

## **Tema 25: Generalidades sobre la digestión y el aparato digestivo**

### *Características generales*

El alimento penetra en la boca, la cual está limitada en la parte anterior por los labios, lateralmente por los carrillos, el techo está constituido por el paladar y el piso por la lengua, por músculos y por el borde del maxilar inferior. La mayoría de las estructuras que forman parte de la boca están compuestas por una membrana mucosa y esta mucosa está constituida por epitelio plano estratificado y en ella existen numerosas terminaciones sensitivas. En la boca además de la lengua tenemos las encías, los dientes y las terminaciones de las glándulas salivares.

Una vez que el alimento ha sido triturado y ensalivado en la boca pasa hasta la faringe a través de lo que conocemos como fauces mediante un acto que se conoce como deglución. Las fauces son una abertura angosta, y a cada lado de esta abertura están situadas las amígdalas y es el punto de origen de lo que conocemos como faringe. La faringe es un tubo muscular y está recubierto por una membrana epitelial con células mucosas. Desde la faringe el alimento pasa al esófago, que también es un tubo muscular aplanado y cuya pared presenta cinco capas (de más interna a más externa):

- Mucosa.
- Muscular mucosa.
- Submucosa: aquí hay un plexo nervioso, el plexo de Meissner que encontraremos en todo el sistema digestivo.
- Muscular externa: plexo mientérico o de Auerbach que también encontramos en todo el sistema digestivo.
- Capa adventicia (es una capa serosa).

El esófago también contiene glándulas que sólo poseen carácter secretor mucoso de protección. Una vez terminado el esófago, el alimento pasa al estómago a través de un esfínter que es el cardias. El estómago es la parte más dilatada del tubo digestivo. Sirve para digerir y almacenar los alimentos y su pared está formada por las mismas cinco capas que encontrábamos en el esófago. Desde el estómago el alimento pasa al intestino delgado a través de un esfínter que es el píloro. El intestino delgado lo podemos dividir en:

- Duodeno
- Yeyuno
- Íleon

Desde el intestino delgado pasa al intestino grueso que se divide en;

- Colon ascendente
- Colon transverso
- Colon descendente
- Colon sigmoideo
- Recto
- Ano

En la digestión también intervienen otras estructuras como son el hígado y el páncreas. La finalidad de la digestión es transformar los alimentos en los componentes más elementales para que puedan ser absorbidos y que puedan ser transportados a las células para aportarles materia y energía. Por lo tanto el objetivo de las funciones digestivas es tomar la materia del exterior y hacerla absorbible. Los procesos digestivos por lo tanto los podemos clasificar en ingestión, digestión, absorción y excreción y para la realización de estos procesos digestivos se combinan en nuestro organismo dos tipos de mecanismos:

- Mecanismos mecánicos que sirven para triturar y conducir el alimento

- Mecanismos químicos que rompen los alimentos en estructuras más sencillas y permiten la absorción de estos alimentos. En éstos intervienen las secreciones digestivas y los procesos enzimáticos.

Ambos tipos de mecanismos están coordinados. Esta coordinación se debe al control nervioso y hormonal. El proceso esencial de la función digestiva es la absorción que se realiza a nivel duodenal. De modo que los procesos mecánicos y químicos van a actuar con una frecuencia determinada en las distintas partes del aparato digestivo para que esta absorción sea efectiva y se realice.

## **Tema 26: Salivación. Secreción, composición, funciones y mecanismo de control. Masticación y deglución.**

### *Masticación, salivación y deglución*

En la boca el alimento es triturado con ayuda de los dientes (algunos tienen función de cortar); muelas (triturar) y músculos. La masticación tiene gran importancia en la digestión de frutas y verduras frescas (crudas), porque en las paredes de frutas y verduras está presente la celulosa, y como el hombre carece del enzima celulosa que rompe estas paredes de celulosa, la única forma de triturar es la masticación. En la boca, el alimento además de ser masticado se mezcla con la saliva, formándose así el bolo alimenticio. La saliva es el producto de secreción de tres tipos de glándulas que son:

- Parótidas: son glándulas serosas típicas situadas delante del canal auditivo externo y vierten sus productos a nivel de los maxilares superiores (molares superiores).
- Submaxilares: son glándulas mixtas, con predominio de secreción serosa. Están situadas en la cara interna del maxilar inferior.
- Sublinguales: son glándulas mixtas, con predominio de secreción mucosa. Están situadas debajo de la lengua.

La saliva presenta dos tipos:

- Saliva mucosa: líquido viscoso, alto contenido en mucina y poca ptilina.
- Saliva serosa: es más fluida. Rica en ptilina ( $\alpha$ -amilasa), interviene en la formación de hidratos de carbono.

### **La saliva**

Su composición total es agua, mucina, ptilina, cloruro sódico, bicarbonato, albuminoides, sulfocianato potásico, lisozima, y otros de menor importancia. Las glándulas salivares están segregando saliva continuamente, aproximadamente a razón de 15 cm<sup>2</sup> cada hora, pero esta secreción aumenta cuando hay un estímulo adecuado. La saliva no sólo tiene función digestiva, sino que permite el habla y ayuda a la deglución. Los estímulos para la formación de saliva, nacen en tres lugares diferentes, por eso hablamos de tres etapas de formación de la saliva:

#### *Etapas de formación de la saliva*

La secreción salivar aumenta sólo con pensar, mirar u oler un alimento. Por lo tanto la secreción se debe a un reflejo condicionado que se produce sin un estímulo adecuado, pero al mismo tiempo existe otro reflejo que es el reflejo innato de salivar, en este caso la secreción salivar se produce sin intervención de la corteza cerebral, y su centro está en el bulbo, en concreto, en la formación reticular del 4º ventrículo. Las glándulas salivares están inervadas por el sistema simpático y

parasimpático, teniendo los dos sistemas funciones antagónicas (a nivel de glándulas salivares). De hecho el sistema simpático tiene función inhibitoria, y el parasimpático estimuladora.

#### *Etapa bucal*

Se produce cuando el alimento penetra en la boca, pero depende de influencias de tipo psíquico. El centro de secreción de esta etapa reside en el centro salivar.

#### *Etapa gastrointestinal*

Tiene lugar cuando el alimento llega al estómago e incluso al intestino.

### **Deglución**

Una vez que el alimento lo hemos triturado y ensalivado ocurre la deglución, que consiste que el bolo alimenticio mediante la lengua que mecánicamente se dirige hacia arriba y hacia atrás va a ser impulsado hacia la faringe. Es un movimiento voluntario y en él participan tres músculos: hioideo, estiloso y patogloso. El bolo alimenticio no puede pasar a las estructuras respiratorias porque lo impide la epiglotis, y tampoco puede pasar a las estructuras nasales porque lo impide el paladar. El bolo alimenticio mediante la contracción de la musculatura faríngea va hacia el esófago y en él, el alimento va a progresar hacia el estómago mediante movimientos peristálticos de la musculatura esofágica.

El alimento para entrar en el estómago tiene que atravesar el esfínter cardias, el cual se mueve por la inervación del vago que lo inhibe y del simpático que lo excita. Es un esfínter que una vez que deja pasar el alimento se cierra (excepto que exista una hernia). En el estómago el alimento sigue moviéndose y mezclándose con los jugos digestivos mediante las relajaciones y contracciones de las paredes del estómago. La deglución puede realizarse en contra de la gravedad, aunque existen alimentos que en condiciones normales descienden al estómago por gravedad. La deglución la dividimos en tres etapas:

1. Etapa oral (desde la boca a la orofaringe): voluntaria
2. Etapa faríngea (orofaríngeo-esófago): involuntaria (está controlada por el centro de la deglución situado en el bulbo)
3. Etapa esofágica (esófago-estómago): involuntaria (está controlada por el centro de la deglución situado en el bulbo)

### **Temas 27 y 28: Digestión en el estómago**

El estómago no es un órgano indispensable para la vida tiene gran capacidad de regeneración y su función es reducir los alimentos a una masa semifluida llamada quimo, para que pueda pasar al duodeno. Tiene forma de fuelle de gaita.

Presenta un esfínter que lo separa del esófago, es el cardias, luego viene la parte superior, es el fundus, y la parte central que es el cuerpo del estómago. Todo esto forma la punta pilórica, se divide en:

- Antro: zona muscular.
- Píloro: esfínter tubular que tiene musculatura circular y que se abre al duodeno.

El estómago cuando está vacío es una cavidad virtual, excepto en el fundus, que es una parte siempre llena de aire. Ese aire del fundus forma la cámara gástrica que es lo que mantiene el tono postural del estómago. Cuando el alimento penetra en el

estómago la musculatura longitudinal empieza a relajarse mediante un mecanismo reflejo y a esta relajación se le llama relajación de adaptación.

### **Movimientos del estómago**

El estómago siempre está en movimiento y podemos distinguir movimientos cuando está vacío y movimientos cuando está lleno. En los periodos de ayuno se producen tres tipos de movimientos:

- Contracciones intensas: pueden variar de grado pudiendo ser tan intensas que se produzca la sensación dolorosa del hambre. La gráfica de estos períodos es la siguiente:



- Variaciones de tono: simplemente es un cambio en el grado de contracción y relajación de la musculatura del estómago. Se han medido y como resultado da la siguiente gráfica rítmica:



- Quietud relativa: recibe este nombre porque aparentemente el estómago no se mueve, pero se han medido y se ha visto que se producía una gráfica:



Estos tipos de movimientos son sucesivos y se suceden mientras no existe alimento en el estómago. Cuando el estómago empieza a llenarse, en el cuerpo y en el antro se producen movimientos peristálticos. Estos se suceden a intervalos de pocos segundos, la duración de cada onda peristáltica también es de segundos, y se suceden mientras existe alimento en el estómago. Sólo el fundus parece inactivo.

Cuando el alimento está en condiciones las ondas peristálticas hacen avanzar el alimento hacia el píloro donde se produce su evacuación, pero esto solo se realiza cuando el alimento está en el canal adecuado y el tiempo de vaciamiento depende del tono, de la motilidad, de la mayor o menor concentración del ácido clorhídrico y de la naturaleza del alimento. Los HC se vacían antes, luego las proteínas y después las grasas (en su tiempo de vaciamiento intervienen factores nerviosos y hormonales). Además existe una hormona que es la enterogastrona, que influye sobre el vaciamiento retardándolo, también existen otras dos hormonas con influencia segregadas por la pared gastrointestinal que son la colecistocinina y la secretina.

### **Inervación**

Está inervado mediante 2 plexos: Meissner y Auerbach. Pero además están inervados directamente por el sistema nervioso simpático y parasimpático, con funciones variadas sobre el píloro y toda la punta pilórica.

De hecho, el vago (parasimpático) es excitador a este nivel, y el neurotransmisor es la acetilcolina. El simpático es inhibitorio y los neurotransmisores son la adrenalina, la atropina y la simpatina. Además el píloro es una zona efectora de impulsos, tiene su origen en el hipotálamo. El esfínter pilórico es un músculo autónomo que se contrae en ausencia de toda inervación, pero está inervado por el simpático y parasimpático. El píloro no es el único causante del vaciamiento, también interviene la diferencia de presión entre el estómago y el duodeno, y la naturaleza de los alimentos.

### **Jugo gástrico**

El estómago está tapizado por células epiteliales cilíndricas y en estas células están intercaladas glándulas unicelulares productoras de mucus, es el producto que forma la mucosa gástrica y protege la pared del estómago. Pero además existen glándulas de tipo tubular que son las que van a formar el jugo gástrico. Estas glándulas tubulosas son de tres tipos:

- **Cardíacas:** están situadas en la proximidad del cardias, son glándulas tubulosas compuestas y segregan mucus.
- **Pilóricas:** están situadas en el píloro. Son glándulas cortas, pero con tubo secretor largo, y segregan un líquido alcalino rico en mucus, pobre en ácido clorhídrico y enzimas que tienen fundamentalmente una función neutralizadora de la acidez del jugo gástrico. En ellas encontramos dos tipos de células: las células G, que segregan gastrina y las células mucosas, que son las que segregan mucus, ión bicarbonato y una pequeña cantidad de pepsinógeno.
- **De cuerpo gástrico y fundus:** también llamadas glándulas oxínticas. Son tubulosas y en sus alvéolos intercalan tres tipos de células: células mucosas, células parietales y células principales. Las células principales de estas glándulas segregan pepsinógeno que es un proenzima pero que se va a transformar en pepsina, enzima activo por acción del ácido clorhídrico segregado por las células parietales. Las células parietales segregan además de ácido clorhídrico, factor intrínseco que es una sustancia imprescindible para la absorción de vitamina B<sub>12</sub> a nivel del intestino.

Todo el conjunto de sustancias segregadas por las glándulas del estómago es lo que llamamos jugo gástrico. No solo el alimento es capaz de originar el jugo gástrico, sino que en su secreción intervienen factores nerviosos, hormonales y químicos. Se segregan aproximadamente tres litros al día de jugo gástrico.

Es un líquido incoloro, fuertemente ácido, su pH está entre 0,9 - 1,6. Su densidad es aproximadamente 1 y su punto crioscópico o punto de congelación es de -0,53 °C.

Composición del jugo gástrico: agua, mucus, HCl, factor intrínseco, enzimas (pepsina, derivada del pepsinógeno; catepsina, lipasas, amilasas, ureasa gástrica y cuajo).

### **Jugo pancreático**

Es el secretado por la porción exocrina del páncreas. Diariamente se segrega entre 1200 - 2000 ml. Es un líquido rico en bicarbonatos y enzimas. Tiene un pH básico entre 8 - 8,4. Su presión osmótica es similar a la de la sangre. Es un líquido viscoso, transparente y con brillo.

Tiene muchos enzimas que son importantísimos para la digestión de proteínas, hidratos de carbono, grasas y demás compuestos. Pero la mayor parte de estos son secretados de forma inactiva (zimógenos) porque sino el propio páncreas sería digerido. Su composición es:

- Agua
- Cationes;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$
- Aniones; ión bicarbonato,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  y fosfato
- Albúmina
- Globulina
- Enzimas, la mayor parte zimógeno.
- La serie de enzimas; Tripsinógeno y junto con la enteroquinasa (enzima segregada por la mucosa intestinal), obtenemos tripsina (enzima activa).

La tripsina actúa sobre proteínas, rompiendo enlaces peptídicos y produciendo polipéptidos más pequeños y algunos aminoácidos libres. Actúa preferentemente sobre la arginina y lisina (aminoácidos). Las procarboxipeptidasas, las hay A y B. Es un proenzima que por acción de la tripsina, se transporta en carboxipeptidasas A y B (enzimas activos). Actúan sobre péptidos. Las A, a nivel del carbono terminal y la B sobre los aminoácidos arginina y lisina.

La profosfolipasa, por acción de la tripsina se transforma en el enzima activo fosfolipasa-A (que actúa sobre fosfolípidos). El quimotripsinógeno, por acción de la tripsina se convierte en el enzima activo quimotripsina. También actúa sobre péptidos. Sobre todo sobre triptófano, Fenilalanina y el aminoácido tiroxina. Además es capaz de coagular la leche. La proelastasa por acción de la tripsina se transforma en elastasa (actúa sobre proteínas fibrosas). El páncreas secreta también los siguientes enzimas:

- nucleasas: ribonucleasas y desoxiribonucleas. (actúan sobre AND y ARN).
- $\alpha$ -Amilasa pancreática: actúa sobre almidones y otros hidratos de carbono.
- Lipasa pancreática: actúa sobre grasas. Para que actúen tienen que existir en presencia de la bilis.

### Secreción pancreática

Está regulada por factores nerviosos y neurohormonales, estos últimos son los determinantes de la actividad secretora del páncreas. Existen unos reguladores químicos:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• CCK</li> <li>• Gastrina</li> <li>• Acetilcolina</li> <li>• Sustancia P</li> <li>• Secretina</li> </ul>        | } | Aumenta la secreción de enzimas pancreáticos y de líquido rico en Cl |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polipéptido interno vasoactivo</li> <li>• PIH (péptido, histelina, isoleucina)</li> <li>• Insulina</li> </ul> | } | Aumenta la secreción de líquido rico en bicarbonat                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enzimas.</li> <li>• Factor de crecimiento (IGF)</li> </ul>  | } | Aumenta la síntesis y secreción de somatostatina*                    |

\*Somatostatina: inhibe la secreción de las células acinares y ductales.

### Regulación de la secreción gástrica

Como en el caso del estómago, el proceso de secreción y digestión lo podemos dividir en tres fases:

- **Cefálica:** las células acinares y los músculos lisos de los conductos y vasos sanguíneos, están inervados por fibras eferentes vagales. La estimulación de estas fibras provoca la liberación de gránulos de zimógeno. La visión del alimento, el olor y el sabor provoca la estimulación de la actividad vagal. Además, una pequeña cantidad de la secreción pancreática de esta fase está mediada por la gastrina, liberada en respuesta a la estimulación vagal.
- **Gástrica:** la gastrina es la responsable principal de la secreción pancreática en esta fase. La gastrina se secreta en respuesta a la distensión del estómago y a la presencia de aa y péptidos en el antro, pero además, la distensión provoca también un reflejo, y a través de él, aumenta la secreción de gastrina.
- **Intestinal:** representa el 70% de la secreción pancreática. Se produce en respuesta a la CCK y a la secretina fundamentalmente, son secretados por la mucosa de la porción superior del intestino delgado, se secretan cuando esta mucosa es bañada por ácidos grasos, péptidos y por el ácido del jugo gástrico. La CCK, aumenta la producción de líquido rico en enzimas y la secretina aumenta la producción de líquido rico en  $\text{HCO}_3^-$ .

### Secreción de la bilis

Su secreción es una de las múltiples funciones que posee el hígado. La bilis se produce continuamente en las células parenquimatosas hepáticas. Pasa continuamente a los canalículos biliares intrahepáticos, que son de pequeño calibre. Estos canalículos se vacían en conductos biliares terminales, que cada vez se vuelven mayores hasta alcanzar el canal hepático y de ahí al colédoco.

Desde este van a la vesícula biliar, donde se deposita, o al duodeno directamente y entra en la vesícula biliar por él. En la desembocadura del colédoco hay el esfínter de Oddi, que regula el vaciamiento o retención de la bilis. No se vierte continuamente al duodeno sino que se almacena en la vesícula biliar. La vesícula biliar también tiene funciones de reabsorción de  $\text{H}_2\text{O}$  y secreción de mucus.

Las sustancias segregadas se van a condensar, de ahí que podamos hablar de diferentes tipos de bilis dependiendo de la zona: en los *conductos hepáticos* es de tono claro y su densidad es de 1,008 y su pH es alcalino neutro; en el *colédoco* es amarilla (concentración de los pigmentos biliares); en la *vesícula* es verdosa, su densidad es de 1,005 y su pH puede ser incluso ácido. Su composición es:

- Agua
- Aniones (Na) y cationes (Cl y  $\text{HCO}_3^-$ )
- Mucina (sustancia mucosa)
- Sales biliares, sobre todo bilirrubina y biliverdina.
- Pigmentos biliares.
- Lecitina, segregada por la bilis, participa en la emulsión de grasas.
- Colesterol, segregado por la bilis. Una parte del colesterol segregado es reabsorbido y otra se excreta por las heces.

Las sales biliares son mezclas complejas de taurocolatosódico y glicocolatosódico. El primero se produce por la unión de los ácidos cólicos con la taurina y Na. El segundo, de los ácidos cólicos con la glicocola más el Na. Los *ácidos cólicos* provienen del metabolismo del colesterol, la *taurina* del metabolismo de la cistina y la *glicocola* de distintas rutas metabólicas.

### *Funciones de la bilis*

- Facilitar en el duodeno la emulsión de grasas y la solubilidad de sustancias insolubles en agua. Una vez completada su función se vuelve a reabsorber por la pared intestinal, y a través de la circulación enterohepática (vena porta) va de nuevo al hígado. La reabsorción de sales es casi completa y estas son antipáticas (según región hidrofóbica o hidrofílica) y forman micelas.
- La bilis tiene un papel esencial en la digestión de grasas. Las lipasas no pueden actuar si no hay jugo biliar.
- Además influye en la motilidad intestinal.
- Es indispensable en la absorción de vitaminas liposolubles y carotenos.
- Posee una función antiséptica y bactericida.

### *Regulación*

La salida de bilis al duodeno es provocada fundamentalmente por la llegada de los alimentos, sobre todo por los que se consideran colestéticos (los que estimulan la secreción biliar). Su secreción no depende del SN, si bien el nervio vago la estimula y el simpático la inhibe. Los alimentos que estimulan el esfínter de Oddi, son fundamentalmente las grasas, luego las proteínas y en menor cantidad los HC.

Existe una sustancia hormonal, la CCK, que regula la secreción biliar, estimulando el vaciado de la vesícula. El factor primario en la producción de bilis hepática es el regreso de las sales biliares a los hepatocitos a través de la circulación enterohepática. En menor medida, la formación de bilis está regulada estimulada por la secretina, glucagón y gastrina.

### **Jugo intestinal o entérico**

Es producto de la secreción de una serie de glándulas que se encuentran en el intestino delgado. Dentro de estas glándulas tenemos las células epiteliales de las criptas de Lieberkühn que segregan entre 2 y 3 litros por día de un líquido digestivo.

Estas criptas se localizan en toda la superficie de la mucosa intestinal excepto duodeno, pero en el duodeno se encuentran las glándulas de Brunner, que segregan también grandes cantidades de un líquido alcalino muy rico en mucus y es viscoso. Estas secreciones intestinales una vez que han cumplido su función son rápidamente reabsorbidas por las vellosidades y en ausencia de restos celulares de jugo intestinal no contiene prácticamente enzimas, excepto enteroquinasa que transforma el tripsinógeno en tripsina y una pequeña cantidad de enzimas digestivos que probablemente transforman los alimentos durante la absorción.

Además, estas células se desintegran continuamente y por lo tanto sus enzimas pasan a la luz intestinal. Estas células se llaman células de Brass-Border o células del borde en cepillo. En el intestino delgado podemos encontrar peptidasas que transforman polipéptidos en aminoácidos, amilasas que transforman polisacáridos en disacáridos, lactasa, sacarasa, maltasa, isomaltasa que transforma el disacárido en monosacárido, lipasas intestinales.

### *Regulación del jugo intestinal*

Hay dos tipos de regulación del jugo intestinal, una nerviosa y otra hormonal:

- Nerviosa: mediante reflejos locales en los que intervienen los plexos nerviosos del intestino.

- Hormonal: se debe a prostaglandinas endógenas, la gastrina, secretina y a la CCK, que regulan la mayor o menor secreción del jugo intestinal.

El tiempo de permanencia del alimento en el intestino es de 3 horas y al cabo de ese tiempo el contenido intestinal pasa a través del esfínter ileocecal al intestino grueso. La función de este esfínter es retardar el paso del alimento, facilitando así la absorción, pero al mismo tiempo, evita el flujo retrógrado de materias fecales del intestino grueso al delgado. La pared intestinal también segrega: lisozima y una serie de hormonas (somatostatina, serotonina, secretina, colecistocimina (CCK), neurotensina).

## **Tema 29: Motilidad del intestino grueso. Secreciones y defecación.**

Al intestino grueso llega una masa semilíquida que se enfrenta a nivel del colon a dos funciones que posee el colon:

- Absorción de agua y electrolitos.
- Almacén de productos residuales de la digestión, formando con ello heces que van a ser acumuladas hasta el momento de la defecación.

El intestino grueso está inervado en la parte proximal por el vago y por el simpático y en la parte distal por el nervio pélvico y el simpático. También hay secreciones, pero son solo mucosas (no digestivas). De ahí, que la secreción sea espesa y alcalina (pH de 8,4) sin enzimas y con gran cantidad de moco.

Este moco es secretado por las células calciformes. Sirve para proteger al colon de los jugos digestivos, de los ácidos formados por la actividad bacteriana normal y para lubricar y almacenar (unir) las materias fecales. Cuando existe irritación del colon, el intestino grueso produce la secreción de grandes cantidades de agua y electrolitos. El intestino grueso también presenta motilidad y estos movimientos son de dos tipos:

1. Movimientos de Propulsión:
  - Movimientos masivos del colon: ocurren entre 2 o 3 veces al día. Son ondas peristálticas fuertes y rápidas que tienen como misión impulsar el contenido intestinal hacia el recto. Estas ondas se deben a la actividad del plexo nervioso mientérico.
  - Movimientos peristálticos de corto alcance: son movimientos peristálticos de menor longitud. Tienen como función impulsar el contenido intestinal en dirección al ano.
2. Movimientos de mezclado en el intestino grueso: son movimientos transversos anulares de segmentación y la función principal es amasar y girar las heces con el fin de que se pueda absorber el 70 % del agua que contienen. Pero además estos movimientos impulsan el contenido intestinal hacia el recto.

En el intestino grueso, hay una flora bacteriana normal que está en simbiosis con nosotros. Hay dos tipos:

- Anaerobia: clostridium y bacteroides.
- Aerobia: enterobactico.

### *Funciones de la flora bacteriana*

- Producen la putrefacción de proteínas.
- Participan en la síntesis de vitamina B<sub>12</sub> (tiene poco valor, porque esta vitamina normalmente se excreta), K, tiamina y riboflavina.
- Rompen la vitamina C y el ácido nicotínico.
- Provocan la fermentación de hidratos de carbono (sobre todo de celulosa).
- Forman los gases que producen la flatulencia cólica, normalmente son gases de tipo ácidos grasos de cadena corta.
- Impide el crecimiento de una flora bacteriana patógena.
- Provoca la conversión de la bilirrubina en urobilinógeno.

Las heces formadas no son restos de alimentos, excepto los celulósicos, sino que son restos de los jugos secretados, bucolitos, bacterias (2/3 del volumen), agua (65%), N (59%), cationes (hierro y magnesio) y pequeños restos de grasas y polisacáridos. El color de las heces se debe a la estercobilina, y el olor a sustancias odoríferas producidas en los procesos microbianos. Las sustancias odoríferas, varían con la alimentación del individuo, pero las más frecuentes son: índoles, escatoles, mercaptanos e hidrógeno.

### **Defecación**

Hay dos esfínteres anales: el interno, inervado por el simpático y parasimpático y es involuntario; y el externo, voluntario.

La constricción tónica del músculo liso del esfínter anal interno, así como la contracción voluntaria del músculo estriado del esfínter anal externo, es lo que retiene la materia fecal en el recto. Hay un reflejo que es el reflejo de la defecación, que actuando conjuntamente con otro reflejo en el que participan segmentos sacros de la médula es lo que va a provocar la necesidad de defecar.

En niños y en adultos con incontinencia fecal, la defecación se produciría en ese momento, pero en adultos, la defecación se produce cuando acompañando a estos reflejos existe apertura voluntaria del esfínter anal externo. En el momento de la defecación esta expulsión está favorecida por el "acto de empujar", que consiste en la contracción voluntaria de la pared abdominal. Cuando el recto se llena de heces, el esfínter anal interno se abre voluntariamente y se genera el reflejo de defecación. Este reflejo va por dos vías:

- Vía Parasimpática.
- Vía a través de fibras nerviosas sensitivas: transportan información sobre la distensión del recto. En este momento, mediante inervación de la corteza, una motoneurona envía una respuesta al esfínter anal externo, que se abre y se produce el acto de defecar. Pero en adultos sino es el momento adecuado no se produce la apertura del esfínter anal externo, sino que se mantiene cerrado voluntariamente y el reflejo de defecación se inhibe hasta que se produzca un nuevo estímulo a nivel del recto.

## **Tema 30: Digestión y absorción de los distintos alimentos en el tubo digestivo**

### **Absorción**

La absorción es la penetración en el medio interno de sustancias a través de procesos físico-químicos. Esta penetración ocurre a través de la pared intestinal y no se verifica en igual cantidad de todas las sustancias, sino que hay cierta selectividad. Esta selectividad se debe a que la entrada en el medio interno se realiza a través de la pared del tubo digestivo. Esta pared está formada por células

de naturaleza lipoproteica. Algunas sustancias necesitan un transportador y otras en cambio no, por lo tanto la velocidad de transporte también varía para las diferentes sustancias. Toda sustancia que atraviesa la pared intestinal va a ser recogida por el sistema porta o el sistema linfático.

### 1. *Absorción de agua y electrolitos*

La mucosa intestinal absorbe prácticamente la totalidad del agua y electrolitos disueltos que han sido segregados por las distintas glándulas que vierten su contenido en el tracto gastrointestinal. Del mismo modo también se absorbe la mayor parte del agua y electrolitos que hemos ingerido.

Esta absorción se llama absorción hidroelectrolítica y es desarrollada por el mecanismo de transporte activo del sodio. Este mecanismo arrastra de una manera pasiva aniones y agua, pero dentro de la absorción de electrolitos hay que señalar específicamente el calcio y el hierro, porque son dos iones que se absorben incompletamente bajo control hormonal e intraluminal.

La absorción de calcio está regulada por la actividad de una hormona paratiroidea a través de un metabolito de la vitamina D, llamado calciferol. La absorción de hierro está regulada por la eritropoyetina. El hierro se absorbe en estado ferroso, en cambio mucho hierro de la dieta se encuentra en estado férrico, y pasa a estado ferroso por acción de la vitamina C.

### 2. *Absorción de carbohidratos*

Un adulto ingiere diariamente y en promedio de 250 g. de hidratos de carbono y sobre todo en forma de almidón. El almidón es atacado por la ptialina de la saliva, pasando gran parte a disacáridos. Estos y el almidón son digeridos en el estómago y continúa su reducción en el intestino delgado, mediante las amilasas, transformándose totalmente en disacáridos. Los disacáridos son atacados por los enzimas sacarosas, sucrasas, maltosas, isomaltosas y lactosas, formándose el monosacárido correspondiente, que ya puede pasar al torrente circulatorio.

Algunos monosacáridos como glucosa y galactosa se absorben por transporte activo que depende del sodio y el resto de monosacáridos y derivados se absorben por transporte pasivo. La absorción de monosacáridos suele ser rápida y el lugar principal de absorción es el duodeno y parte proximal del yeyuno.

### 3. *Absorción de proteínas*

Las proteínas son necesarias en la dieta para mantener el equilibrio nitrogenado. Son largas cadenas de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. La digestión de proteínas se inicia en el estómago mediante la pepsina que rompe enlaces peptídicos originando polipéptidos de diversos tamaños.

Los polipéptidos, en el intestino delgado son atacados por la tripsina, quimiotripsina, lactasas, carboxipeptidasas, elastasas, y otras peptidasas, que siguen rompiendo los enlaces y dan moléculas más pequeñas de péptidos. En este estado algunos ya pueden ser absorbidos, pero la gran mayoría pasa a aminoácidos por acción de las peptidasas intestinales. Los A-aminoácidos se absorben más rápido que los D-aminoácidos y se absorben en el duodeno e íleon y no se suelen acumular en la luz intestinal.

El transporte de aminoácidos es normalmente por transporte activo. Los transportadores necesitan unirse con el  $\text{Na}^+$ . Los aminoácidos compiten con los monosacáridos para su absorción. Los aminoácidos una vez absorbidos son

recogidos por el sistema porta, y de hecho, al poco tiempo de haber comido hay un aumento brusco de aminoácidos en sangre. Este aumento es transitorio y se debe al no acúmulo de estos en la luz intestinal. Un pequeño porcentaje de proteínas ingeridas, pasan sin ser digeridas totalmente al colon y son eliminadas por las heces.

#### 4. *Absorción de nucleótidos*

Son atacados en el intestino delgado por las nucleoxidasas, éstas transforman los nucleótidos en ácido fosfórico y nucleósidos. Los nucleósidos obtenidos son atacados por los enzimas nucleosidasas y éstas rompen los nucleósidos en la pentosa y las bases nitrogenadas (púricas y pirimidínicas). La pentosa se absorbe como cualquier azúcar y las bases se absorben por transporte activo.

#### 5. *Absorción de vitaminas*

Las vitaminas hidrosolubles se absorben rápidamente por transporte pasivo simple, transporte pasivo facilitado y por transporte activo. Para la absorción de las vitaminas liposolubles se necesita la presencia de bilis y jugo pancreático y se absorben por transporte pasivo.

Muchas vitaminas se metabolizan también en la mucosa intestinal, en el transcurso de su absorción, o en el hígado durante su almacenamiento.

#### 6. *Absorción de lípidos*

Ingerimos fundamentalmente triglicéridos, pero también ingerimos pequeñas cantidades de colesterol, ésteres de colesterol y fosfolípidos. Las grasas comienzan a ser digeridas en pequeñísimas cantidades en el estómago por la acción de las lipasas. La digestión esencial de las grasas ocurre en el intestino delgado:

- El primer paso de la digestión de grasas consiste en la emulsión, es la reducción de las gotas de grasa a gotas más pequeñas. Esta emulsión se produce debido a los movimientos del intestino delgado y sobre todo a la bilis y dentro de la bilis es muy importante en la emulsión la lecitina y las sales biliares.
- Después de la emulsión la digestión de triglicéridos tiene lugar mediante la lipasa pancreática, además los enterocitos de la pared del intestino delgado contienen una lipasa intestinal que participa en la digestión de triglicéridos y de este modo los triglicéridos son degradados a ácidos grasos y monoglicéridos.
- Para que los procesos de la digestión de triglicéridos ocurra adecuadamente son necesarias las sales biliares, ya que estas forman micelas (pequeños globos formados por 20-40 moléculas de sales biliares. Disposición: la parte hidrofílica hacia fuera y la hidrofóbica hacia dentro). Para la formación de las micelas, se produce la agregación de los núcleos esteroides de las 20-40 moléculas de sales biliares con las grasas digeridas, lo que permite que la totalidad de la micela se disuelva en el agua de los jugos digestivos, formando una solución estable a pesar de su gran tamaño. De este modo, durante la digestión de los triglicéridos y a medida que se van formando los ácidos grasos libres y los monoglicéridos, las porciones grasas se van disolviendo en la parte central de la micela y por lo tanto la digestión de grasas puede continuar.
- Los ésteres de colesterol y los fosfolípidos son hidrolizados también por otras dos lipasas pancreáticas, que existen en el jugo pancreático, y actúan liberando también ácidos grasos: fosfolipasa (digestión fosfolípidos) y colesterol-éster-hidrolasa (interviene en los ésteres de colesterol).
- Con estas dos sustancias las micelas desempeñan el mismo papel que en el caso de triglicéridos y, de hecho, el papel de las micelas es esencial para la

absorción de colesterol, ya que sin micelas la absorción de colesterol sería prácticamente nula y no así la absorción de triglicéridos.

- La absorción de las grasas se inicia en el duodeno y el 95 % de las grasas ingeridas ya se absorbió a mitad del recorrido del ileon.
- La absorción ocurre porque las micelas transportan a los productos de la digestión de las grasa hasta la superficie de las vellosidades y allí estos productos se difunden inmediatamente a través de las membranas celulares de los entericitos a su interior. Y, en cambio, las micelas permanecen en la luz intestinal. En el interior de los entericitos algunos monoglicéridos son degradados hasta glicerina y ácidos grasos mediante una lipasa intracelular y en el interior de estas células se forman quilomicrones con los triglicéridos reconstruidos, con el colesterol y con fosfolípidos de nueva síntesis. Y en esta forma de quilomicrones el aparato de Golgi los libera y excreta por exocitosis hacia el espacio intersticial y allí son recogidos por el sistema linfático y llevados a la sangre en forma de quilomicrones.
- Sin embargo, una pequeña cantidad de derivados de las grasas se pueden absorber directamente hacia la sangre, pero sólo ácidos grasos de cadena corta y media que no han pasado nuevamente a triglicéridos.