



Las funciones del hígado relacionadas con el metabolismo se exponen con mayor detalle en el Capítulo 25.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

27. Dibuje un diagrama de un lobulillo hepático y mencione sus componentes.
28. Describa el recorrido del flujo sanguíneo hacia el hígado, en su interior y desde este órgano.
29. ¿Cómo se conectan la vesícula biliar y el hígado con el duodeno?
30. Cuando la bilis se formó en el hígado, ¿cómo es transportada hasta la vesícula biliar para su almacenamiento?
31. ¿Cuál es la función de la bilis?

24.12 INTESTINO DELGADO

■ OBJETIVOS

- Describir la localización, anatomía e histología del intestino delgado.
- Identificar las funciones del intestino delgado.

Los procesos más importantes de la digestión y la absorción de los nutrientes se producen en un órgano tubular largo, el **intestino delgado**; como consecuencia de lo ello, su estructura se encuentra especialmente adaptada para estas funciones. Sólo su longitud ya provee una enorme superficie para la digestión y la absorción, y esa superficie se incrementa aún más por la presencia de pliegues circulares, vellosidades y microvellosidades. El intestino delgado comienza en el esfínter pilórico del estómago, se repliega a través de la parte central e inferior de la cavidad abdominal y se abre, por último, en el intestino grueso. Alcanza un promedio de 2,5 cm de diámetro; su longitud es de alrededor de 3 metros en una persona viva y de unos 6,5 m en un cadáver, a causa de la pérdida del tono muscular liso después de la muerte.

Anatomía del intestino delgado

El intestino delgado se divide en tres regiones (Figura 24.18). El duodeno, el segmento más corto, es retroperitoneal. Comienza en el esfínter pilórico del estómago y se extiende alrededor de 25 cm, hasta que comienza el yeyuno con forma de tubo en C. Duodeno significa “12” porque su extensión equivale a 12 traveses de dedo. El **yeyuno** mide alrededor de 1 metro y se extiende hasta el íleon. Yeyuno significa “vacío”, que es como se lo encuentra después de la muerte. La región final y más larga del intestino delgado, el **íleon**, mide alrededor de 2 metros y se une con el intestino grueso mediante el **esfínter** o **válvula ileocecal**.

Histología del intestino delgado

La pared del intestino delgado está compuesta por las 4 capas que forman la mayor parte del tubo digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa (Figura 24.19b). La **mucosa** está compuesta por el epitelio, la lámina propia y la muscularis mucosae. La capa epitelial de la mucosa intestinal consiste en epitelio cilíndrico simple, que contiene varios tipos de células (Figura 24.19c). Las **células absortivas** digieren y absorben nutrientes del quimo intestinal. También están presentes las **células caliciformes**, que secretan moco. La mucosa del

intestino delgado contiene varias hendiduras revestidas de epitelio glandular. Las células que las tapizan forman las **glándulas intestinales (criptas de Lieberkühn)** y secretan jugo intestinal (que se describe más adelante). Junto a las células absortivas y a las células caliciformes, las glándulas intestinales también contienen células de Paneth y células enteroendocrinas. Las **células de Paneth** secretan lisozima, una enzima bactericida, y son capaces de fagocitar. Dichas células cumplen una función importante en la regulación de la población bacteriana, en el intestino delgado.

Existen 3 tipos de células enteroendocrinas en las glándulas intestinales del intestino delgado: **células S**, **células CCK** y **células K**, que secretan la hormona secretina, la colecistocinina o CCK y el péptido insulínotropico dependiente de glucosa o **GIP**, respectivamente.

La lámina propia de la mucosa del intestino delgado contiene tejido conectivo areolar y abundante tejido linfático asociado a la mucosa (MALT). Los **ganglios linfáticos solitarios** son más numerosos en la porción distal del íleon (Figura 24.20e). Hay grupos de ganglios linfáticos conocidos como **folículos linfáticos agregados (placas de Peyer)** presentes en el íleo. La muscularis mucosae de la mucosa del intestino delgado contiene músculo liso.

La **submucosa** del duodeno presenta **glándulas duodenales (de Brunner)** (véase la Figura 24.20a), que secretan un moco alcalino que ayuda a neutralizar el ácido gástrico del quimo. A veces, el tejido linfático de la lámina propia se extiende por la muscularis mucosae hasta la mucosa. La **muscular** del intestino delgado consiste en dos capas de músculo liso. La externa, más gruesa, contiene fibras longitudinales; la interna, más fina, posee fibras circulares. Excepto la mayor parte del duodeno, la **serosa** (o peritoneo visceral) cubre por completo el intestino delgado.

A pesar de que la pared del intestino delgado está compuesta por las mismas cuatro capas que el resto del tubo digestivo tiene características estructurales especiales que facilitan los procesos de digestión y absorción. Entre esas características estructurales se hallan los pliegues circulares, las vellosidades y las microvellosidades. Los pliegues circulares son pliegues de la mucosa y la submucosa (véase la Figura 24.18b y 24.19a). Estos repliegues permanentes, que miden unos 10 mm de largo, comienzan cerca de la porción proximal del duodeno y terminan cerca de la porción media del íleo. Algunas se extienden alrededor de toda la circunferencia del intestino y otras sólo en una parte de ella. Los pliegues circulares aumentan la superficie de absorción y hacen que el quimo describa una trayectoria circular, en lugar de moverse en línea recta, a medida que pasa por el intestino delgado.

En el intestino delgado también se hay **vellosidades** (de *villus*, manojito de pelo), proyecciones a manera de dedos de la mucosa que miden entre 0,5 y 1 mm de largo (véase la Figura 24.19b y c). La enorme cantidad de vellosidades (20–40 por mm²) aumenta notablemente la superficie del epitelio disponible para la absorción y digestión y le otorga a la mucosa intestinal un aspecto aterciopelado. Cada vellosidad está cubierta por epitelio y tiene un núcleo de lámina propia; dentro del tejido conectivo de la lámina propia hay una arteriola, una vénula, una red de capilares sanguíneos y un vaso **quilífero** (quilo-, de *khlós-*, jugo; y *-fero*, de *ferre*, llevar) que es un capilar linfático. Los nutrientes absorbidos por las células epiteliales que cubren la vellosidad pasan a través de la pared del capilar o del vaso quilífero y entran en la sangre o la linfa, respectivamente.

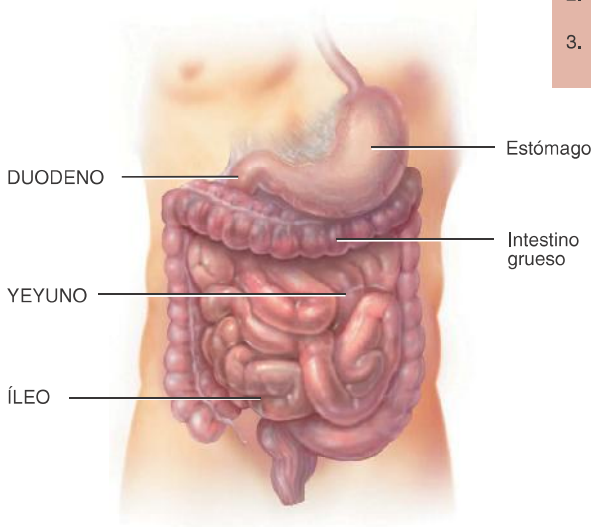
Además de los pliegues circulares y las vellosidades, el intestino delgado también tiene **microvellosidades** (*mikrós-*, pequeño), que son proyecciones de la membrana apical (libre) de las células absortivas. Cada microvellosidad es una proyección cilíndrica de 1 μ m de longitud, cubierta por una membrana que contiene un haz de entre 20 y 30 filamentos de actina. Con el microscopio óptico, las microvellosidades son demasiado pequeñas como para poder observarlas individual-

Figura 24.18 Anatomía del intestino delgado. a) Las regiones del intestino delgado son: el duodeno, el yeyuno, y el íleon. (b) Los pliegues circulares aumentan la superficie dedicada a la digestión y la absorción en el intestino delgado.

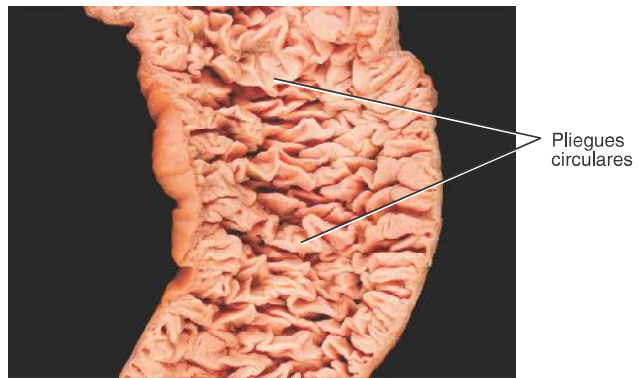
 La mayor parte de la digestión y la absorción tienen lugar en el intestino delgado.

FUNCIONES DEL INTESTINO DELGADO

1. Las segmentaciones mezclan el quimo con los jugos digestivos y ponen al alimento en contacto con la mucosa para su absorción; la peristalsis propulsa el quimo por el intestino delgado.
2. Completa la digestión de los hidratos de carbono, proteínas y lípidos; comienza y completa la digestión de ácidos nucleicos.
3. Absorbe aproximadamente el 90% de los nutrientes y el agua que pasan por el aparato digestivo.



(a) Vista anterior de la anatomía externa



(b) Anatomía interna del yeyuno

? ¿Cuál es la porción más larga del intestino delgado?

mente; forman en cambio una línea vellosa, llamada **borde o ribete en cepillo**, que se extiende hacia la luz del intestino delgado (Figura 24.20d). Se estima que hay unos 200 millones de microvellosidades por milímetro cuadrado de intestino delgado. Como las microvellosidades aumentan enormemente la superficie de la membrana plasmática, grandes cantidades de nutrientes digeridos pueden difundirse dentro de las células absortivas en un período dado. El ribete en cepillo contiene, además, muchas enzimas con funciones digestivas (se describe más adelante).

Función del jugo intestinal y las enzimas del ribete en cepillo

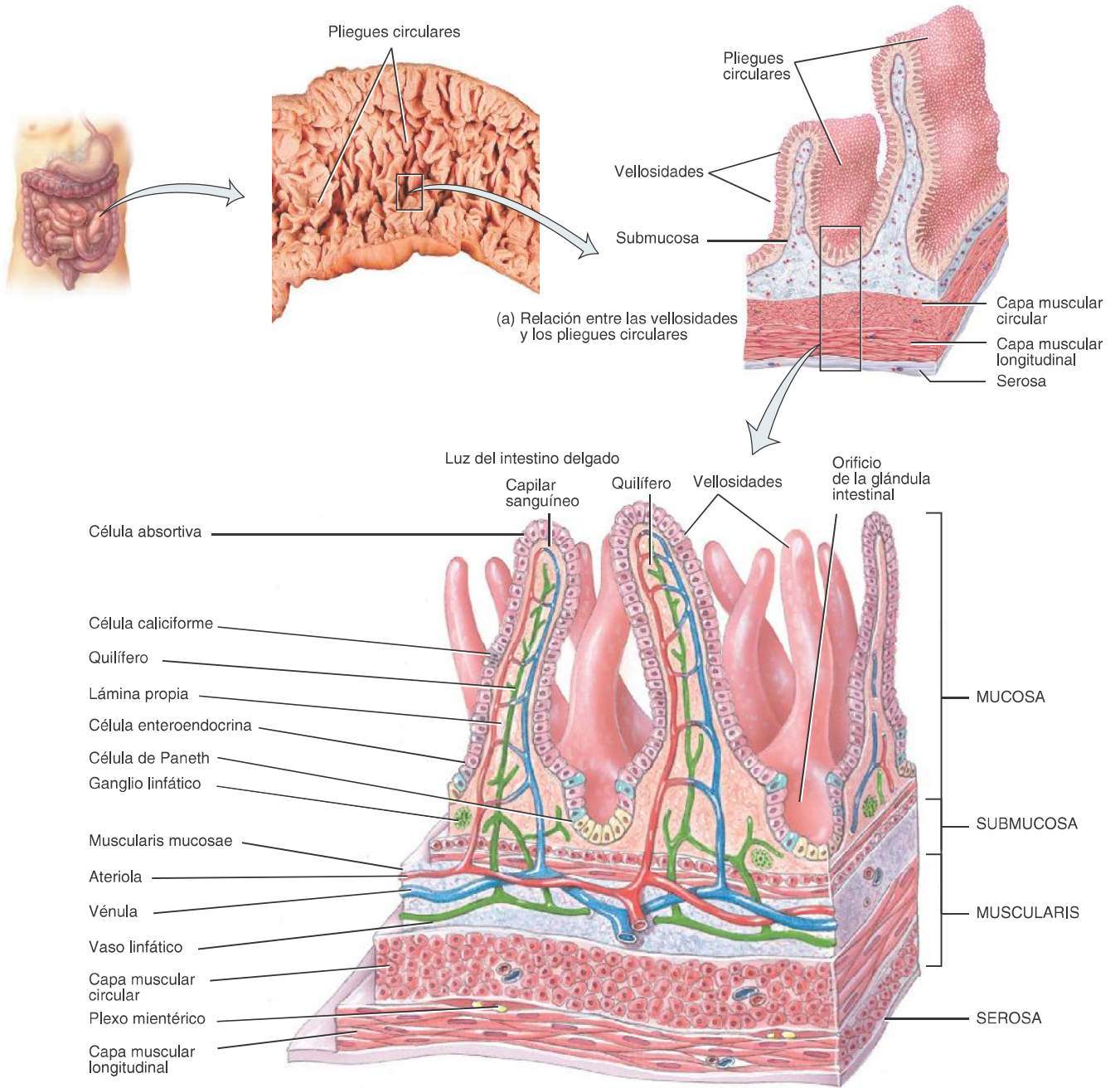
Alrededor de 1-2 litros de **jugo intestinal**, un líquido amarillento, se secreta cada día. El jugo intestinal contiene agua y moco, y es ligeramente alcalino (pH 7,6). En conjunto, los jugos pancreáticos e intestinales

proveen un medio líquido que colabora con la absorción de las sustancias del quimo en el intestino delgado. Las células absortivas del intestino delgado sintetizan diversas enzimas digestivas, llamadas **enzimas del ribete en cepillo**, y se insertan en la membrana plasmática de las microvellosidades. De tal modo, una parte de la digestión enzimática se produce sobre la superficie de las células absortivas que limitan la vellosidad, más que en la luz exclusivamente, como ocurre en otras zonas del tracto gastrointestinal. Entre las **enzimas del ribete en cepillo** se encuentran cuatro encargadas de la digestión de hidratos de carbono: α -dextrinasa, maltasa, sacarasa y lactasa; otras encargadas de la digestión de proteínas llamadas peptidasas (aminopeptidasa y dipeptidasa) y dos tipos de enzimas que se encargan de la digestión de ácidos nucleicos, nucleosidasas y fosfatasa. Además, a medida que las células absortivas se descaman en la luz del intestino delgado, se rompen y liberan enzimas que contribuyen a la digestión de los nutrientes del quimo.



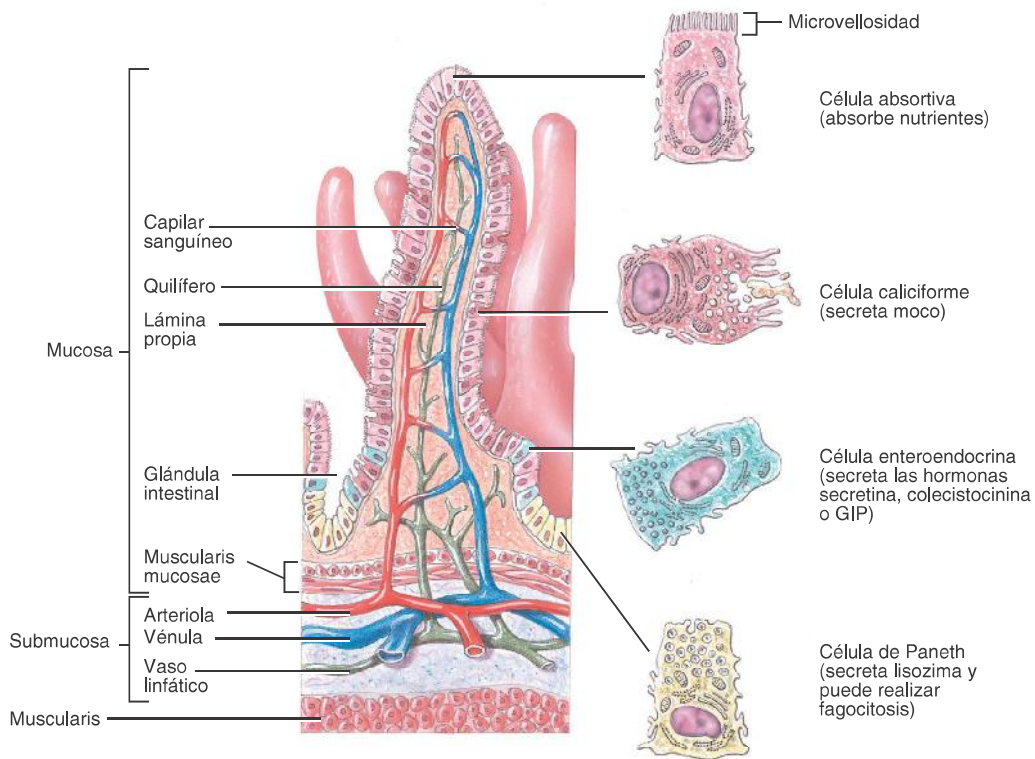
Figura 24.19 Histología del intestino delgado.

Los pliegues circulares, las vellosidades y las microvellosidades aumentan la superficie del intestino delgado para la digestión y la absorción.



(b) Vista tridimensional de las capas del intestino delgado, donde se muestran las vellosidades

FIGURA 24.19 CONTINUACIÓN ►



(c) Imagen aumentada de la vellosidad, donde se observan quilíferos, capilares, glándulas intestinales y tipos celulares

¿Cuál es la importancia funcional de la red de capilares sanguíneos y quilíferos del centro de cada vellosidad?

Digestión mecánica en el intestino delgado

Los dos tipos de movimiento del intestino delgado—segmentación y un tipo de peristalsis, el complejo motor migrante—están regulados por el plexo mientérico. Las **segmentaciones** consisten en contracciones localizadas de mezcla, que tienen lugar en las porciones del intestino distendidas por el gran volumen del quimo. La segmentación mezcla el quimo con los jugos intestinales y atrae las partículas de alimento para ponerlas en contacto con la mucosa para su absorción posterior; no impulsa el contenido intestinal a lo largo del tubo digestivo. La segmentación comienza con la contracción de las fibras musculares circulares de una porción del intestino delgado, acción que comprime el intestino en segmentos. Luego, se contraen las fibras musculares que rodean la mitad de cada segmento y lo dividen nuevamente. Por último, las fibras contraídas se relajan; cada pequeño segmento se une con el siguiente y forman uno más largo. A medida que se repite esta secuencia, el quimo se desplaza hacia delante y hacia atrás. La segmentación es más rápida en el duodeno, alrededor de 12 veces por minuto, y disminuye progresivamente a alrededor de 8 veces por minuto en el íleon. Este movimiento es similar a la compresión alternativa de la parte media y los extremos de un tubo de pasta dental.


Después de la absorción de la mayor parte de los alimentos, lo que reduce la distensión de la pared del intestino delgado, la segmentación cesa y comienza la peristalsis. El tipo de peristalsis que se produce en el intestino delgado, denominado **complejo motor migrante (CMM)**, comienza en la porción inferior del estómago y lleva el quimo hacia adelante, a lo largo del corto tramo de intestino delgado hasta su expulsión. El CMM migra lentamente por el intestino delgado y llega al final del íleon, luego de 90-120 minutos. Otro CMM comienza en el estómago, a continuación. En conjunto, el quimo permanece en el intestino delgado entre 3 y 5 horas.

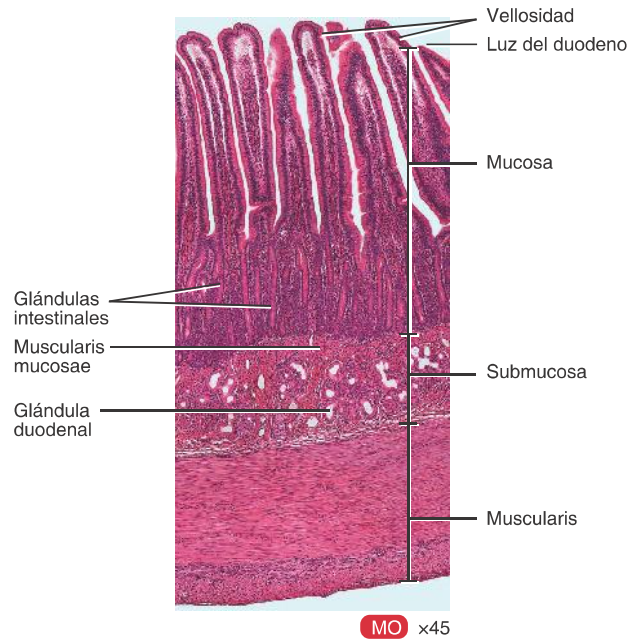
Digestión química en el intestino delgado

En la boca, la amilasa salival convierte el almidón (un polisacárido) en maltosa (un disacárido), maltotriosa (un trisacárido) y α -dextrinas (una cadena corta de fragmentos ramificados de almidón que presentan entre 5 y 10 unidades de glucosa). En el estómago, la pepsina convierte las proteínas en péptidos (pequeños fragmentos de proteínas), y las lipasas lingual y gástrica convierten los triglicéridos en ácidos grasos, diglicéridos y monoglicéridos. De esta manera, el quimo que

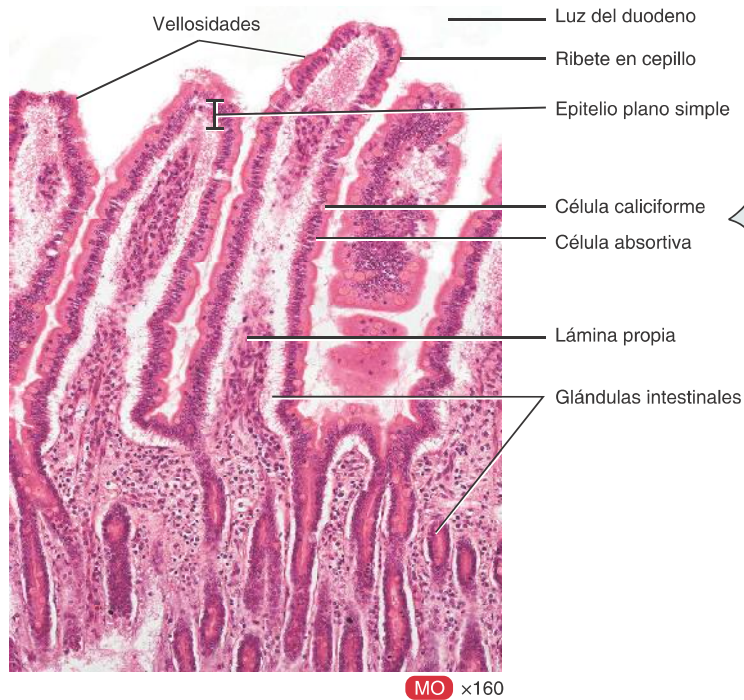


Figura 24.20 Histología del duodeno y del íleon.

 Las microvellosidades del intestino delgado contienen varias enzimas del ribete en cepillo que intervienen en la digestión de los nutrientes.



(a) Pared del duodeno



(b) Tres vellosidades del duodeno

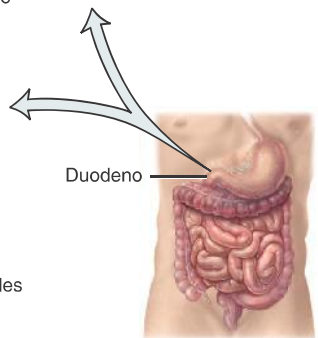
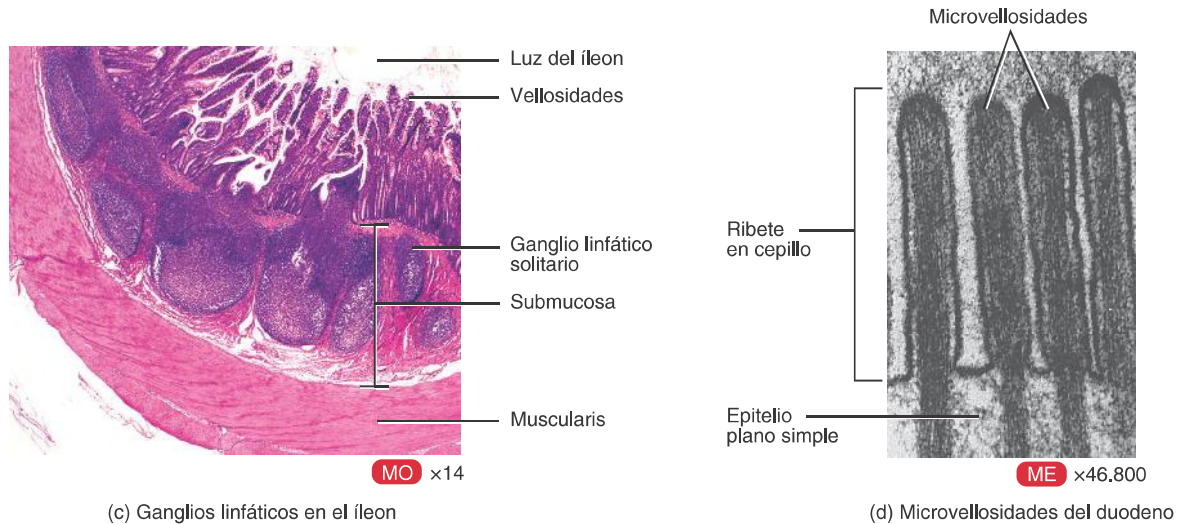


FIGURA 24.20 CONTINUACIÓN



¿Cuál es la función del líquido secretado por las glándulas duodenales (de Brunner)?

ingresa en el intestino delgado contiene hidratos de carbono, proteínas y lípidos parcialmente digeridos. La digestión completa de hidratos de carbono, proteínas y lípidos es el resultado conjunto del jugo pancreático, biliar e intestinal en el intestino delgado.

Digestión de los hidratos de carbono

A pesar de que la acción de la **amilasa salival** puede continuar en el estómago durante cierto tiempo, el pH ácido del estómago destruye a la amilasa salival y hace cesar su actividad. De ese modo, se degrada poco almidón en el momento en que el quimo abandona el estómago. El almidón que no se degradó todavía en maltosa, maltotriosa y α -dextrina se hidroliza por acción de la **amilasa pancreática**, una enzima del jugo pancreático que actúa en el intestino delgado. A pesar de que la amilasa pancreática actúa sobre el glucógeno y el almidón, no tiene efecto sobre otro polisacárido, la celulosa, un producto vegetal indigerible al que habitualmente nos referimos como “fibra” cuando pasa a lo largo del tubo digestivo. Una vez que la amilasa (salival o pancreática) dividió el almidón en pequeños fragmentos, una enzima del ribete en cepillo llamada **α -dextrinasa** actúa sobre las α -dextrinas resultantes y separa una unidad de glucosa por vez.

Las moléculas de sacarosa, lactosa y maltosa ingeridas (tres disacáridos) no se degradan antes de llegar al intestino delgado. Tres enzimas del ribete en cepillo convierten estos disacáridos en monosacáridos. La **sacarasa** desdobra la sacarosa en una molécula de glucosa y una de fructosa; la **lactasa** convierte la lactosa en una molécula de glucosa y una de galactosa; y la **maltasa** degrada la maltosa y la maltotriosa en 2 o 3 moléculas de glucosa, respectivamente. La digestión de los hidratos de carbono termina con la producción de monosacáridos que el aparato digestivo puede absorber.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Intolerancia a la lactosa

En algunas personas, las células mucosas del intestino delgado no producen suficiente lactasa, que, como se expresó, es esencial para la digestión de lactosa. Esto produce la llamada **intolerancia a la lactosa**, en la cual la lactosa no digerida del quimo causa la retención de líquido en las heces; la fermentación bacteriana de la lactosa no digerida conduce a la producción de gases. Los síntomas de la intolerancia a la lactosa consisten en diarrea, gases, meteorismo y cólicos intestinales, después de ingerir leche u otros productos lácteos. Los síntomas pueden ser menores o lo suficientemente graves como para requerir atención médica. La prueba del hidrógeno espirado se utiliza a menudo para el diagnóstico de la intolerancia a la lactosa. Muy poco hidrógeno se detecta en la espiración de una persona normal, pero éste es uno de los gases que se forman cuando la lactosa no digerida fermenta por acción de las bacterias. El hidrógeno se absorbe en el intestino y se transporta mediante la sangre hasta los pulmones, donde se exhala. Las personas que presentan intolerancia a la lactosa pueden tomar suplementos dietéticos para facilitar la digestión de la lactosa.

Digestión de proteínas

Recordamos que la digestión de las proteínas comienza en el estómago, donde se desdoblan en péptidos por la acción de la **pepsina**. Las enzimas del jugo pancreático (**tripsina**, **quimotripsina**, **carboxipeptidasa** y **elastasa**) continúan la degradación de las proteínas en péptidos. A pesar de que todas esas enzimas convierten la mayoría de las proteínas en péptidos, sus acciones difieren ligeramente en cuanto a la rotura de las uniones peptídicas entre los distintos aminoácidos.



La tripsina, la quimotripsina y la elastasa rompen la cadena peptídica entre un aminoácido y el siguiente; la carboxipeptidasa separa el aminoácido en el extremo carboxilo del péptido. La digestión proteica se completa por la acción de dos **peptidasas** del ribete en cepillo: la aminopeptidasa y la dipeptidasa. La **aminopeptidasa** actúa sobre el aminoácido en el extremo amino del péptido. La **dipeptidasa** actúa sobre los dipéptidos (dos aminoácidos unidos por un enlace peptídico) y los convierte en aminoácidos simples.

Digestión de los lípidos

La mayoría de los lípidos de la dieta son triglicéridos, constituidos por una molécula de glicerol unida a 3 moléculas de ácidos grasos (véase la **Figura 2.17**). Las enzimas que degradan triglicéridos y fosfolípidos se denominan **lipasas**. Hay 3 tipos de lipasas que pueden participar en la digestión de los lípidos: la **lipasa lingual**, la **lipasa gástrica** y la **lipasa pancreática**. Aunque una parte de la digestión lipídica tiene lugar en el estómago, por la acción de las lipasas lingual y gástrica, se produce especialmente en el intestino delgado por la acción de la lipasa pancreática, que degrada los triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos. Los ácidos grasos liberados pueden ser ácidos grasos de cadena corta (con menos de 10-12 carbonos) o ácidos grasos de cadena larga.

Antes de que un triglicérido se digiera en el intestino delgado, debe experimentar primero la **emulsificación**, proceso mediante el cual un glóbulo lipídico grande se fracciona en muchos glóbulos lipídicos pequeños. La bilis contiene sales biliares y sales de sodio y de potasio de los ácidos biliares (principalmente, ácido quenodesoxicólico y ácido cólico). Las sales biliares son anfipáticas, lo que significa que cada sal biliar tiene una región hidrófoba (no polar) y una región hidrófila (polar). La naturaleza **anfipática** de las sales biliares les permite emulsionar un glóbulo lipídico grande; las regiones hidrófobas de las sales biliares interactúan con el glóbulo lipídico grande, mientras que las regiones hidrófilas interactúan con el contenido acuoso intestinal. Así, el glóbulo lipídico grande se divide en muchos glóbulos lipídicos pequeños, de alrededor de 1 μm de diámetro. Estos glóbulos lipídicos pequeños, formados en el proceso de emulsificación, representan una enorme superficie que le permite a la lipasa pancreática realizar su función con mayor eficacia.

Digestión de los ácidos nucleicos

El jugo pancreático contiene dos nucleasas: la **ribonucleasa**, que digiere el ARN, y la **desoxirribonucleasa**, que digiere el ADN. Los nucleótidos resultantes de la acción de estas dos nucleasas son luego digeridos por las enzimas **nucleosidasas** y **fosfatasas** del ribete en cepillo en pentosas, fosfatos y bases nitrogenadas. Estos productos son absorbidos por transporte activo.

En el **Cuadro 24.4** se resumen las fuentes, sustratos y productos de las enzimas digestivas.

Absorción en el intestino delgado

Las fases química y mecánica de la digestión, desde la boca a lo largo del intestino, tienen como objetivo convertir las sustancias alimenticias en moléculas que puedan atravesar las células epiteliales absortivas de la mucosa hacia los vasos sanguíneos y linfáticos de la región. Estas moléculas son los monosacáridos (glucosa, fructosa y galactosa) de los hidratos de carbono; los aminoácidos simples, los dipéptidos y tripéptidos de las proteínas, y los ácidos grasos, el glicerol y los monoglicéridos de los triglicéridos. El paso de estos nutrien-

tes digeridos desde el tubo digestivo hacia la sangre o la linfa se denomina **absorción**.

La absorción de las sustancias se produce por difusión, difusión facilitada, ósmosis y transporte activo. Alrededor del 90 % de toda la absorción de nutrientes se cumple en el intestino delgado; el 10% restante tiene lugar en el estómago y el intestino grueso. El material no digerido o no absorbido pasa al intestino grueso.

Absorción de monosacáridos

Todos los hidratos de carbono se absorben como monosacáridos. La capacidad del intestino delgado de absorber monosacáridos es enorme: se estima en 120 gramos por hora. Como resultado, todos los hidratos de carbono de la dieta digeridos normalmente se absorben, excepto la celulosa indigerible y las fibras en las heces. Los monosacáridos atraviesan la luz del intestino, a través de la membrana apical por *difusión facilitada* o *transporte activo*. La fructosa, un monosacárido que se encuentra en las frutas, se transporta por *difusión facilitada*; la glucosa y la galactosa pasan a través de las células absortivas de las vellosidades por transporte activo secundario, acoplado al transporte activo de Na^+ (**Figura 24.21a**). El transportador tiene sitios de unión para una molécula de glucosa y dos iones de sodio; hasta que los tres espacios no se ocupan, ninguna sustancia se transporta. (Debido a que los dos Na^+ y la glucosa o galactosa se desplazan en la misma dirección, se trata de un simportador.) Los monosacáridos se movilizan luego hacia afuera de la célula absortiva, a través de la superficie basolateral por *difusión facilitada* e ingresan en los capilares de la vellosidad (véase la **Figura 24.21b**).

Absorción de aminoácidos, dipéptidos y tripéptidos

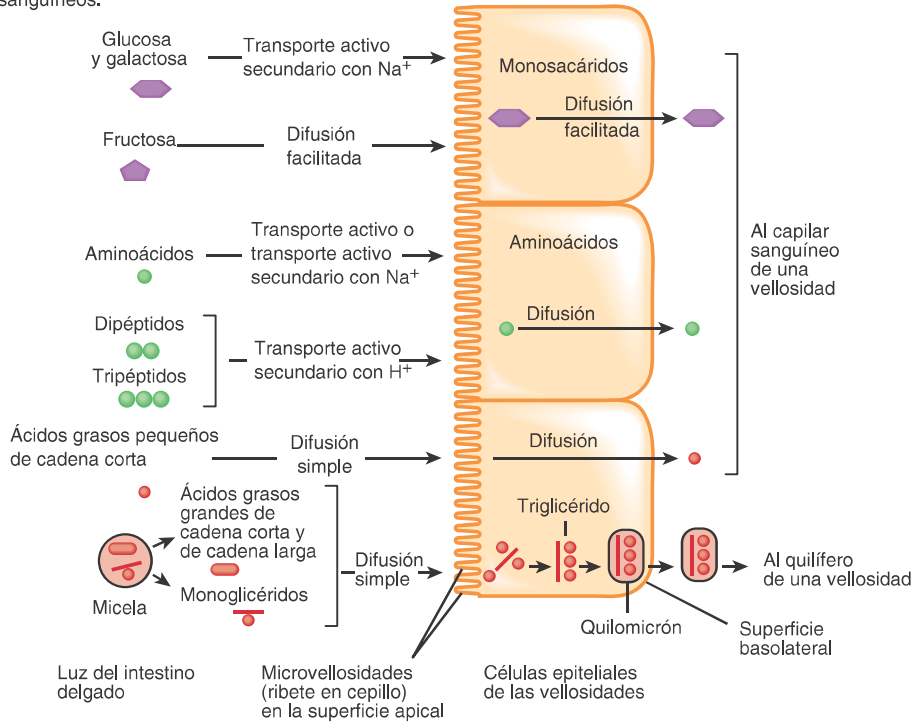
La mayor parte de las proteínas se absorben como aminoácidos, por medio de un proceso de transporte activo que se produce, sobre todo, en el duodeno y en el yeyuno. Alrededor de la mitad de los aminoácidos absorbidos están presentes en los alimentos; la otra mitad proviene del propio cuerpo, como proteínas de los jugos digestivos y células muertas que se descaman de la superficie mucosa. En condiciones normales, el 95-98% de las proteínas presentes en el intestino delgado se digiere y se absorbe. Diferentes transportadores llevan distintos tipos de aminoácidos. Algunos aminoácidos entran en las células absortivas de la vellosidad por un proceso de transporte activo secundario dependiente de Na^+ , similar al del transporte de glucosa; otros aminoácidos se trasladan activamente sin transportador. Al menos un simportador conduce dipéptidos y tripéptidos junto con el H^+ ; los péptidos se hidrolizan a aminoácidos simples, dentro de las células absortivas. Los aminoácidos salen de estas células por difusión y entran en los capilares de la vellosidad (**Figura 24.21**). Tanto los monosacáridos como los aminoácidos se transportan en la sangre hacia el hígado mediante el sistema porta hepático. Si no los eliminan los hepatocitos, ingresan en la circulación general.

Absorción de lípidos

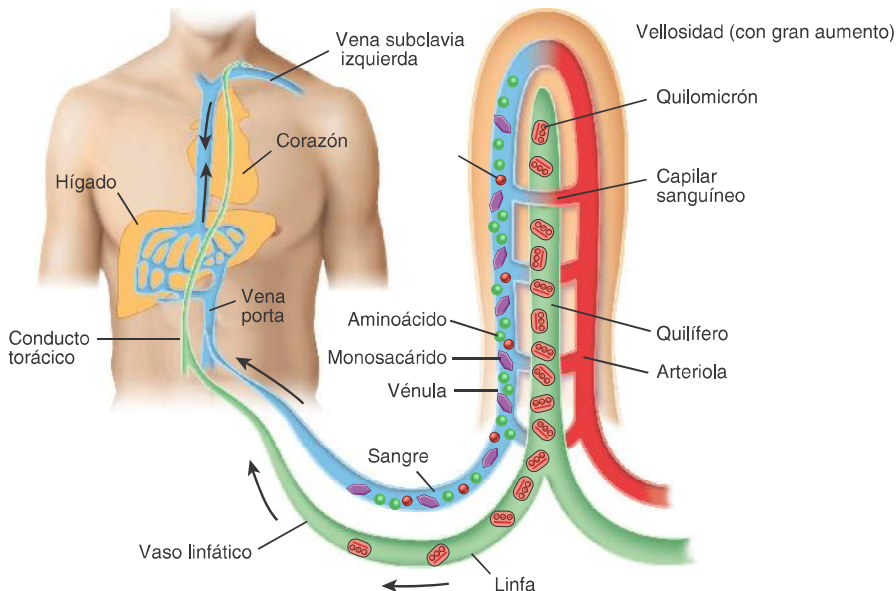
Todos los lípidos de la dieta se absorben por difusión simple. Los adultos absorben un 95% de los lípidos presentes en el intestino delgado; como consecuencia de la escasa producción de bilis, los neonatos absorben sólo el 85% de los lípidos. Luego de su emulsificación y digestión, los triglicéridos se degradan en monoglicéridos y ácidos grasos, que pueden ser de cadena corta o de cadena larga. A pesar de que los ácidos grasos de cadena corta son hidrófobos, tienen un tamaño muy pequeño. A causa de su tamaño, pueden disolverse en el medio acuoso intestinal, pasar a través de la célula absortiva por difu-

Figura 24.21 Absorción de los nutrientes digeridos en el intestino delgado. Para simplificar, todos los alimentos digeridos se muestran en la luz del intestino delgado, a pesar de que algunos nutrientes son digeridos por las enzimas del ribete en cepillo.

Los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos se absorben hacia los quilíferos; otros productos de la digestión ingresan en los capilares sanguíneos.



(a) Mecanismos para el movimiento de nutrientes a través de las células absorptivas de la vellosidad



(b) Movimiento de los nutrientes absorbidos en la sangre y la linfa

? Si un monoglicérido es más grande que un aminoácido, ¿por qué los monoglicéridos pueden absorberse por difusión simple, mientras que los aminoácidos no?



sión simple y seguir la misma vía que los monosacáridos y los aminoácidos dentro del capilar de la vellosidad (Figura 24.21a).

Los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos son grandes e hidrófobos y se disuelven con el medio acuoso intestinal. Junto a su función en la emulsificación, las sales biliares contribuyen a hacer más solubles los ácidos grasos y los monosacáridos. Las sales biliares dentro del quimo intestinal rodean los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos y forman esferas pequeñas llamadas **micelas** (de *micella*, diminutivo de miga); cada una de ellas mide 2-10 nm de diámetro e incluye 20-50 moléculas de sales biliares (Figura 24.21a). Las micelas se forman por la naturaleza anfipática de aquellas. Las regiones hidrófobas de las sales biliares interactúan con los ácidos grasos de cadena larga y con los monoglicéridos, y las regiones hidrófilas interactúan con el medio acuoso intestinal. Una vez formadas, las micelas se mueven desde la luz del intestino delgado hacia el ribete en cepillo de las células absortivas. En este punto, los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos se difunden fuera de las micelas hacia el interior de las células absortivas y dejan las micelas en el quimo. Las micelas repiten continuamente esta función transportadora, mientras se mueven desde el ribete en cepillo hacia el interior del intestino delgado para incorporar más ácidos grasos de cadena larga y monoglicéridos. Las micelas también solubilizan otras largas moléculas hidrófobas, como las vitaminas liposolubles (A, D, E, y K) y el colesterol, que pueden estar presentes en el quimo intestinal y contribuyen a su absorción. Estas vitaminas liposolubles y las moléculas de colesterol se unen en las micelas con los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos.

Una vez dentro de las células absortivas, los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos se recombinan para formar triglicéridos, que se agregan como glóbulos, junto con los fosfolípidos y el colesterol, y se revisten de proteínas. Estas grandes masas esféricas, de alrededor de 80 nm de diámetro, se denominan quilomicrones. Los quilomicrones abandonan la célula absortiva por exocitosis. Como son muy grandes y voluminosos, los quilomicrones no pueden entrar en los capilares sanguíneos, ya que los poros de su pared son demasiado pequeños. En cambio, ingresan en los vasos quilíferos, que tienen poros más grandes. Desde los quilíferos, los quilomicrones se desplazan por los vasos linfáticos hasta el conducto torácico y entran en la sangre a través de la vena subclavia izquierda (Figura 24.21b). La cubierta proteica hidrófila de los quilomicrones los mantiene en suspensión en la sangre e impide que se adhieran entre sí.

En el plazo de 10 minutos después de la absorción, alrededor de la mitad de los quilomicrones ya fueron removidos de la sangre, a medida que pasaron por los capilares sanguíneos del hígado y el tejido adiposo. Esta tarea es llevada a cabo por una enzima adherida a la superficie apical de las células endoteliales capilares, la **lipoproteinlipasa**, que degrada los triglicéridos de los quilomicrones y otras lipoproteínas en ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos se difunden hacia los hepatocitos y las células adiposas y se combinan con el glicerol durante la resíntesis de los triglicéridos. Dos o tres horas después de una comida, pocos quilomicrones quedan en la sangre.

Luego de participar en la emulsificación y absorción de los lípidos, el 90-95% de las sales biliares se reabsorben por transporte activo en el segmento final del intestino delgado (íleon terminal) y retornan por medio de la sangre al hígado, a través del sistema porta para su reciclado. Este ciclo constituido por la secreción de sales biliares por el hepatocito hacia la bilis, la reabsorción en el íleon y la nueva secreción a la bilis se llama **circulación enterohepática**. La insuficiencia de sales biliares, como consecuencia de la obstrucción del conducto colédoco o la resección de la vesícula biliar, puede conducir a la pérdida de más del 40% de los lípidos de la dieta con las heces, a causa de la disminución de la absorción. Cuando los lípidos

no se absorben adecuadamente, tampoco lo hacen las vitaminas liposolubles.

Absorción de electrolitos

Muchos de los electrolitos absorbidos en el intestino delgado provienen de secreciones gastrointestinales y de una parte del alimento y el líquido ingeridos. Recordemos que los electrolitos son compuestos que se disocian en iones en el agua y conducen electricidad. Los iones de sodio se transportan activamente hacia el exterior de la célula absortiva por una bomba de sodio-potasio basolateral (Na^+/K^+ ATPasa), después de haber ingresado en ésta por difusión y por transporte activo secundario. De esta forma, la mayor parte de los iones de sodio (Na^+) de las secreciones gastrointestinales se recuperan y no se pierden en las heces. Los iones con carga negativa, como el bicarbonato, el cloro, el yodo y el nitrato pueden pasar por transporte pasivo siguiendo el Na^+ o transporte activo. Los iones de calcio también se absorben activamente mediante un proceso estimulado por calcitriol. Otros electrolitos como los iones de hierro, potasio, magnesio y fosfato se absorben por mecanismos de transporte activo.

Absorción de vitaminas

Las vitaminas liposolubles A, D, E y K están presentes en los lípidos ingeridos en las micelas y se absorben por difusión simple. La mayor parte de las vitaminas hidrosolubles, es decir, casi todas las vitaminas B y la vitamina C, se absorben también por difusión simple. La vitamina B_{12} , sin embargo, se combina con el factor intrínseco producido por el estómago, y así se absorbe en el íleon por un mecanismo de transporte activo.

Absorción de agua

El volumen total de líquido que ingresa en el intestino delgado cada día —alrededor de 9,3 litros— proviene de la ingestión de líquido (alrededor de 2,3 litros) y de las secreciones gastrointestinales (alrededor de 7 litros). La Figura 24.22 muestra la cantidad de líquido ingerido, secretado, absorbido y excretado por el tubo digestivo. El intestino delgado absorbe alrededor de 8,3 litros de líquido; el resto pasa al intestino grueso, donde alrededor de 0,9 litros también se absorben. Sólo 0,1 litro (100 mL) de agua se excreta diariamente con las heces. Su vía de excreción principal es el aparato urinario.

Toda la absorción de agua en el tubo digestivo se produce por **ósmosis** desde la luz del intestino a través de las células absortivas y hacia los capilares sanguíneos. Como el agua puede atravesar la mucosa en ambas direcciones, la absorción desde el intestino delgado depende de la absorción de electrolitos y los nutrientes que mantienen el equilibrio osmótico con la sangre. Los electrolitos, monosacáridos y aminoácidos absorbidos establecen un gradiente de concentración para el agua, que promueve su absorción por ósmosis.

En el Cuadro 24.4 se resumen las actividades del páncreas, el hígado, la vesícula biliar y el intestino delgado, y en el Cuadro 24.5 se resumen las enzimas digestivas y sus funciones en el aparato digestivo.



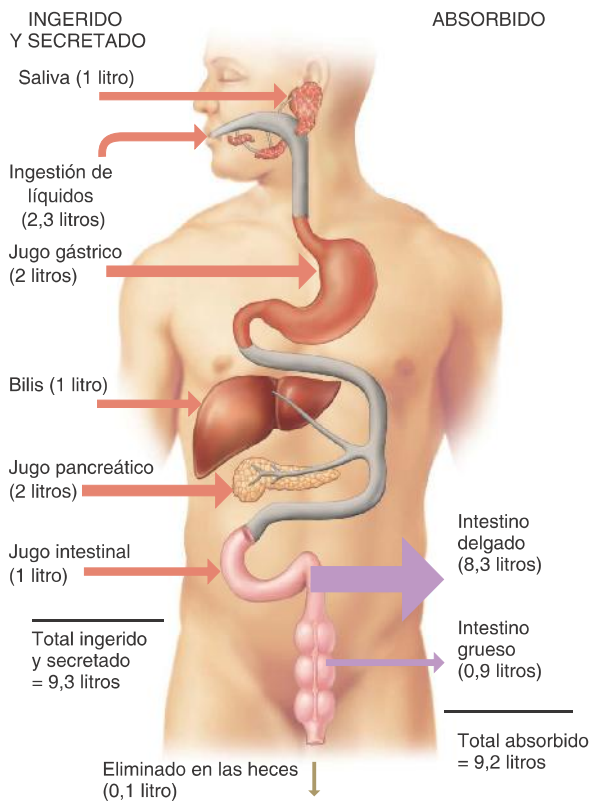
CORRELACIÓN CLÍNICA | Absorción del alcohol

La intoxicación y los efectos incapacitantes del alcohol dependen de sus niveles en sangre. Como es liposoluble, el alcohol comienza a absorberse en el estómago. Sin embargo, la superficie disponible para la absorción es mucho más grande en el intestino delgado, de manera que cuando el alcohol pasa hacia el duodeno, se absorbe

rápida. De esta manera, cuanto más tiempo permanezca en el estómago, más lentamente aumentarán los niveles de alcohol en sangre. Como los ácidos grasos del quimo retardan el vaciamiento gástrico, los niveles de alcoholemia se elevarán más lentamente cuando se consuman alimentos con alto contenido de grasas, como pizza o hamburguesas, junto con bebidas alcohólicas. Además, la enzima alcohol deshidrogenasa, presente en las células mucosas gástricas, degrada una parte del alcohol a acetaldehído, que no es tóxico. Cuando la capacidad del vaciamiento gástrico está disminuido, más alcohol se absorbe en forma proporcional y se convierte en acetaldehído en el estómago; así, llega menos alcohol al torrente sanguíneo. Para el mismo consumo de alcohol, las mujeres presentan a menudo mayores concentraciones de alcohol en sangre (y por lo tanto, una mayor intoxicación) que los hombres del mismo tamaño porque en las mujeres la enzima gástrica alcohol deshidrogenasa tiene niveles 60% menores que en los hombres. Los varones asiáticos también pueden tener niveles inferiores de esta enzima gástrica.

Figura 24.22 Volúmenes diarios de líquidos ingeridos, secretados, absorbidos y excretados en el tubo digestivo.

Toda la absorción de agua del tubo digestivo se produce por ósmosis.



¿Cuáles son los dos órganos del aparato digestivo que secretan la mayor cantidad de líquido?

CUADRO 24.4

Resumen de las actividades digestivas en el páncreas, hígado, vesícula biliar e intestino delgado

ESTRUCTURA	ACTIVIDAD
Páncreas	Secreta jugo pancreático hacia el duodeno por medio del conducto pancreático (véase el Cuadro 24.5 para las enzimas pancreáticas y sus funciones).
Hígado	Produce bilis (sales biliares) necesaria para la emulsión y la absorción de los lípidos.
Vesícula biliar	Almacena, concentra y libera bilis hacia el duodeno a través del colédoco.
Intestino delgado	Sitio principal de digestión y absorción de nutrientes y agua en el tubo digestivo.
Mucosa/submucosa	
Glándulas intestinales	Secretan jugo intestinal para colaborar en la absorción.
Células absorbivas	Digieren y absorben nutrientes.
Células caliciformes	Secretan las mucosas.
Células enteroendocrinas (S, CCK, K)	Secretan secretina, colecistocinina y péptido insulínico dependiente de la glucosa.
Células de Paneth	Secretan lisozima (enzima bactericida) y fagocitosis.
Glándulas duodenales (de Brunner)	Secretan un líquido alcalino que amortigua el ácido gástrico y mucus, para protección y lubricación.
Pliegues circulares	Pliegues de la mucosa y la submucosa que aumentan la superficie para la digestión y absorción.
Vellosidades	Proyecciones de la mucosa en forma de dedo que son los sitios de absorción de los alimentos digeridos y aumentan la superficie para la digestión y absorción.
Microvellosidades	Proyecciones microscópicas de las células epiteliales, cubiertas de membrana, que contienen enzimas del borde en cepillo (nombradas en el Cuadro 24.5), que aumentan la superficie para la digestión y la absorción.
Muscular Segmentación	Tipo de peristalsis: contracciones alternadas de las fibras circulares de músculo liso que producen la segmentación y la resegmentación de las secciones del intestino delgado: mezcla el quimo con los jugos digestivos y contribuye a que los alimentos entren en contacto con la mucosa para su absorción.
Complejo motor migrante (CMM)	Tipo de peristalsis: ondas de contracción y relajación de las fibras de músculo liso circular y longitudinal, a lo largo del intestino delgado; mueve el quimo hacia la válvula ileocecal.



✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

32. Mencione las regiones del intestino delgado y describa sus funciones.
33. ¿De qué manera se adaptan la mucosa y la submucosa para la digestión y la absorción?
34. Describa los tipos de movimientos que se producen en el intestino delgado.
35. Explique las funciones de la amilasa pancreática, la aminopeptidasa, la lipasa gástrica y la desoxirribonucleasa.
36. ¿Cuál es la diferencia entre la digestión y la absorción? ¿Cómo son los productos finales de la digestión de carbohidratos, proteínas y lípidos absorbidos?
37. ¿Por qué vía los nutrientes absorbidos llegan al hígado?
38. Describa la absorción de electrolitos, vitaminas y agua en el intestino delgado.

CUADRO 24.5

Resumen de las enzimas digestivas

ENZIMA	ORIGEN	SUSTRATOS	PRODUCTOS
SALIVA			
Amilasa salival	Glándulas salivales	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y α -dextrinas
Lipasa lingual	Glándulas linguales	Triglicéridos (grasas y aceites) y otros lípidos	Ácidos grasos y diglicéridos
JUGO GÁSTRICO			
Pepsina (activada a partir del pepsinógeno por el ácido clorhídrico)	Células principales	Proteínas	Péptidos
Lipasa gástrica	Células principales	Triglicéridos (grasas y aceites)	Ácidos grasos y monoglicéridos
JUGO PANCREÁTICO			
Amilasa pancreática	Células acinosas	Almidón (polisacáridos)	Maltosa (disacárido), maltotriosa (trisacárido) y α -dextrinas
Tripsina (activada a partir del tripsinógeno por la enterocinasa)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Quimotripsina (activada a partir del quimotripsinógeno por la tripsina)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Elastasa (activada a partir de la proelastasa por la tripsina)	Células acinosas	Proteínas	Péptidos
Carboxipeptidasa (activada a partir de la procarboxipeptidasa por la tripsina)	Células acinosas	Aminoácidos del extremo carboxilo de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
Lipasa pancreática	Células acinosas	Triglicéridos (grasas y aceites) las sales biliares emulsionados por	Ácidos grasos y monoglicéridos
Nucleasas			
Ribonucleasa	Células acinosas	Ácido ribonucleico	Nucleótidos
Desoxirribonucleasa	Células acinosas	Ácido desoxirribonucleico	Nucleótidos
RIBETE EN CEPILLO EN LA MEMBRANA PLASMÁTICA DE LAS MICROVELLOSIDADES			
α-dextrinasa	Intestino delgado	α -dextrinas	Glucosa
Maltasa	Intestino delgado	Maltosa	Glucosa
Sacarasa	Intestino delgado	Sacarosa	Glucosa y fructosa
Lactasa	Intestino delgado	Lactosa	Glucosa y galactosa
Enterocinasa	Intestino delgado	Tripsinógeno	Tripsina
Peptidasas			
Aminopeptidasa	Intestino delgado	Aminoácidos del extremo amino de los péptidos	Aminoácidos y péptidos
Dipeptidasa	Intestino delgado	Dipéptidos	Aminoácidos
Nucleosidasas y fosfatasa	Intestino delgado	Nucleótidos	Bases nitrogenadas, pentosas y fosfatos.

24.13 INTESTINO GRUESO

OBJETIVO

- Describir la anatomía, la histología y las funciones del intestino grueso.

El intestino grueso es la porción terminal del tracto gastrointestinal. Sus funciones son, sobre todo, completar la absorción, producción de ciertas vitaminas, formación de las heces y la expulsión de éstas del cuerpo.

Anatomía del intestino grueso

El intestino grueso, que mide alrededor de 1,5 m de largo y 6,5 cm de diámetro, se extiende desde el íleon hasta el ano. Está unido a la pared abdominal posterior por su **mesocolon**, que es una capa doble del peritoneo (véase la [Figura 24.4a](#)). Estructuralmente, las cuatro regiones principales del intestino grueso son el ciego, el colon, el recto y el conducto anal ([Figura 24.23a](#)).

En la desembocadura del íleon en el intestino grueso, se interpone un pliegue de la mucosa, llamado esfínter (válvula) ileocecal, que permite el paso de los materiales del intestino delgado al intestino grueso. Por debajo del esfínter ileocecal se encuentra el **ciego**, una pequeña bolsa de 6 cm de largo. Unida al ciego, hay una estructura tubular enrollada, que mide alrededor de 8 cm de largo, el **apéndice vermiforme** (*vermis*-, gusano; y *-forme*, forma) o simplemente **apéndice** (de *appendix*, accesorio). El mesenterio del apéndice, llamado **mesoapéndice**, lo mantiene adosado a la porción inferior del íleo.

El ciego se continúa hacia arriba con el **colon**, que se divide en ascendente, transverso, descendente y sigmoides. El colon ascendente y descendente son retroperitoneales, no así el colon transverso y el colon sigmoides. Como su nombre lo indica, el **colon ascendente** asciende por el lado derecho del abdomen, llega a la superficie inferior del hígado y gira abruptamente hacia la izquierda para formar el **ángulo colónico derecho (hepático)**. El colon continúa por el abdomen hacia el lado derecho como **colon transverso**. Se curva por debajo del borde inferior del bazo, donde forma el **ángulo colónico izquierdo (esplénico)** y desciende por debajo de la cresta ilíaca como **colon descendente**. El **colon sigmoides** (de *sigmoides*, parecido a la letra sigma) comienza cerca de la cresta ilíaca izquierda, se proyecta hacia la línea media y se continúa con el recto, cerca de la tercera vértebra sacra.

El **recto**, los últimos 20 cm del tubo digestivo, es anterior al sacro y al coxis. Los últimos 2 o 3 cm del recto forman el **conducto anal** ([Figura 24.23b](#)). La mucosa del conducto anal está compuesta por pliegues longitudinales llamados **columnas anales**, que contienen una red de arterias y venas. En el orificio externo del conducto anal, el ano, hay un **esfínter anal interno** de músculo liso (involuntario) y un **esfínter anal externo** de músculo esquelético (voluntario). En condiciones normales, estos esfínteres mantienen el ano cerrado, excepto durante la evacuación de las heces.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Apendicitis

La inflamación del apéndice, llamada **apendicitis**, está precedida por la obstrucción de la luz del órgano por el quimo, una inflamación, un cuerpo extraño, un carcinoma de ciego, una estenosis o un vólvulo. Se caracteriza por fiebre alta, recuento elevado de glóbulos blancos y una neutrofilia mayor del 75%. La infección consecutiva puede causar

edema e isquemia y progresar a la gangrena o la perforación, en menos de 24 horas. Habitualmente, la apendicitis comienza con dolor referido en la región umbilical del abdomen, seguido de anorexia (pérdida del apetito), náuseas y vómitos. Al cabo de varias horas, el dolor se localiza en el cuadrante inferior derecho (CID) o fosa ilíaca derecha (FID) y es continuo, sordo e intenso; aumenta con la tos, el estornudo o los movimientos. Se recomienda la apendicectomía temprana (extirpación del apéndice) porque es más seguro operar que correr el riesgo de rotura, peritonitis y gangrena. Aunque solía ser cirugía mayor, hoy en día las apendicectomías se llevan a cabo, por lo general, por laparoscopia.

Histología del intestino grueso

La pared del intestino grueso contiene las cuatro tunicas encontradas en el resto del tubo digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La **mucosa** consiste en un epitelio cilíndrico simple, la lámina propia (tejido conectivo areolar) y la muscularis mucosae (músculo liso) ([Figura 24.24a](#)). El epitelio contiene en su mayor parte células absortivas y células caliciformes ([Figura 24.24b y c](#)). Las células absortivas participan en la absorción de agua; las células caliciformes secretan moco que lubrica el paso del contenido colónico. Tanto las células absortivas como las caliciformes se localizan en glándulas intestinales largas, rectas y tubulares (criptas de Lieberkühn) que se extienden a todo lo ancho de la mucosa. Pueden observarse ganglios linfáticos solitarios en la lámina propia, que se extienden a través de la muscularis mucosae hasta la submucosa. En comparación con el intestino delgado, la mucosa del intestino grueso no tiene tantas adaptaciones estructurales que incrementen el área de superficie. No hay pliegues circulares ni vellosidades, aunque las microvellosidades de las células absortivas están presentes. De esta manera, la absorción es mucho mayor en el intestino delgado que en el intestino grueso.

La **submucosa** del intestino grueso está constituida por tejido conectivo areolar. La **muscular** presenta una capa longitudinal externa y una capa circular interna de músculo liso, además de una capa interna circular de músculo liso. A diferencia de otras partes del tubo digestivo, algunas porciones del músculo longitudinal son más gruesas y forman tres notables bandas longitudinales llamadas tenias (de *taenia*, cinta) colónicas, dispuestas a lo largo del intestino grueso (véase la [Figura 24.23a](#)). Las tenias están separadas por porciones de la pared con menos músculo longitudinal o sin éste. Las contracciones tónicas de las bandas producen en el colon una serie de bolsas llamadas **haustras** (de *haustum*, saco), que le dan al órgano un aspecto fruncido. Una capa simple de músculo liso circular se encuentra entre las tenias colónicas. La **serosa** del intestino grueso es parte del peritoneo visceral. Pequeñas bolsas de peritoneo visceral rellenas de grasa se insertan en las tenias colónicas y se denominan **apéndices epiploicos**.



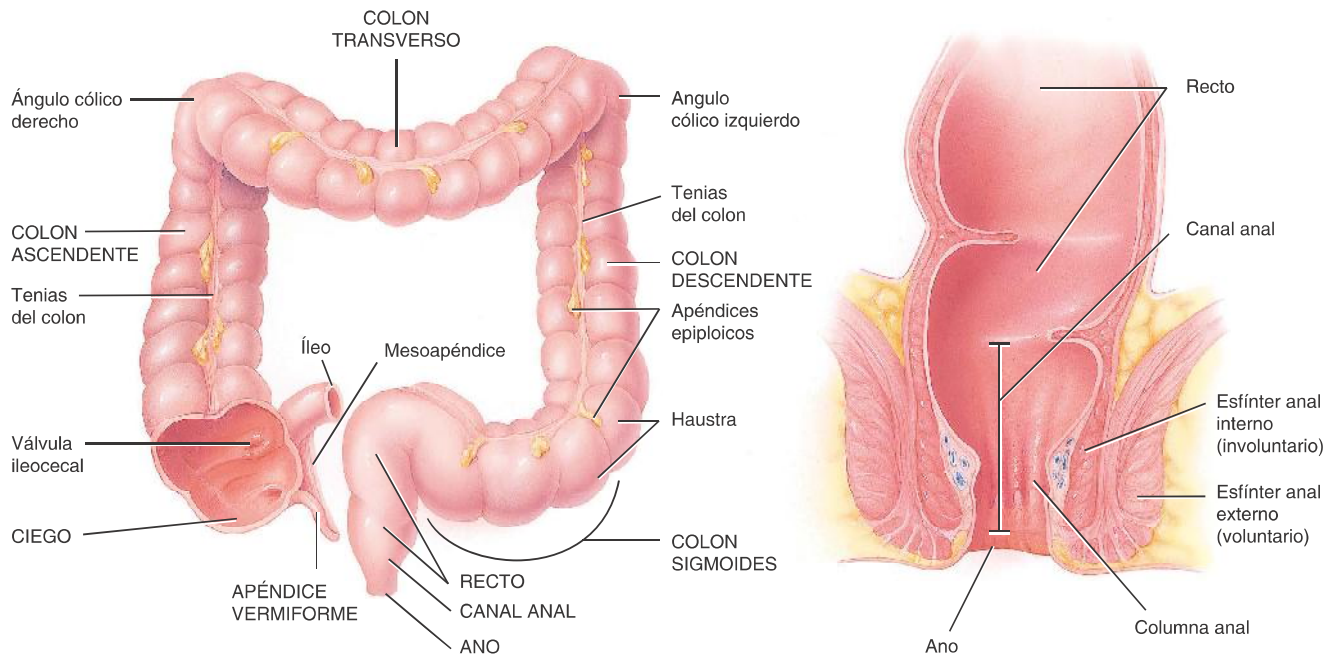
CORRELACIÓN CLÍNICA | Pólipos colónicos

Los pólipos colónicos suelen ser tumores benignos de crecimiento lento, que surgen de la mucosa del intestino grueso. A menudo no causan síntomas. Si estos aparecen, consisten en diarrea, presencia de sangre en las heces y secreción de mucus por el ano. Los pólipos se extirpan mediante colonoscopia o cirugía porque algunos de ellos pueden evolucionar a formas cancerosas.



Figura 24.23 Anatomía del intestino grueso.

Las regiones del intestino grueso son el ciego, el colon, el recto y el canal anal.



(a) Vista anterior del intestino grueso, donde se muestran las regiones principales

(b) Corte frontal del conducto anal

FUNCIONES DEL INTESTINO GRUESO

1. Mezcla en las haustras, peristalsis y propulsión de los contenidos del colon hacia el recto.
2. Las bacterias del intestino grueso convierten las proteínas en aminoácidos y producen algunas vitaminas del complejo B y vitamina K.
3. Absorbe parte del agua, iones y vitaminas.
4. Forma las heces.
5. Defecación (vaciamiento del recto).

¿Qué segmentos del colon son retroperitoneales?

Digestión mecánica en el intestino grueso

El paso del quimo del íleon al ciego está regulado por la acción del esfínter ileocecal. En condiciones normales, la válvula está parcialmente cerrada, de manera que el quimo transita hacia el ciego lentamente. Después de una comida, un **reflejo gastroileal** intensifica la peristalsis en el íleon y propulsa el quimo hacia el ciego. La hormona gastrina también relaja el esfínter. Cuando el ciego está distendido, el grado de contracción del esfínter ileocecal aumenta.

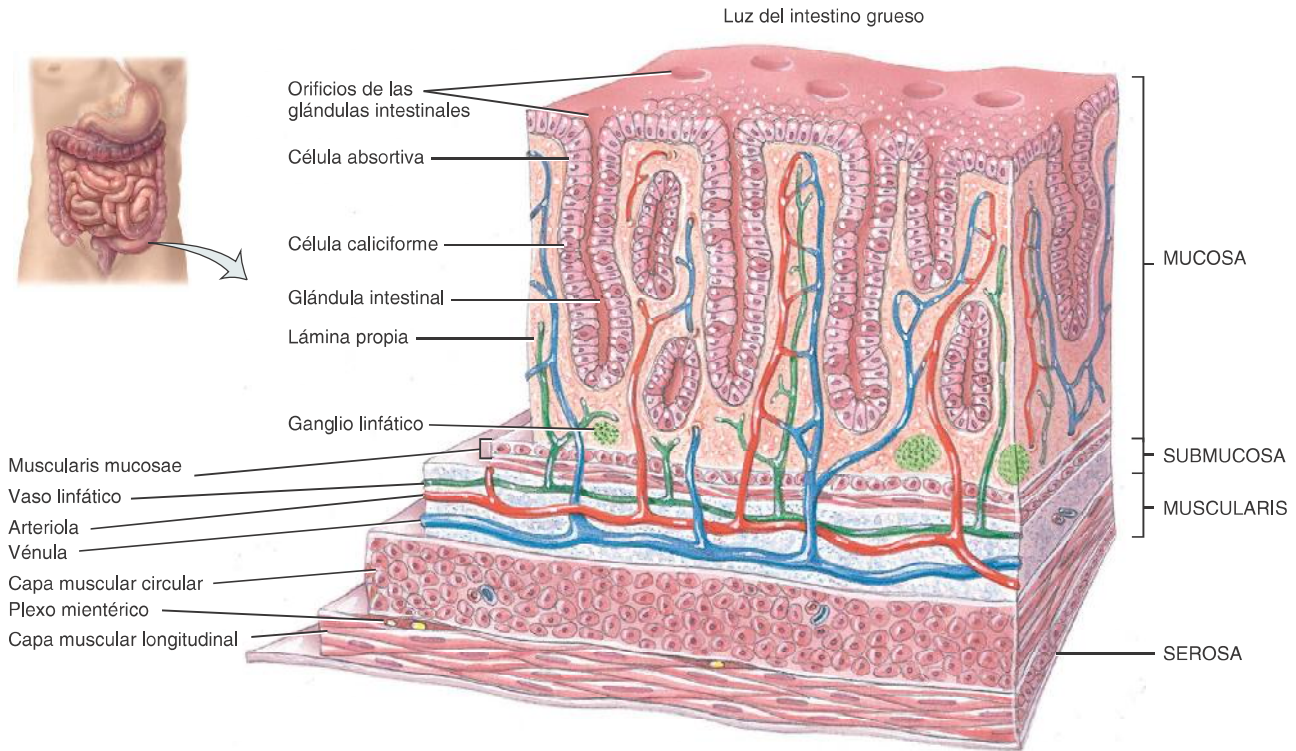
Los movimientos del colon comienzan cuando las sustancias atraviesan la válvula ileocecal. Como el quimo se mueve a través del intestino delgado con una velocidad constante, el tiempo requerido para que el alimento llegue al colon está determinado por el tiempo

de vaciamiento gástrico. A medida que los alimentos pasan por la válvula ileocecal, ocupan el ciego y se acumulan en el colon ascendente.

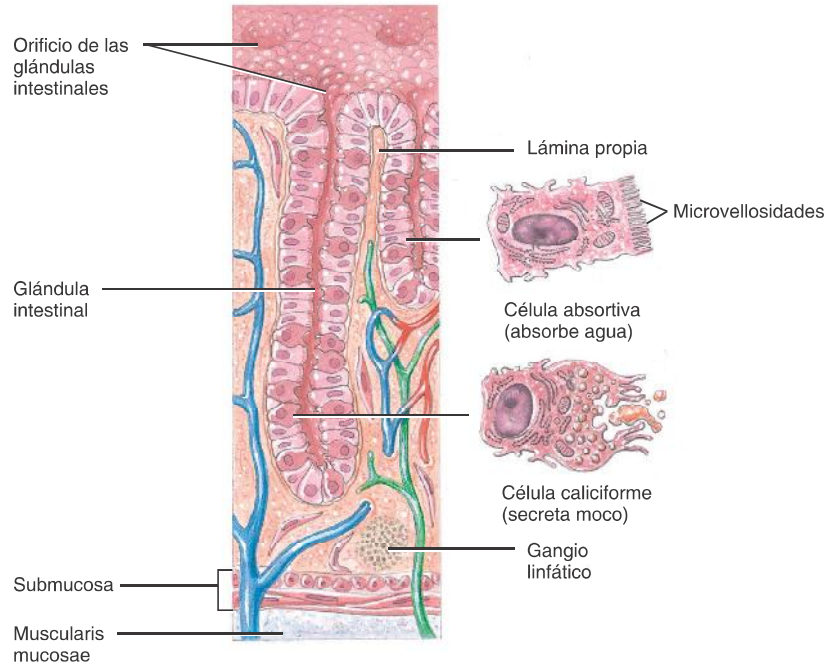
Un movimiento característico del intestino grueso es la propulsión haustral. En este proceso, las haustras relajadas se distienden a medida que se llenan. Cuando la distensión alcanza cierto grado, las paredes se contraen e impulsan el contenido hacia el haustra próxima. También se produce **peristaltismo**, aunque con un ritmo menor (3-12 contracciones por minuto) que en las porciones más proximales del tracto. Un tipo de movimiento final es el **peristaltismo en masa**, una fuerte onda peristáltica que comienza en la parte media del colon transverso y expulsa rápidamente el contenido del intestino hacia el recto. Puesto que los alimentos en el estómago inician estos reflejos

Figura 24.24 Histología del intestino grueso.

Las glándulas intestinales están formadas por epitelio cilíndrico simple y células caliciformes, que se extienden por todo el espesor de la mucosa.



(a) Vista tridimensional de las capas del intestino grueso



(b) Corte sagital de las glándulas intestinales y los tipos celulares



gastrocólicos en el colon, el peristaltismo en masa tiene lugar tres o cuatro veces por día, durante una ingesta o inmediatamente después.

Digestión química en el intestino grueso

La etapa final de la digestión se lleva a cabo en el colon, mediante la actividad de las bacterias que habitan en su luz. Las glándulas del intestino grueso secretan moco, pero no producen ninguna enzima. El quimo se prepara para su eliminación por la acción de las bacterias, que fermentan los restos de hidratos de carbono y liberan gases hidrógeno, dióxido de carbono y metano. Estos gases contribuyen a la formación de gases en el colon, que se denomina *flatulencia*, cuando es excesiva. Las bacterias también convierten los restos de proteínas en aminoácidos y los degradan en sustancias simples: indol, escatol, sulfuro de hidrógeno y ácidos grasos. Una parte del indol y el escatol se elimina en las heces y le adjudican su olor; el resto se absorbe y transporta al hígado, donde se transforma en compuestos menos tóxicos que se excretan con la orina. Las bacterias también descomponen la bilirrubina en pigmentos simples, como la estercobilina, que le otorga a las heces el color pardusco. Entre los productos bacterianos absorbidos en el colon, se encuentran algunas vitaminas necesarias para el metabolismo normal, como las vitaminas B y K.

Absorción y formación de la materia fecal en el intestino grueso

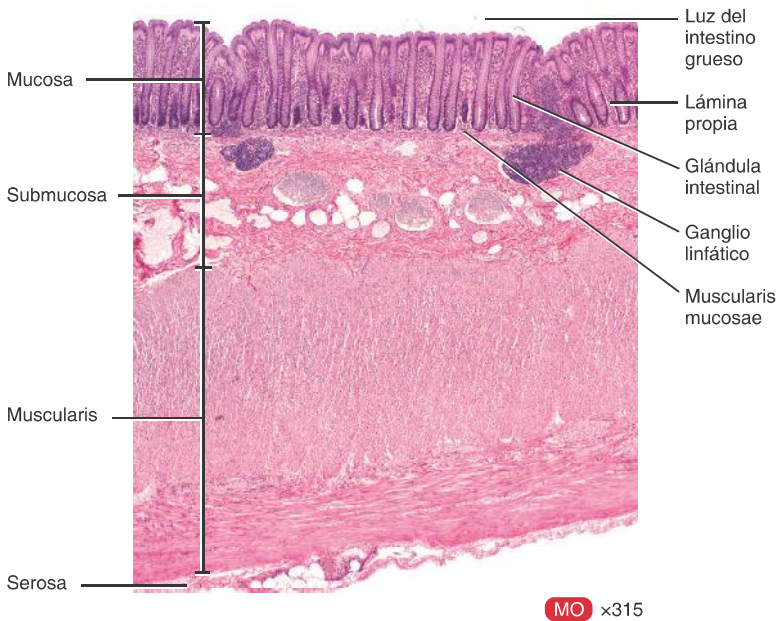
Cuando el quimo permanece en el intestino grueso entre 3 y 10 horas se vuelve sólido o semisólido por la absorción activa de agua y se denomina entonces **materia fecal** o **heces**. Su composición química es de agua, sales inorgánicas, células epiteliales descamadas de la mucosa del tracto gastrointestinal, bacterias, productos de la descomposición bacteriana, sustancias digeridas, pero no absorbidas, y partes indigeribles de los alimentos.

Aunque el agua se absorbe en un 90% en el intestino delgado, el intestino grueso absorbe el volumen y se convierte en un órgano importante en el balance del agua corporal. Del 0,5-1 litro de agua que ingresa en el intestino grueso, todo se absorbe por ósmosis, excepto 100 a 200 mL. El intestino grueso también absorbe iones, como sodio y cloro, y algunas vitaminas.

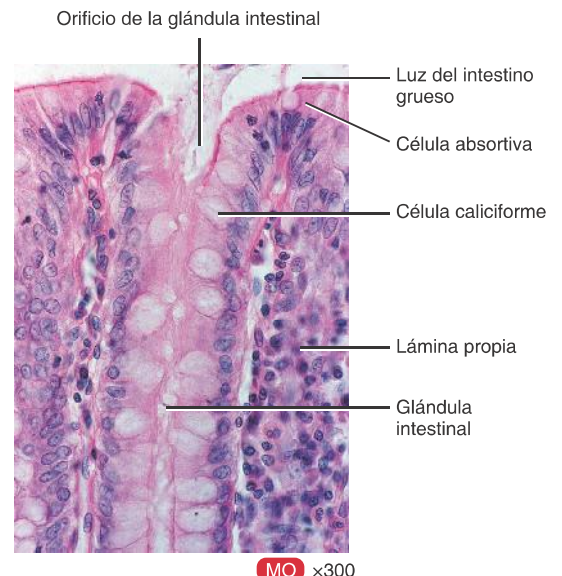


CORRELACIÓN CLÍNICA | Sangre oculta

El término sangre oculta se refiere a la sangre que no se detecta a simple vista. El valor diagnóstico más importante de la investigación de sangre oculta es detectar el cáncer colorrectal. Para ello, se analizan habitualmente las heces y la orina. Existen varios productos disponibles para la detección rápida de sangre oculta en las heces. Estas pruebas se basan en los cambios de color, cuando se agregan reactivos a las heces. La presencia de sangre oculta en la orina puede detectarse usando tiras reactivas.



(c) Porción de pared del intestino grueso



(d) Detalles de la mucosa del intestino grueso

¿Cuál es la función de las células caliciformes del intestino grueso?

El reflejo de defecación

Los movimientos de peristaltismo en masa impulsan la materia fecal del colon sigmoidees al recto. La distensión resultante de la pared rectal estimula receptores de estiramiento, que inician el **reflejo de defecación**. Éste se produce de la manera siguiente: en respuesta a la distensión de la pared rectal, los receptores envían impulsos nerviosos sensitivos a la médula espinal sacra. Los impulsos motores de la médula se dirigen de nuevo a lo largo de los nervios parasimpáticos hacia el colon descendente, colon sigmoidees, recto y ano. Las contracciones resultantes de los músculos longitudinales rectales acortan el recto y, de esta manera, aumenta la presión en su interior. Esto, junto con las contracciones voluntarias del diafragma y de los músculos abdominales, además de la estimulación parasimpática, provoca la apertura del esfínter anal interno.

El esfínter anal externo se controla voluntariamente. Si se relaja de este modo, la defecación se produce y las heces se expulsan a través del ano; si se contrae en forma voluntaria, la defecación puede demorarse. Las contracciones voluntarias del diafragma y de los músculos abdominales ayudan a la defecación por el aumento de la presión abdominal, que tracciona hacia adentro las paredes del colon sigmoidees y del recto. Si la defecación no se produce, las heces vuelven hacia el colon sigmoidees hasta que una nueva onda de peristaltismo en masa estimule los receptores de estiramiento, que otra vez producen la necesidad de defecar. En los lactantes, el reflejo de defecación provoca el vaciamiento automático del recto porque el control del esfínter anal externo todavía no se desarrolló.

La cantidad de deposiciones intestinales que una persona tiene en un período determinado depende de diversos factores como la dieta, la salud y el estrés. El rango normal de la actividad intestinal es de dos o tres deposiciones por día a tres o cuatro deposiciones por semana.

La **diarrea** (*dia-*, a través de; y *-rhoía*, flujo) es el aumento de la frecuencia, el volumen y el contenido líquido de las heces, causado por el incremento de la motilidad intestinal y la disminución de la absorción intestinal. Cuando el quimo transita con demasiada rapidez por el intestino delgado y las heces pasan en forma acelerada a lo largo del intestino grueso, no hay suficiente tiempo para la absorción. Las diarreas frecuentes pueden causar deshidratación y de desequilibrios electrolíticos. La excesiva motilidad puede ser provocada por la intolerancia a la lactosa, el estrés y la irritación bacteriana de la mucosa gastrointestinal.

El **estreñimiento** (de *stringere*, apretar) define la defecación infrecuente o a la dificultad para defecar, causada por una disminución en la motilidad intestinal. Como en este caso las heces permanecen en el colon durante períodos prolongados, se produce una excesiva absorción de agua y las heces secan y endurecen. El estreñimiento puede ser causado por hábitos inadecuados (retraso en la defecación), espasmos del colon, contenido insuficiente de fibras en la dieta, ingesta reducida de líquidos, falta de ejercicio, estrés emocional y algunos fármacos. Un tratamiento común es la administración de un laxante suave, como la leche de magnesia, que induce la defecación. Sin embargo, algunos médicos consideran que los laxantes son adictivos y que el agregado de fibras a la dieta, el aumento del ejercicio y la mayor ingesta de líquidos son maneras más seguras de corregir este trastorno tan frecuente.

En el **Cuadro 24.6** se resumen las actividades digestivas del intestino grueso y en el **Cuadro 24.7** se compendian las funciones de todos los órganos digestivos.



CORRELACIÓN CLÍNICA | Fibra dietética

La **fibra dietética** está constituida por hidratos de carbono de origen vegetal no digeribles (como la celulosa, la lignina y la pectina) contenidos en las frutas, verduras, cereales y legumbres. Las **fibras insolubles**, que no se disuelven en agua, incluyen partes estructurales de las plantas, como la corteza de las frutas y vegetales, y el salvado de los granos de cereales. Las fibras insolubles pasan a través del tubo digestivo sin sufrir cambios, pero aceleran el paso de sustancias. En cambio, las **fibras solubles** (que se disuelven en agua) forman un gel que retarda el tránsito de sustancias a lo largo del tubo digestivo. Se encuentran en abundancia en los porotos, la avena, la cebada, el brócoli, las ciruelas, las manzanas y las frutas cítricas.

Quienes consumen una dieta rica en fibras tienen un riesgo menor de obesidad, diabetes, aterosclerosis, cálculos biliares, hemorroides, diverticulitis, apendicitis y cáncer colorrectal. Las fibras solubles también pueden ayudar a mantener bajos los niveles sanguíneos de colesterol. El hígado convierte normalmente al colesterol en sales biliares, que se liberan en el intestino delgado e intervienen en la digestión de las grasas. Llevada a cabo su tarea, las sales biliares se reabsorben en el intestino delgado y se reciclan de nuevo en el hígado. Las fibras solubles rodean las sales biliares para impedir su reabsorción; de este modo, el hígado produce más sales biliares para reemplazar las pérdidas con las heces. El hígado utiliza, por lo tanto, más colesterol para formar más sales biliares, y los niveles sanguíneos de colesterol disminuyen.

CUADRO 24.6

Resumen de las funciones digestivas en el intestino grueso

ESTRUCTURA	ACTIVIDAD	FUNCIONES
Luz	Actividad bacteriana	Degrada los hidratos de carbono, proteínas y aminoácidos no digeridos en productos que pueden eliminarse con las heces o absorberse y detoxificarse en el hígado; sintetiza algunas vitaminas B y la vitamina K
Mucosa	Secreta moco	Lubrica el colon y protege la mucosa
	Absorción	Absorción de agua que solidifica las heces y contribuye al equilibrio del agua corporal; absorción de solutos, como iones y vitaminas
Muscular	Propulsión haustral	Mueve el contenido de un haustra a otra mediante contracciones musculares
	Peristalsis	Mueve el contenido a lo largo de todo el colon por contracciones de los músculos circulares y longitudinales
	Peristalsis en masa	Fuerza el contenido hacia el colon sigmoidees y el recto
	Reflejo de defecación	Elimina las heces por contracciones en el colon sigmoidees y el recto.



CUADRO 24.7

Resumen de los órganos del aparato digestivo y sus funciones

ÓRGANO	FUNCIONES
Lengua	Mueve los alimentos para la masticación, forma el bolo alimenticio, lo acomoda para la deglución, detecta el gusto y las sensaciones táctiles e inicia la digestión de los triglicéridos.
Glándulas salivales	Producen saliva, que ablanda, humedece y disuelve los alimentos; limpia la boca y los dientes e inicia la digestión del almidón.
Dientes	Cortan, desgarran y desmenuzan los alimentos sólidos en partículas más pequeñas para su deglución.
Páncreas	El jugo pancreático amortigua el jugo ácido gástrico del quimo (crea el pH adecuado para la digestión en el intestino delgado); inhibe la acción de la pepsina del estómago y contiene enzimas que digieren hidratos de carbono, proteínas, triglicéridos y ácidos nucleicos.
Hígado	Produce bilis, que es necesaria para la emulsificación y la absorción de lípidos en el intestino delgado.
Vesícula biliar	Almacena y concentra la bilis y la libera hacia el intestino delgado.
Boca	Véanse otras entradas en este cuadro para las funciones de la lengua, las glándulas salivales y los dientes, que se encuentran en la boca. Además, los labios y las mejillas mantienen los alimentos entre los dientes durante la masticación y las glándulas bucales producen saliva.
Faringe	Recibe el bolo de la cavidad bucal y lo envía hacia el esófago.
Esófago	Recibe el bolo desde la faringe y lo envía hacia el estómago; esto requiere la relajación del esfínter esofágico superior y la secreción de moco.
Estómago	Las ondas de mezcla maceran los alimentos, los mezclan con las secreciones de las glándulas gástricas (jugo gástrico) y reducen los alimentos al quimo. El jugo gástrico activa la pepsina y destruye microorganismos de los alimentos. El factor intrínseco ayuda a la absorción de la vitamina B ₁₂ . El estómago sirve como reservorio de los alimentos, antes de su liberación en el intestino delgado.
Intestino delgado	Las segmentaciones mezclan el quimo con los jugos digestivos: el complejo motor migrante propulsa el quimo hacia la válvula ileocecal; las secreciones digestivas del intestino delgado, páncreas e hígado completan la digestión de los hidratos de carbono, proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos; los pliegues circulares, las vellosidades y las microvellosidades aumentan la superficie para la absorción, sitio donde se absorbe el 90% de los nutrientes y el agua.
Intestino grueso	La propulsión haustral, la peristalsis y los movimientos peristálticos en masa conducen el contenido del colon hacia el recto; las bacterias producen algunas vitaminas B y vitamina K; absorción de agua, iones y vitaminas; defecación.

✓ PREGUNTAS DE REVISIÓN

39. ¿Cuáles son las principales regiones del intestino grueso?
40. ¿En qué se diferencia la capa muscular del intestino grueso de la del resto del tubo digestivo? ¿Qué es un haustra?
41. Describa los movimientos mecánicos que tienen lugar en el intestino grueso.
42. ¿Qué es la defecación y cómo se produce?
43. ¿Qué actividades lleva a cabo el intestino grueso para convertir su contenido en heces?

24.14 FASES DE LA DIGESTIÓN

■ OBJETIVOS

- Describir las fases de la digestión.
- Describir las principales hormonas que regulan las actividades digestivas.

Las actividades digestivas se cumplen en tres fases superpuestas: la fase cefálica, la fase gástrica y la fase intestinal.

Fase cefálica

Durante la **fase cefálica** de la digestión, el olor, la vista, el pensamiento o el sabor inicial de la comida activan centros neuronales de la corteza cerebral, el hipotálamo y el tronco encefálico. El tronco encefálico activa los nervios facial (VII) glossofaríngeo (IX) y vago (X). Los nervios facial y glossofaríngeo estimulan la secreción de saliva por las glándulas salivales, mientras que el nervio vago estimula las glándulas gástricas a producir jugo gástrico. El propósito de la fase cefálica de la digestión es preparar la boca y el estómago para recibir los alimentos que van a ser ingeridos.

Fase gástrica

Una vez que los alimentos llegan al estómago, comienza la **fase gástrica** de la digestión. Mecanismos neurales y hormonales regulan esta fase para promover la secreción y la motilidad gástricas.