

# SISTEMA DIGERENTE UMANO

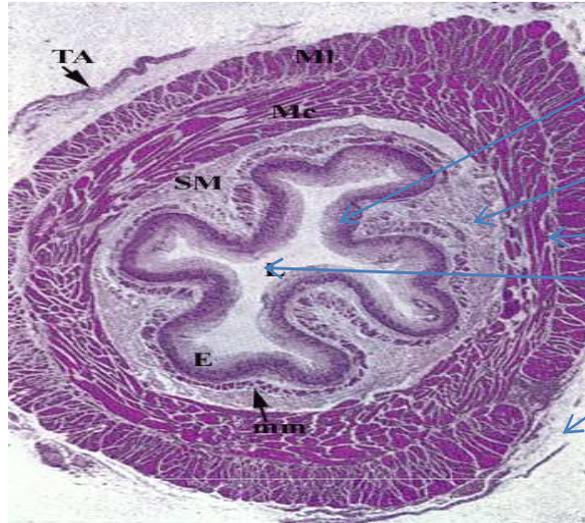
realizzato da Irene Valorosi sulla base  
testuale di "Immagini della Biologia" ed.  
Zanichelli

# La trasformazione del cibo

## Quattro fasi fondamentali:

- **ingestione** - l'atto del mangiare
- **digestione** – demolizione in molecole abbastanza piccole da poter essere assorbite dal corpo, si suddivide in: **meccanica**, effettuata dai denti che triturano il cibo per renderlo maggiormente disponibile all'azione degli enzimi, e **chimica**, operata dagli enzimi prodotti dalle ghiandole annesse al sistema digerente.
- **assorbimento** – le cellule che rivestono il tubo digerente assorbono le piccole molecole nutritive che, attraverso il sangue, raggiungono le altre cellule del corpo, dove vengono incorporate oppure ulteriormente demolite per fornire energia
- **eliminazione** – le sostanze non digerite vengono espulse dal tubo digerente.

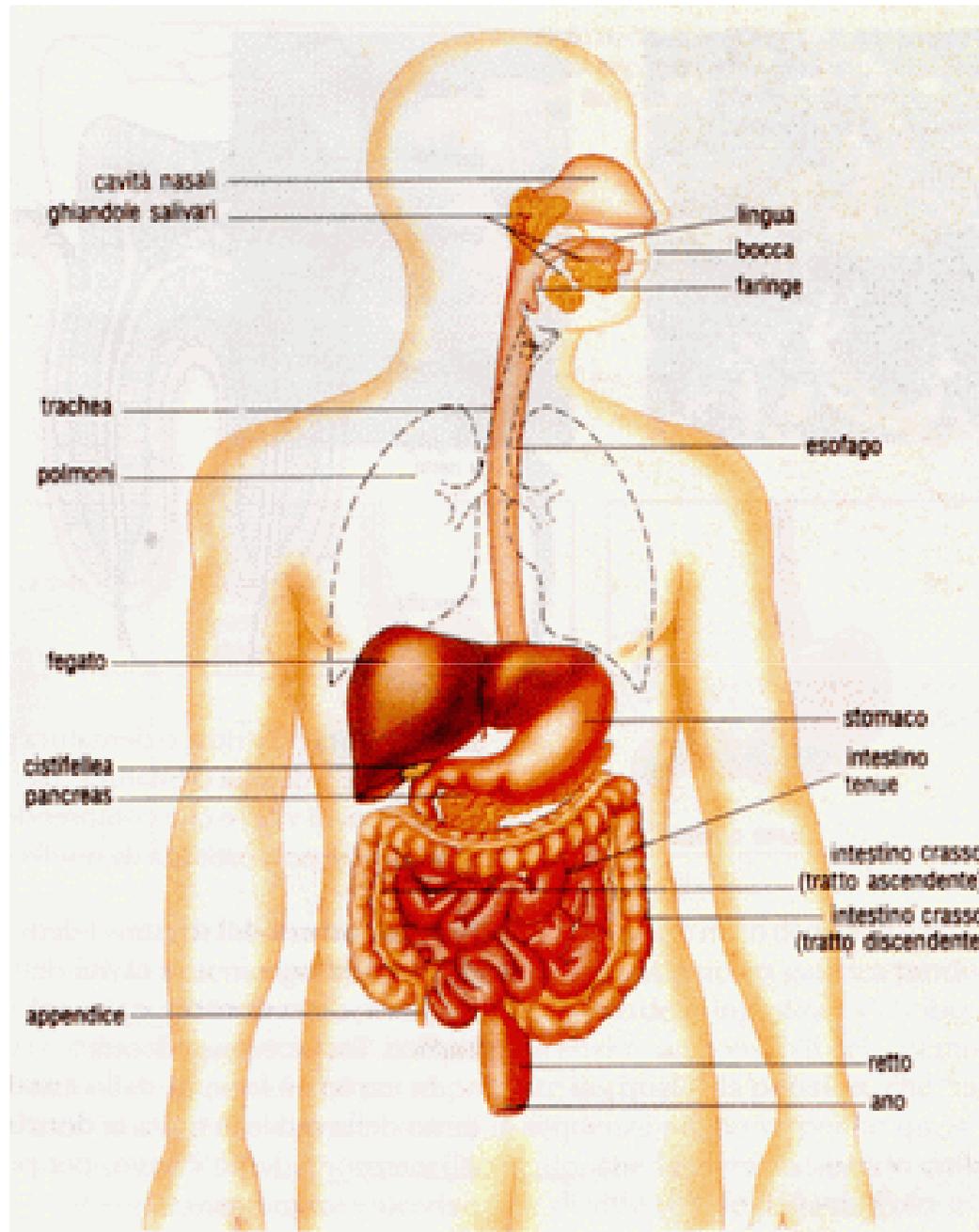
# Struttura di base del tubo digerente



Sezione di esofago

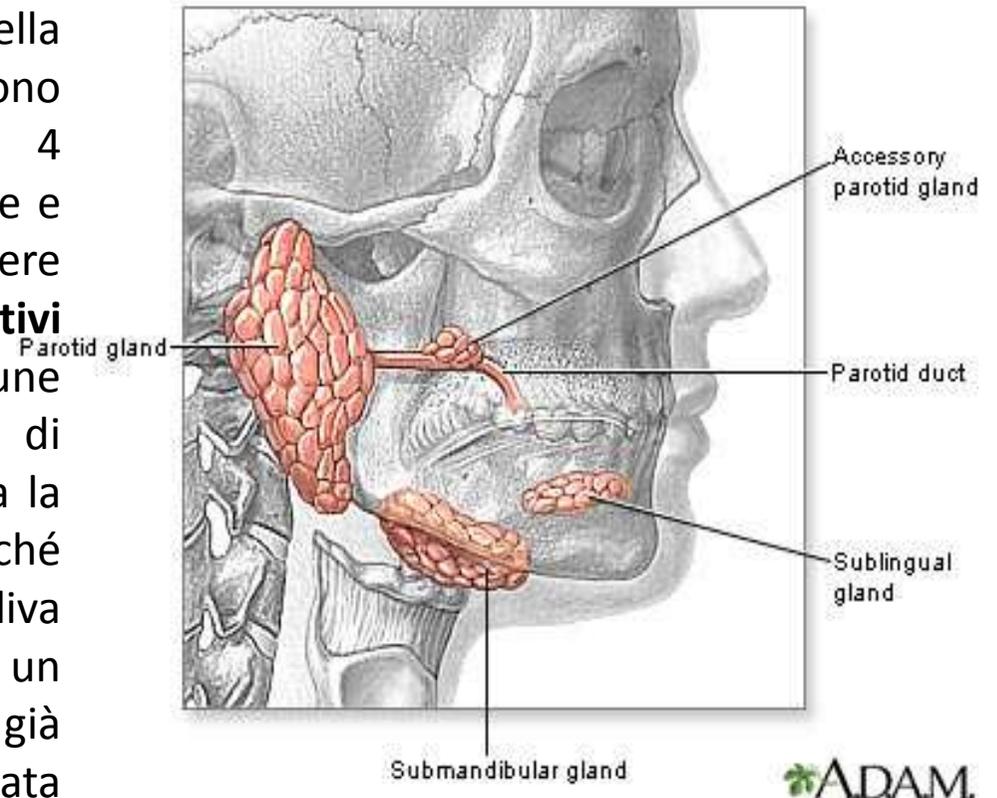
mucosa  
sottomucosa  
Tonaca muscolare  
lume del tubo digerente  
sierosa

Il tubo digerente, per tutto il suo percorso, è costituito da quattro strati: il più interno, la **mucosa**, formata da tessuto epiteliale e connettivo; la **sottomucosa**, costituita da tessuto connettivo e provvista di fibre nervose e vasi sanguigni e linfatici; la **tonaca muscolare**, costituita da due strati di muscolatura liscia, uno interno, con cellule muscolari disposte in modo circolare, e uno più esterno, con cellule poste in modo longitudinale; la **sierosa**, un rivestimento esterno di tessuto connettivo.

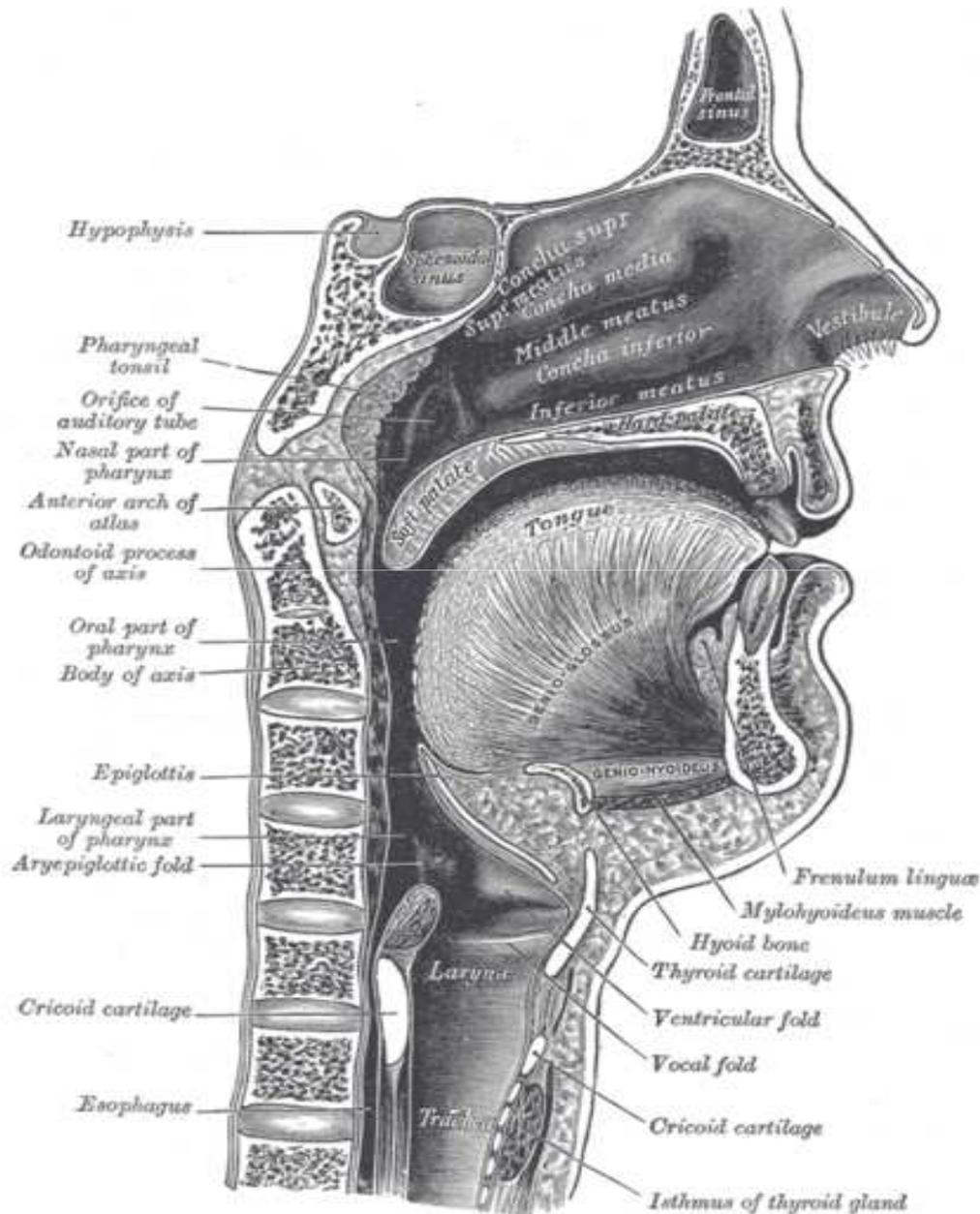


# LA CAVITA' ORALE

Il processo di demolizione del cibo inizia nella **bocca**. Nella specie umana al suo interno sono localizzati: **32 denti** ( 4 incisivi, 2 canini, 4 premolari e 6 molari per ogni arcata, superiore e inferiore); la **lingua** , la cui funzione è di muovere e rimescolare il cibo, dotata di **bottoni gustativi** che contengono recettori sensoriali per alcune sostanze chimiche; lo sbocco delle 3 paia di **ghiandole salivari** , il cui secreto, la **saliva**, ha la funzione di inumidire e lubrificare il cibo perché possa essere facilmente inghiottito. La saliva contiene un enzima digestivo, la **ptialina** ( un 'amilasi) che inizia la demolizione degli amidi già in bocca. La secrezione della saliva è controllata dal sistema nervoso autonomo: la salivazione ha inizio in seguito alla presenza di cibo nella bocca, ma anche per il semplice odore o per l'idea del cibo. In condizioni normali, noi produciamo da un litro a un litro e mezzo di saliva ogni 24 ore. A livello della bocca il cibo viene trasformato in **bolo alimentare**; i denti triturano il cibo e la lingua lo mescola con la saliva prodotta dalle ghiandole salivari. La saliva ha un'azione antibatterica, grazie alla presenza di un particolare enzima, il **lisozima**.



# DEGLUTIZIONE



La lingua spinge il bolo verso la parte posteriore della cavità orale e verso la faringe. Essa comunica con l'esofago e con la trachea. Quando si deglutisce, il bolo alimentare entra nella faringe, la laringe si sposta verso l'alto e fa abbassare l'**epiglottide**, una struttura cartilaginea, chiudendo momentaneamente le vie aeree e impedendo al bolo di entrare nella trachea. Questo processo inizia con un'azione volontaria che, una volta attivata, negli esseri umani continua involontariamente. Le sostanze liquide come quelle solide sono spinte lungo l'esofago per **peristalsi**, processo che consiste in contrazioni ordinate dei due strati di muscolatura del tubo digerente che producono costrizioni ad anello il cui effetto è far avanzare il cibo lungo il canale digerente.

# Lo stomaco



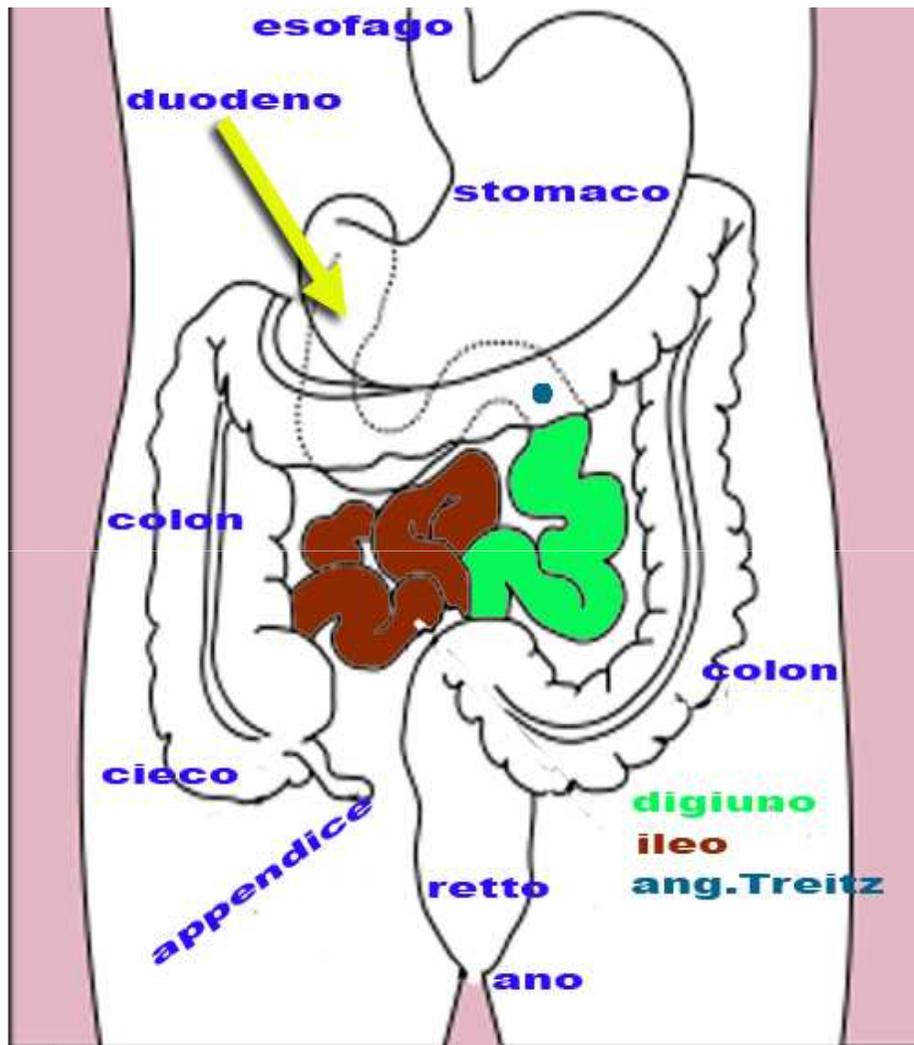
Lo **stomaco** è un organo muscolare a forma di sacco. Il suo strato mucoso, molto spesso, contiene numerose **fossette gastriche**, collegate alle **ghiandole gastriche** tubulari. Queste sono formate da tre tipi di cellule: **mucose**, secernono muco che lubrifica e protegge le cellule che rivestono lo stomaco; **parietali**, secernono **acido cloridrico**; **principali**, secernono il **pepsinogeno**. L'HCl (acido cloridrico, conferisce allo stomaco un pH tra 1-3) ha la funzione di uccidere molti dei microbi contenuti nel cibo e di convertire il pepsinogeno in **pepsina**, la forma attiva dell'enzima. Questa dà inizio alla digestione chimica delle proteine, formando peptidi più corti, preparando così le proteine al successivo processo di digestione che avverrà nell'intestino tenue.

## Sezione di mucosa gastrica



Lo stomaco possiede una tonaca muscolare costituita da tre strati di muscolatura liscia: le contrazioni della sua parete aiuta la digestione rimescolandone il contenuto (succhi gastrici e cibo) che prende il nome di **chimo**. Lo stomaco è chiuso alle due estremità da due **sfinteri**: il **cardias** che lo separa dall'esofago, e il **piloro** che lo separa dall'intestino e regola il passaggio del chimo al **duodeno**. Il chimo passa nell'intestino un po' per volta; lo stomaco si svuota completamente dopo un pasto in circa 2 – 6 ore. Le cellule dello strato mucoso della cavità gastrica sono in grado di assorbire alcune sostanze, quali acqua, piccoli ioni, **alcol**, alcuni farmaci come l'aspirina. L'attività gastrica è regolata dal sistema nervoso (senso di fame e senso di sazietà) e da ormoni prodotti dall'organo stesso in seguito alla presenza di cibo, quali la **gastrina** che stimola la produzione dei succhi gastrici.

# Intestino tenue



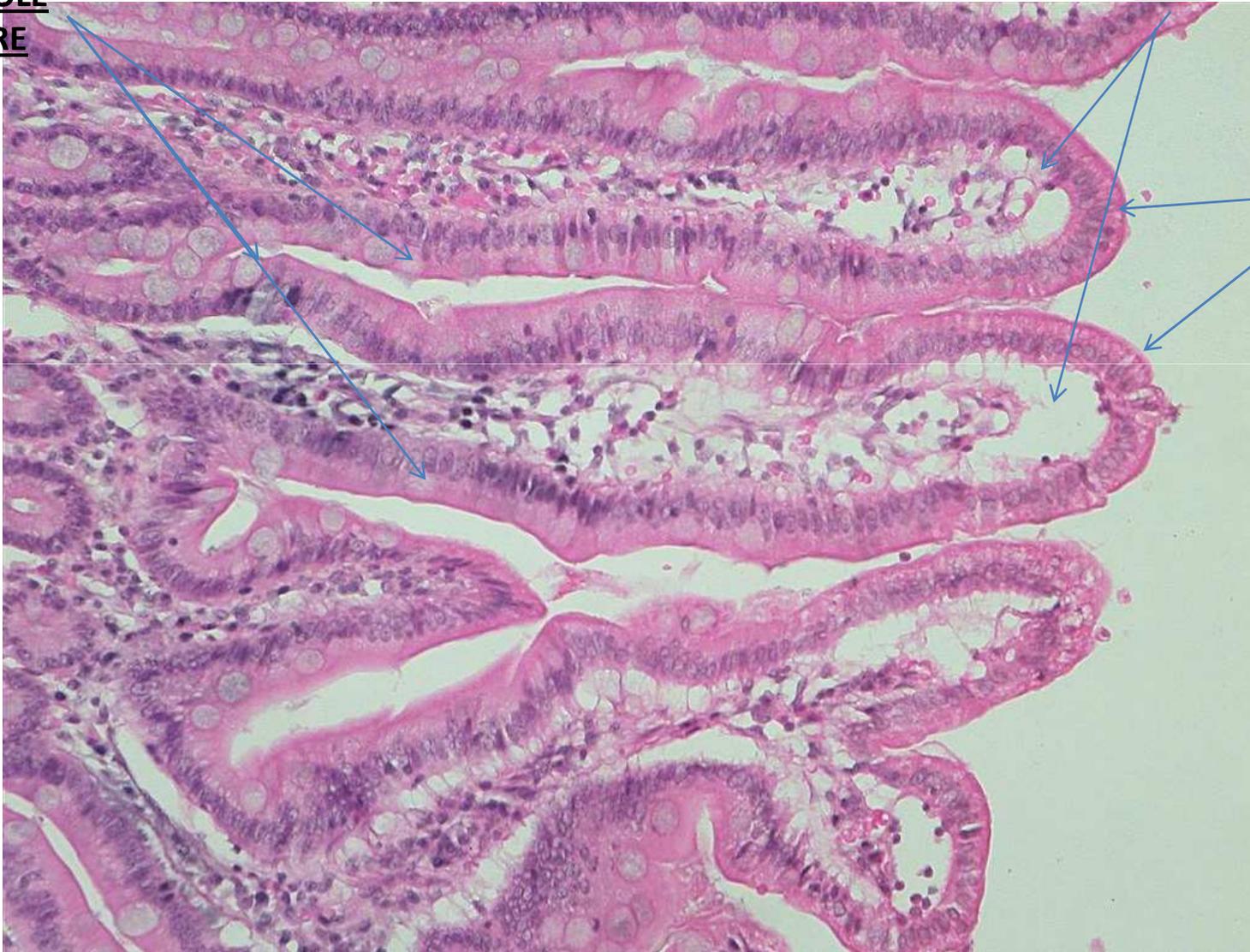
L'intestino tenue (6m nell'uomo adulto) si estende dal piloro alla **valvola ileocecale**. Si divide in tre porzioni: **duodeno**, che circonda la testa del pancreas e nel quale avviene gran parte della digestione; il **digiuno** e l'**ileo**, dove avviene più del 90% dell'assorbimento delle sostanze nutritive. Nel suo insieme presenta strutture che ne aumentano la superficie assorbente, quali pieghe circolari della sottomucosa, estensioni digitiformi della mucosa, i villi, e proiezioni citoplasmatiche della superficie delle cellule epiteliali, i microvilli. Attraverso lo sfintere pilorico vengono immesse, a intervalli regolari ridotte quantità di chimo. Il contatto di questo con le pareti duodenali stimola la produzione di 2 ormoni peptidici: la **secretina** e la **colecistochinina (CCK)** che stimolano l'attività del **fegato** ( produzione di **bile**, contenete sali biliari, che emulsionano i grassi rendendoli più facilmente attaccabili dagli enzimi) e del **pancreas** ( produzione di **succo pancreatico**, soluzione basica ricca di **bicarbonato**, per neutralizzare l'acidità del chimo, e di **enzimi digestivi**).

# MUCOSA DI INTESTINO TENUE (digiuno) villi intestinali

GHIANDOLE  
MUCIPARE

VILLI

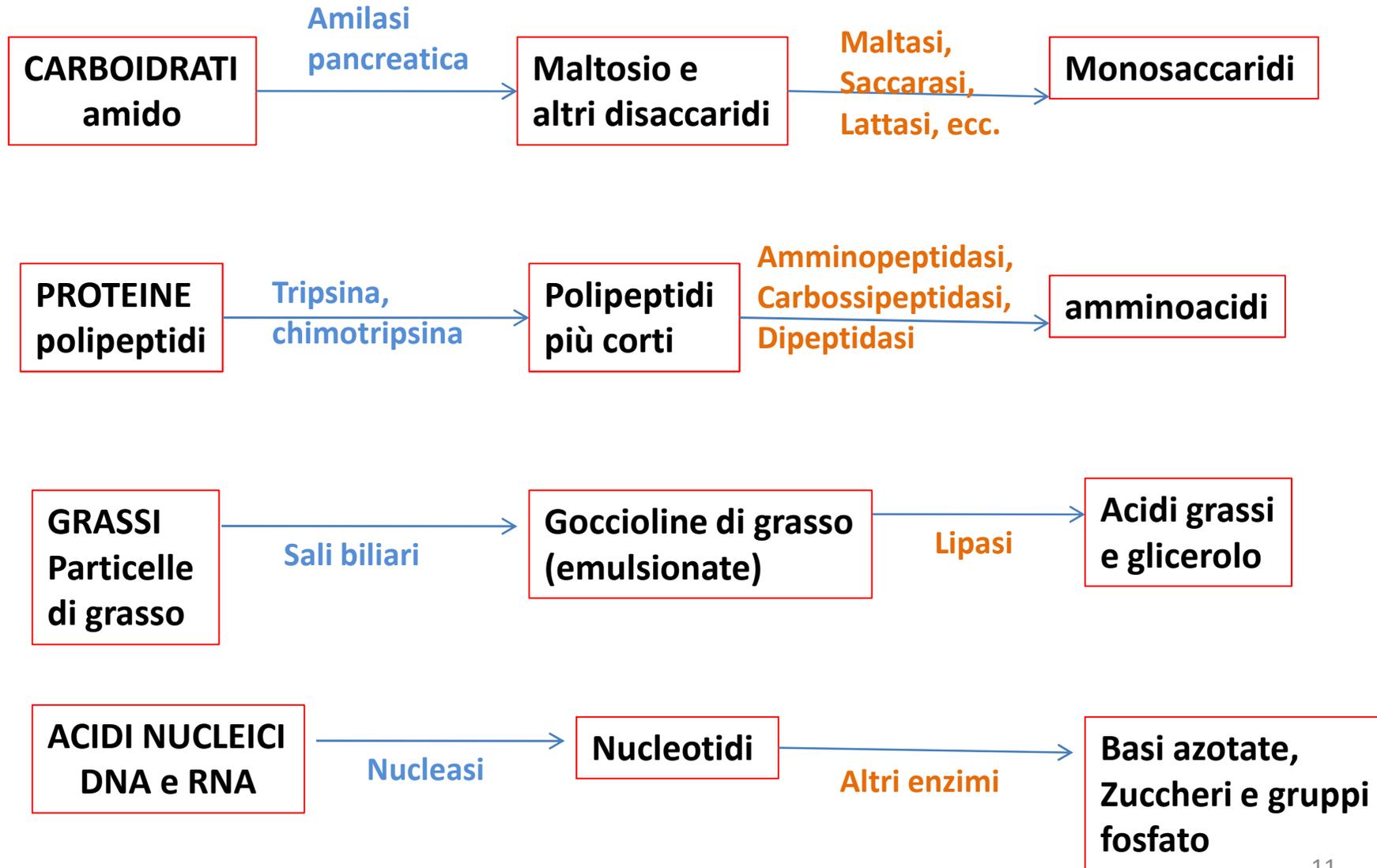
MICROVILLI



# Completamento della digestione chimica degli alimenti

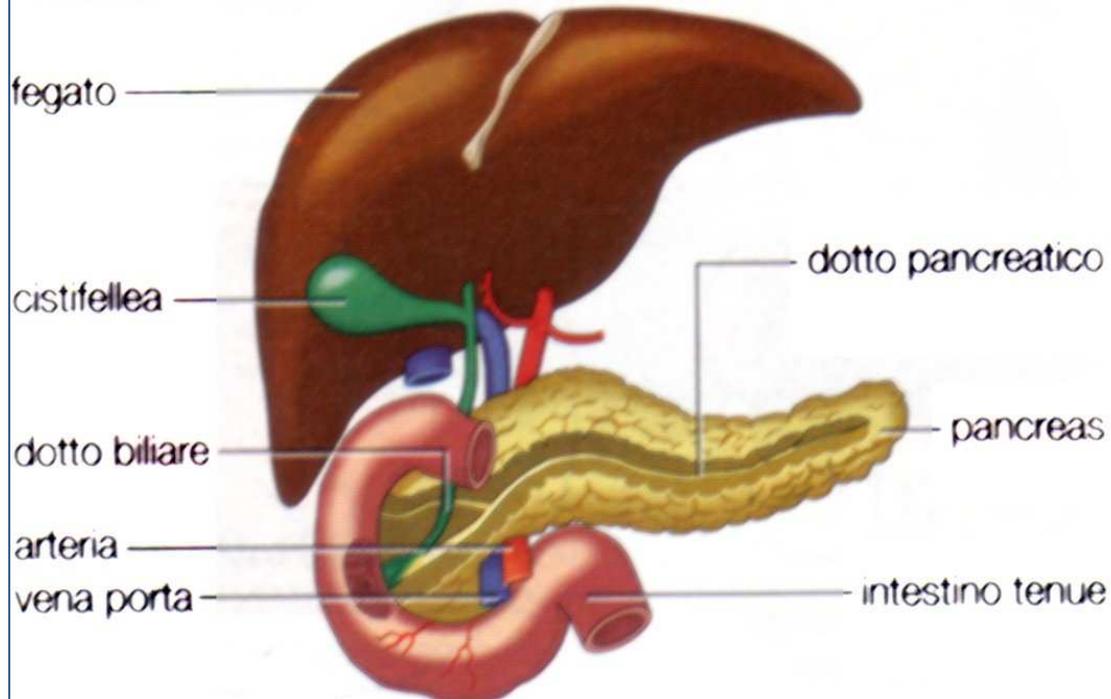
## Enzimi pancreatici

## Enzimi del succo enterico



- La digestione dei carboidrati, iniziata nella bocca, si conclude nell'intestino tenue grazie **all'amilasi pancreatica** che idrolizza l'amido non scomposto dall'amilasi salivare trasformandolo in maltosio; quindi la **maltasi**, presente nel **succo enterico**, prodotto dalle cellule della mucosa dell'intestino tenue, scinde il maltosio (disaccaride) in glucosio (monosaccaride), così come la **saccarasi** scinde il saccarosio in glucosio e fruttosio e la **lattasi** scinde il lattosio in glucosio e galattosio.
- La digestione delle proteine, iniziata nello stomaco, si completa grazie agli enzimi pancreatici **tripsina e chimotripsina** che idrolizzano i peptidi in catene più piccole, quindi la **amminopeptidasi e la carbossipeptidasi** del succo enterico demoliscono i polipeptidi nei singoli aminoacidi.
- Le **nucleasi** del succo pancreatico tagliano il DNA e l'RNA in singoli nucleotidi, successivamente scomposti in basi azotate, zuccheri e gruppi fosfato da altri enzimi prodotti dalle cellule duodenali.
- La digestione dei grassi comincia nel duodeno. L'idrolisi di queste sostanze si realizza grazie all'intervento della bile che suddivide il grasso in goccioline (emulsione dei grassi), ciò determina l'aumento della superficie esposta alla **lipasi** pancreatica che scinde le molecole dei grassi in acidi grassi e glicerolo.
- I movimenti peristaltici consentono al chimo e ai succhi gastrici di attraversare il duodeno; a questo punto, il chimo è stato trasformato in **chilo** e la digestione chimica del pasto è pressoché completata.

## IL FEGATO E IL PANCREAS



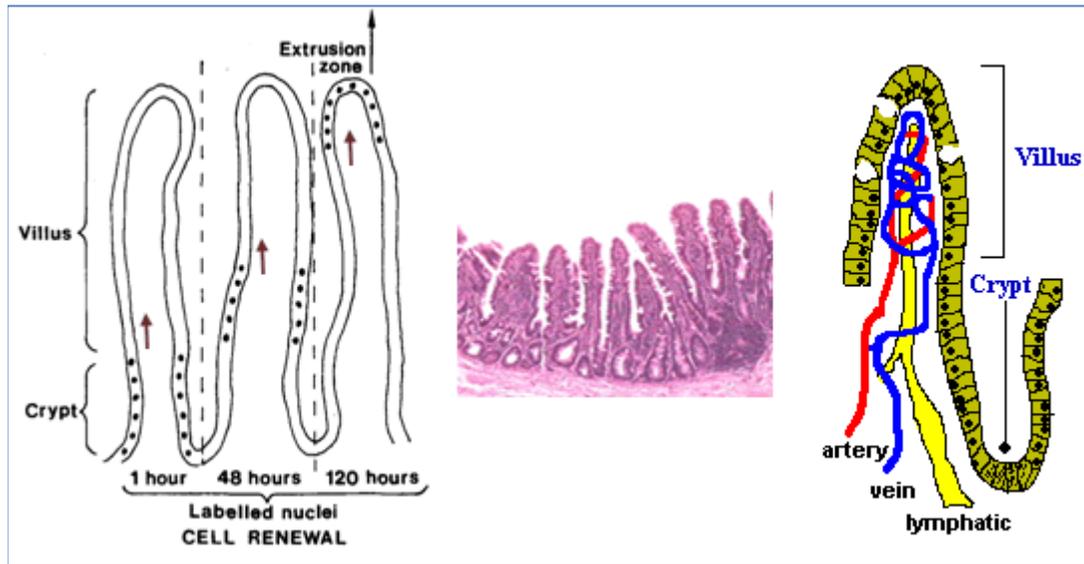
Il **pancreas** comprende una parte endocrina (deputata alla regolazione del glucosio ematico) e una esocrina che secreta il succo pancreatico attraverso il dotto pancreatico che lo riversa direttamente nel duodeno. Il **fegato**, situato sotto il diaframma, occupa il lato destro della cavità addominale. Riceve la maggior parte del sangue dalla **vena porta epatica** che raccoglie il sangue proveniente dall'intestino, dallo stomaco e dalla

milza, contenente i prodotti dell'assorbimento intestinale e con basso contenuto d'ossigeno; solo il 25% del sangue che giunge al fegato proviene dall'**arteria epatica** ed è ricco d'ossigeno. La quasi totalità delle sostanze assorbite dall'intestino passa per il fegato. I **monosaccaridi** (fruttosio, galattosio e anche l'acido lattico) sono convertiti in glucosio che può essere condensato in **glicogeno**, trattenuto in questa forma di riserva nel fegato. Gli **amminoacidi** in parte vengono convertiti in zuccheri, grassi o precursori dell'ATP e in parte restituiti al sangue per distribuirli ai diversi tessuti o per costituire le proteine del sangue. Gli **acidi grassi** vengono demoliti per formare ATP o utilizzati per sintetizzare **lipoproteine** di trasporto; i trigliceridi possono essere convertiti in **fosfolipidi**. Inoltre gli epatociti sono in grado di sintetizzare colesterolo a partire da acetil-CoA e immagazzinano **vitamine liposolubili (A, B<sub>12</sub>, D, E, K)**.

## Funzione protettiva del fegato

- Il fegato provvede a trasformare un elevato numero di sostanze per renderle innocue e facilmente eliminabili. Esse possono essere endogene, come gli ormoni, o esogene, come i farmaci, e vengono demolite tramite processi catabolici o, quando non è possibile, coniugate con altre sostanze che ne inibiscono l'attività. Una volta mescolate con la bile, vengono convogliate con essa nell'intestino tenue ed eliminate; altrimenti vengono riversate nel sangue ed eliminate dai reni. Fondamentale è anche la funzione di conversione dell'ammoniaca, proveniente dal catabolismo degli amminoacidi ed estremamente tossica per l'organismo, in **urea** che verrà poi escreta attraverso i reni. Anche l'**alcol** viene metabolizzato in questa sede, esso viene prima ossidato ad acetaldeide, poi ad acido acetico quindi ad anidride carbonica ed acqua; in media un individuo riesce a metabolizzare 15 g di alcol in 1 ora.

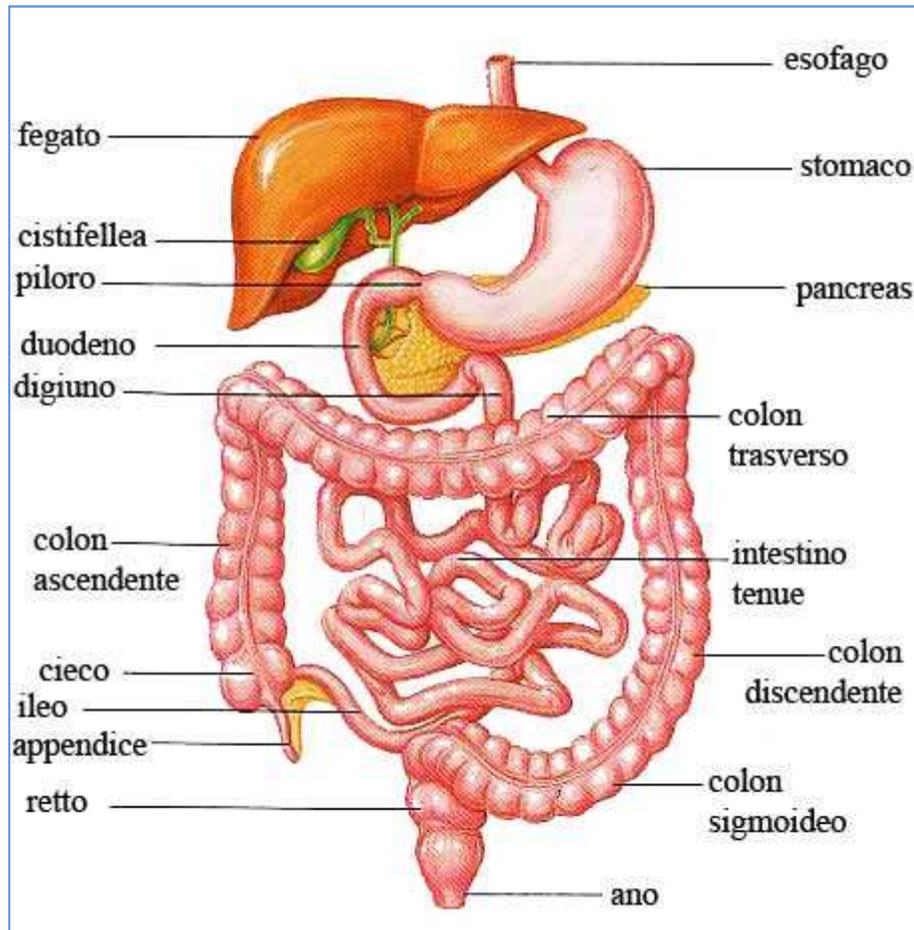
# Assorbimento delle sostanze nutritive



L'acqua e le molecole alimentari prodotte dai processi digestivi sono assorbite attraverso le cellule epiteliali della mucosa intestinale. I monosaccaridi vengono assorbiti rapidamente per trasporto attivo e diffusione facilitata; gli amminoacidi e i dipeptidi sono assorbiti per trasporto attivo. Tutte queste molecole entrano

nella circolazione sanguigna attraverso i capillari dei villi. Anche gli acidi grassi di piccole dimensioni entrano direttamente nei vasi sanguigni dell'intestino, ma le molecole degli ac. grassi più grosse, il glicerolo e il colesterolo seguono un'altra strada. Esse entrano nelle cellule epiteliali per diffusione passiva; all'interno delle cellule gli acidi grassi e il glicerolo vengono riassemblati in grassi che vengono successivamente impacchettati in goccioline con rivestimento proteico, i **chilomicroni**. Nello stesso modo il colesterolo viene impacchettato all'interno di **complessi lipoproteici (LDL)**. Questi, come i chilomicroni, lasciano le cellule epiteliali per esocitosi ed entrano nel vaso linfatico che decorre, a fondo cieco, all'interno di ogni villo. In questo modo, molte particelle lipidiche non vengono convogliate verso il fegato ma passano dai vasi linfatici alla circolazione sanguigna in prossimità del cuore, quando il **dotto toracico** (un grosso vaso linfatico) riversa il suo contenuto nella *vena succlavia*. L'intestino<sup>15</sup> tenue assorbe la maggior parte dell'acqua e degli ioni presenti nei succhi digestivi e nel cibo.

# Intestino crasso



L'intestino crasso si differenzia dal tenue per varie caratteristiche anatomiche: ha una sezione maggiore, la sua muscolatura liscia è più sviluppata e disposta in modo da formare una serie di espansioni sacciformi separate da solchi, la sua mucosa non contiene villi, ma lo strato epiteliale interno è tappezzato da numerose cellule assorbenti e da altre secernenti muco. La sua funzione principale è quella di **terminare il riassorbimento dell'acqua e dei sali minerali**. Nel corso della digestione circa 7 litri di acqua al giorno entrano nello stomaco e nell'intestino tenue come secrezioni delle ghiandole che si svuotano nell'apparato digerente, oppure per osmosi dai liquidi del corpo o direttamente attraverso il cibo e le bevande ingerite. A mano

a mano che l'acqua viene riassorbita, il cibo non digerito viene convogliato lungo il colon dai movimenti peristaltici, diventando sempre più solido. Le **feci** sono costituite da acqua, batteri (per lo più cellule morte) e fibre di cellulosa, insieme ad altre sostanze non digerite. Questa massa viene lubrificata dal muco secreto dalle cellule della mucosa intestinale, accumulata nel retto e quindi eliminata attraverso l'**ano**. I pigmenti della bile, prodotti dalla demolizione dell'emoglobina, sono responsabili del caratteristico colore delle feci. Alcuni batteri vivono normalmente nel colon (**flora batterica intestinale**) producendo importanti vitamine (**B, K,**