonales:

- **función endocrina**: la hormona es transportada hasta una diana distante a través de la sangre. Son liberadas por células endocrinas.
- **función neuroendocrina**: el transporte se realiza por axones y por la sangre; se trata de neuronas cuyos axones terminan junto a capilares; su estimulación provoca la liberación de **neurohormonas** a la sangre, la cual transporta la hormona a la célula diana.
- **función paracrina**: transporte por difusión local. Las hormonas son liberadas muy cerca de las células diana, de modo que pueden llegar a ellas difundiendo a través del líquido intersticial. Son liberadas por células paracrinas.
- **función autocrina**: transporte por difusión local. Las hormonas actúan sobre la propia célula de origen u otras idénticas adyacentes, modulando su secreción u otros procesos intracelulares. Son liberadas por células autocrinas.

Según su estructura química las hormonas se clasifican en:

- **peptídicas y proteicas**. Dentro de este grupo se encuentran las hormonas hipotalámico-hipofisarias.
- **derivadas del aminoácido tirosina**. Se incluyen las hormonas catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) y las hormonas tiroideas (tiroxina, triyodotironina).
- **esteroideas**. Los esteroides son moléculas solubles en lípidos que se sintetizan a partir de colesterol (cortisol, aldosterona, andrógenos, estrógenos, etc).

Secreción y transporte por la sangre

Las hormonas hidrosolubles se almacenan en vesículas secretoras en el interior de las células y son secretadas por exocitosis; las hormonas liposolubles se secretan por difusión.

Las hormonas viajan por la sangre de dos maneras:

- libres. Esto ocurre con las que son hidrosolubles (peptídicas, proteicas y catecolaminas).

- unidas a proteínas transportadoras específicas. Se transportan de esta manera la mayoría de hormonas liposolubles (esteroideas y tiroideas).

Es interesante el hecho de que solo pueden reaccionar con las células diana las hormonas libres; por lo tanto, las que viajan unidas a proteínas deben de separarse de éstas para poder actuar. Este sistema de transporte hormona + proteína tiene además la ventaja de que impide que las pequeñas moléculas hormonales sean excretadas en los riñones (no pueden ser filtradas en los glomérulos).

La concentración plasmática de cualquier hormona depende de la velocidad con que sea vertida al plasma y la velocidad con que sea retirada. En general, siempre existe un cierto grado de secreción y hay una constante inactivación por parte del hígado o del riñón. El control de su concentración se ejerce variando la velocidad de secreción.

Acción sobre las células diana

Las hormonas pueden actuar directamente sobre el órgano efector, o bien actuar sobre la liberación de otras hormonas:

- se llaman hormonas **efectoras** a las que actúan sobre el órgano efector.
- hormonas **trópicas** son las que controlan la síntesis y liberación de otras hormonas.

La acción sobre las células diana sigue tres pasos principales:

- 1- la hormona debe ser **reconocida** por la célula diana: existe una interacción específica entre la hormona y **receptores** de la célula. Este reconocimiento puede producirse:
 - en la superficie celular. La hormona reacciona con receptores de la membrana plasmática. Actúan así las catecolaminas y las hormonas peptídicas.
 - dentro de la célula. La hormona entra al interior de la célula por difusión y en el citoplasma o en el núcleo reacciona con receptores específicos. Actúan así las hormonas esteroideas (citoplasma) y tiroideas (núcleo), pues son pequeñas y liposolubles y pueden entrar a la célula por difusión.
- 2- generación de una **señal intracelular**: la unión con el receptor puede provocar:
 - la producción de moléculas específicas, denominadas segundos mensajeros (en las h. hidrosolubles).
 - actuar sobre la expresión de determinados genes, iniciando la síntesis de proteínas (en las h. esteroideas y tiroideas).
- 3- modificación de determinados **procesos intracelulares**. En general las hormonas no inician funciones nuevas en las células, sino que regulan funciones ya existentes, modificando sus velocidades. Por ejemplo, pueden producir cambios:
 - de actividad enzimática, modificando la concentración de ciertas enzimas.
 - en el transporte de sustancias a través de la membrana, los cuales van a producir modificaciones en la fisiología celular.

Los efectos hormonales no suelen ser fenómenos de "todo o nada", sino que existe una curva dosis-respuesta que a menudo presenta una forma sigmoidea. Suele existir un nivel basal intrínseco de actividad celular, independiente de la hormona. Para inducir una respuesta detectable se necesita una concentración umbral mínima hormonal. Si aumenta mucho la concentración se llega a la saturación de los receptores, alcanzándose la respuesta máxima de las células diana.

El hipotálamo y la hipófisis

El hipotálamo y la hipófisis (llamada también glándula pituitaria) forman una unidad funcional, en donde se relacionan el sistema nervioso y el sistema endocrino. En esencia, las neuronas del hipotálamo secretan neurohormonas que son transportadas por la sangre a la hipófisis, en donde influyen sobre la secreción de otras hormonas.

Función hipotalámica

El hipotálamo es una región del sistema nervioso que recibe e integra señales de diversa procedencia (tálamo, sistema límbico, formación reticular, ojos, etc) y que actúa sobre la hipófisis. Por lo tanto, la función de la hipófisis puede estar influida por el ciclo sueño/vigilia, dolor, emociones, luz, etc.

Las neuronas hipotalámicas influyen sobre la hipófisis posterior (o neurohipófisis) y sobre la hipófisis anterior (o adenohipófisis) mediante mecanismos distintos:

- por una parte, existen neuronas cuyos axones contactan directamente con la hipófisis posterior. Las terminaciones de estos axones están rodeadas por un plexo capilar. En estas terminaciones se liberan dos neurohormonas peptídicas: **hormona antidiurética (ADH)** y **oxitocina (OCT)**, las cuales pasan al plexo capilar y son transportadas a la circulación sistémica para actuar sobre células diana distantes.
- las neuronas que influyen sobre la hipófisis anterior finalizan en una región intermedia denominada **eminencia media**. Sus terminaciones también están rodeadas por un plexo capilar. Estas neuronas producen hormonas trópicas: **factores liberadores** y **factores inhibidores**, que regulan el funcionamiento de la hipófisis anterior. El plexo capilar se continúa con una vena porta que desciende hacia la hipófisis, en donde da origen nuevamente a otro plexo capilar. Las hormonas liberadoras e inhibidoras salen del capilar y regulan la secreción de las células endocrinas de la hipófisis anterior. Las hormonas producidas por estas células pasan al plexo y son conducidas por la circulación a células diana distantes.

El denominado eje hipotálamo-hipofisario se encuentra regulado, además de por las instrucciones del SNC, mediante retroalimentación tanto de sus dianas periféricas como de las propias hormonas hipofisarias. Entre sus dianas periféricas se encuentran otras glándulas endocrinas: tiroides, suprarrenales y glándulas reproductivas.

Hipófisis posterior o neurohipófisis

La hipófisis posterior secreta **ADH** y **OCT**.

ADH (o vasopresina). Su principal función es el control de la reabsorción de agua en los riñones. La secreción de ADH depende de la osmolalidad del plasma: la falta de agua eleva la osmolalidad plasmática, que es detectado por neuronas osmorreceptoras del hipotálamo que inducen la liberación de ADH; esto provoca un aumento en la retención de agua, con el resultado de una disminución de la osmolalidad plasmática. El etanol produce su característica diuresis porque inhibe la secreción de ADH.

OCT. Sus funciones principales están relacionadas con la reproducción: estimula la contracción de determinados músculos lisos:

- causa contracción del músculo uterino durante el parto; el estímulo es la distensión del cérvix, que activa mecanorreceptores.
- provoca la eyección de la leche durante la lactancia (estimula el músculo liso de las glándulas mamarias); el estímulo es la succión del bebé, que activa receptores sensoriales del pezón.

Hipófisis anterior o adenohipófisis

La hipófisis anterior produce seis hormonas principales.

- dos de ellas actúan directamente sobre los tejidos efectores: **hormona del crecimiento (GH, somatotropina, STH)**, y **prolactina (PRL)**.
- otras regulan la función de otras glándulas endocrinas:
 - sobre la glándula tiroides actúa la **hormona estimulante del tiroides (TSH)**
 - sobre las glándulas suprarrenales actúa la **hormona adrenocorticotropa (ACTH)**.
 - sobre las gónadas actúan la **hormona luteinizante (LH)** y la **hormona folículoestimulante (FSH)**.

GH. Tiene efectos sobre el crecimiento y sobre el metabolismo general:

- en los individuos en desarrollo estimula el crecimiento de la mayoría de tejidos, determinando el tamaño. Esto lo consigue de varias maneras: controla el desarrollo de los músculos, cartílagos y huesos; estimula la mitosis; regula la concentración de iones; etc.
- en los adultos modula el metabolismo y la composición corporal: por ejemplo, aumenta la síntesis de proteínas; promueve la movilización de grasas para obtener E, disminuyendo la utilización de carbohidratos. Así, durante el ayuno y en los intervalos entre comidas cae la [glucosa] en el plasma, lo que estimula la secreción de GH: esto hace derivar la utilización de los hidratos de carbono como fuente de energía hacia la utilización de grasas para el mismo fin. Por el contrario, el aumento de la [glucosa] en el plasma hace disminuir la producción de GH.

La secreción de GH depende de muchos factores, que actúan finalmente sobre dos hormonas reguladoras del hipotálamo: la **hormona liberadora de la hormona del crecimiento (GHRH)**, que aumenta la secreción de GH, y la **somatostatina**, que es un potente inhibidor de su liberación.

PRL. Estimula el desarrollo mamario y la producción de leche. Su secreción aumenta durante el embarazo; después del parto su secreción aumenta por estímulo del pezón durante la lactancia. Está controlada por hormonas hipotalámicas: existen varios factores excitadores que aumentan la liberación de PRL; por el contrario, el principal factor inhibidor es la **dopamina**.

No está claro si la PRL cumple alguna función en el varón.

Para la próxima clase debes:

- leer el texto y tratar de comprenderlo.
- comprender los distintos procesos que sufre el alimento en su recorrido por el tracto digestivo.
- conocer el papel de los distintos jugos digestivos.
- diferenciar y comprender los distintos procesos de digestión y absorción.
- comprender los pasos de la acción hormonal sobre las células diana.
- comprender las interacciones del sistema hipotálamo-hipófisis.