

# L'INTESTINO TENUE

## (duodeno, digiuno, ileo)

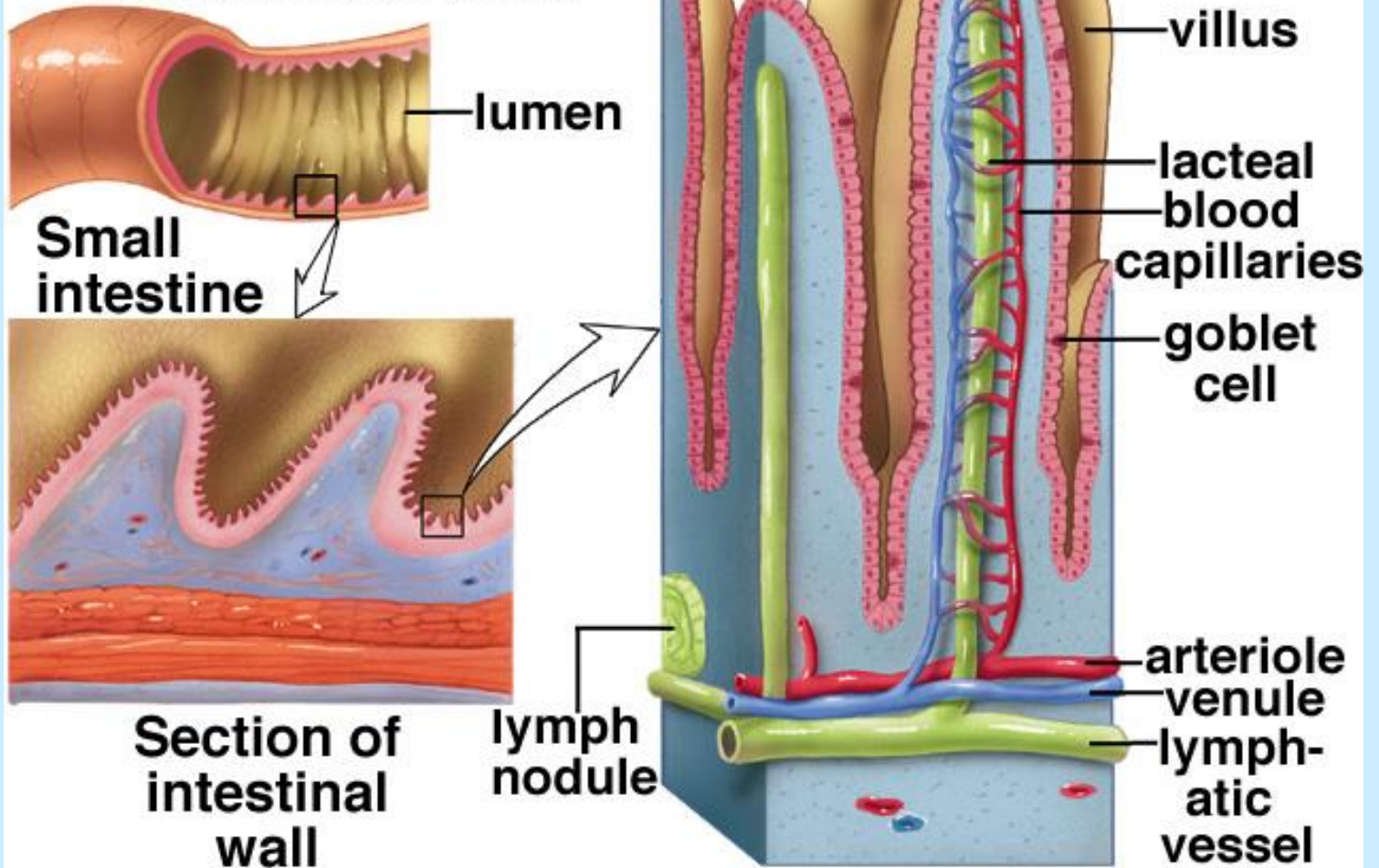
Lo sfintere pilorico, apertura distale dello stomaco, regola il passaggio del chimo acido dallo stomaco all'intestino tenue. L'intestino tenue è un sottile tubo di circa 3 metri avvolto nella cavità addominale. I tre settori dell'intestino tenue sono il duodeno (porzione prossimale), il digiuno (porzione media) e l'ileo (porzione distale). Il cibo è spinto nel tenue da onde peristaltiche con una velocità di progressione di 0.5-2 cm/s. Il movimento del cibo nel piccolo intestino è quindi molto lento e vi staziona per circa 3-5 ore.

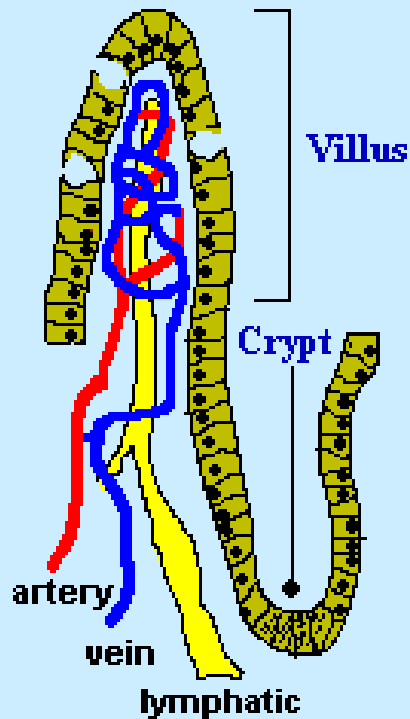
Nell'intestino tenue, il chimo viene mescolato e commisto con i succhi digestivi secreti dall'intestino, pancreas, e fegato-colecisti.

Queste secrezioni agiscono sugli amidi, zuccheri, proteine e grassi preparandoli all'assorbimento. La maggior parte dei prodotti di questo processo digestivo è assorbita nel sangue circolante attraverso microscopici prolungamenti delle cellule epiteliali (villi) situate nella parete dell'intestino tenue.

I prodotti alimentari indigeriti sono, poi, trasferiti nell'intestino crasso.

# Anatomy of the small intestine

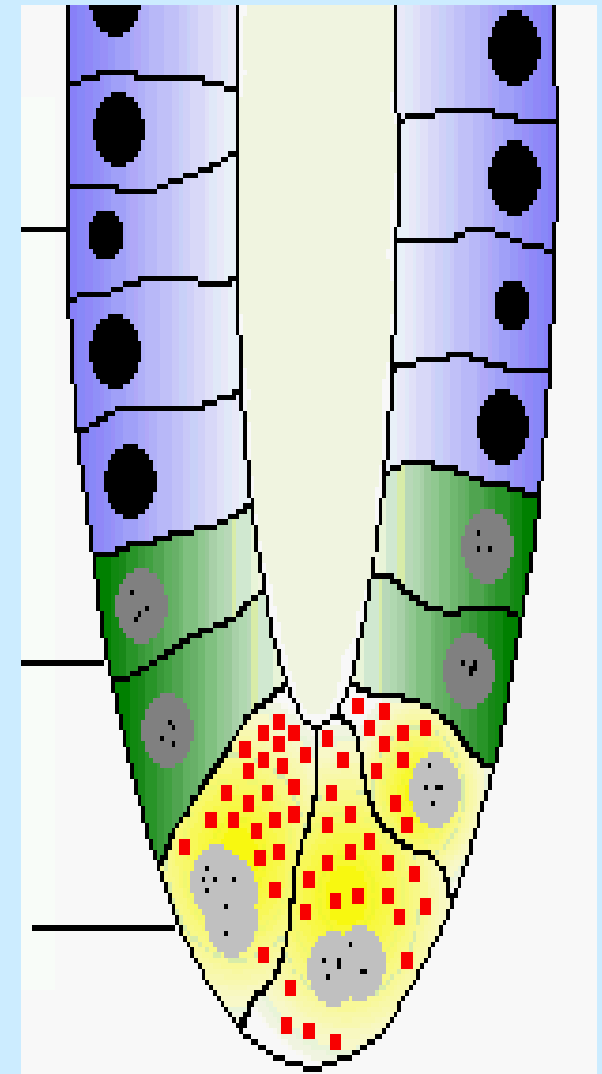




Enterociti

Cellule staminali che sono precursori degli enterociti

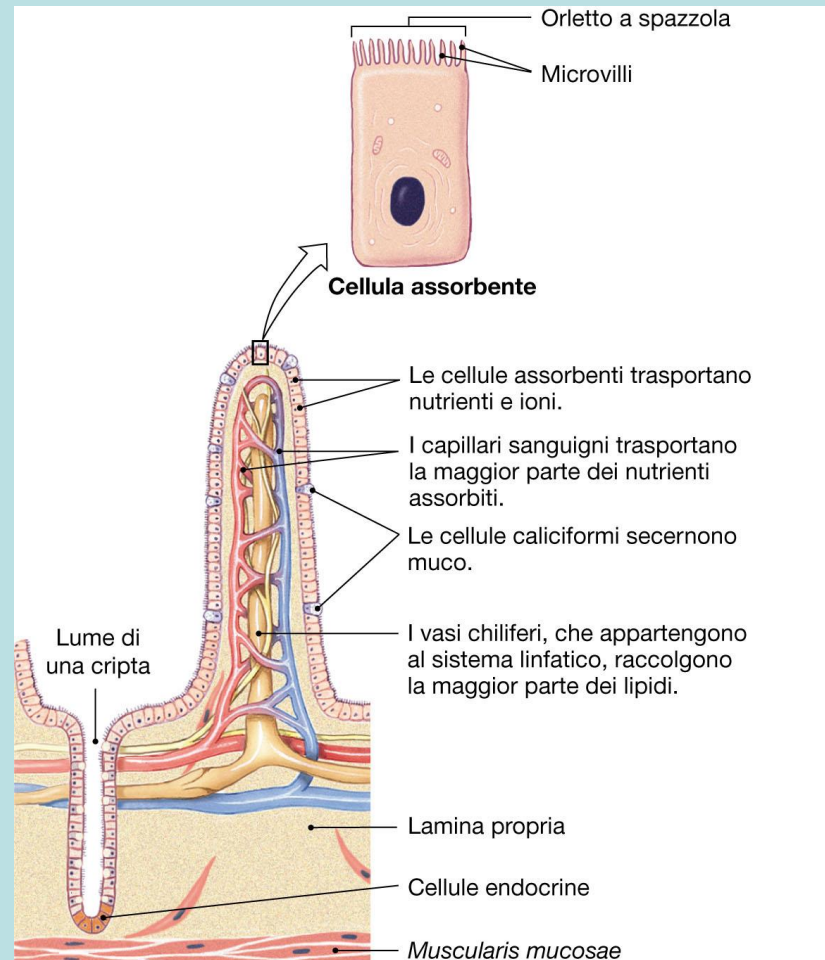
Cellule di Paneth a funzione antimicrobica per l'intestino tenue. Secernono  $\alpha$ -difensine contro batteri, funghi e anche alcuni virus.

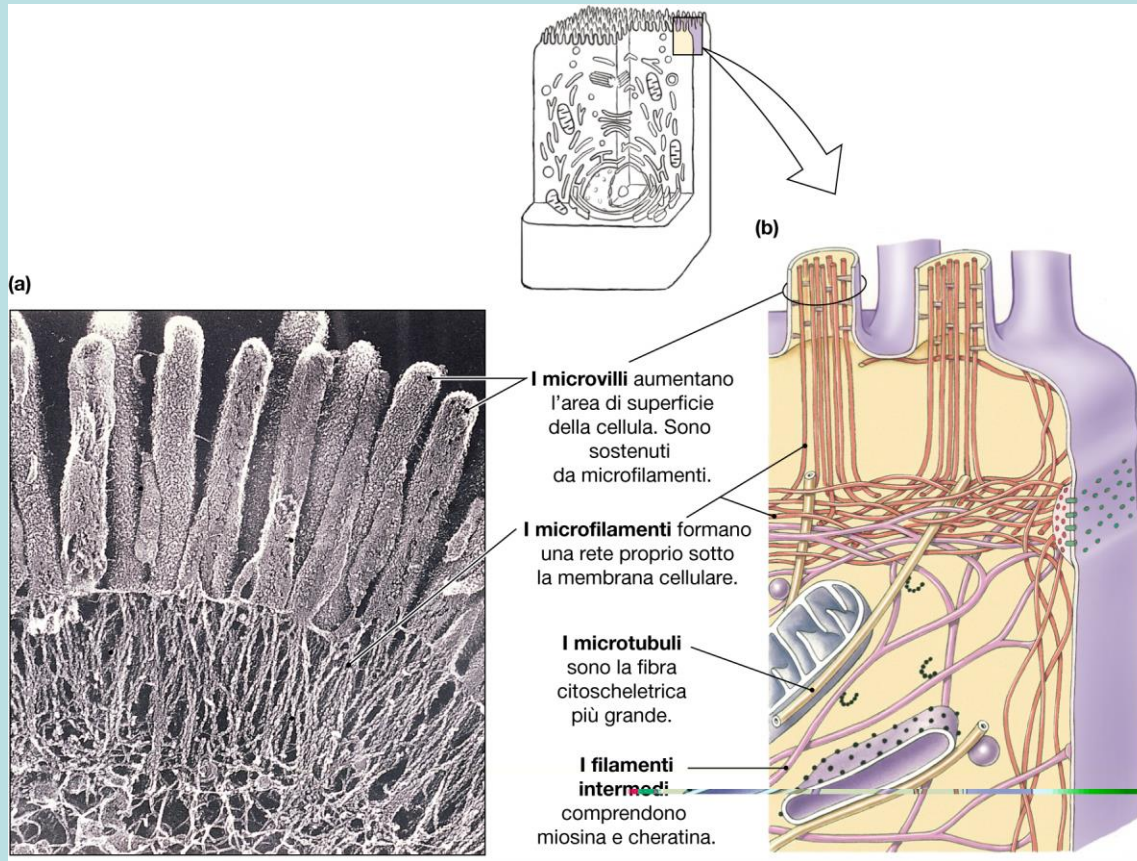


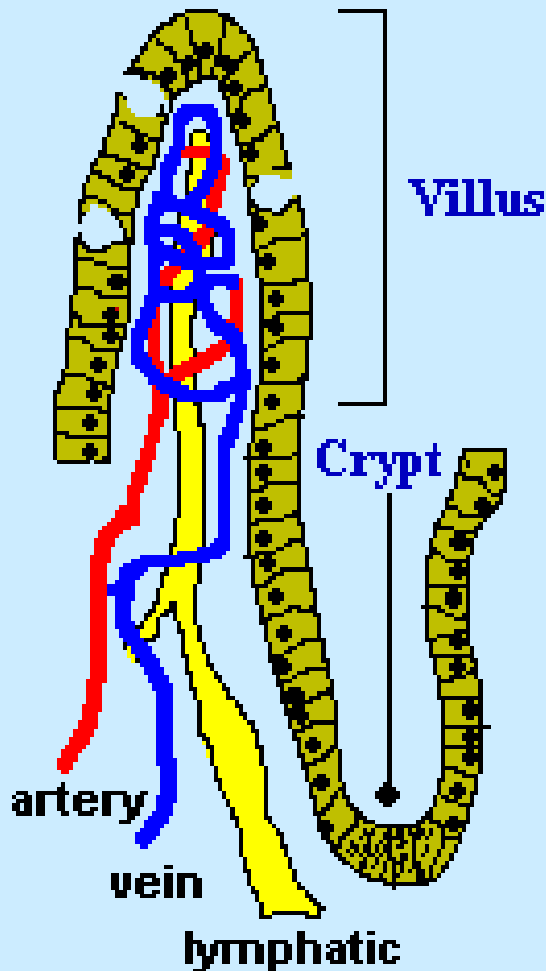
I villi intestinali sono tappezzati di epitelio digestivo, costituito da **cellule epiteliali colonnari**, specializzate per l'assorbimento denominati, **enterociti**. Sono anche presenti **cellule caliciformi** secernenti muco.



La superficie apicale degli **enterociti** è dotata di **un orletto a spazzola** costituito da **microvilli**.



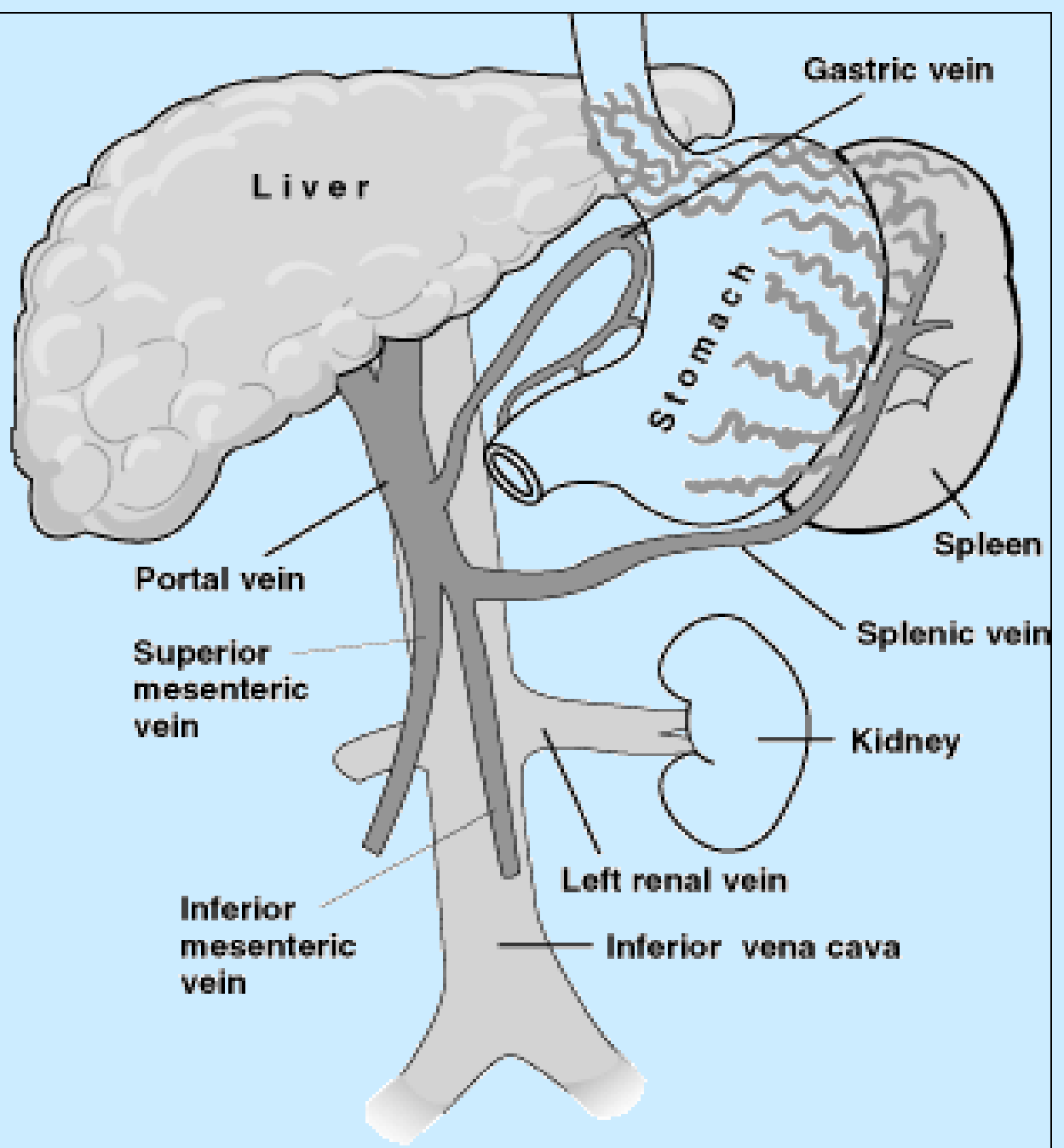




La circolazione del villo è fondamentale per i processi di assorbimento. Le arteriole hanno una notevole tonaca muscolare per controllare il flusso sanguigno nel villo.

Durante il processo digestivo sono rilasciate dalla Mucosa sostanze vasodilatatrici (VIP-secretina) che incrementano il flusso sanguigno.

VIP= peptide vasoattivo intestinale



Liver

Gastric vein

Stomach

Spleen

Portal vein

Splenic vein

Superior mesenteric vein

Kidney

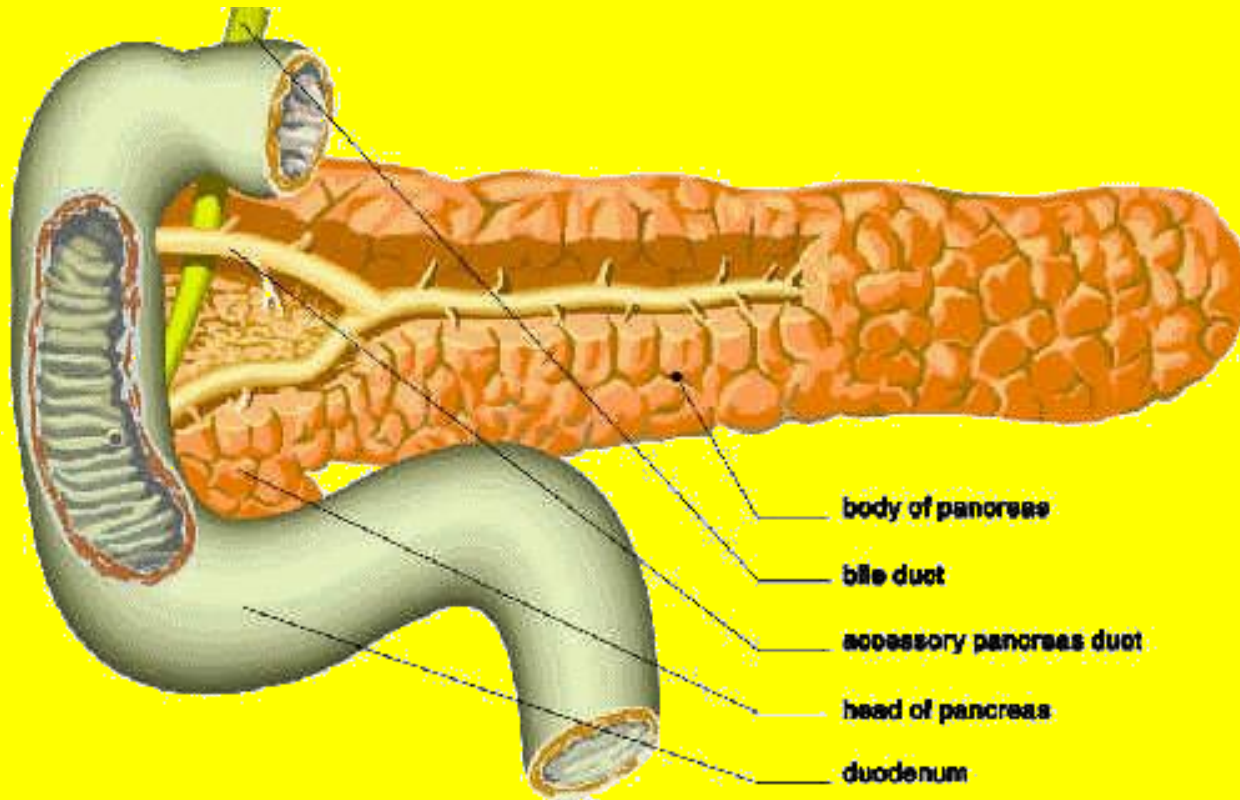
Inferior mesenteric vein

Left renal vein

Inferior vena cava

# Secrezione pancreatica dal pancreas esocrino

**Il pancreas, una ghiandola a funzione mista esocrina ed endocrina, è situata dietro allo stomaco.**



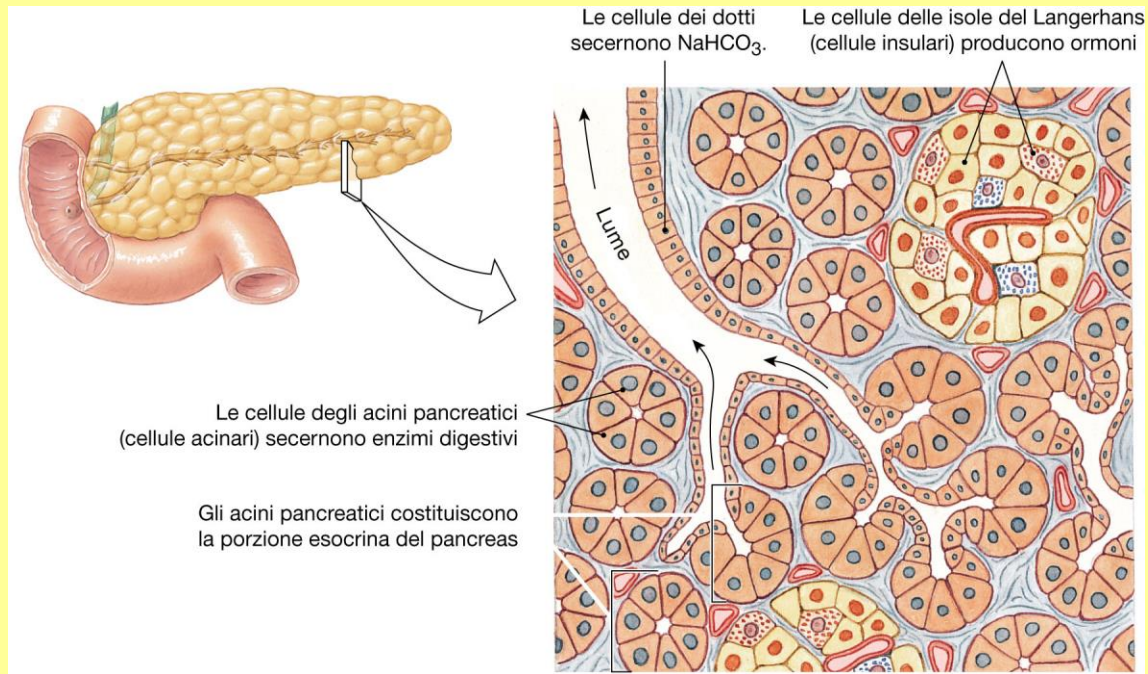
**Il pancreas esocrino secerne tutti gli enzimi necessari alla digestione di grassi, carboidrati e proteine. Secerne inoltre una componente acquosa ricca in bicarbonato.**

**Il pancreas è costituito al 98% da acini che secernono la componente enzimatica con funzione digestiva, mentre il restante 2% è costituito dalle isole del Langerhans che formano la porzione endocrina del pancreas. All'interno degli isolotti si trovano 3 diversi tipi cellulari che secernono:**

- Cellule  $\alpha$  → glucagone**
- Cellule  $\beta$  → insulina**
- Cellule  $\delta$  → somatostatina**

**Il prodotto della secrezione esocrina (succo pancreatico circa 1,5 litro al giorno) passa attraverso il dotto pancreatico che si unisce al dotto biliare per riversare il contenuto nel duodeno attraverso la papilla di Vater che chiude lo sfintere di Oddi.**

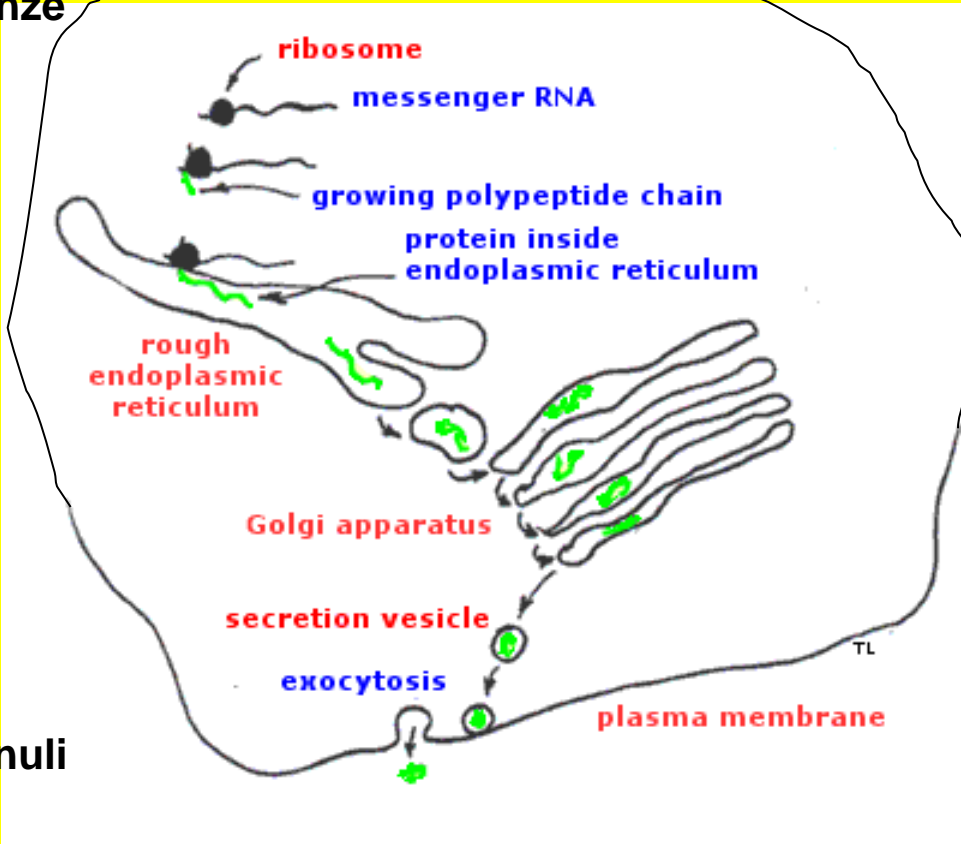
**Lo stimolo più importante per la secrezione esocrina del pancreas è la presenza di cibo nel duodeno.**



**Il succo pancreatico viene riversato in dotti di calibro via via crescente e infine nel dotto pancreatico che sfocia nel duodeno.**



membrana basale  
con ingresso di sostanze



secrezione dei granuli  
di zimogeno

# *Enzimi* *pancreatici*

**Il pancreas** secreta tutti gli enzimi necessari alla digestione di proteine, carboidrati e grassi. Inoltre secreta una componente acquosa che contiene bicarbonato che ha la funzione di neutralizzare il chimo acido proveniente dallo stomaco.

I più importanti enzimi proteolitici sono:

**Tripsina** (il più abbondante)

**Chimotripsina**

**Carbossipeptidasi**

**Elastasi e nucleasi** (meno importanti)

Questi enzimi sono secreti in forma inattiva dal pancreas (tripsinogeno, chimotripsinogeno, procarbossipeptidasi) e sono attivati solo nel tratto intestinale. Un enzima detto **enterochinasi** attiva la tripsina e questa a sua volta attiva gli altri enzimi proteolitici.

Questo è importante perché altrimenti questi enzimi digerirebbero le cellule degli acini: per questo motivo le cellule pancreatiche secernono anche un enzima tripsina inibitore.

Fra gli enzimi per la digestione dei grassi ricordiamo:

**I.Lipasi pancreatiche** che idrolizzano i grassi neutri in acidi grassi e monogliceridi

**II.Colesterolo esterasi** che idrolizza gli esteri del colesterolo

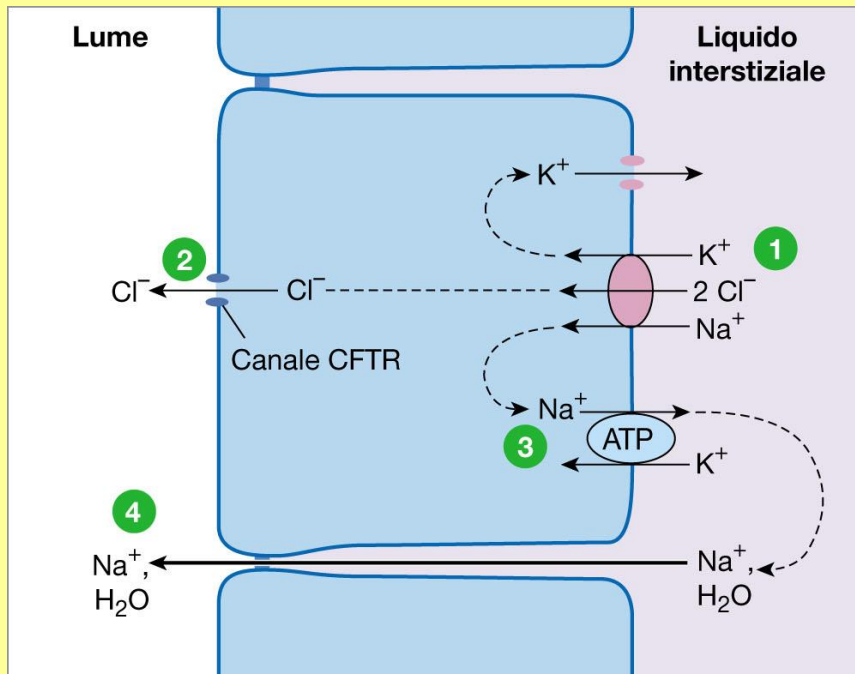
**III.Fosfolipasi** che separano gli acidi grassi dai fosfolipidi

Fra gli enzimi per la digestione dei carboidrati ricordiamo **l'amilasi pancreatico** che idrolizza amido, glicogeno e gli altri zuccheri a formare disaccaridi e qualche trisaccaride.

# Fluido primario

**Il fluido primario, secreto dalle cellule acinari del pancreas esocrino, è costituito da una componente acquosa in cui sono solubilizzati gli enzimi della digestione. La componente acquosa del fluido primario è costituita essenzialmente da acqua e cloruro di sodio, il cui valore della pressione osmotica è uguale a quella del plasma.**

**La secrezione del fluido primario fa parte di un processo più generale denominato idratazione del lume, che ha la finalità di formare una soluzione nel lume dove possono essere solubilizzate sostanze eventualmente presenti.**

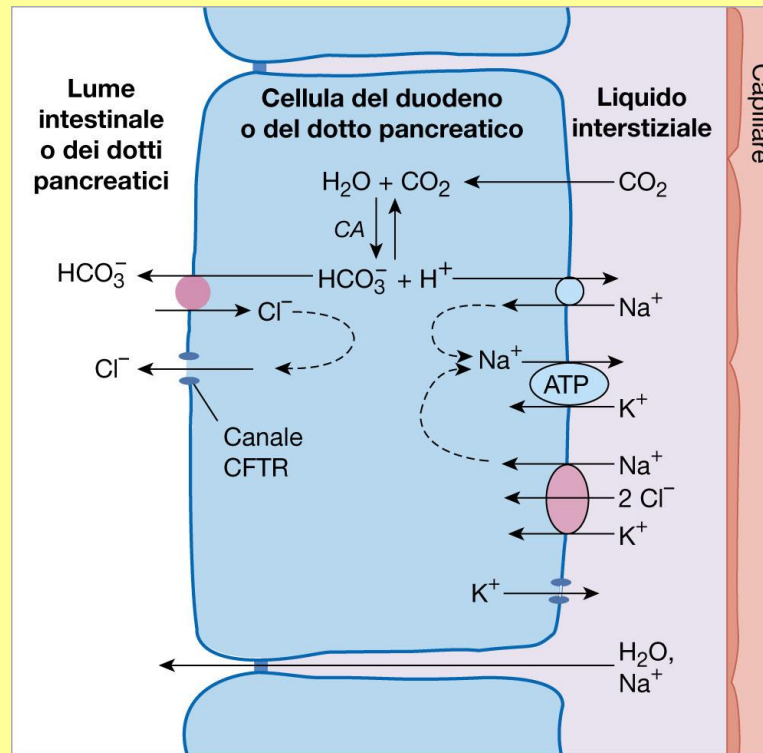


- 1  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  entrano per cotrasporto.
- 2 Il  $\text{Cl}^-$  passa nel lume attraverso un canale CFTR.
- 3 Il  $\text{Na}^+$  viene riassorbito.
- 4 La negatività del lume causata dal  $\text{Cl}^-$  attrae  $\text{Na}^+$  per via paracellulare; l'acqua segue per osmosi.

# *Secrezione del succo* *pancreatico*

La componente acquosa del succo pancreatico è costituita essenzialmente da acqua e bicarbonato di sodio ed è secreta dalle cellule epiteliali dei dotti pancreatici. La sua funzione è la solubilizzazione degli enzimi della digestione, il drenaggio rapido di questi enzimi dal pancreas, il tamponamento del chimo acido presente nel lume del duodeno.

# Meccanismo di Secrezione del succo pancreatico



# Regolazione della secrezione pancreatica

Gli stimoli principali per la secrezione pancreatica sono:

□ ACh: rilasciata dal nervo vago; agisce principalmente sulla componente enzimatica

□ Colecistochinina (CCK): secreta dalla mucosa duodenale e digiunale all'arrivo del chimo acido; agisce principalmente sulla componente enzimatica

□ Secretina: secreta sempre da mucosa duodenale e digiunale quando arriva chimo molto acido dallo stomaco; agisce sulla componente acquosa

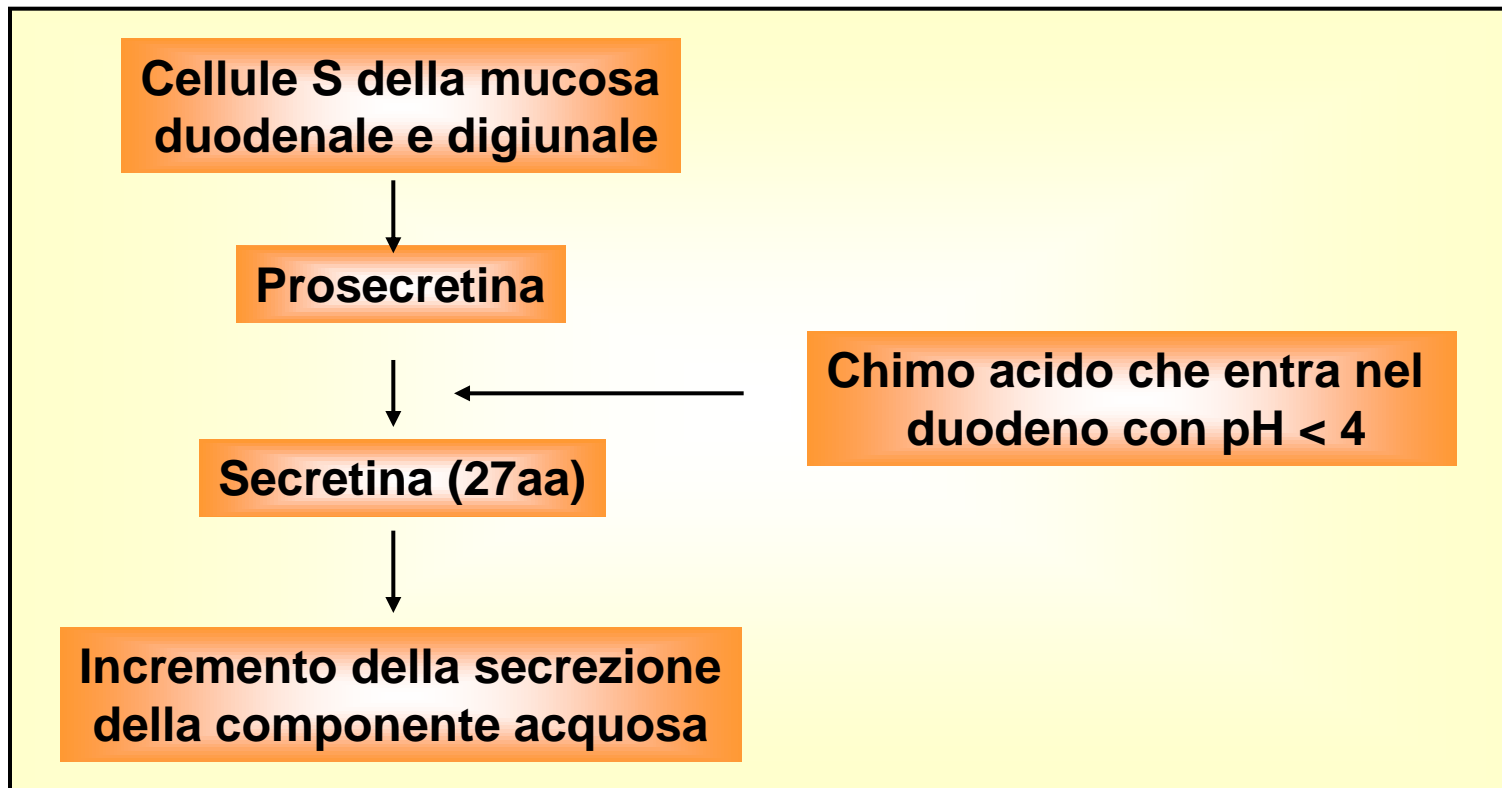
La secrezione pancreatica deriva dall'azione combinata di questi tre stimoli che si potenziano a vicenda.

# ***Fasi della secrezione pancreatica***

**Fase cefalica:** gli stessi segnali che stimolano la secrezione gastrica, determinano il rilascio di ACh a livello pancreatico. Questo determina circa il 20% della produzione di enzimi, mentre la componente acquosa è esigua. Il risultato è che la componente enzimatica arriva al duodeno in piccole quantità perché non c'è flusso di liquido.

**Fase gastrica:** secrezione di un ulteriore 5-10% di componente enzimatica sotto stimolazione vagale. Anche qui molto poco arriva al duodeno perché la componente acquosa è ancora scarsa.

**Fase intestinale:** quando il chimo arriva nel duodeno si ha produzione di secretina che stimola fortemente la secrezione della componente acquosa e anche di CCK che stimola ulteriormente la secrezione della componente enzimatica.



Quando il pH nel duodeno arriva intorno a 3.0 sono secrete grandi quantità di secretina e quindi di ioni bicarbonato che neutralizzano gli acidi



pH ideale per gli enzimi pancreatici = 7-7.5

eliminata a livello polmonare