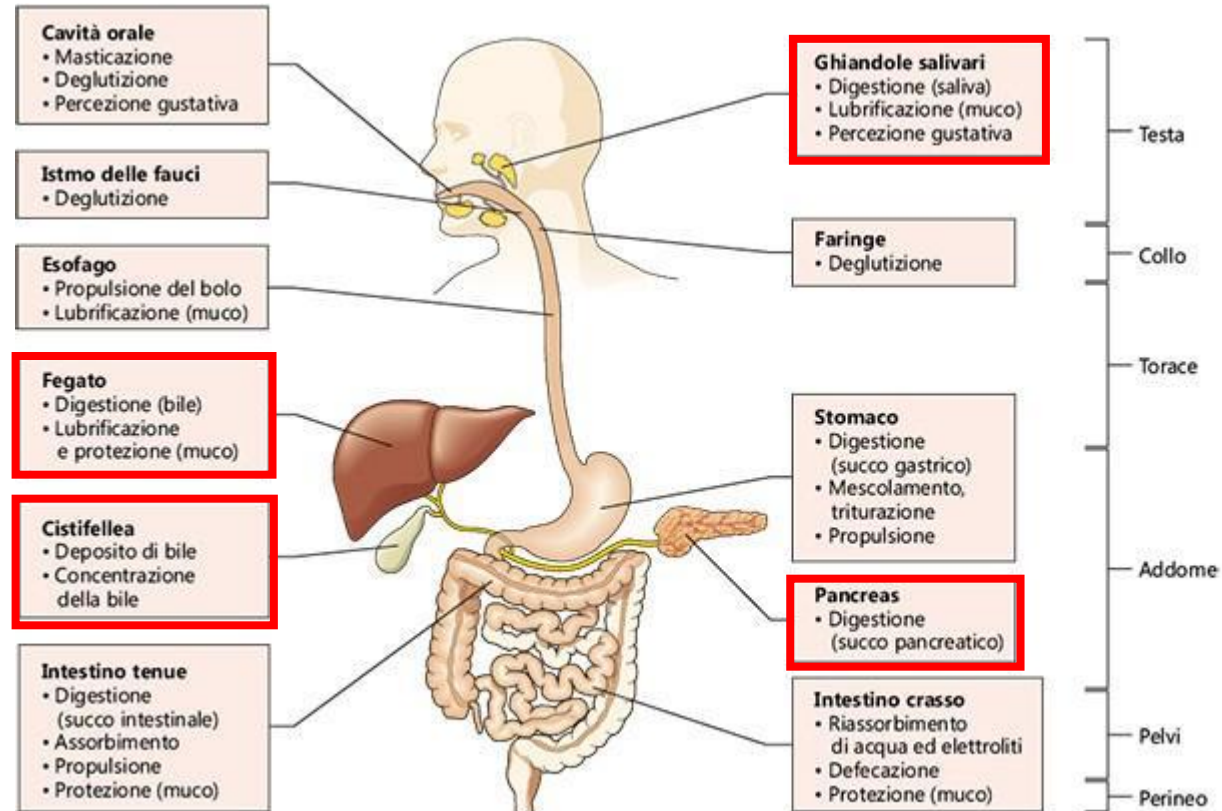


Sistema digerente (gastro-intestinale): canale alimentare e organi accessori



© *edi.ermes, milano*

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

Apparato digerente / Canale alimentare

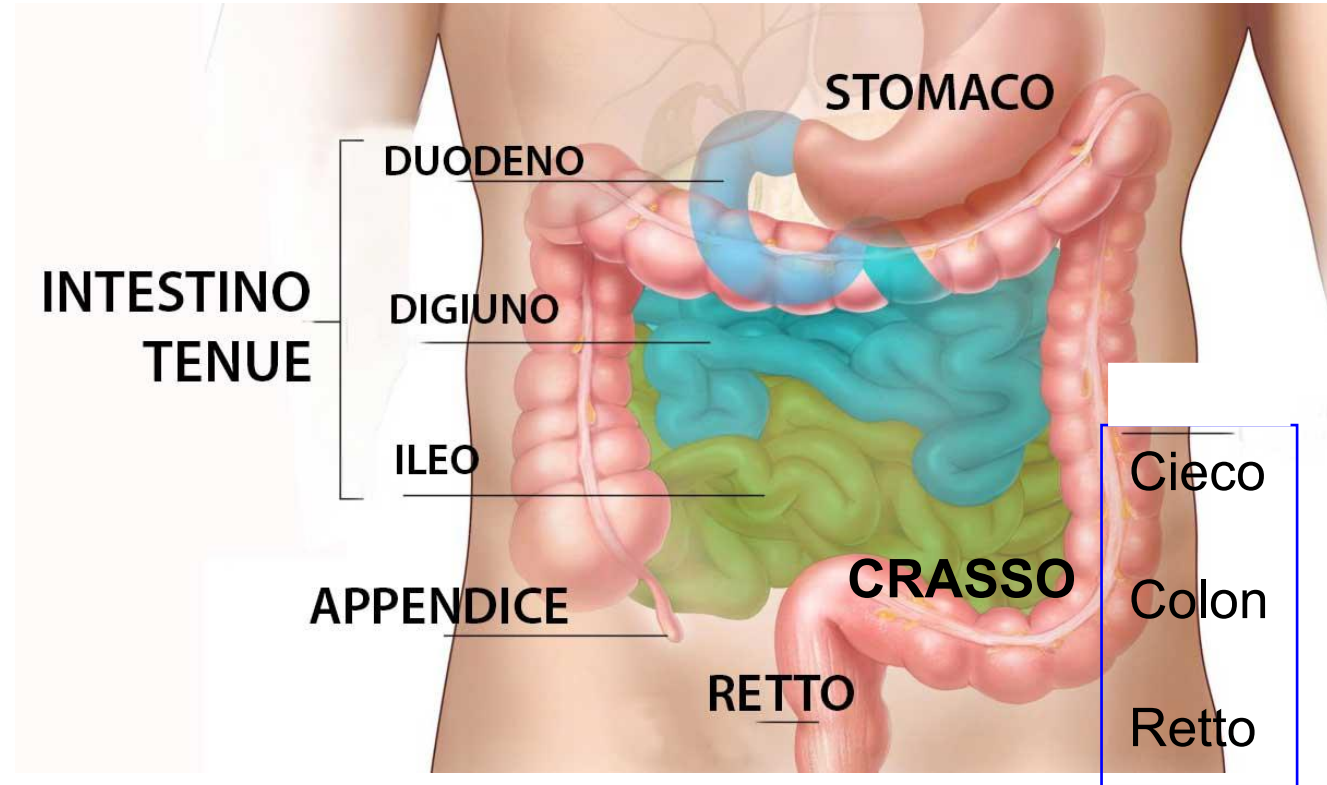
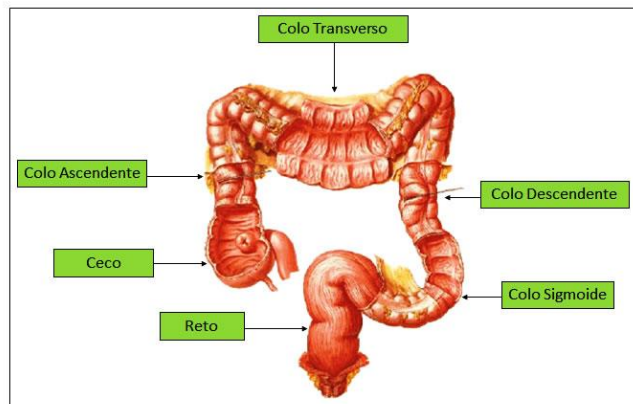
Cavità orale

Faringe

Esofago

Stomaco

Intestino



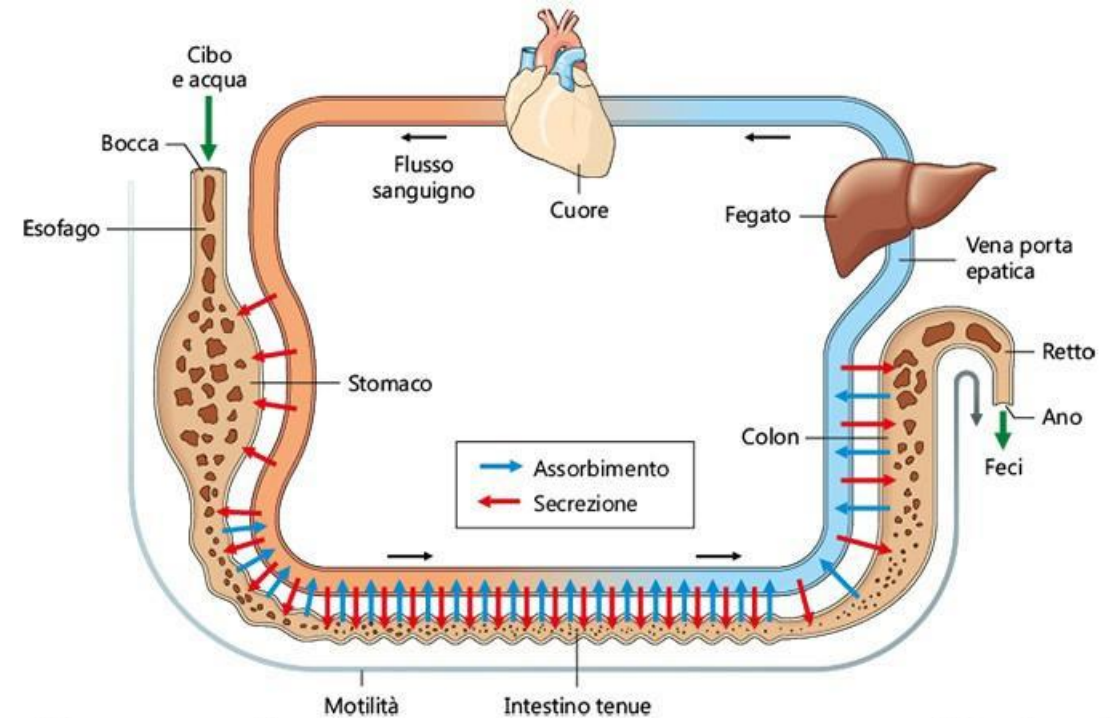
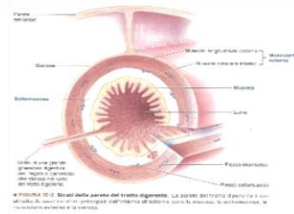
Tenue: 5m (25 cm duodeno, 2 m digiuno, 3 m ileo), Crasso 1.5 m

Nel canale alimentare

Trasformazione del materiale ingerito in molecole semplici, in grado di essere assorbite dall'organismo che, attraverso il sistema circolatorio le distribuirà ai vari organi e tessuti. Un individuo maschio sedentario necessita di 2000-3000 Kcal / gg

L'attività del sistema digerente:

- Motilità
- Secrezione
- Digestione
- Assorbimento
- Difesa



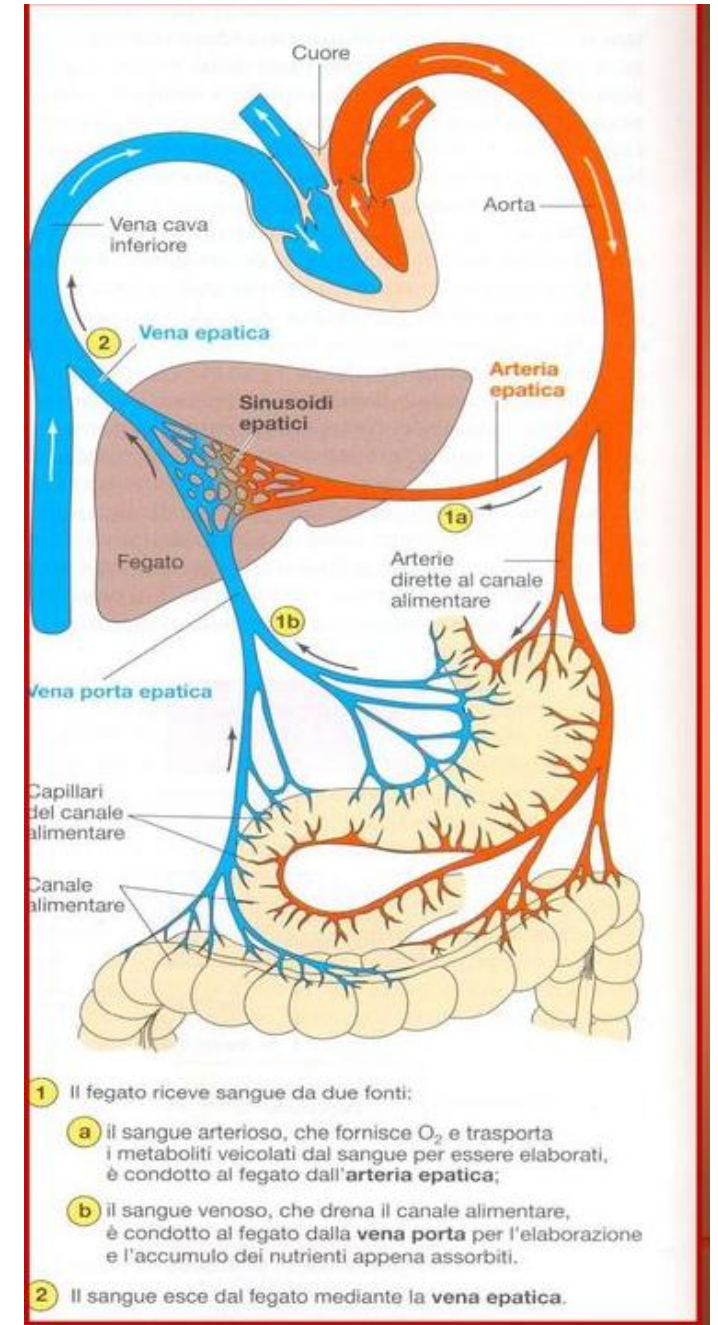
© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

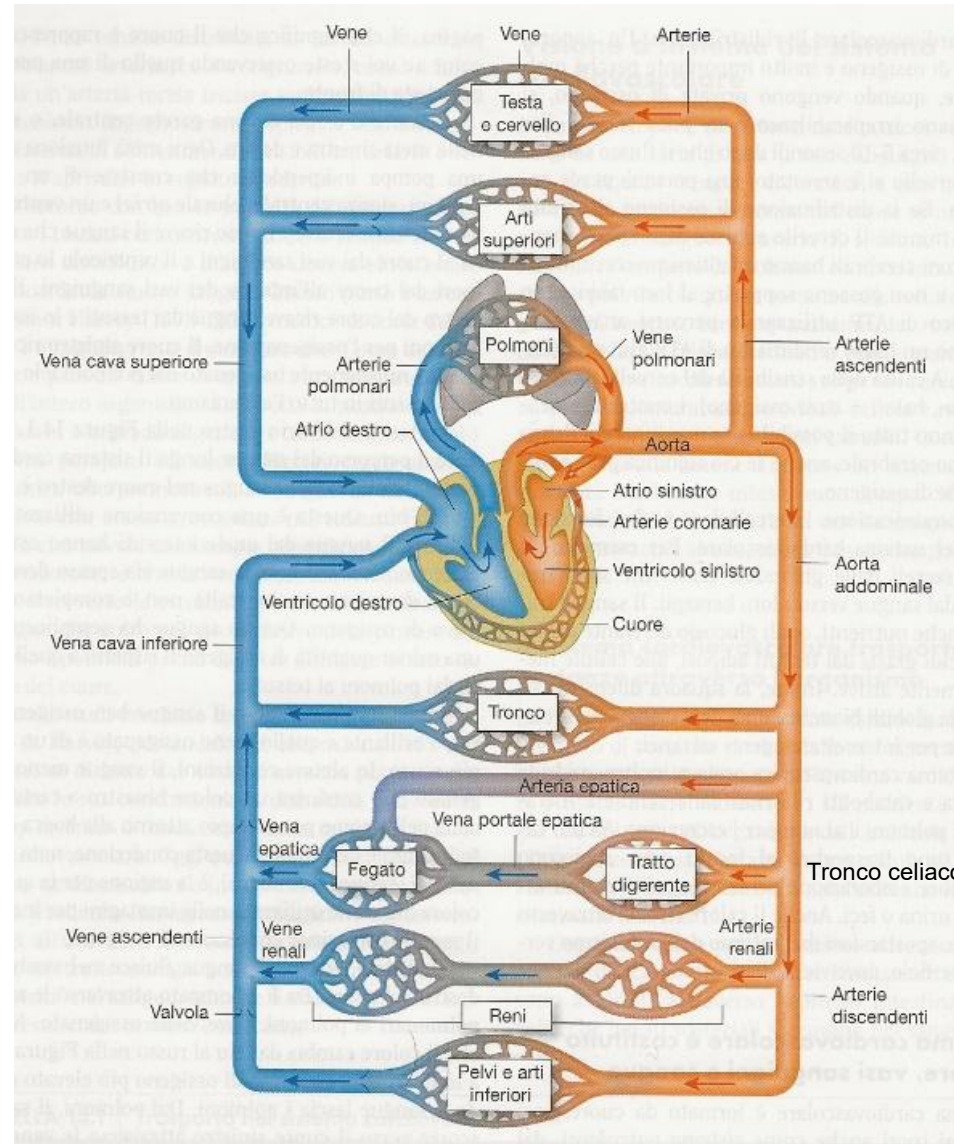
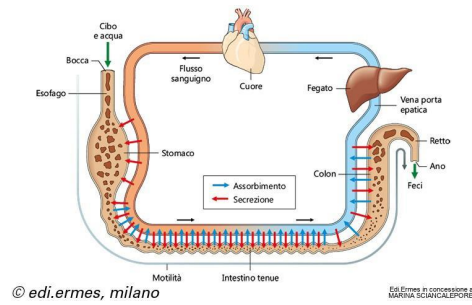
Glucosio, AA, vitamine idrosolubili, Sali minerali assorbiti dalle cellule della mucosa intestinale entrano nei capillari che confluiscono in vene che si uniscono a formare la vena porta epatica.

Funzioni del fegato

- Produzione di bile, che aiuta a trasportare i rifiuti e a digerire i grassi durante la digestione
- Sintesi di colesterolo, fosfolipidi e la maggior parte di lipoproteine
- Regolazione dei livelli ematici di aminoacidi
- Produzione di alcune proteine per il plasma sanguigno, es. albumina, fibrinogeno
- Partecipazione alla gluconeogenesi e formazione di glicogeno
- Deposito per vitamine A, D, E, K e B12.
- Deposito di ferro sotto forma di ferritina
- Escrezione di bilirubina (metabolita dei gruppi EME)
- Conversione di ammoniaca (tossica) in urea
- Sintesi dell'angiotensinogeno
- Depurazione del sangue da farmaci, droghe e altre sostanze velenose
- Produce costituenti del sangue necessari per la coagulazione
- Rimuovere i batteri dal flusso sanguigno (macrofagi)



Circolo sistemico



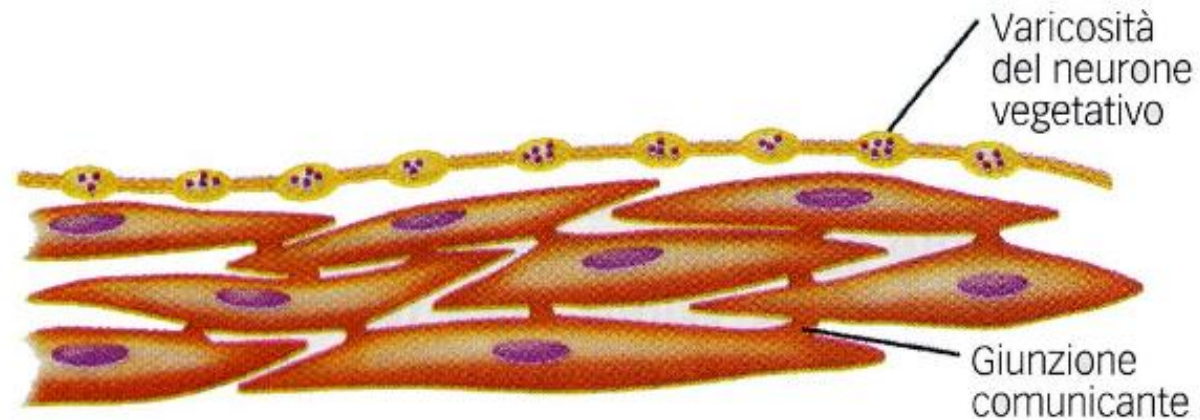
Motilità: importante per propulsione e azione meccanica
regolata per via umorale e nervosa

MUSCOLATURA SCHELETRICA:

Bocca, faringe, esofago sup, pavimento pelvico

MUSCOLATURA LISCIA unitaria

ONDE ELETTRICHE LENTE con frequenza di contrazione diversa nelle varie zone del sistema digerente.



Nel muscolo liscio la contrazione è mediata dal Ca^{2+} che si lega alla calmodulina

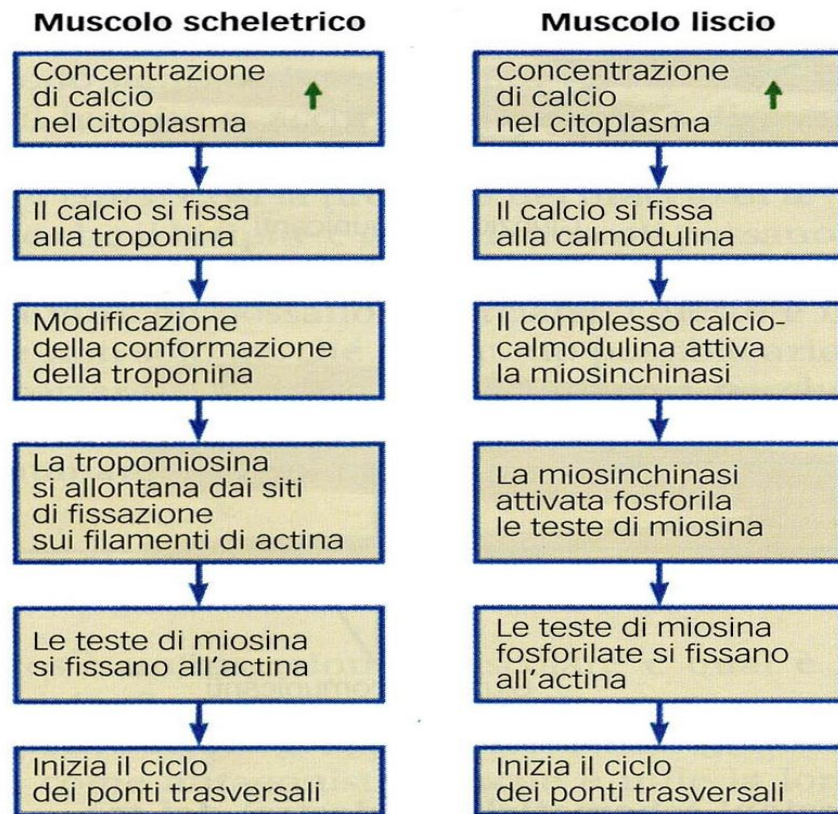
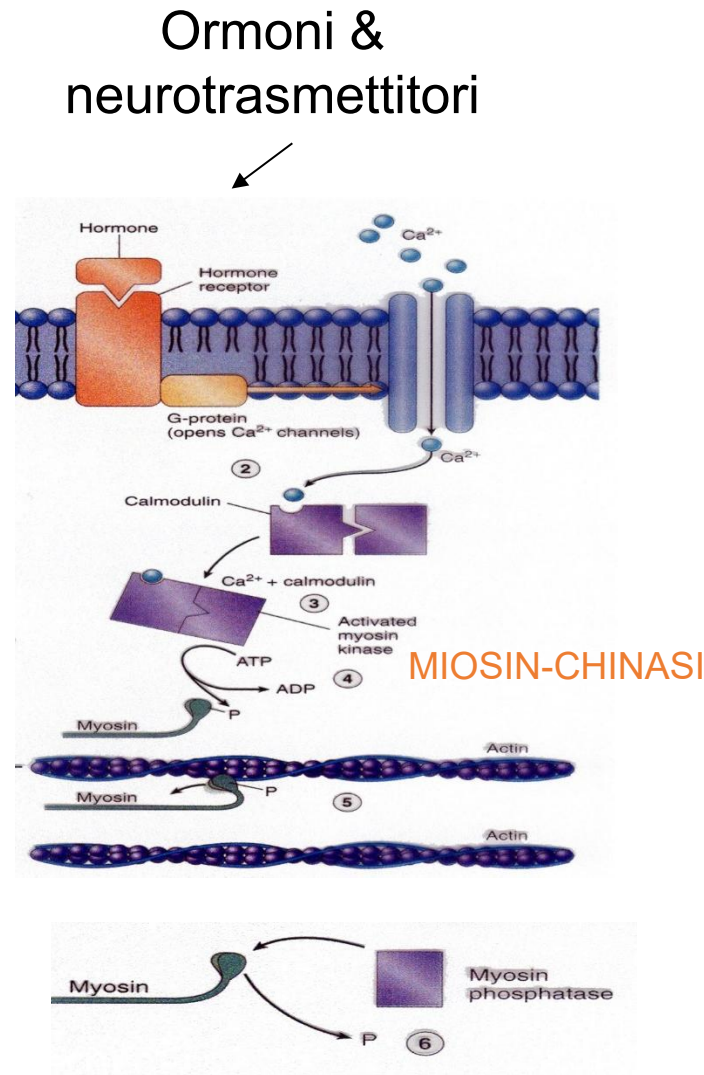
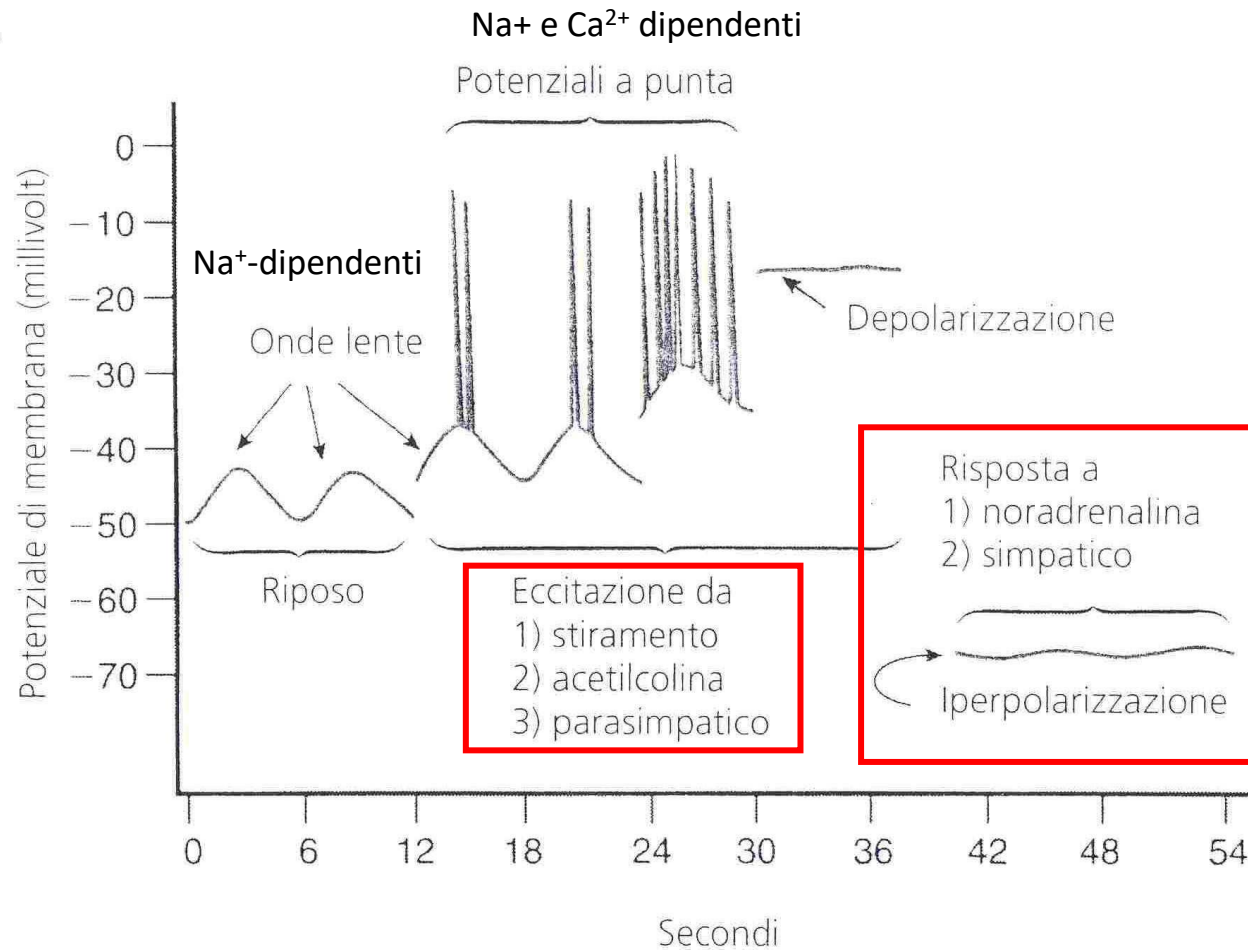


FIGURA 11.31 Confronto degli eventi che conducono all'attivazione del ciclo dei ponti trasversali nel muscolo scheletrico e in quello liscio.





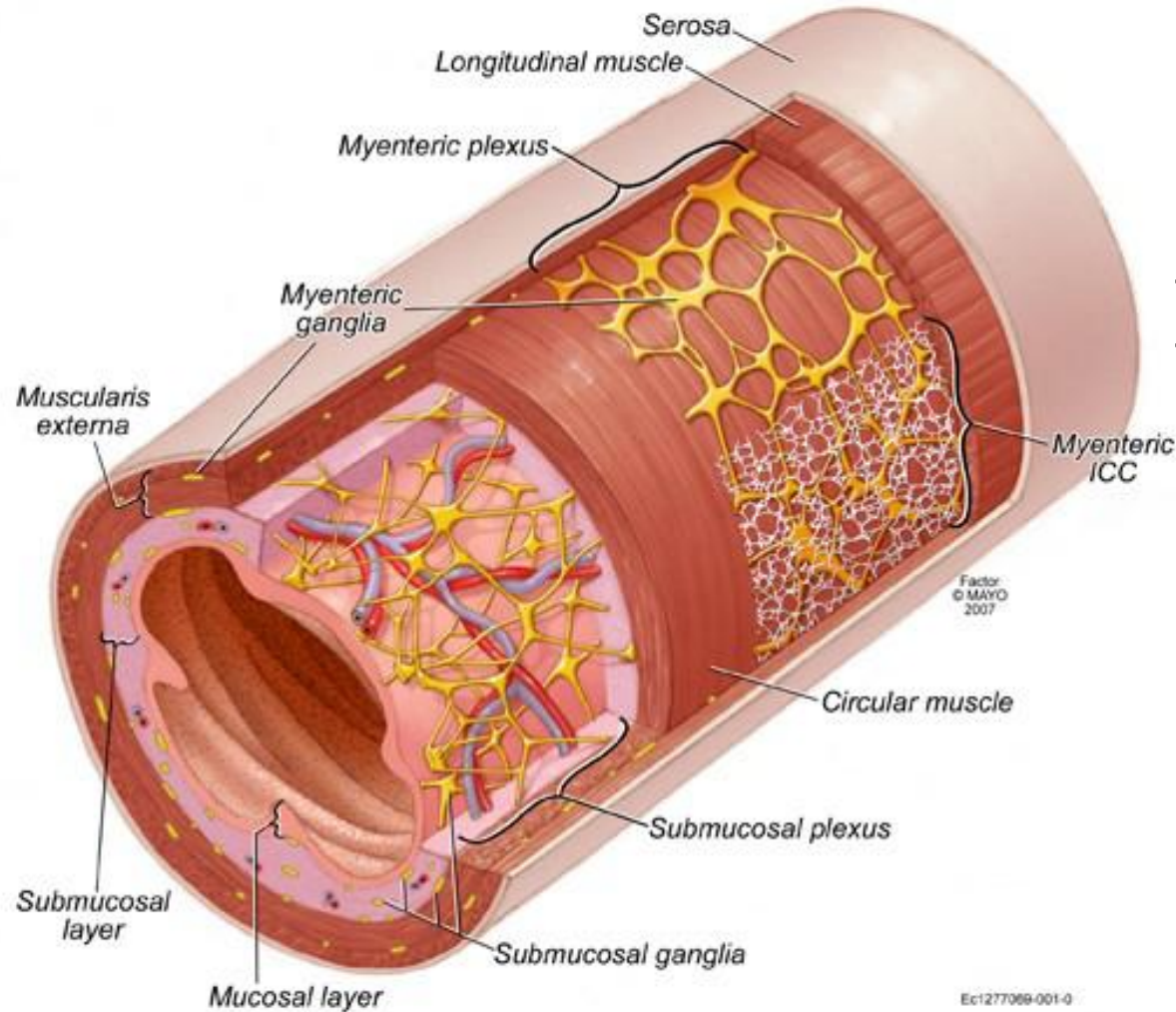
STOMACO distale
3 / min

TENUE:
Duodeno: 16-18 / min
Ileo: 8 / min

CRASSO:
Cieco e colon prossimale: 6 / min
Colon sigmoideo: 10-12 /min

Attività pacemaker delle cell di Cajal nello stomaco, intestino tenue e crasso. Nello stomaco sono al confine tra la parte prossimale e quella distale. Tale attività determina potenziali depolarizzanti di 10-20 mV che difficilmente danno origine a potenziali d'azione localizzati. Ingresso di cibo, irritazione meccanica o impulsi del SNA modulano l'insorgenza di potenziali d'azione.

Organizzazione dei neuroni enterici

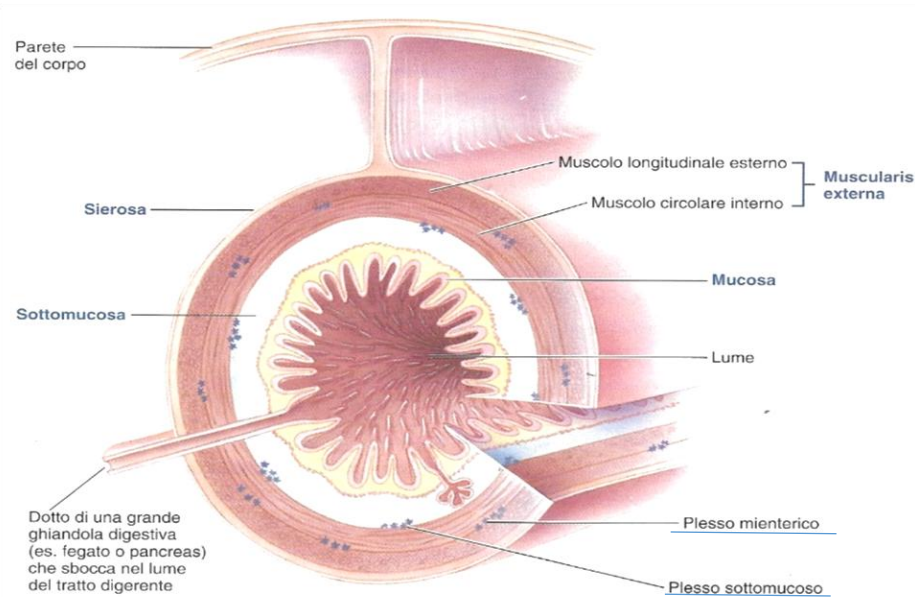


Il sistema digerente è innervato da 2 plessi che si estendono dall'esofago fino al retto compreso, controllati dal SNA:

plesso sottomucoso (Meissner, più interno) nella tonaca sottomucosa **controlla l'attività secretoria** del tubo digerente e **il flusso sanguigno locale**, contiene neuroni sensitivi che rispondono a stimoli chimici o a distensione della parete.

plesso mienterico (di Auerbach) tra strati longitudinale (esterno) e circolare (interno) del canale alimentare, **controlla l'attività motoria** intestinale

Regolazione intrinseca ed estrinseca- Sistema nervoso enterico e SNA



● FIGURA 15-2 Strati della parete del tratto digerente. La parete del tratto digerente è costituita da quattro strati principali: dall'interno all'esterno sono la mucosa, la sottomucosa, la muscularis externa e la sierosa.

Taglietti. Fondamenti di Fisiologia

PLESSO MIENTERICO (tra strati circolare e longitudinale)

PLESSO SOTTOMUCOSO (più interno)

**Cell sensoriali,
interneuron,
motoneuron**

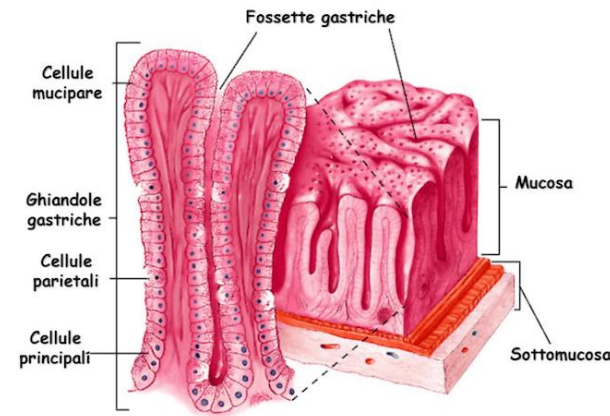
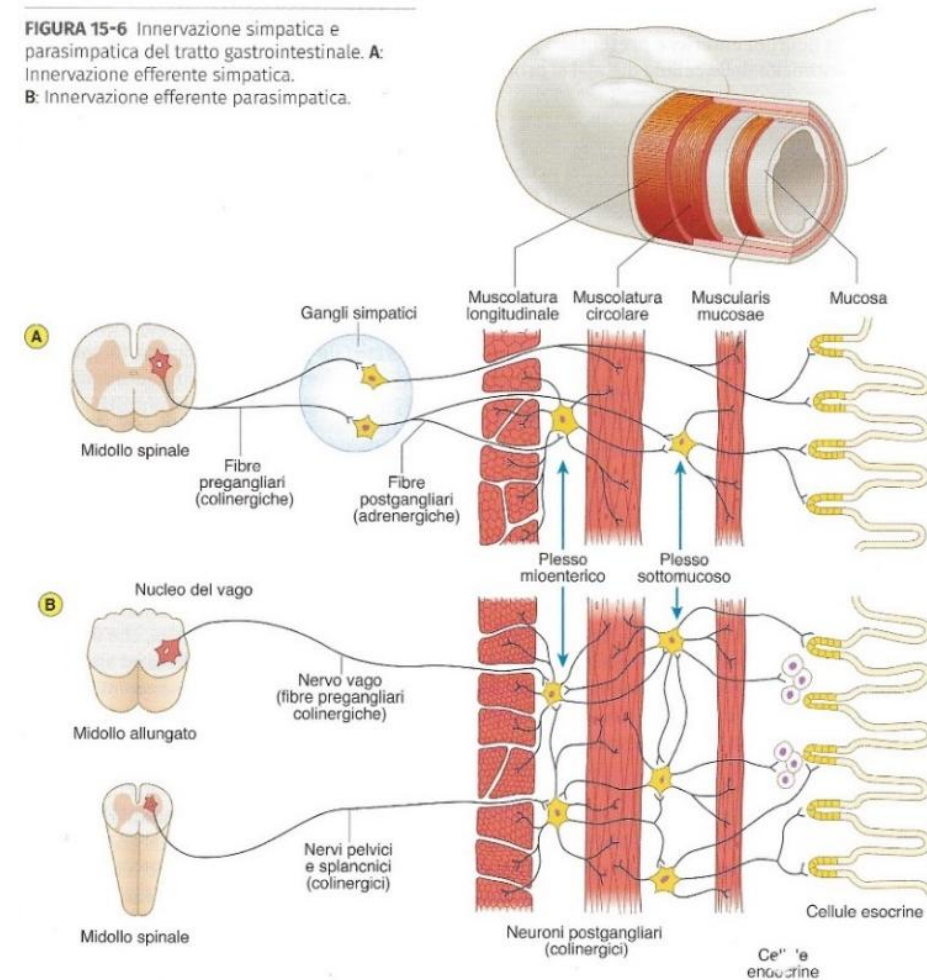


FIGURA 15-6 Innervazione simpatica e parasimpatica del tratto gastrointestinale. A: Innervazione efferente simpatica. B: Innervazione efferente parasimpatica.





Afferenze vagali
Tronco encefalico

Fibre efferenti simpatiche e parasimpatiche

Afferenze locali

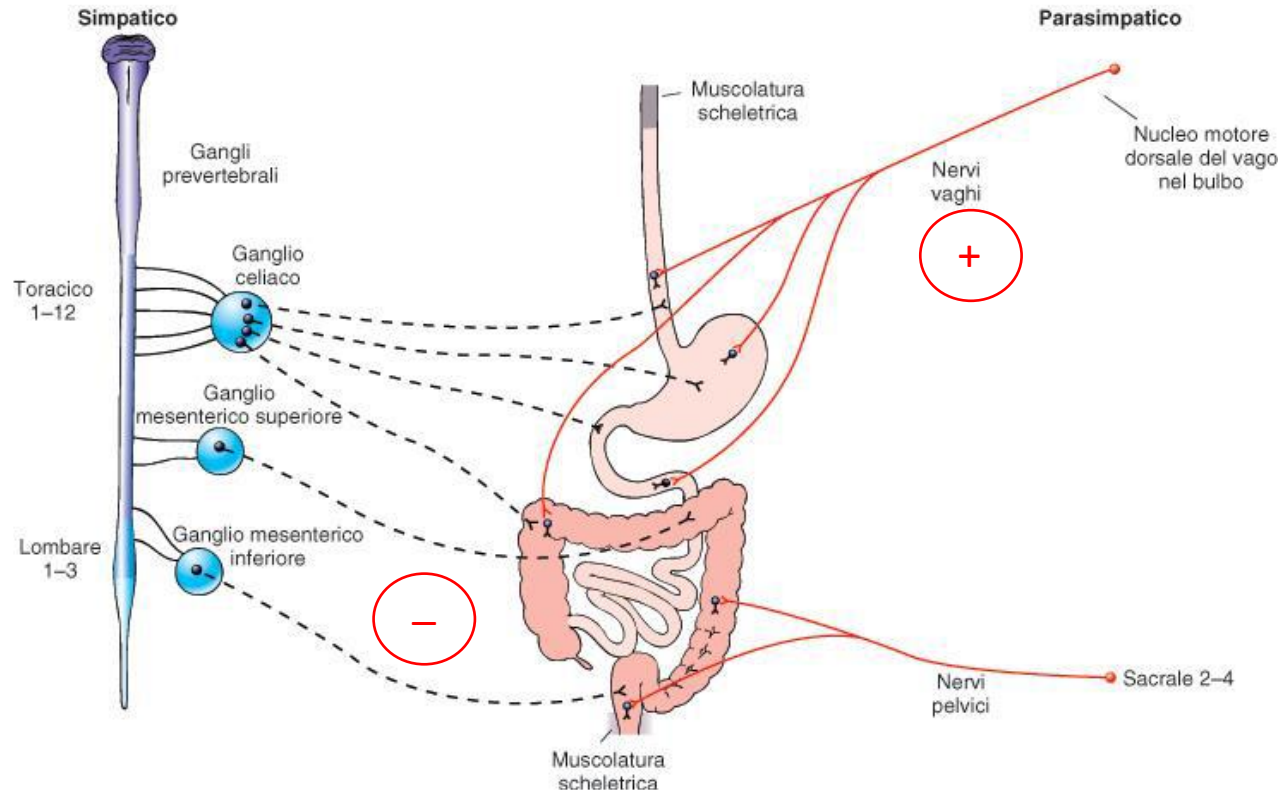
Plesso mienterico
Plesso sottomucoso

Chemocettori
Meccanocettori
nella parete del tratto gastro-intestinale

Muscolatura gastro-enterica
Cellule endocrine
Cellule secernenti

Inoltre riflessi anticipatori, cefalici (vista, odori, sapori) o emozionali possono aver origine al di fuori del sistema digerente. Questi stimoli attivano i neuroni del bulbo che, attraverso il SNA e il vago inviano segnali efferenti alle gh. salivari e al SNE. In questo modo viene avviata la secrezione e la motilità.

Fibre parasimpatiche e simpatiche regolano l'attività gastro-enterica

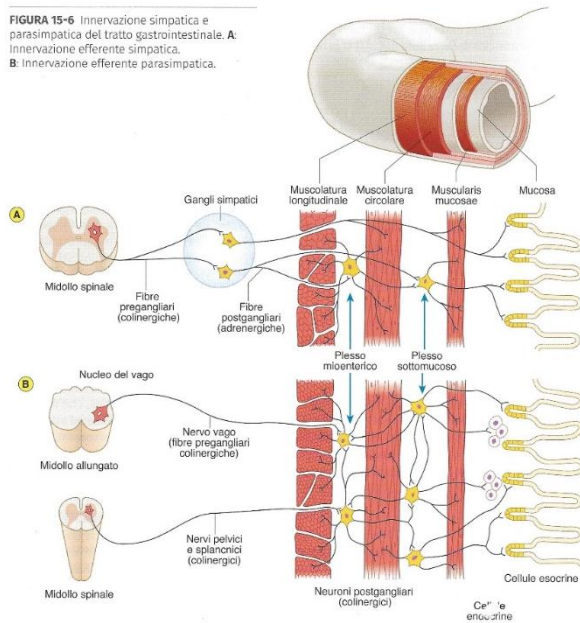


Il SNA ha un effetto diretto e indiretto sulla muscolatura.

Il parasimpatico prevalentemente eccitatorio, il simpatico inibitorio

Cellule del sistema immunitario locale (**macrofagi, linfociti**) hanno un ruolo di difesa del sistema e di regolazione funzionale. Possono rilasciare citochine che mediano la risposta infiammatoria quando entrano in contatto con antigeni

FIGURA 15-6 Innervazione simpatica e parasimpatica del tratto gastrointestinale. A: Innervazione efferente simpatica. B: Innervazione efferente parasimpatica.



Come funziona il sistema nervoso enterico (SNE)?

100 milioni di neuroni

Cellule sensoriali che originano nella parete intestinale sono sensibili a stimoli di varia natura che **informano il SNE** che sviluppa riflessi locali, corti.

MN del SNE controllano la muscolatura liscia che, avendo una propria attività contrattile, necessita di MN eccitatori ed inibitori. Innervano vasi sanguigni, la muscolatura enterica e le ghiandole

Il SNE fa uso di un immenso patrimonio neurochimico.

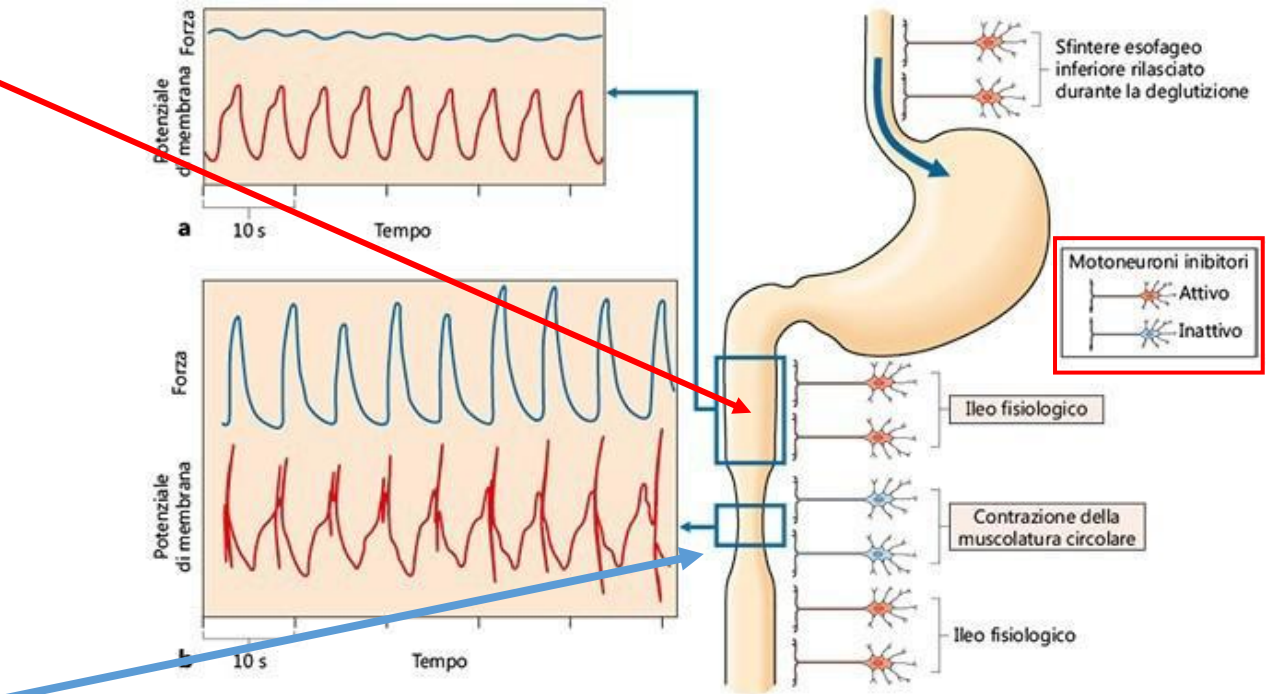
MN inibitori liberano polipeptide vasoattivo intestinale (VIP), NO, ATP.

MN eccitatori: ACh, sostanza P etc..

A riposo in intestino tenue e crasso

MN inibitori impediscono la formazione di potenziali d'azione sulle onde elettriche

I MN inibitori del SNE sono costantemente in funzione, inibendo l'attività delle cellule di Cajal quindi la contrazione muscolare. Si ha contrazione quando neuroni sensoriali, stimolati da stimoli di varia natura, attivano interneuroni che inibiscono l'attività dei MN inibitori. Quindi MN eccitatori stimolano la contrazione.



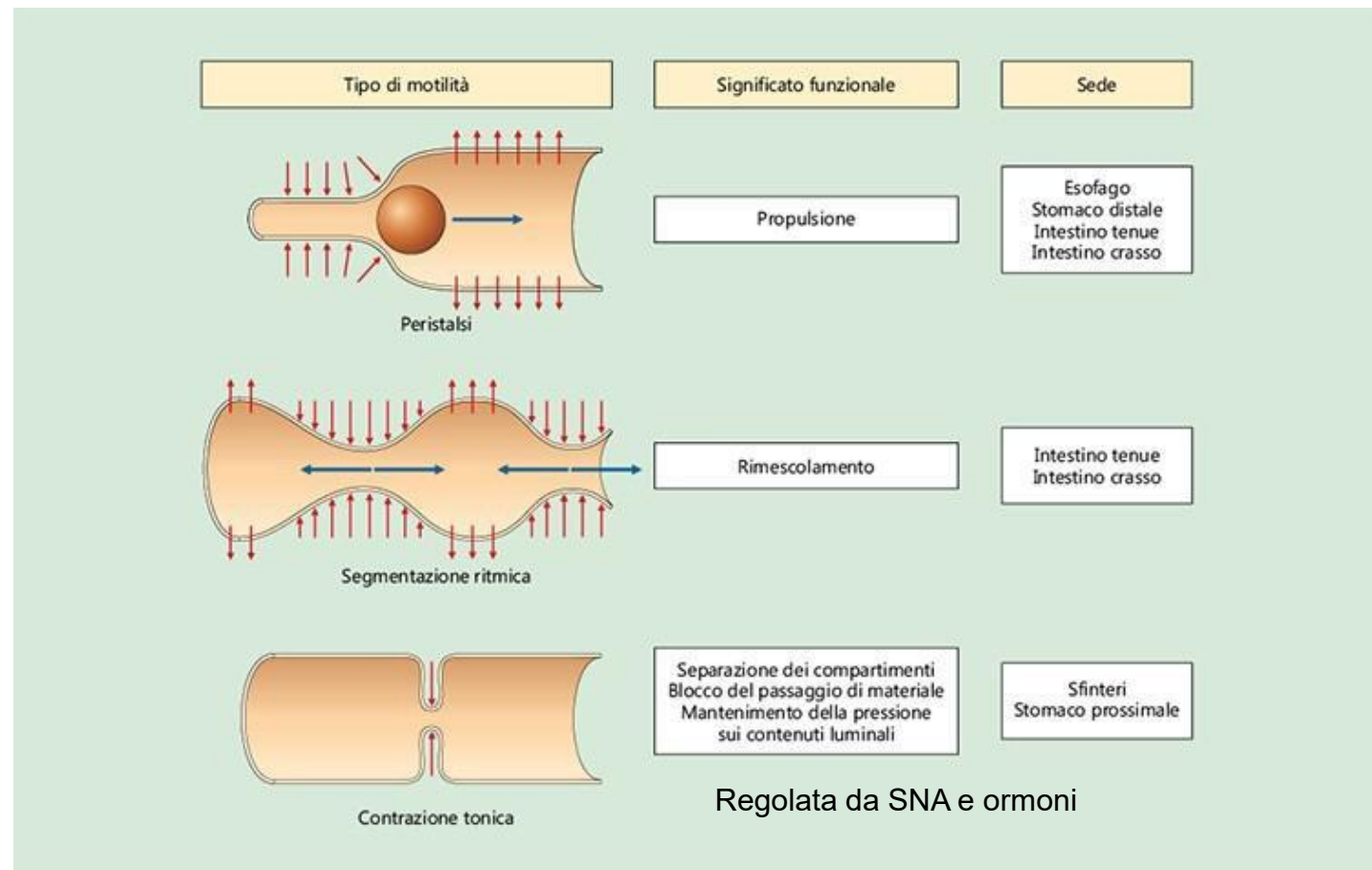
© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

PERISTALSI

SEGMENTAZIONE RITMICA

CONTRAZIONE TONICA

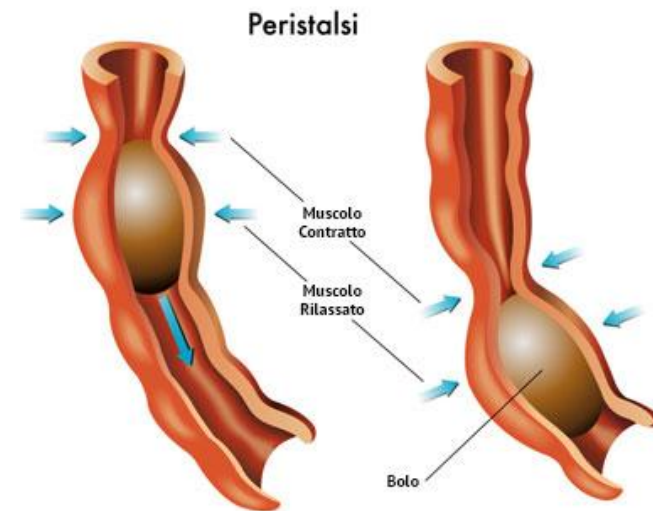


© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

Peristalsi

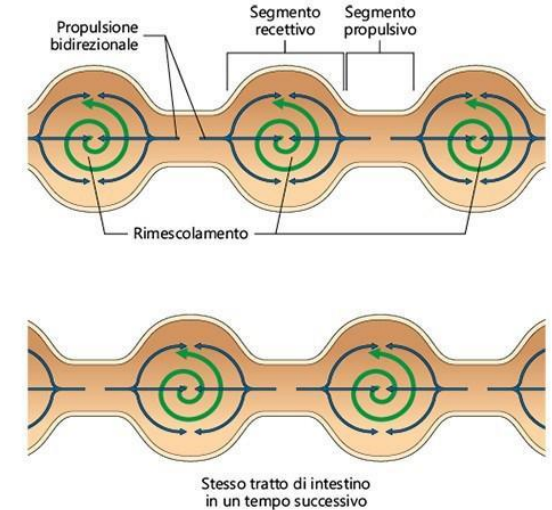
In esofago, stomaco, intestino tenue e crasso. La peristalsi è un'onda di contrazione involontaria che viaggia per tutta la lunghezza dell'organo. E' dovuta a **contrazione (eccitazione, ACh, SP) della muscolatura circolare** e rilasciamento della longitudinale **a monte** del cibo, poi **a valle espansione del lume per inibizione dello strato circolare** (NO, VIP, ATP), quindi contrazione della muscolatura longitudinale (estensione e accorciamento).



Segmentazione ritmica

Nel tenue e crasso. Propagazione per distanze brevi. Contrazione e rilassamento sono alternati in segmenti vicini del tratto intestinale spostando il chimo avanti e dietro, non ci sono nello stomaco.

Sono dovuti a contrazioni ritmiche della muscolatura circolare, rilassamento della longitudinale. Non fanno avanzare il contenuto luminare, servono per il rimescolamento.



© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

Austrazione

Processo simile alla segmentazione ma più lento che avviene a livello del crasso conferendo l'aspetto a segmenti o haustra

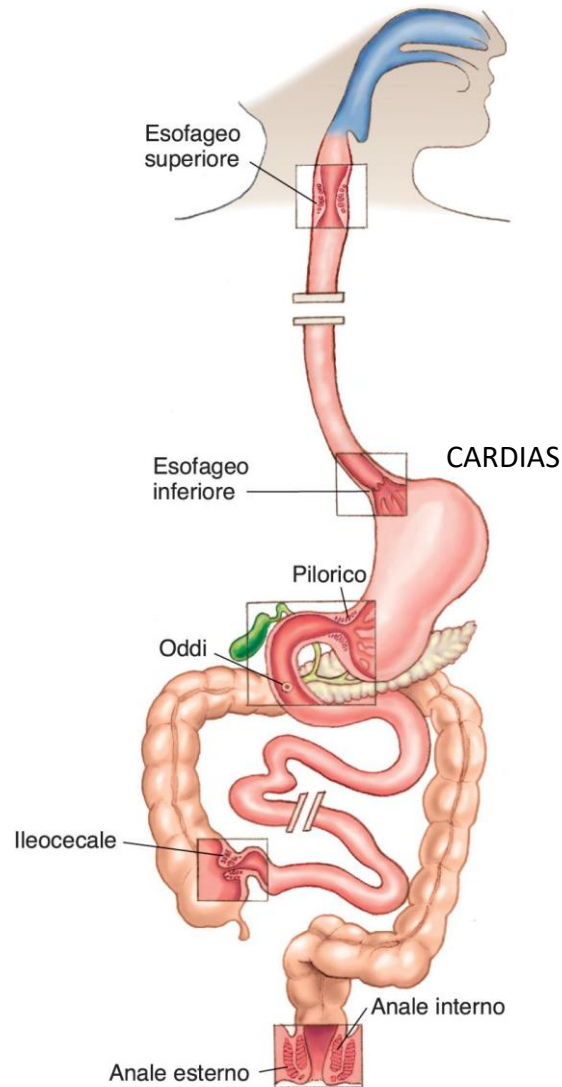
Complessi motori migranti

Nello stomaco, tenue e crasso tra un pasto e l'altro contrazioni sincrone, momenti di intensa attività si alternano a momenti quiescenti. Liberano il tratto GI da residui di cibo, muco, cellule sfaldate. Motilina ne aumenta la frequenza, Gastrina e CCK la diminuiscono.

Movimenti di massa

Nel tenue e crasso, movimenti tipo i peristaltici, nel colon 1-3 volte al giorno. Il segmento rimane contratto più che nella peristalsi e spinge il contenuto del lume rapidamente al fine di svuotare il colon

SFINTERI: valvole unidirezionali che impediscono i movimenti a ritroso dei contenuti del lume



La contrazione tonica degli sfinteri costituiti da muscolatura liscia è controllata dal SNE e da segnali endocrini.

Lo sfintere esofageo inferiore (cardias) previene il reflusso gastrico.

Lo sfintere pilorico previene il reflusso di succo duodenale nello stomaco.

Lo sfintere ileo-cecale previene il reflusso delle feci del colon nell'ileo.

Lo sfintere esofageo superiore e l'anale interno sono striati.

Il sistema endocrino è rappresentato da cellule disperse lungo il tratto enterico con funzione paracrina, autocrina ed endocrina.

Sostanze ad azione ormonale sono peptidi:

GASTRINA secreta nella porzione distale dello stomaco (stimola secrezione acida e motilità gastrica)

SOMATOSTATINA gastrica inibisce secrezione di acido e lo svuotamento gastrico

SECRETINA secreta nel duodeno (stimola la secrezione di bicarbonato dal pancreas)

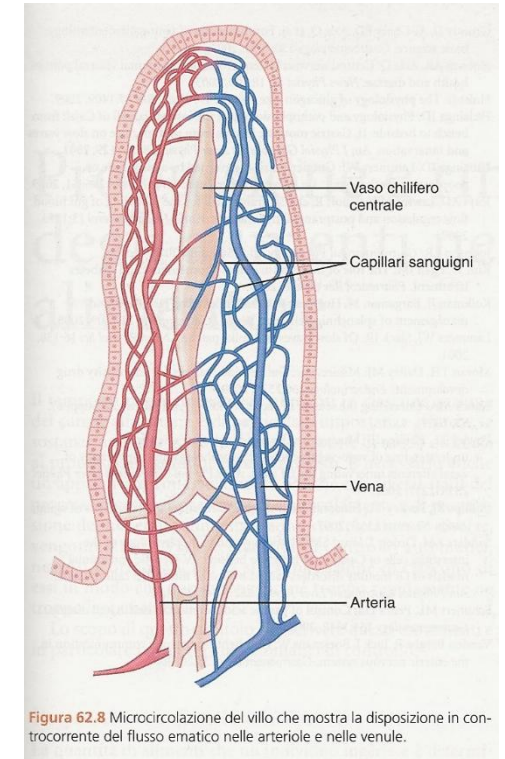
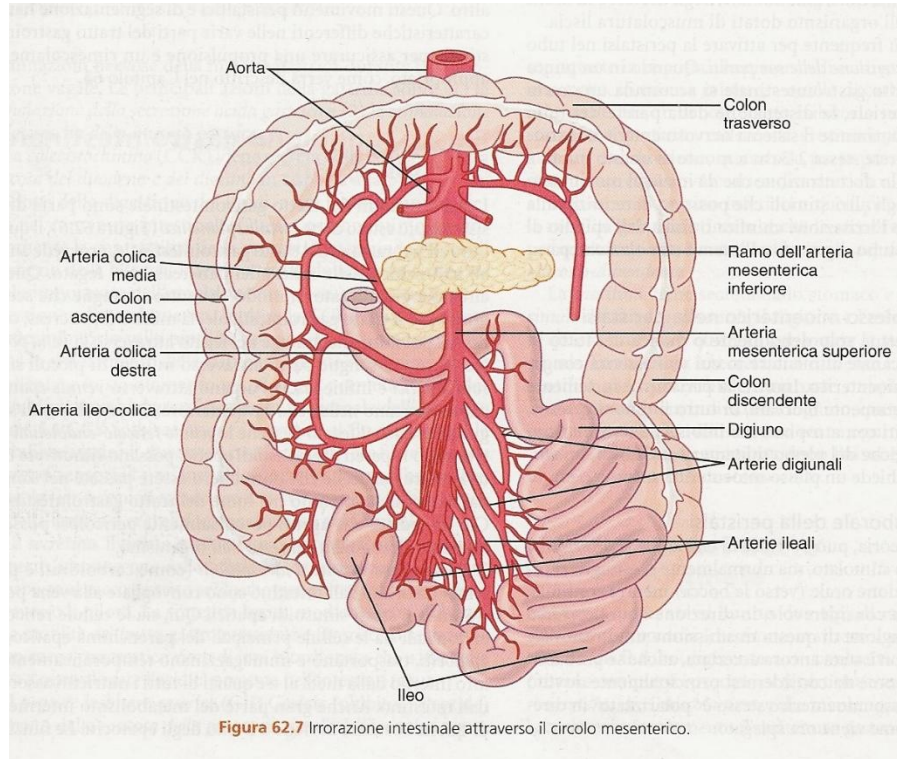
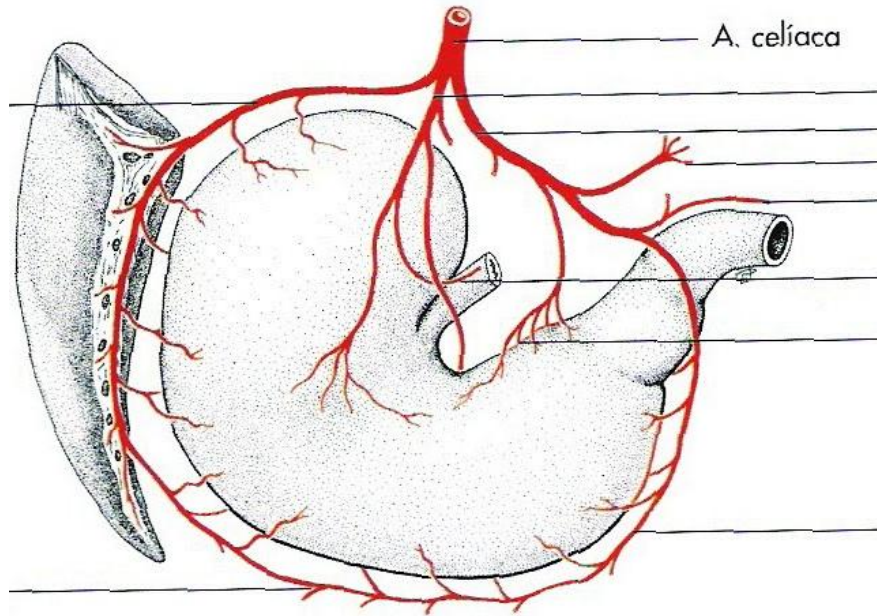
COLECISTOCHININA , CCK secreta nel duodeno

(stimola la secrezione di enzimi digestivi pancreatici. Inibisce lo svuotamento gastrico)

MOTILINA secreta in duodeno e digiuno (stimola la motilità intestinale)

PEPTIDE INIBITORE GASTRICO, GIP secreto in duodeno e digiuno (inibisce secrezione e motilità gastrica)

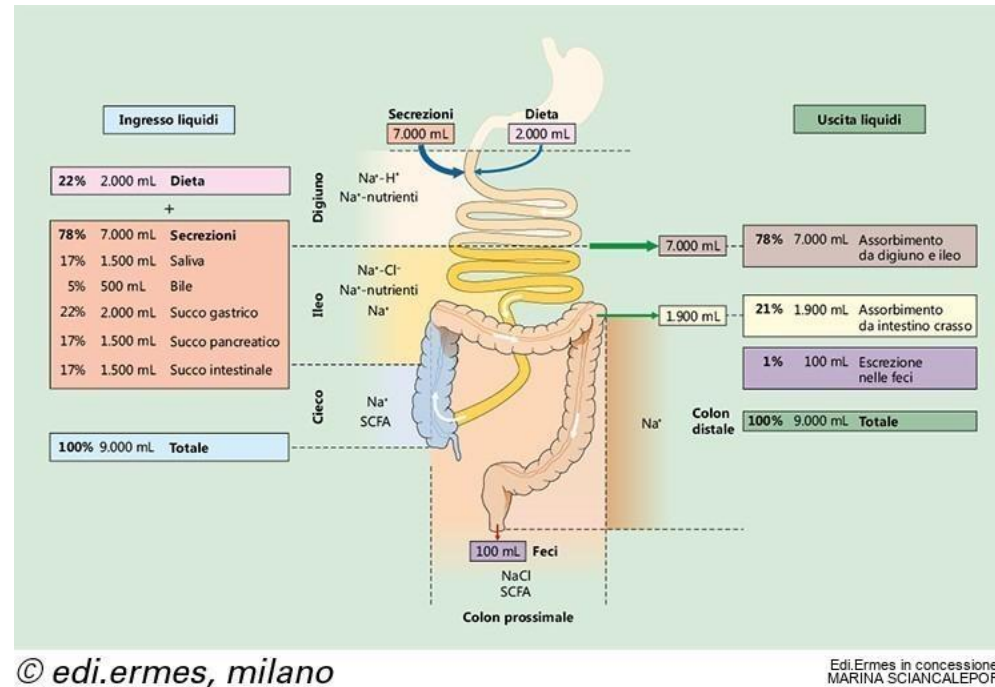
Irrorazione intestinale



Le arterie CELIACA e MESENERICA derivate dall'aorta, si portano allo stomaco e intestino. Dalle arterie, rami più piccoli penetrano nello spessore della parete dove svolgeranno anche la funzione assorbente e secernente. Aumento del flusso sanguigno durante l'attività gastro-intestinale.

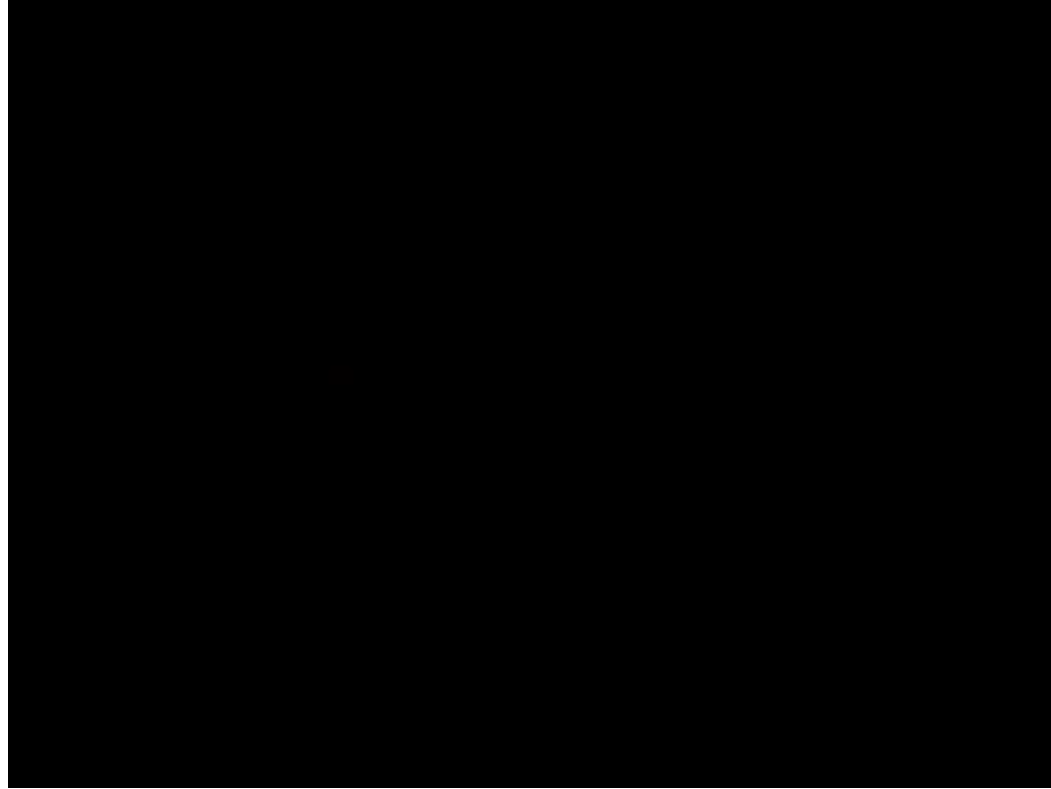
Digestione e assorbimento

Le funzioni MOTORIE e SECERNENTI del sistema digerente sono il prerequisito essenziale per la **digestione** degli alimenti e per l'**assorbimento** dei principi nutritivi.



Il tratto gastrointestinale riceve 2 L/die tra acqua e cibo ma secerne 7L al /die di liquido nel lume, di queste solo 2 L raggiungono il crasso. Qui 98-99% di assorbimento che evita la disidratazione, con le feci eliminati solo 100-200 mL.

Il viaggio di una mela

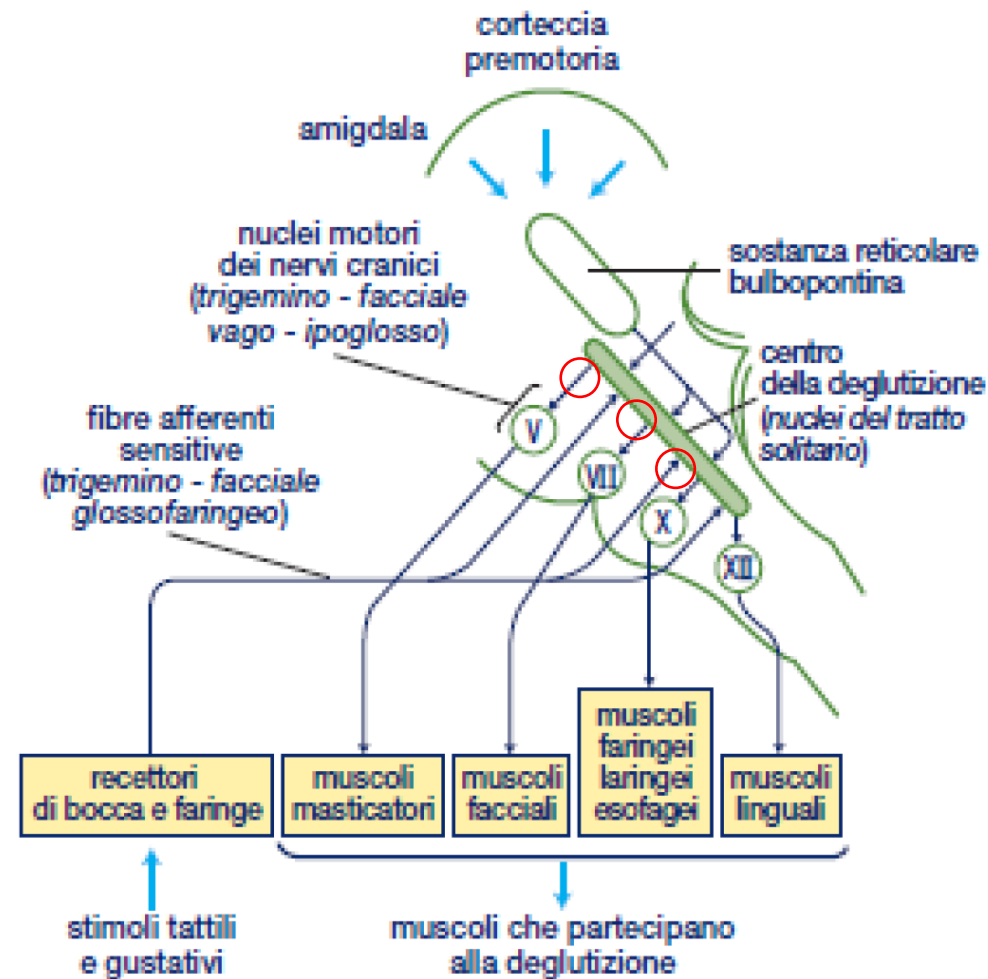


I denti triturano, la lingua amalgama, le ghiandole salivari ammorbidiscono e lubrificano, e la mela si trasforma in **BOLO**, una poltiglia sferica che viene deglutita.

La deglutizione è un processo complesso che ha lo scopo di incanalare il bolo alimentare nell'esofago e impedirne l'ingresso in cavità nasali e trachea. In assenza di deglutizione la muscolatura del corpo esofageo è rilasciata, gli sfinteri sono in contrazione tonica. La prima parte è volontaria.

Centro della deglutizione

Nella fase faringea, i movimenti sono riflessi, indotti dal contatto del cibo con la parete faringea posteriore che attiva le afferenze dei nervi cranici



Cavità orale / esofago

La maggior parte dei muscoli masticatori è innervata dalla componente motoria del V paio di nervi cranici. La saliva è prodotta dalle ghiandole salivari con regolazione nervosa (SNA) stimolata da: sostanze sapide, azione masticatoria, vista, odore

La saliva contiene:

HCO_3^-

Acqua ed elettroliti

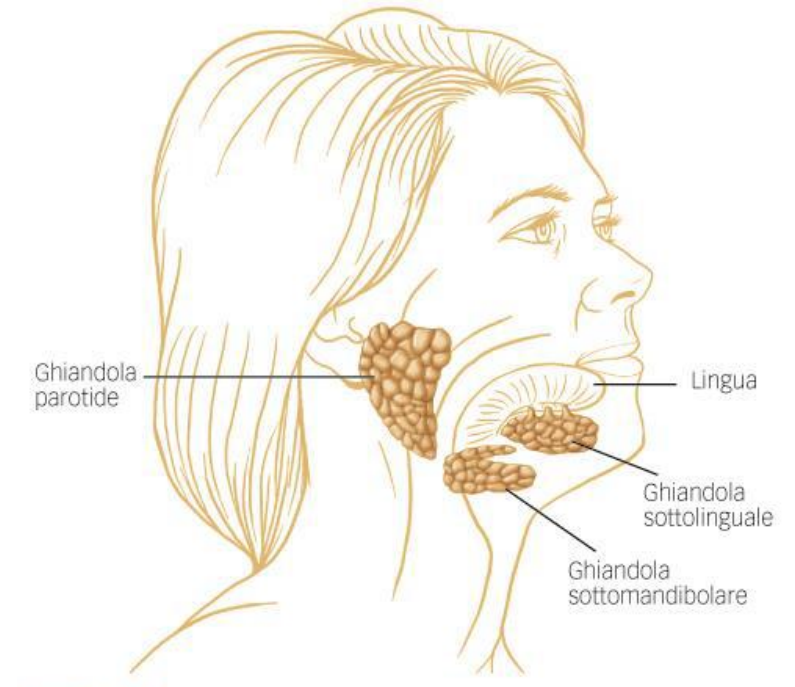
ptialina (α -amilasi)

lipasi

secrezione mucosa,

enzimi con funzione antibatterica (lisozima IgA),

Nella FARINGE ed ESOFAGO: movimenti propulsivi. Poi rilassamento dello sfintere esofageo inferiore, il cardias.

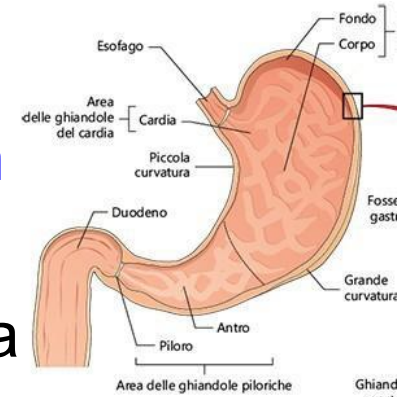


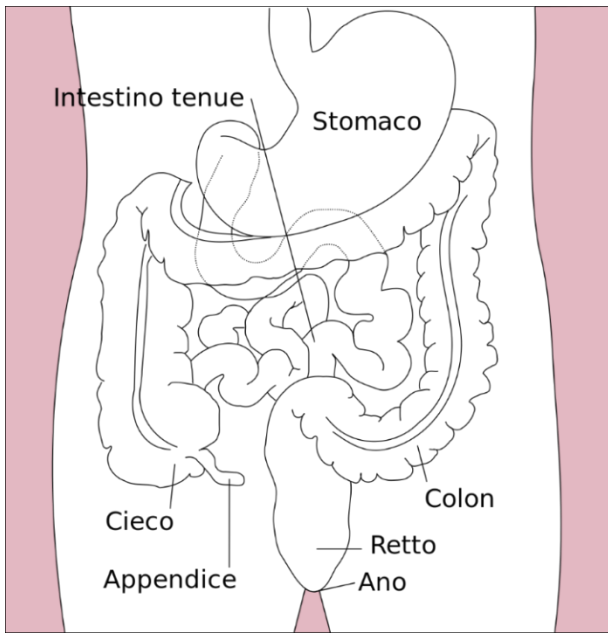
Compito dello stomaco è immagazzinare il cibo, iniziare la digestione delle proteine, uccidere i batteri e spingere il **CHIMO** nel duodeno con

Serbatoio-riceve il materiale e lo spinge nella regione della pompa antrale con **contrazione tonica**). Non c'è attività contrattile spontanea.

Lo stomaco può accogliere una quantità di materiale fino a 1.5 L con pressione intragastrica che rimane bassa (riflesso vago-vagale)

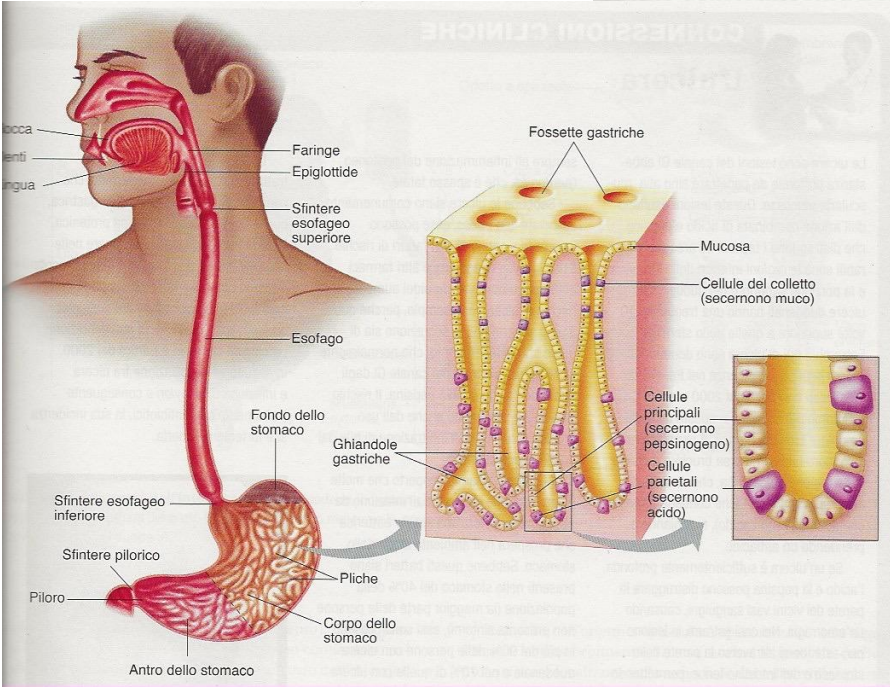
Pompa antrale- dopo il pasto triturazione, rimescolamento, **contrazioni fasiche** regolari (3/min) grazie all'azione pacemaker delle cell di Cajal, fino al piloro per svuotamento nel duodeno





Nello stomaco trasformazione del **BOLO** in **CHIMO acido**
Da qui nel **TENUE** (duodeno, digiuno e ileo) dove si formerà il **CHILO**, leggermente basico che viene «lavorato» dai succhi biliari e pancreatici.
Il materiale, ormai povero di nutrienti, va verso l'intestino **CRASSO** (cieco, colon e retto) dove il materiale non digerito sarà espulso sotto forma di feci dopo essere stato disidratato.

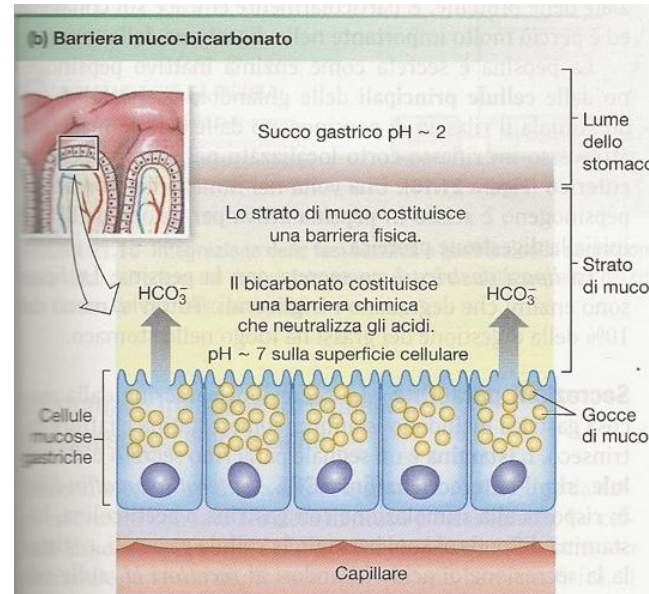
(a) Attività secretoria delle cellule della mucosa gastrica



Mucosa gastrica	Tipi cellulari	Sostanza secreta	Funzioni del secreto	Stimolo per il rilascio
	Cellule mucose superficiali	Muco	Barriera fisica fra lume ed epitelio	Secrezione tonica; irritazione della mucosa
	Cellule mucose del colletto	Bicarbonato	Tampona l'acido gastrico per impedire lesioni all'epitelio	Secreto con il muco
	Cellule parietali	Acido gastrico (HCl)	Attiva la pepsina, uccide i batteri	Acetilcolina, gastrina, istamina
		Fattore intrinseco	Si lega alla vitamina B ₁₂ per il suo assorbimento	
	Cellule simil-enterocromaffini	Istamina	Stimola la secrezione di acido gastrico	Acetilcolina, gastrina
	Cellule principali	Pepsinogeno	Digerisce le proteine	Acetilcolina, secrezione acida
		Lipasi gastrica	Digerisce i lipidi	
	Cellule D	Somatostatina	Inibisce la secrezione di acido gastrico	Acido nello stomaco
	Cellule G	Gastrina	Stimola la secrezione di acido gastrico	Acetilcolina, peptidi e aminoacidi

Secrezione gastrica 2 L /die

La parete dello stomaco è protetta dalla secrezione acida grazie ad una barriera di muco e HCO_3^-



Helicobacter pylori, unico batterio che sopravvive nello stomaco

SUCCO GASTRICO

H⁺

fattore intrinseco

pepsina

lipasi gastrica

muco e HCO₃⁻

Cell parietali

Cell principali

Cell mucose

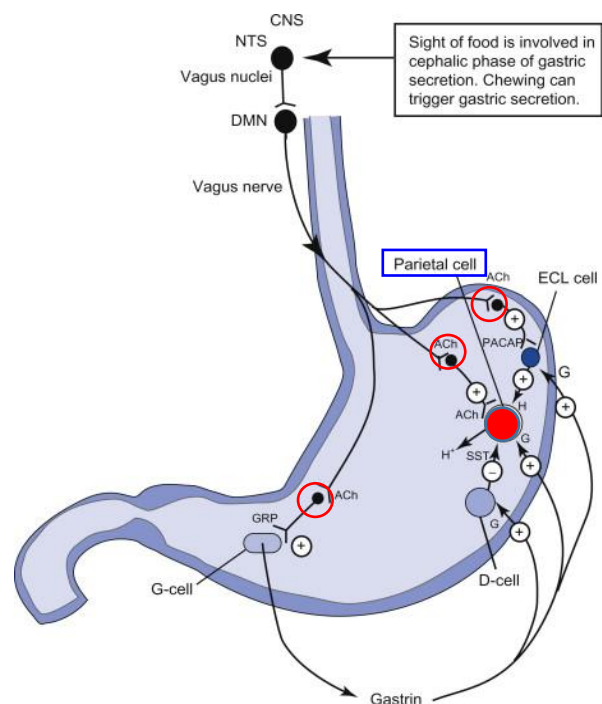
Nello stomaco

15-20% della digestione proteica
10% digestione dei grassi

L'ambiente acido distrugge batteri e agenti patogeni inghiottiti con il cibo, denatura le proteine, converte pepsinogeno in pepsina (pH <5)

Contenuti gastrici > 2 mm non passano attraverso lo sfintere pilorico.

Motilità e secrezione gastrica-controllo nervoso e ormonale



FASE CEFALICA (30-35 %)

Vista, odori, gusto,
masticazione
(controllo nervoso)

(AFFERENZE SENSORIALI)

Cibo in faringe,
esofago

Riflesso vago-vagale

Nuclei dorsali del vago → SNA (ACh, M3)

SNE

Dilatazione della parete
(NO, VIP, ATP)

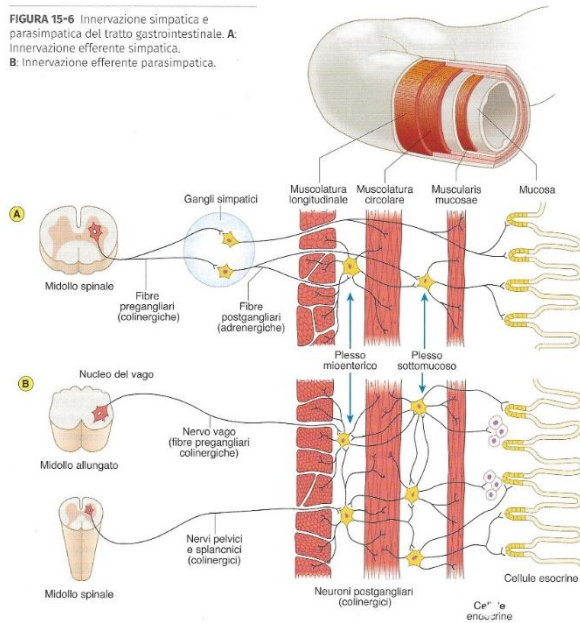
Stimola la produzione di HCl
La secrezione di Gastrina !!
La liberazione di istamina

FASE CEFALICA: Prima che il cibo arrivi nello stomaco, i riflessi lunghi, cefalici mediati da vista, olfatto, odori, suoni, preparano alla digestione, inviano segnali al bulbo e da qui tramite il parasimpatico vagale influenzano il SNE quindi la motilità e, tramite cellule effettrici, la secrezione. La parete dello stomaco si rilascia permettendo l'aumento di volume.

PH dello stomaco a riposo 1.5-2

REMIND !!!

FIGURA 15-6 Innervazione simpatica e parasimpatica del tratto gastrointestinale. A: Innervazione efferente simpatica. B: Innervazione efferente parasimpatica.



Come funziona il sistema nervoso enterico (SNE)?

100 milioni di neuroni

Cellule sensoriali che originano nella parete intestinale sono sensibili a stimoli di varia natura che **informano il SNE** che sviluppa riflessi locali, corti.

MN del SNE controllano la muscolatura liscia che, avendo una propria attività contrattile, necessita di MN eccitatori ed inibitori. Innervano vasi sanguigni, la muscolatura enterica e le ghiandole

Il SNE fa uso di un immenso patrimonio neurochimico.

MN inibitori liberano polipeptide vasoattivo intestinale (VIP), NO, ATP.

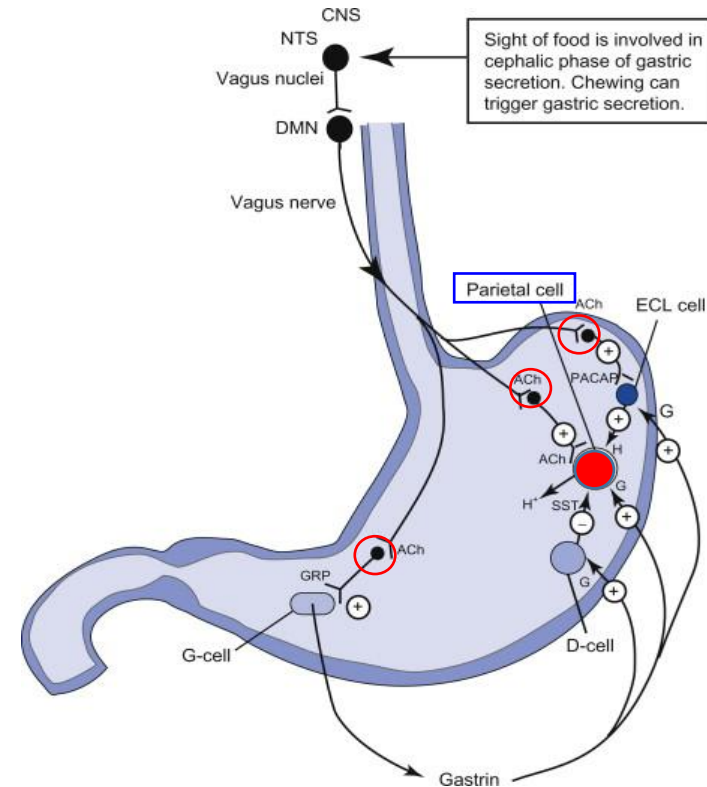
MN eccitatori: ACh, sostanza P etc..

FASE GASTRICA (50-60%):

- Distensione dello stomaco e peptidi, AA stimolano *riflessi vago-vagali e locali* con produzione di **Gastrina** e **istamina** che stimolano la produzione di HCl da cell parietali e di **pepsinogeno** da cell principali
- **La pepsina digerisce le proteine**

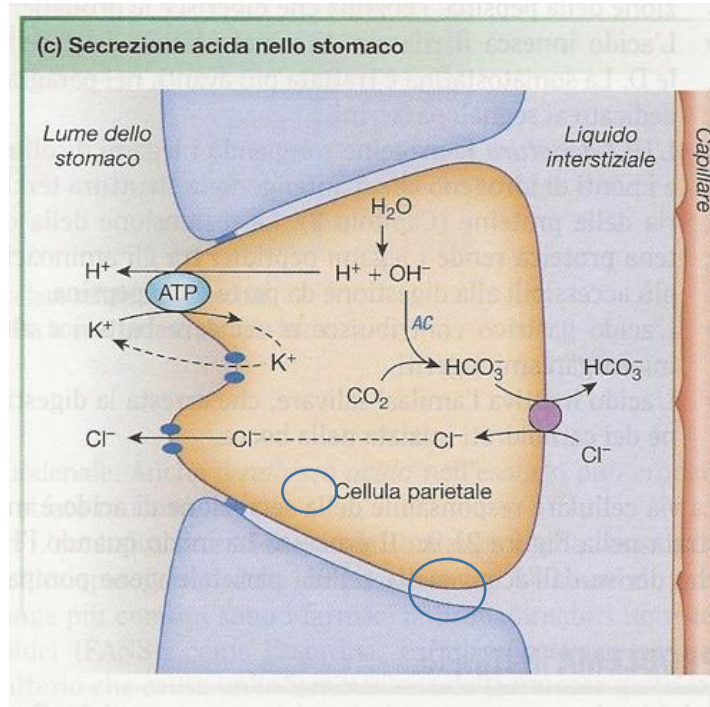
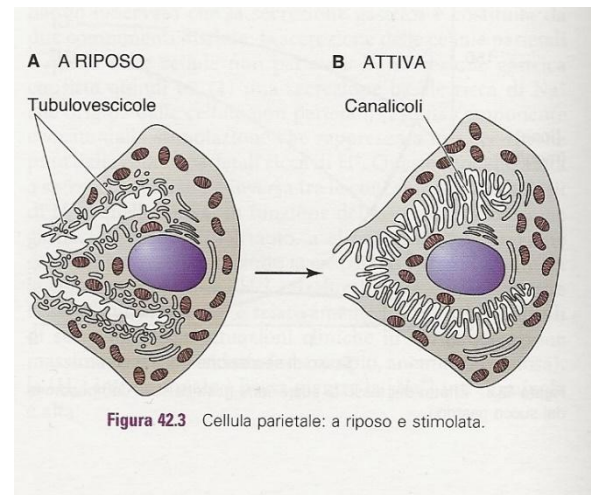
(La **GASTRINA** attiva solo se $\text{pH} > 3$,
gli stimoli cefalici e gastrici potranno permettere
l'attività della gastrina solo quando arriva il cibo,
a digiuno nessuna liberazione

- 1 ora dopo il pasto massima secrezione gastrica,
- poi la riduzione del chimo riduce il pH quindi è inibita la produzione di gastrina.
- La caduta del pH stimola **somatostatina gastrica** che inibisce la liberazione di HCl



Cell D liberano SOMATOSTATINA
Cell G liberano GASTRINA
Cell ECL liberano ISTAMINA

Secrezione di HCl ad opera delle cellule parietali



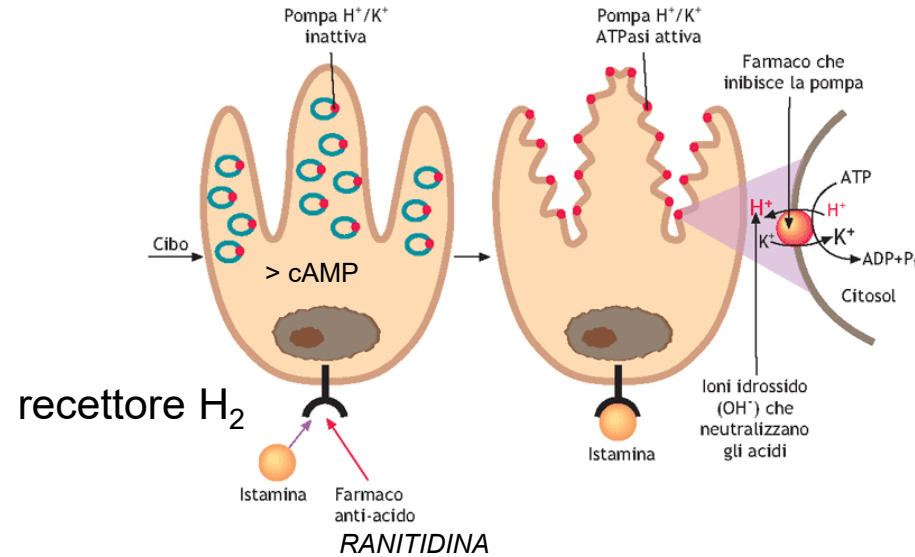
anidrasi carbonica



HCO_3^- sostituisce il Cl^- nel sangue determinando la *marea alcalina* nella fase gastrica della digestione

Gastrina (ormone), ACh (M3), istamina (H_2) stimolano la secrezione acida. Somatostatina gastrica e secretina intestinale, stimulate da H^+ inibiscono la secrezione gastrica

Cellule parietali gastriche: strategia dei farmaci contro l'acidità



L'istamina, liberata dalle cell enterocromaffini, facilita la produzione di HCl

FASE INTESTINALE (5-10%):

H⁺ stimola:

- secrezione di **Gastrina intestinale** che favorisce l'ambiente acido
- **secretina intestinale**, che inibisce la secrezione gastrica

MOTILITA' GASTRICA

Lo svuotamento gastrico altamente regolato per via nervosa e ormonale

Il vago, stimolato dalla distensione della parete gastrica, favorisce le contrazioni antrali e il rilassamento del piloro. Il simpatico fa l'opposto, coordinati dal SNE.

Nella metà distale onde peristaltiche (3/min) spingono il cibo verso il piloro mescolandolo con acido ed enzimi digestivi.

Movimento di retropulsione del CHIMO nell'antro: solo una piccola parte liquida passa attraverso il piloro (particelle di diametro < 2 mm), il resto torna indietro, da qui la triturazione.

Il rallentamento dello svuotamento gastrico permette di non danneggiare l'intestino e dare tempo allo stomaco di neutralizzare l'acido e proseguire la digestione

Il duodeno inibisce svuotamento gastrico tramite riflessi nervosi e secrezione ormonale

Stimolato da:

- Distensione duodeno (riflesso enterogastrico)
- riflesso vago-vagale
- Acidità
- Grassi, proteine

Gli ormoni prodotti dal duodeno inibiscono la secrezione acida e lo svuotamento gastrico

SECRETINA stimolata da H^+

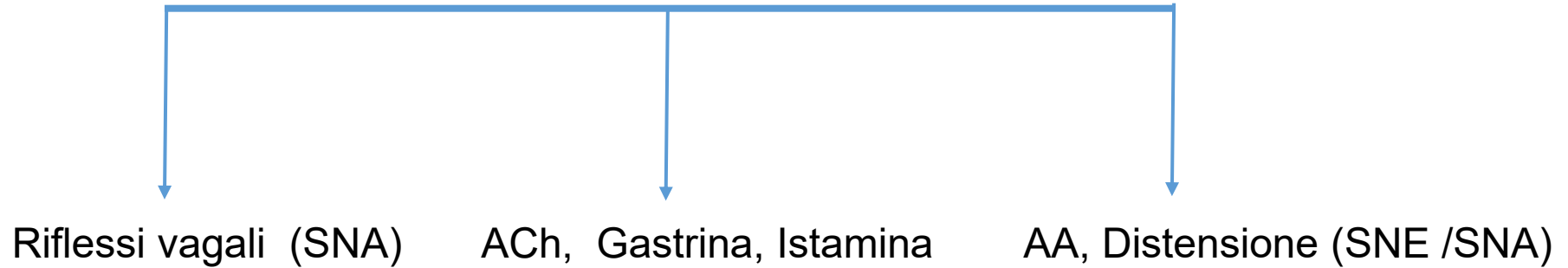
CCK (colecistochinina) stimolata da lipidi e protidi

GIP (peptide inibitorio gastrico) stimolato da carboidrati, lipidi, protidi

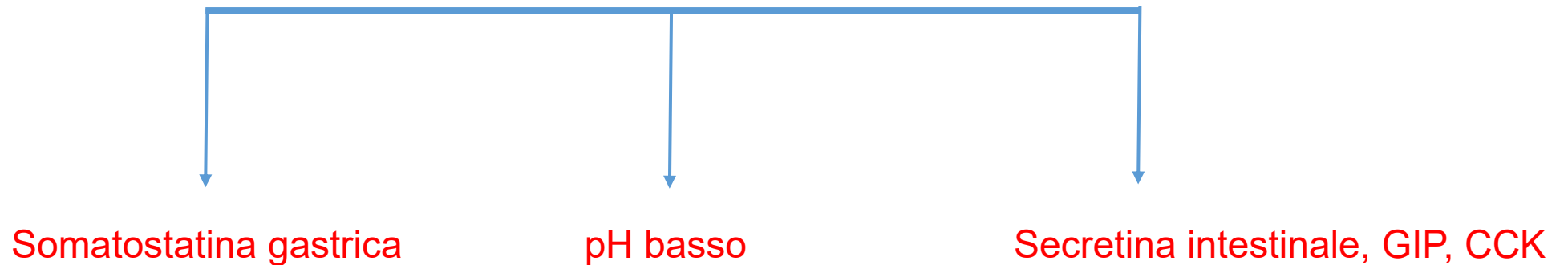
La Gastrina e la Motilina, prodotte dal duodeno, accelerano lo svuotamento gastrico

Per un pasto lo stomaco si svuota in circa 3-6 ore, di liquidi in 20-40 min. Grassi, acidità, alto contenuto calorico, rallentano lo svuotamento

Fattori che facilitano la secrezione e motilità gastrica

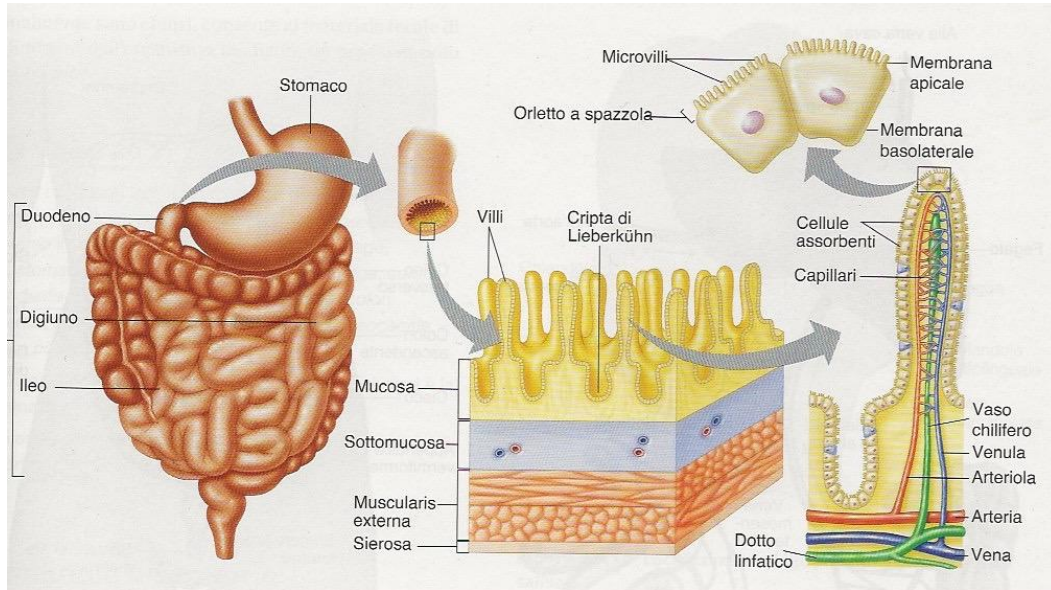


Fattori che inibiscono la secrezione e motilità gastrica



Compito del tenue (duodeno, digiuno, ileo)

Digestione e assorbimento dei nutrienti, acqua ed elettroliti



La capacità di assorbimento dell'intestino è dato dalle PLICHE della mucosa, VILLI e MICROVILLI degli enterociti che costituiscono l'orletto a spazzola.

La maggior parte dell'assorbimento è lungo i villi, la secrezione nelle cripte.

Enzimi digestivi sono ancorati alla membrana dei microvilli.

N.B. I capillari confluiscono in venule

Il transito attraverso l'intestino tenue (200 m²) è lento, 1 cm/sec, nel crasso ancora minore.

Il cibo prosegue ma viene anche sparso sulla superficie. In media 3-4 ore per il passaggio del chimo dal piloro alla valvola ileo-cecale.

Tenue: 5 m (25 cm duodeno, 2 m digiuno, 3 m ileo); Crasso 1.5 m. Tempo di transito nel duodeno: pochi minuti, digiuno 2-3 ore, ileo 1-2 ore.

ATTIVITA' DIGESTIVA INTESTINALE

Promossa da:

- succhi digestivi pancreatici e secrezione biliare
- enzimi contenuti negli orletti a spazzola degli enterociti

La funzione del sistema digerente sul bilancio idrico ed elettrolitico totale

L'intestino riceve ogni giorno cibo, liquidi (1.5-2.5 L), secrezioni salivari, gastriche, biliari, pancreatiche, intestinali (7-9 L) tutto tranne 2 L viene **assorbito in duodeno e digiuno**.

Solo l'intestino tenue assorbe, a parte acqua ed elettroliti, anche proteine, carboidrati e grassi.

ATTIVITA' SECRETORIA DEL TENUE

- Acqua, elettroliti (Cl^- , Na^+ , HCO_3^-)
- Enzimi
- Secrezione di muco dalle ghiandole di Brunner a funzione lubrificante e protettiva dall'acidità del chimo.

La secrezione pancreatica è stimolata dal chimo nel duodeno

SUCCO PANCREATICO (enzimi e bicarbonato)

Soluzione acquosa ricca di HCO_3^-

Proteasi: tripsina, chimotripsina, carbossipeptidasi

Amilasi pancreatica (disaccaridi e trisaccaridi)

Lipasi pancreatica

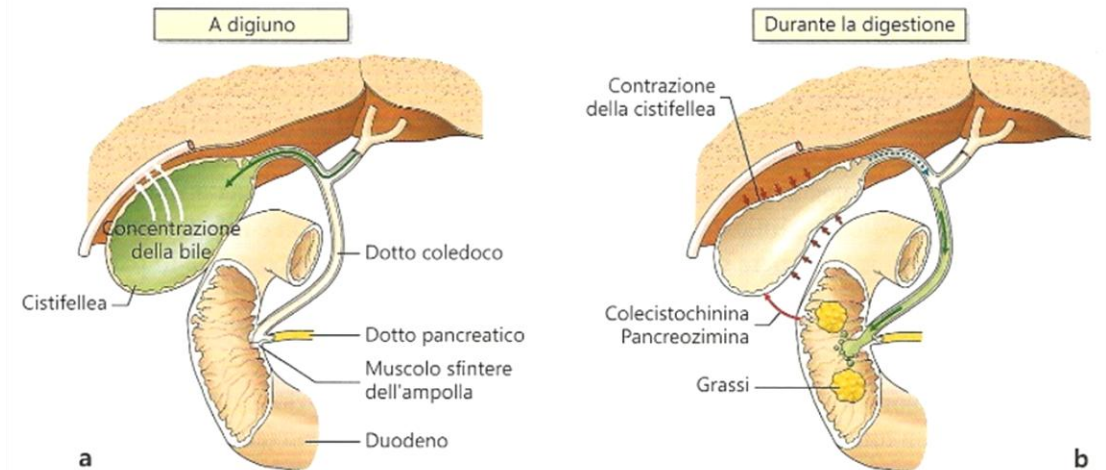
Colesterolo esterasi

fosfolipasi

Il **dotto pancreatico** riversa la secrezione esogena nel duodeno unendosi al **coledoco** e riversando insieme: **succo pancreatico** e **bile** prodotta dal fegato e accumulata in periodi interprandiali in cistifellea.

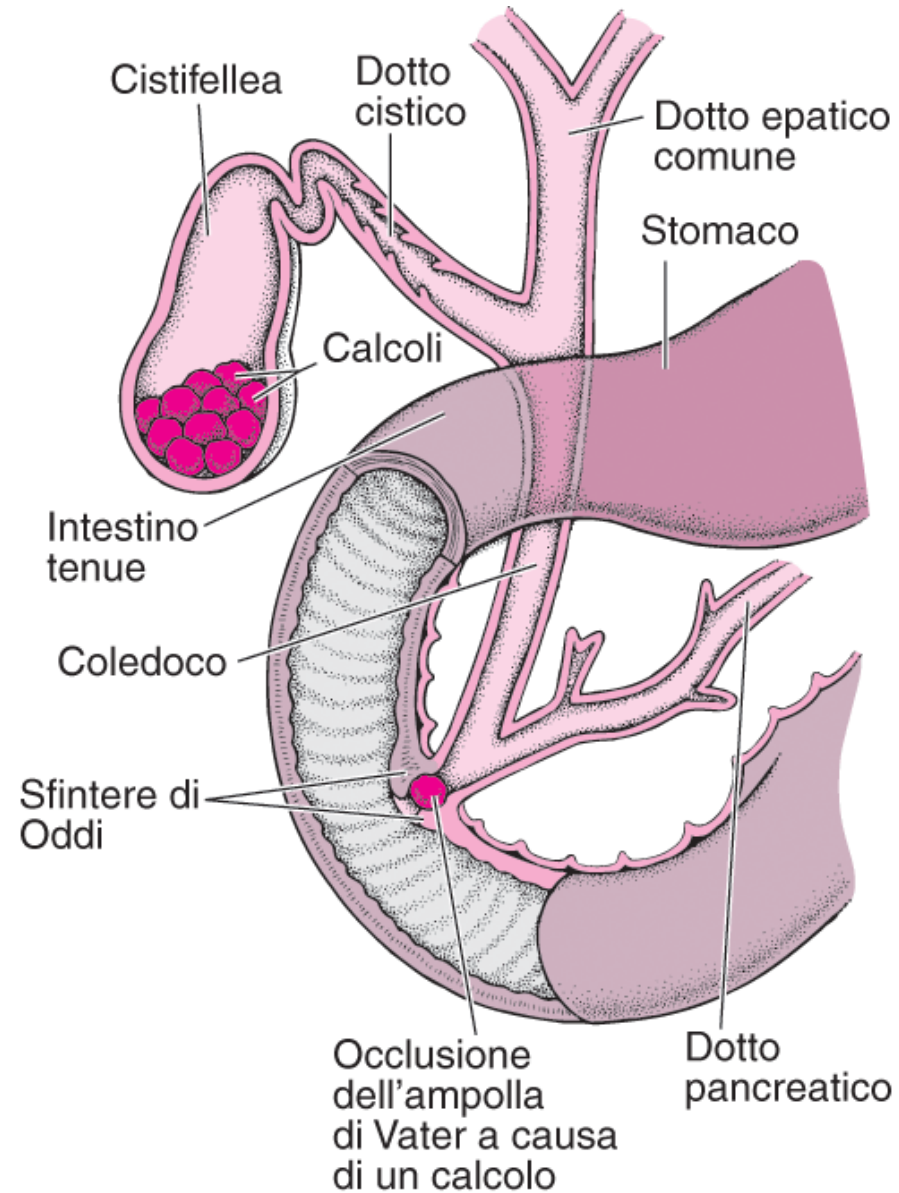
La BILE

acidi e sali biliari,
colesterolo,
fosfolipidi,
pigmenti biliari,
elettroliti ed H_2O .



Enteropetidasi sulla mucosa intestinale attivano la tripsina, che, a sua volta, attiva gli altri zimogeni

La bile riversa il suo contenuto nel coledoco attraverso il dotto cistico



Attività endocrina del tenue

Nel duodeno:

Cellule S secernono **secretina** (H^+)

Cellule I secernono **CCK** (lipidi e protidi)

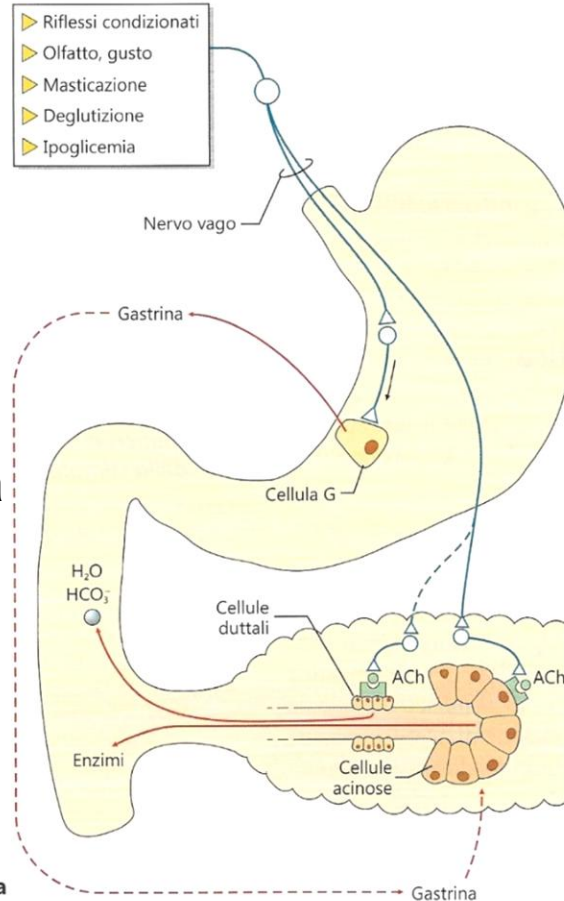
Cellule secernono **GIP** (peptide inibitore gastrico, stimolato da lipidi, protidi, carboidrati)

Cellule M secernono **Motilina**

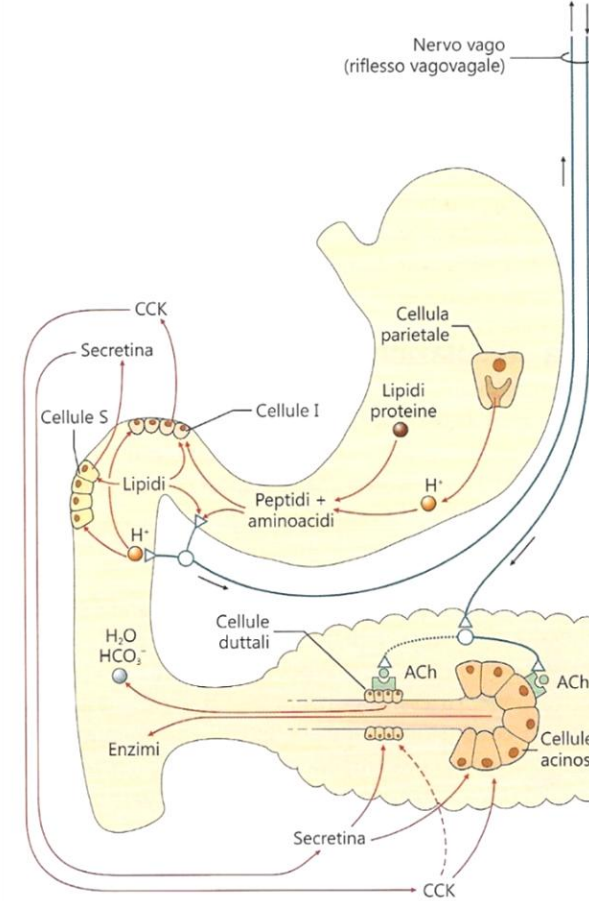
CCK facilita la secrezione di bile al passaggio dei grassi nel duodeno

Regolazione della secrezione pancreatica per via nervosa (**vago-vagale**) e ormonale (**secretina, CCK**)

FASE CEFALICA



FASE INTESTINALE



H^+ , protidi stimolano:
-il riflesso vago-vagale
quindi la secrezione pancreatica

-La secrezione di **CCK** e **secretina** che stimolano la secrezione proteica del pancreas

FASE GASTRICA
Riflessi vago-vagali
dovuti alla distensione gastrica

Pancreas esocrino: le cellule del dotto secernono la componente acquosa e le cellule acinose gli enzimi digestivi

La secrezione acida dello stomaco favorisce:

- Liberazione di HCl da cellule parietali
- Denaturazione delle proteine
- Attivazione di pepsina (che idrolizza i legami peptidici) e delle lipasi liberate dalle cellule principali
- Azione battericida
- L'attività vago-vagale a livello intestinale quindi la secrezione pancreatica (tramite CCK e secretina)
- La liberazione di ormoni intestinali che regolano lo svuotamento gastrico oltre alla secrezione di enzimi digestivi ([secretina](#))

Attività motoria intestinale

- Movimenti peristaltici propulsivi*
- Movimenti di segmentazione ritmica*
- Movimenti di massa*

- Complessi migranti in fase interprandiale*

L'innervazione parasimpatica, gastrina, CCK, serotonina (EC, stimolata da distensione e metaboliti), promuovono la motilità intestinale,
l'innervazione simpatica la riduce.

Compito del crasso: riassorbimento liquidi residui, accumulo prodotti di scarto, formazione delle feci

Il chimo arriva al colon molto liquido, quando i processi digestivi sono finiti

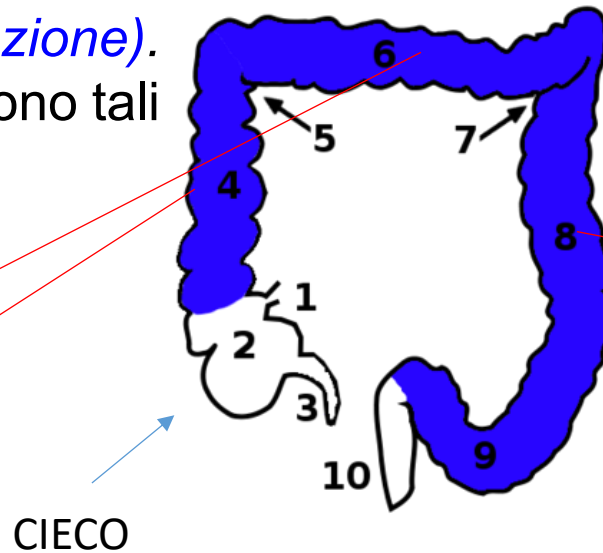
Secrezione ricca di **mucina**, **K⁺** e **bicarbonato** in misura inferiore rispetto al tenue. **Il colon riceve giornalmente 2L di liquidi e ne assorbe 1.8L.** Transitò nel colon 33-48 h

Motilità influenzata da riflessi locali generati dal riempimento del lume che coinvolgono il SNE

1. *Movimenti di austrazione (segmentazione).*

Movimenti propulsivi e recettivi rimangono tali per lunghi periodi.

Assorbimento elettroliti,
acqua, fermentazione batterica

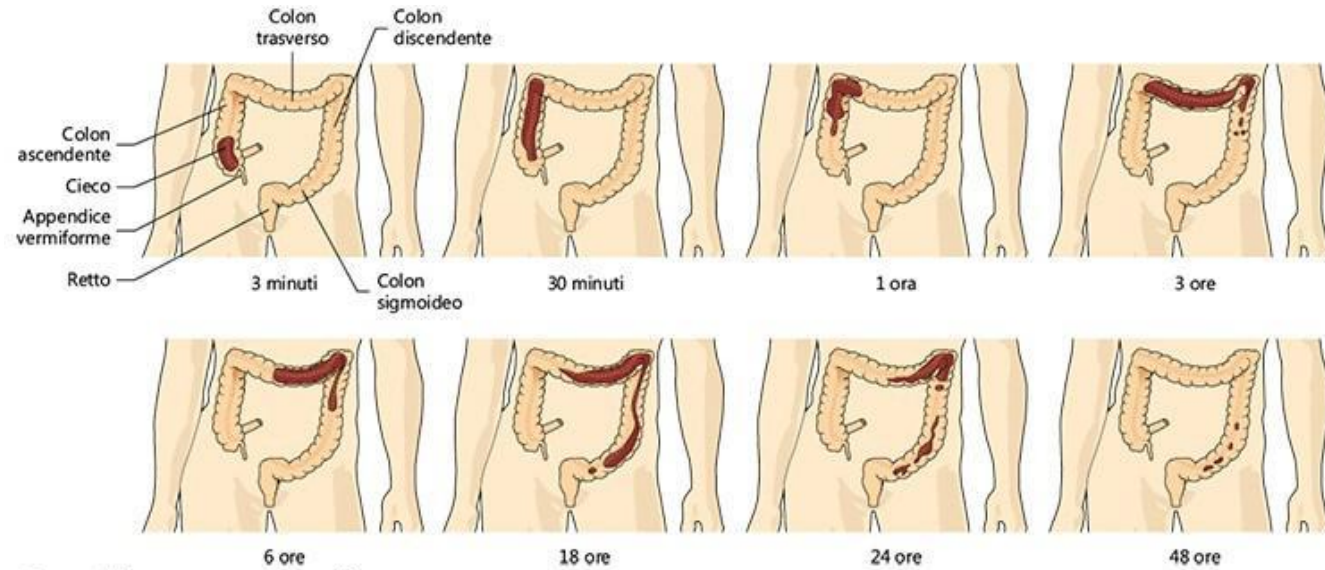


2. Nel colon discendente ***movimenti di massa*** per lo spostamento delle feci nel colon sigmoideo e nel retto.

Disidratazione finale,
serbatoio

Scintigrafia per rivelare il tempo di transito lungo l'intestino crasso

utilizzando un marcatore radioattivo



© *edi.ermes, milano*

Edi.Ermes in concessione a
MARINA SCIANCALEPORE

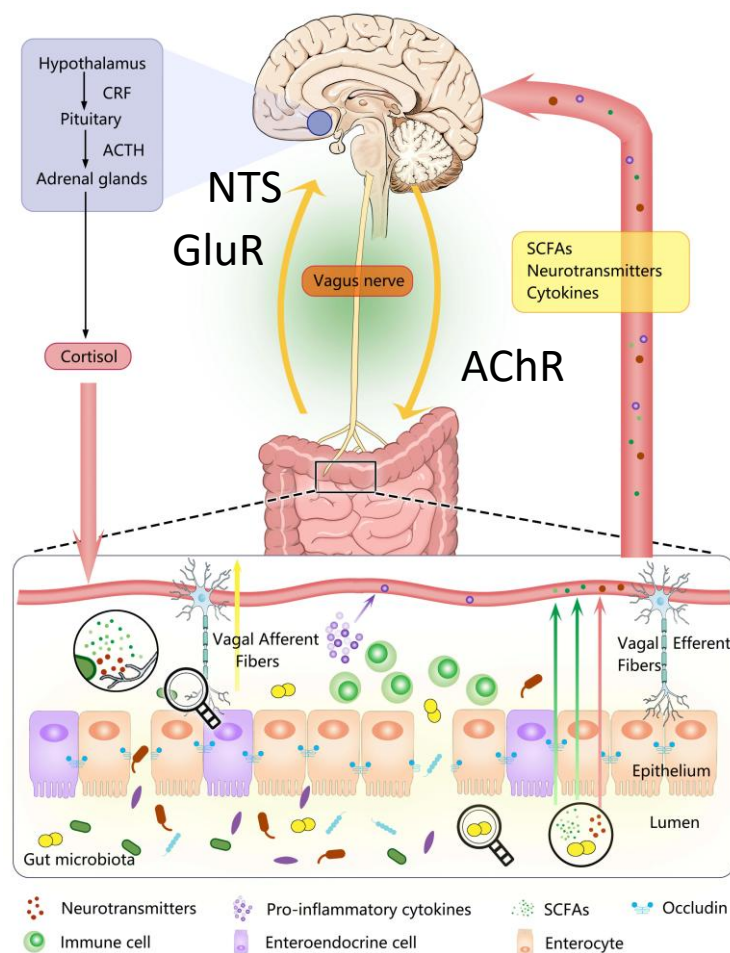
Prodotti di scarto: prodotti alimentari non digeriti, batteri del colon e i loro prodotti metabolici, metalli pesanti, farmaci eliminati 1-3 volte al giorno tramite i **movimenti di massa**

IL CRASSO è sede del MICROBIOTA che vive in simbiosi con l'intestino.

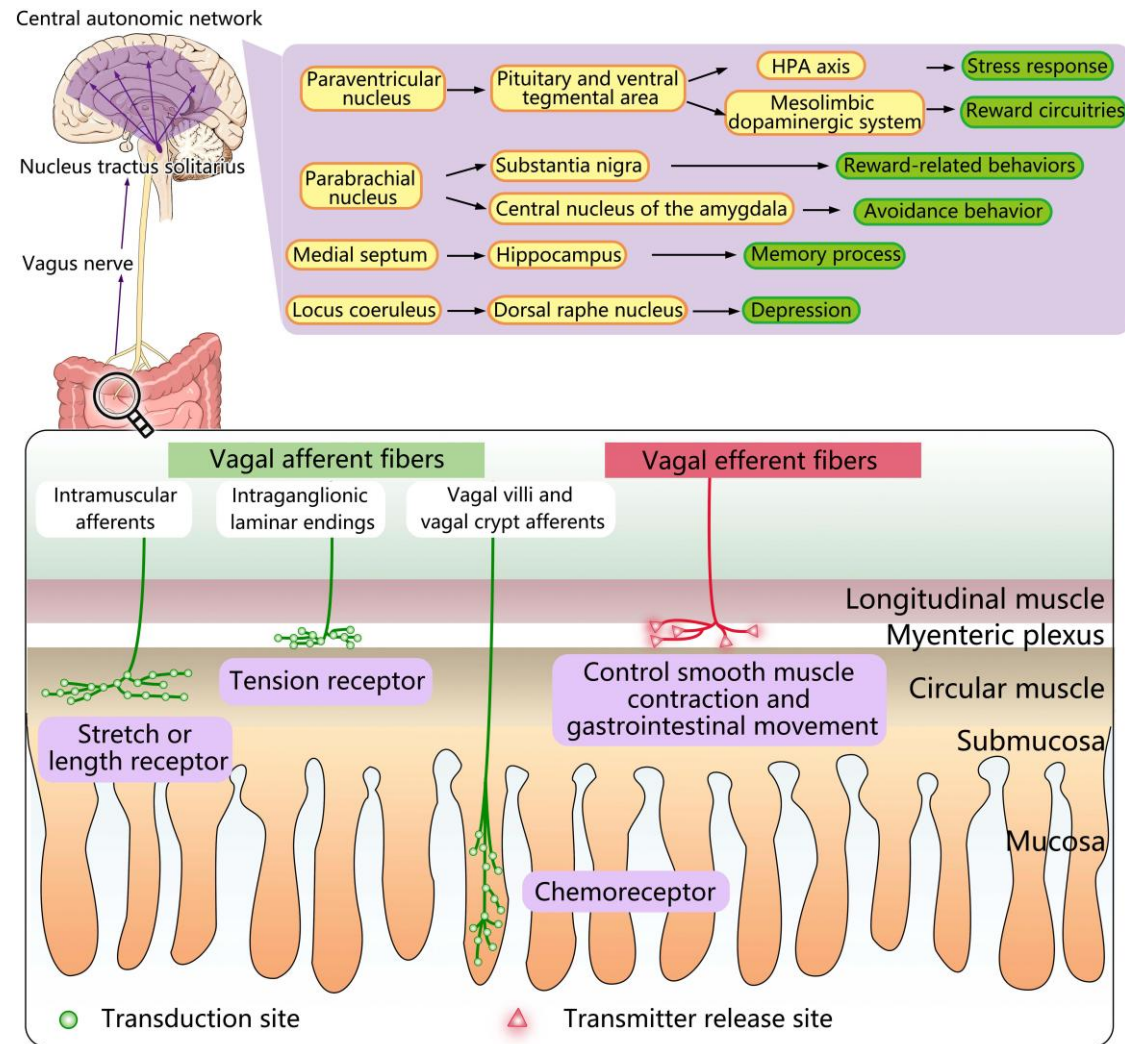
Metabolizza componenti del cibo non digerito e fornisce i prodotti (CO_2 , CH_4 , acidi grassi a catena corta SCFA ossia acetato, propionato, butirrato) ottenuti dalla fermentazione dei carboidrati non digeriti (fibre, amidi resistenti, zuccheri). I prodotti della fermentazione contribuiscono alla salute della mucosa intestinale, favoriscono la crescita di batteri «buoni» etc..

Il microbiota sintetizza il complesso delle vitamine B e la vitamina K

Asse intestino-cervello



Alcuni microrganismi come *Bifidobacterium*, *Bacteroides*, *Parabacteroides*, *Escherichia spp* possono produrre e rilasciare GABA che può stimolare GABARs sui neuroni enterici o sulle terminazioni del vago modulando circuiti cerebrali legati a stress, ansia e umore. SCFA stimolano cellule neuroendocrine che rilasciano ormoni i quali attivano le afferenze vagali.



Han et al., *Journal of Inflammation Research*, 2022: 15 6213-6230

Figure 2

Diagram of the vagus nerve anatomy and mode of action. As a mixed nerve, the vagus nerve is composed of 80% afferent fibers and 20% efferent fibers. There are three types of afferent endings: the intraganglionic laminar endings which are located in the myenteric plexus, serve as tension receptors; the intramuscular afferents which are also located in the muscle layer, are characterized as a stretch or length receptor; vagal villi, and vagal crypt afferents terminate at the top of the villus near the epithelial layer or surround the luminal end of intestinal crypts and is regarded as chemoreceptors. The vagus nerve can be activated by the gut microbiota, transmitting information from the gastrointestinal tract to the NTS which can transmit information further into the central autonomic network through a variety of neuronal pathways and lead to specific effects. The efferent vagus nerve, which extends into the **myenteric plexus**, releases different neurotransmitters to regulate smooth muscle contraction and gastrointestinal movement.

Terminali delle afferenze vagali sono coinvolti nella formazione di chemocettori, meccanocettori, osmocettori, termocettori e inviano informazioni al NTS che poi attiva diverse vie con vari effetti

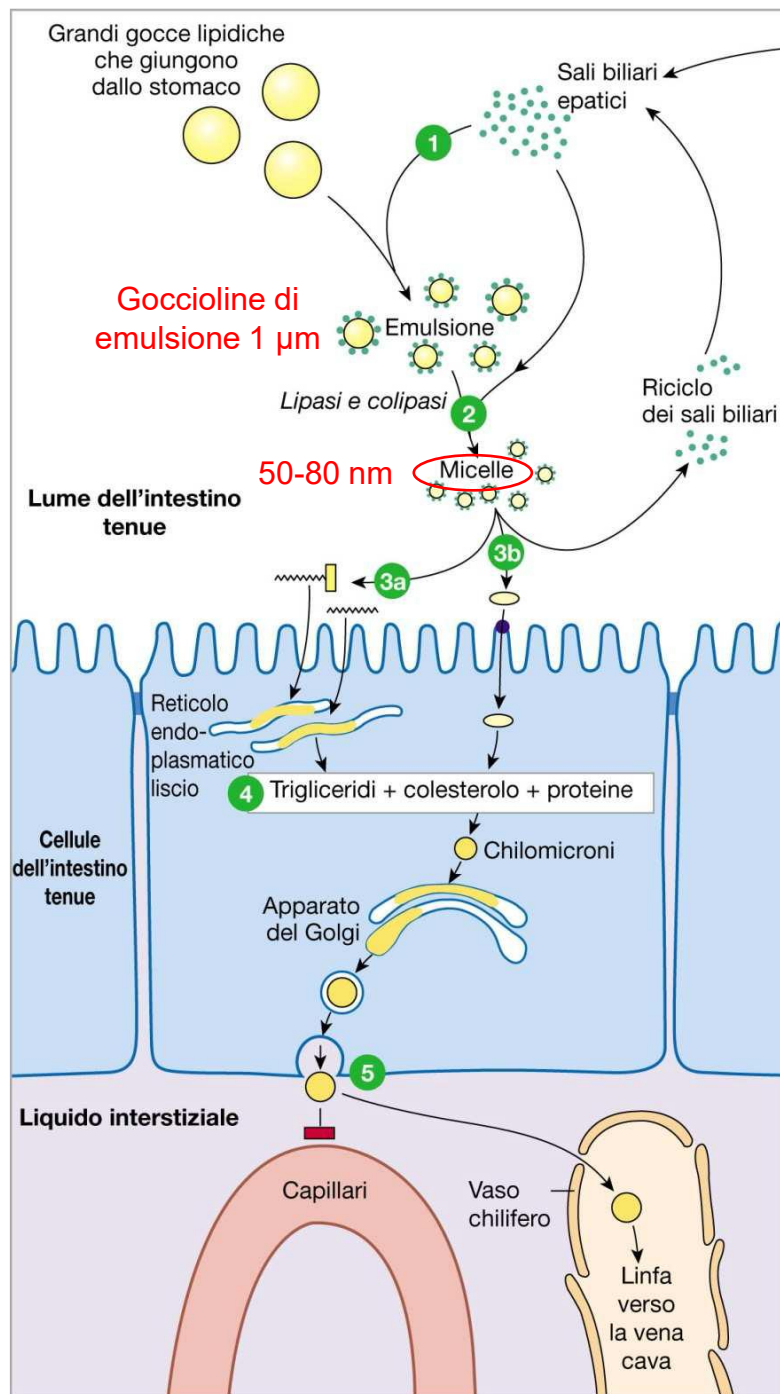
Il corpo umano di un individuo sedentario
richiede
30 Kcal/kg di peso al giorno
(70 Kg / 2100 Kcal)

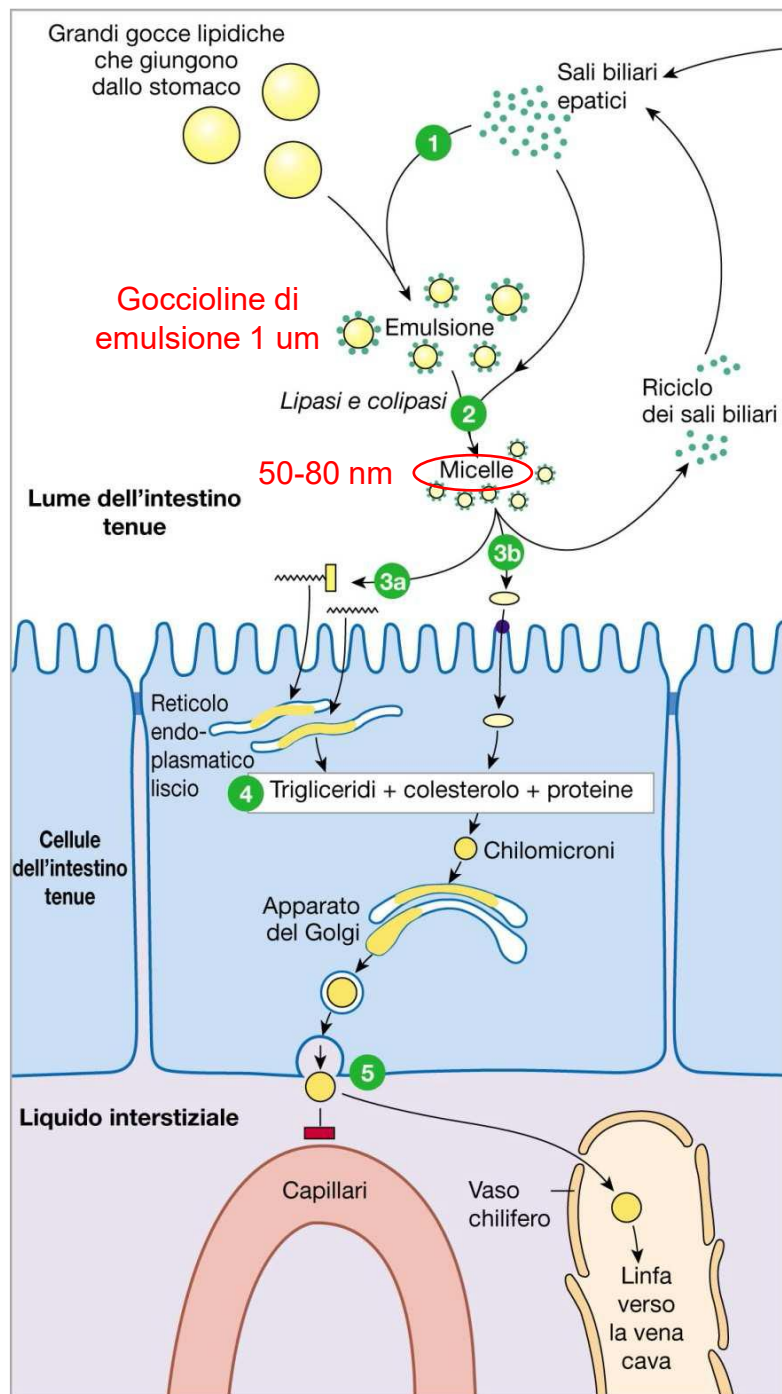
Digestione lipidica

Lipidi alimentari, idrofobici, insolubili in ambiente acquoso: **trigliceridi**, **fosfolipidi**, **acidi grassi**, **colesterolo**, **vitamine liposolubili**.

Le lipasi in saliva e nello stomaco idrolizzano pochi trigliceridi, soprattutto quelli con acidi grassi a catena breve. **Lipasi gastrica pH ottimale > 5, no Sali biliari**

Lo stomaco è raggiunto da grandi globuli di grasso che vengono emulsionati in **GOCCIOLINE DI EMULSIONE** sempre più piccole nell'intestino.





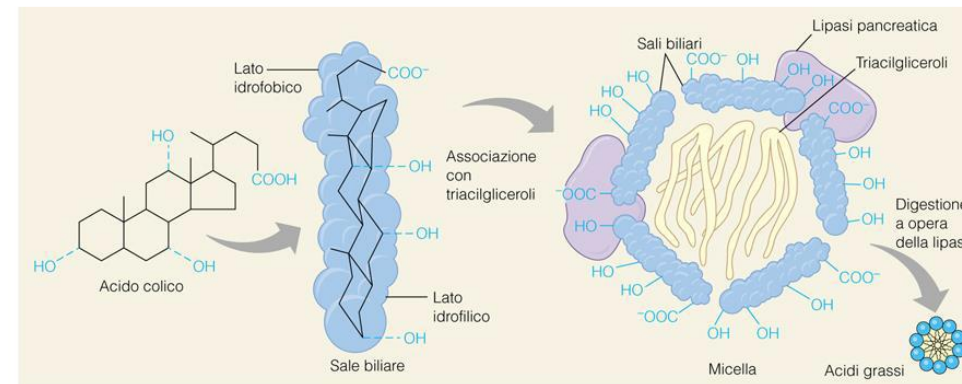
Nel tenue i grassi stimolano **CCK** che favorisce il rilascio di bile e di lipasi pancreatiche.

Le grosse gocce lipidiche hanno un'alta tensione superficiale (forza che tiene separate le due fasi acqua-lipidi).

I sali biliari, anfipatici, si organizzano con testa idrofilica all'esterno rivestendo le gocce lipidiche rendendole così più esposte alle forze meccaniche quindi riducendone la dimensione.

Si formano così le **MICELLE** che consentono l'attacco da parte di **Lipasi pancreatiche** che riducono i lipidi in **acidi grassi e monogliceridi**, assorbiti dalle cellule intestinali per diffusione. Il **colesterolo** con l'aiuto di un trasportatore.

Nelle cell intestinali risintesi di trigliceridi e fosfolipidi che si combinano con proteine a formare i **chilomicroni** che escono per esocitosi dalla cellula ed entrano nel sistema linfatico



Digestione dei carboidrati,

Fonti di carboidrati:

Monosaccaridi: glucosio, fruttosio, galattosio

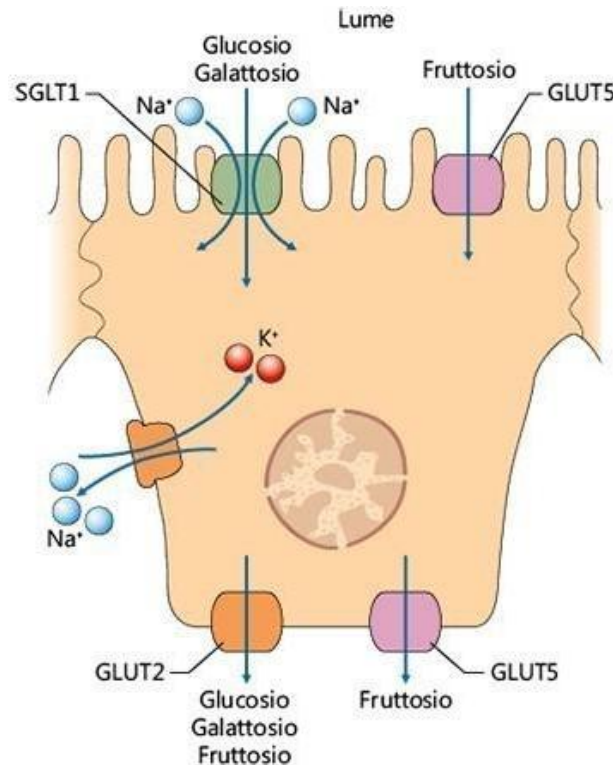
Disaccaridi: saccarosio (glu+fru), lattosio (glu+gala), maltosio (glu+glu)

Polisaccaridi: amidi, glicogeno

- Nella bocca: **ptialina** (amilasi)
- Amilasi pancreatica,
- A livello dei villi del tenue
i disaccaridi sono scissi da lattasi, saccarasi, maltasi, α -destrinasi:

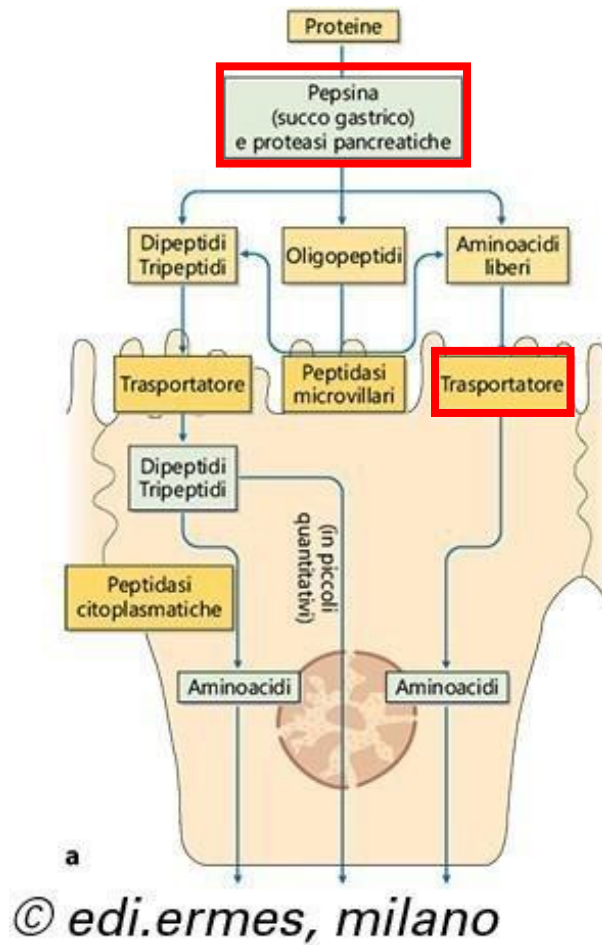
alla fine **monosaccaridi**
idrosolubili

Glucosio, galattosio e fruttosio



glucosio e galattosio sono assorbiti nell'enterocita con trasporto attivo secondario Na^+ dipendente.

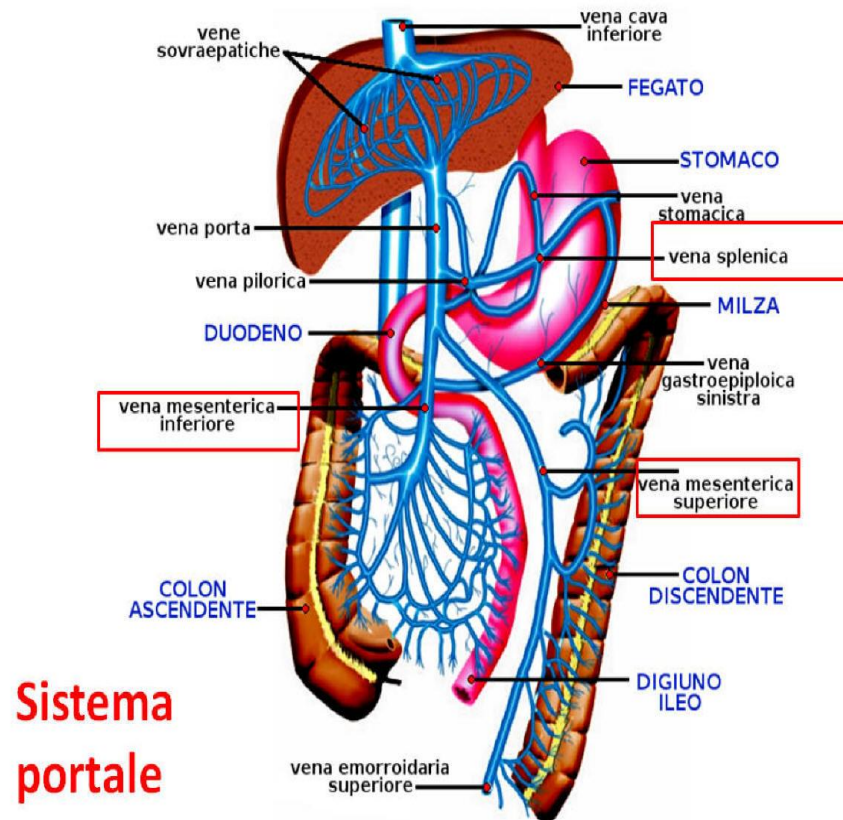
Il fruttosio per diffusione facilitata. Escono dalla membrana basolaterale per diffusione facilitata ed entrano nel capillare del villo intestinale.



Digestione proteica

Prima di essere assorbite negli enterociti le proteine devono essere idrolizzate a **tripeptidi, dipeptidi e AA**, poi trasportati attraverso la membrana dei microvilli.

- Nello STOMACO favorita da HCl e **pepsina**.
- Nel duodeno i tripsinogeni sono convertiti in tripsina dalle enterochinasi sull'orletto a spazzola degli enterociti. La tripsina attiva poi gli altri zimogeni pancreatici: **chimotripsina, elastasi, carbossipeptidasi** che idrolizzano i peptidi in AA.
- Nel duodeno peptidasi sulla membrana dei microvilli danno origine ad AA e dipeptidi.
Peptidasi intracellulari

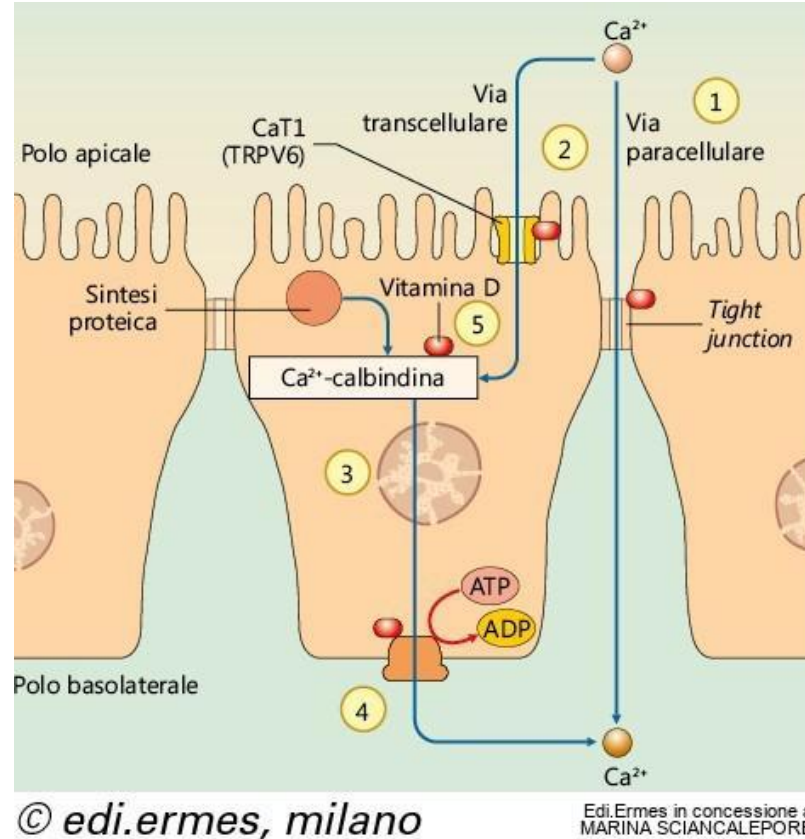


Vena epatica diretta alla vena cava inferiore

Ad eccezione dei lipidi, tutti i nutrienti assorbiti a livello intestinale vengono riversati nei **capillari sanguigni fenestrati** che, riunendosi nelle **venule**, sfociano nella **vena mesenterica** che, a sua volta, si collega alla **vena porta** che va al fegato (sistema portale epatico) e poi si riverserà nella **vena cava inferiore**

In digiuno e ileo abbiamo assorbimento di Ca^{2+}

Vitamina D, lipofila, presente in pesci grassi, in tuorlo d'uovo, formaggi grassi.

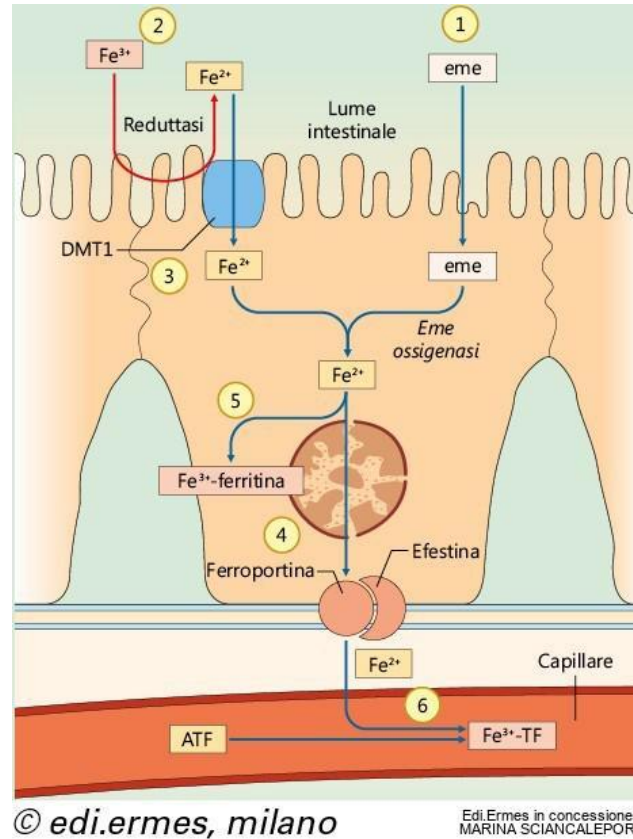


Composti insolubili Fe-Ca possono formarsi nel lume soprattutto con Fe non eme e inibire l'assorbimento intestinale

20-30% del Ca^{2+} viene assorbito nel tenue. I raggi solari UV penetrano nell'epidermide, dove i cheratinociti contengono **7-deidrocolesterolo** che assorbe gli UV convertendosi in **previtamina D3** che con una reazione termica viene isomerizzata convertendosi in **vitamina D3, colecalciferolo**. Tramite il flusso sanguigno la D3 viene trasportata fino al fegato e ai reni dove subisce conversioni per diventare **vitamina D attiva (calcitriolo)**. La **vitamina D attiva favorisce l'assorbimento di Ca^{2+} e il deposito di Ca^{2+} nelle ossa.**

Nel tenue assorbimento di Fe^{2+}

Tenue prossimale



L'*Eferlina* è una ferrossidasi transmembranaria, trasforma il Fe^{2+} a Fe^{3+} nel liquido interstiziale perché possa essere trasportato nel sangue dalla transferrina

Il Fe non eme si trova principalmente nello stato di ossidazione 3+.

Il Fe^{2+} è la forma in cui può essere legato ad O_2 in emoglobina e mioglobina, prevalente quindi nel ferro-eme.

Assorbimento di Fe^{2+}

Favorito da basso pH e vitamina C che favoriscono la forma Fe^{2+}

Si lega alla Ferroportina per passare la membrana

Fe^{3+} + transferrina



Nelle cellule per endocitosi

25-35% del ferro eme e 2-20% del ferro non eme viene assorbito nel tenue.

Il Fe^{2+} non-eme ed eme è assorbito per via transcellulare grazie a trasportatori specifici.

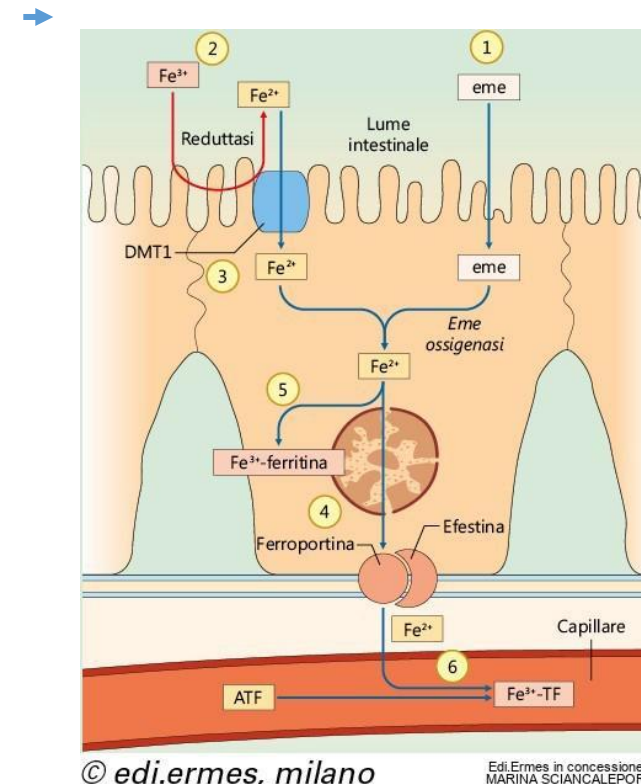
Il rene non è in grado di eliminare il Fe in eccesso assunto con la dieta, è l'APPARATO DIGERENTE che regola la quantità di Fe nell'organismo.

La sintesi di ferritina è inversamente proporzionale alle necessità di ferro dell'organismo.

Il ferro è trasportato dal flusso sanguigno a fegato e midollo osseo.

E' l'EPCIDINA, ormone liberato dal fegato, che inibisce l'assorbimento di Fe a livello intestinale.

Se il livello di Fe circolante è alto il fegato libera *epcidina* per ridurre l'assorbimento di Fe dall'intestino. L'*epcidina* si lega alla *ferroportina* che viene internalizzata impedendo al Fe di entrare nel sangue. Quando il corpo ha bisogno di Fe il fegato libera meno *epcidina* in modo da permettere un maggior assorbimento di Fe.



Le fibre

- Favoriscono il transito intestinale, insolubili (cellulosa, lignina) e solubili (pectine, inuline, amidi resistenti metabolizzate da enzimi microbici) **ottimizzano il senso di sazietà**
- Riducono l'assorbimento di colesterolo alimentare

Importanti contro diabete mellito, aterosclerosi, obesità

Destino dei nutrienti

Carboidrati assorbiti come glucosio

- Usati per produrre energia tramite le vie aerobiche
- Per la sintesi di lipoproteine nel fegato
- Accumulati come glicogeno in fegato e muscoli
- Quelli in eccesso convertiti in grassi e accumulati nel tessuto adiposo:

Glucosio ➡ piruvato ➡ acetil-CoA ➡ acidi grassi

Proteine assorbite come AA

- nei tessuti per la sintesi proteica
- se necessari per formare E vengono trasformati nel fegato in composti intermedi del metabolismo aerobico
- quelli in eccesso convertiti in grassi e accumulati nel tessuto adiposo:

AA ➡ acetil-CoA ➡ acidi grassi

Lipidi assorbiti come trigliceridi

- Accumulati come grassi nel fegato e nel tessuto adiposo