

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

Tema 25. *Intestino*. Generalidades. Intestino delgado. Intestino grueso. *Aparato digestivo de aves*. Cavidad bucal. Esófago. Buche. Estómago: proventrículo y ventrículo. Intestino. Cloaca.

INTESTINO

Es la porción del aparato digestivo que se extiende desde el píloro hasta el ano. Se divide en dos partes: intestino delgado y grueso.

INTESTINO DELGADO

El intestino delgado, formado por el duodeno, yeyuno e íleon, es el principal lugar de absorción de los productos finales de la digestión, minerales, vitaminas y sales biliares en todas las especies domésticas.

Su estructura histológica es la siguiente:

- **Mucosa:** presenta especializaciones destinadas al incremento de la superficie, facilitando el proceso de digestión y absorción. Las estructuras implicadas en esta función son los pliegues, las vellosidades, las criptas y las microvellosidades. Los **pliegues** están constituidos por la mucosa y la submucosa. Las **vellosidades** son proyecciones digitiformes de la mucosa, cuya longitud varía con la especie y la actividad fisiológica. Las **criptas** intestinales están formadas por invaginaciones tubulares de la mucosa, que se abren en la base de las vellosidades. Las **microvellosidades** se localizan en el borde apical de los enterocitos.

La mucosa está revestida por un epitelio simple cilíndrico, que forma una capa celular continua sobre las vellosidades y las criptas. Está constituido por cinco tipos celulares: enterocitos, células caliciformes, células de Paneth, células enteroendocrinas y células madre pluripotenciales. El número y distribución de cada uno de estos tipos celulares varía según la región considerada.

1.- **Enterocitos:** son las células principales del intestino delgado y su función primordial es la absorción de nutrientes. Tapizan la superficie luminal desde la base hasta la punta de las vellosidades. Tienen morfología cilíndrica, su citoplasma es débilmente acidófilo y el núcleo oval está situado en su mitad inferior. Su borde apical presenta una estructura continua llamada ribete en cepillo, visible con el microscopio óptico en forma de banda delgada refringente en los cortes tratados con hematoxilina y eosina, que con el método PAS es positiva debido a la presencia del glucocáliz y del moco producido por las células caliciformes.

Ultraestructuralmente, el ribete en cepillo está formado por microvellosidades, especializaciones de membrana que incrementan la superficie celular. Están recubiertas por el glucocáliz, estructura filamentosa que desempeña funciones de protección y manifiesta una marcada actividad enzimática por la presencia de hidrolasas específicas destinadas a la digestión terminal de nutrientes. El citoplasma apical contiene cisternas del retículo endoplásmico liso, necesario para la síntesis de triglicéridos. El retículo endoplásmico rugoso se sitúa a mayor profundidad, próximo al complejo de Golgi, de posición supranuclear. Las mitocondrias son abundantes y se encuentran por todo el citoplasma. Los complejos de unión laterales están bien desarrollados, y entre ellos destaca la *zonula occludens*, que impide el tránsito a través del epitelio.

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

El transporte a través de la barrera intestinal tiene lugar mediante dos vías diferentes. En la ruta intracelular los nutrientes atraviesan el ribete en cepillo de los enterocitos, difunden por el citoplasma y abandonan la célula por la membrana basolateral. La ruta intercelular discurre a través de los complejos de unión, impermeables al paso de grandes moléculas, hacia los espacios laterales. Los aminoácidos y monosacáridos son absorbidos mediante un proceso de transporte activo hasta alcanzar los capilares desde los espacios laterales. Los monoglicéridos y ácidos grasos difunden a través de la membrana apical para ser resintetizados a triglicéridos en el retículo endoplásmico liso. Desde aquí son transportados hasta el complejo de Golgi para formar quilomicrones que, liberados por exocitosis a través del borde lateral de la membrana plasmática, serán incorporados a la circulación linfática a través del vaso quilífero.

2.- Células caliciformes: se localizan tanto en el epitelio de las vellosidades como en las criptas. Son células con un citoplasma apical ensanchado, repleto de gránulos de secreción mucosos y base estrecha que asienta sobre la membrana basal. Se disponen entre los enterocitos a intervalos. El número de células caliciformes disminuye en el extremo apical de la vellosidad y su densidad es mayor hacia las porciones caudales del intestino delgado. El mucus que producen lubrica y protege la mucosa intestinal.

3.- Células de Paneth: aparecen en el fondo de las criptas, aisladas o formando pequeños grupos. Tienen forma piramidal, su núcleo está situado en el polo basal y contienen abundantes gránulos de secreción acidófilos de situación supranuclear. Sus características ultraestructurales se corresponden con las células de marcada actividad de síntesis proteica, con buen desarrollo del retículo endoplásmico rugoso. Los gránulos de secreción son heterogéneos y contienen lisozima y péptidos de acción antibacteriana, implicados en la defensa de la mucosa intestinal. Estas células son muy numerosas en el caballo y menos en rumiantes.

4.- Células enteroendocrinas: se encuentran sobre todo en las criptas, de manera dispersa y en proporción inferior al resto de los tipos celulares del epitelio intestinal. Sus características morfológicas son similares a las de las células enteroendocrinas descritas en el estómago. Secretan diferentes hormonas y péptidos reguladores como gastrina, secretina, colecistoquinina o somatostatina. Estas sustancias están implicadas en la fisiología digestiva e influyen sobre la secreción gástrica, motilidad intestinal, secreción pancreática y contracción de la vesícula biliar.

5.- Células madre pluripotenciales o columnares indiferenciadas: ocupan sobre todo el tercio inferior de las criptas, donde constituyen el tipo principal. La capacidad de absorción de estas células es prácticamente nula, pero al emigrar hacia el vértice de la vellosidad sus microvellosidades se alargan, se hacen más numerosas y regulares y desarrollan la dotación enzimática necesaria para la digestión y absorción.

Debido a la continua pérdida celular que tiene lugar en el ápice de las vellosidades, la lámina epitelial está sometida a una renovación constante. Las células madre, en división permanente, son la fuente de los demás tipos celulares. Las nuevas células originadas por mitosis en el fondo de las criptas se diferencian a medida que ascienden por la vellosidad, pasando por un tipo celular intermedio antes de alcanzar la

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

configuración definitiva. La maduración de las células de Paneth parece ocurrir en sentido inverso, con desplazamiento hacia segmentos más profundos respecto a la posición de las células de procedencia. La reposición de los enterocitos y células caliciformes tiene lugar entre cuatro y siete días mientras que la de las células de Paneth oscila entre dos y cuatro semanas.

La lámina propia está formada por una red de tejido conectivo laxo, que ocupa el centro de las vellosidades y el territorio entre las criptas. En los carnívoros puede aparecer, como en el estómago, el estrato compacto entre la base de las criptas y la muscular de la mucosa. La lámina propia contiene además linfocitos, células plasmáticas, escasos macrófagos y un número variable de eosinófilos, cuyo número tiende a incrementarse con la edad y desempeñan una importante función defensiva frente a los posibles agentes patógenos capaces de atravesar la barrera intestinal. Los linfocitos pueden incluso situarse entre las células epiteliales de las vellosidades y las criptas.

La lámina propia también participa en dos estructuras de gran importancia para la funcionalidad intestinal: las vellosidades y las criptas intestinales.

Las **vellosidades intestinales** son estructuras de absorción formadas por evaginaciones de la lámina propia recubiertas por el epitelio cilíndrico que tapiza el intestino. El tipo celular predominante es el enterocito, entre cuya población aparecen células caliciformes. El núcleo de cada vellosidad está formado por la lámina propia y contiene un plexo capilar y un vaso linfático central o quilífero, en general único, originado en fondo de saco. Alrededor de éstos se extiende un haz de fibras musculares lisas dispuestas longitudinalmente, derivadas de la muscular de la mucosa, cuya contracción facilita el proceso de absorción al impulsar su contenido y la sangre de los capilares. En general, los animales con procesos digestivos más rápidos tienen más desarrolladas las vellosidades. Según esto, son más largas en los carnívoros, más cortas en los rumiantes y presentan un desarrollo intermedio en el caballo y el cerdo. Además de la especie hay que tener en cuenta otros factores que pueden condicionar la altura de las vellosidades, tales como la edad, microflora intestinal y estado inmunitario.

Las **criptas o glándulas intestinales** son invaginaciones tubulares de la mucosa presentes a lo largo de todo el intestino. El epitelio que las recubre está constituido en su mitad superior por enterocitos y células caliciformes, mientras que en el fondo predominan las células indiferenciadas, entre las que se observan frecuentes figuras de mitosis. Se consideran glándulas tubulares simples y son largas en carnívoros y más cortas en herbívoros. En ocasiones las criptas pueden extenderse hasta la submucosa debido a que la muscular de la mucosa aparece interrumpida por la presencia de agregados linfoides.

La muscular de la mucosa es una banda delgada compuesta por dos finas capas de fibras musculares lisas perpendiculares entre sí.

- **Submucosa:** está formada por tejido conectivo moderadamente denso e irregular, que sirve de soporte a la red arterial, venosa y linfática que la recorre, así como al plexo nervioso submucoso o de Meissner. En el conectivo de la submucosa abundan las fibras elásticas y puede aparecer tejido adiposo. En esta túnica aparecen glándulas tubuloalveolares simples ramificadas de secreción mucosa, aunque en el caballo y en el

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

cerdo tienen componentes serosos asociados, cuyo desarrollo, extensión y diferencias estructurales dependen de la especie. Sus conductos perforan la muscular de la mucosa y desembocan en el fondo de las criptas o en la superficie de la mucosa entre las vellosidades. Las glándulas submucosas de los mamíferos domésticos siempre están presentes en el duodeno y en el caballo, cerdo y vacuno se extienden hasta parte del yeyuno.

La lámina propia y la submucosa contienen folículos linfoides aislados, cuyo número aumenta caudalmente. Los más pequeños permanecen en la lámina propia sin rebasar la muscular de la mucosa y los mayores se extienden por la submucosa alcanzando la muscular. En los segmentos caudales del intestino delgado, sobre todo en el íleon, los folículos linfoides forman las placas de Peyer.

- **Muscular:** está formada por dos capas de fibras musculares lisas, la circular interna y la longitudinal externa. Ambas están unidas por un tejido conectivo rico en fibras elásticas donde se sitúa el plexo nervioso mientérico o de Auerbach.

- **Serosa:** está constituida por una delgada capa de tejido conectivo laxo recubierta por un mesotelio. La serosa se corresponde con la hoja visceral del peritoneo.

INTESTINO GRUESO

El intestino grueso está constituido por el ciego, colon, recto y canal anal. Su importancia como órgano de absorción es limitada en los carnívoros, pero no ocurre así en los herbívoros, especialmente los de estómago simple, donde la actividad bacteriana desempeña un importante papel fisiológico gracias al desarrollo de alguno de sus tramos. Los residuos de la digestión son compactados y almacenados para su eliminación. A pesar de la conformación anatómica propia de los mamíferos domésticos, las diferencias microscópicas en cada uno de sus segmentos son poco pronunciadas. La organización histológica es similar a la del intestino delgado, con algunas particularidades relativas a su función.

-**Mucosa:** se caracteriza porque faltan las vellosidades. Las criptas, muy próximas entre sí, son más largas y rectas que las del intestino delgado. Esto determina que, macroscópicamente, la mucosa sea lisa y más gruesa. El epitelio de recubrimiento es cilíndrico simple, tanto en las criptas como en la superficie, integrado por enterocitos, células caliciformes, células enteroendocrinas y células madre indiferenciadas. Los enterocitos revisten la superficie del intestino grueso y se extienden hacia el interior de las criptas, disminuyendo progresivamente en número respecto a las células caliciformes. Las células caliciformes son más numerosas que en el intestino delgado. Las células enteroendocrinas son escasas y se localizan en el tercio inferior de las criptas. Las células madre están situadas en el fondo de las criptas.

La lámina propia del intestino grueso está compuesta por tejido conectivo laxo, con una población celular similar a la descrita en el intestino delgado. Las criptas son muy numerosas, largas y rectilíneas y se extienden desde la superficie intestinal, donde desembocan, hasta la muscular de la mucosa. En la porción final de la mucosa rectal, adyacente al canal anal, la lámina propia contiene un plexo venoso bien desarrollado.

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

En los ruminantes este segmento se distingue por presentar pliegues longitudinales con tejido linfoide y senos.

La muscular de la mucosa, compuesta por una capa circular interna y una capa longitudinal externa.

- **Submucosa:** sus características histológicas son semejantes a las del intestino delgado, aunque su espesor es mayor en el recto. Los folículos linfoides solitarios ubicados en la lámina propia y en la submucosa son abundantes sobre todo en el ciego y en el recto.

- **Muscular:** está formada por una capa circular interna y una capa longitudinal externa. En el ciego y colon del caballo y del cerdo la capa muscular externa se concentra y forma bandas longitudinales aplanadas, llamadas cintas o tenias. En el recto la túnica muscular es más gruesa.

La muscular de la mucosa y la capa externa de la muscular terminan en la zona ano-rectal. Las fibras musculares de la capa muscular circular interna se desarrollan para dar lugar al esfínter interno del ano, que se encuentra rodeado por el esfínter externo constituido por fibras musculares esqueléticas.

- **Serosa:** tiene una estructura microscópica semejante a la del intestino delgado. En el segmento caudal del recto, de localización retroperitoneal, es sustituida por una adventicia de tejido conectivo laxo que se funde con la fascia de ese territorio.

CANAL ANAL

El canal anal es la porción del tracto digestivo que se extiende desde la terminación del recto hasta el ano. En la unión ano-rectal se produce un cambio brusco del epitelio cilíndrico simple de la mucosa rectal a epitelio estratificado plano. En el cerdo y en los carnívoros la mucosa del canal anal presenta tres zonas sucesivas: anterior o columnar, intermedia y caudal o cutánea. La zona columnar está recubierta por epitelio estratificado plano no queratinizado y contiene abundante tejido linfoide, un plexo venoso eréctil y glándulas anales tubuloalveolares situadas en la propia submucosa, que elaboran una secreción mucosa en el cerdo y lipídica en el perro. La zona intermedia está igualmente tapizada por epitelio estratificado plano no queratinizado y también contiene glándulas. La zona cutánea forma la transición con la piel y se distingue por la presencia de un epitelio estratificado plano queratinizado, folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas. En los carnívoros esta zona aloja las glándulas circunanales. Los ruminantes y el caballo carecen de glándulas anales.

Los sacos anales de los carnívoros están constituidos por invaginaciones bilaterales de la mucosa rectal y se encuentran tapizados por epitelio estratificado plano queratinizado y rodeados por las glándulas perisaculares, cuyos conductos se abren en la zona cutánea del canal anal. Los sacos anales están bien desarrollados en el perro, donde actúan como reservorios de la secreción de las glándulas adyacentes, que no intervienen en el proceso digestivo.

CIRCULACIÓN SANGUINOLINFÁTICA DEL INTESTINO

Autores: Antonio Bernabé Salazar, José Antonio Navarro Cámara y Francisco José Pallarés Martínez

Las arterias procedentes del mesenterio, tras aportar el riego de la serosa y proporcionar ramas que se distribuyen por la muscular, forman una red en la submucosa. Las ramificaciones de este plexo atraviesan la muscular de la mucosa y constituyen la red capilar de la lámina propia. Los capilares situados bajo la membrana basal poseen amplias fenestraciones que permiten el intercambio con el espacio intersticial. En la mitad distal de cada vellosidad hay una profusa red capilar, estableciendo una vascularización más pronunciada que la existente alrededor de las criptas.

El riego venoso se inicia en las vénulas eferentes de las vellosidades y criptas, y se continúa por medio del plexo situado en la submucosa. Los vasos eferentes pasan a través de la muscular y abandonan el intestino acompañando el curso de las arterias.

Los vasos linfáticos centrales de las vellosidades se anastomosan y drenan su contenido en una red linfática localizada en la profundidad de la lámina propia, conectada con otra situada en la submucosa, a partir de la cual se inician linfáticos de mayor calibre que se abren paso a través de la muscular y la serosa hasta abandonar la pared intestinal.

PERITONEO

Está constituido por una serosa que reviste la cavidad abdominal (peritoneo parietal) y los órganos alojados en ella (peritoneo visceral). El mesenterio que sostiene al intestino está formado por tejido conectivo laxo revestido de mesotelio por ambas caras.

INTESTINO DE LAS AVES

La organización histológica del intestino aviar es similar a lo largo de su recorrido. A diferencia de los mamíferos, existen vellosidades tanto en el intestino delgado como en el grueso. Están más desarrolladas en las porciones craneales, disminuyendo gradualmente su altura hacia las caudales. En los ciegos las vellosidades se acortan llegando a desaparecer hacia los extremos de los mismos. Otra característica del intestino de las aves domésticas es la ausencia de glándulas submucosas o duodenales. La disposición del resto de las capas es equivalente.