



Corso integrato: ANATOMIA e FISIOLOGIA

FISIOLOGIA APPLICATA

Fisiologia dell'apparato digerente

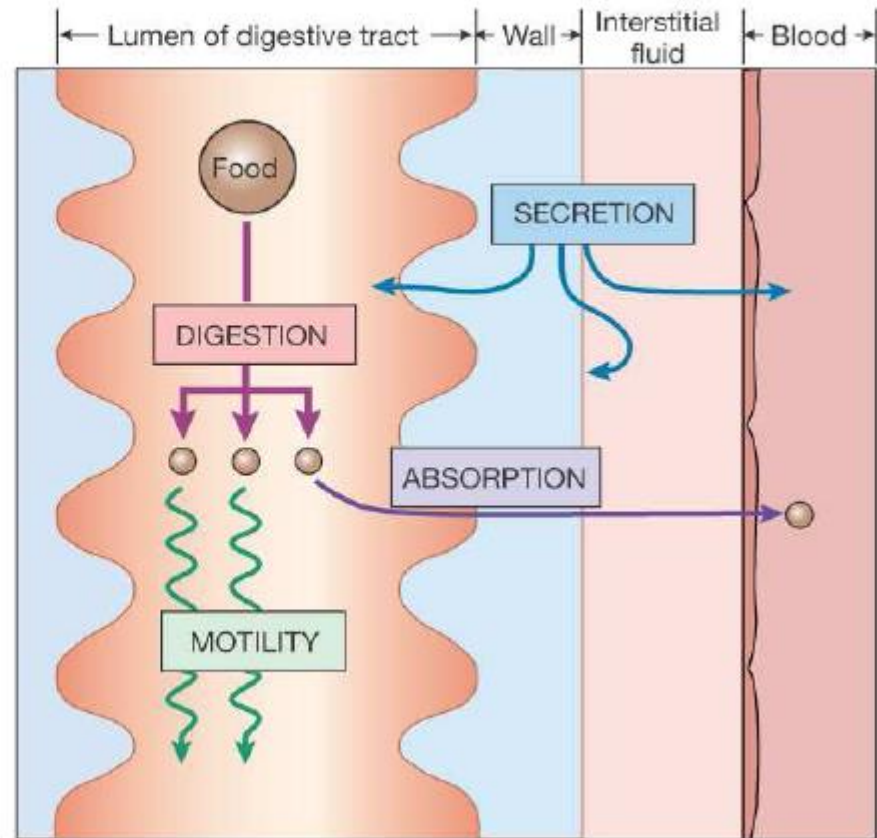
GB Lobreglio

*U.O.C. PATOLOGIA CLINICA
ASL LECCE P.O. "VITO FAZZI"*

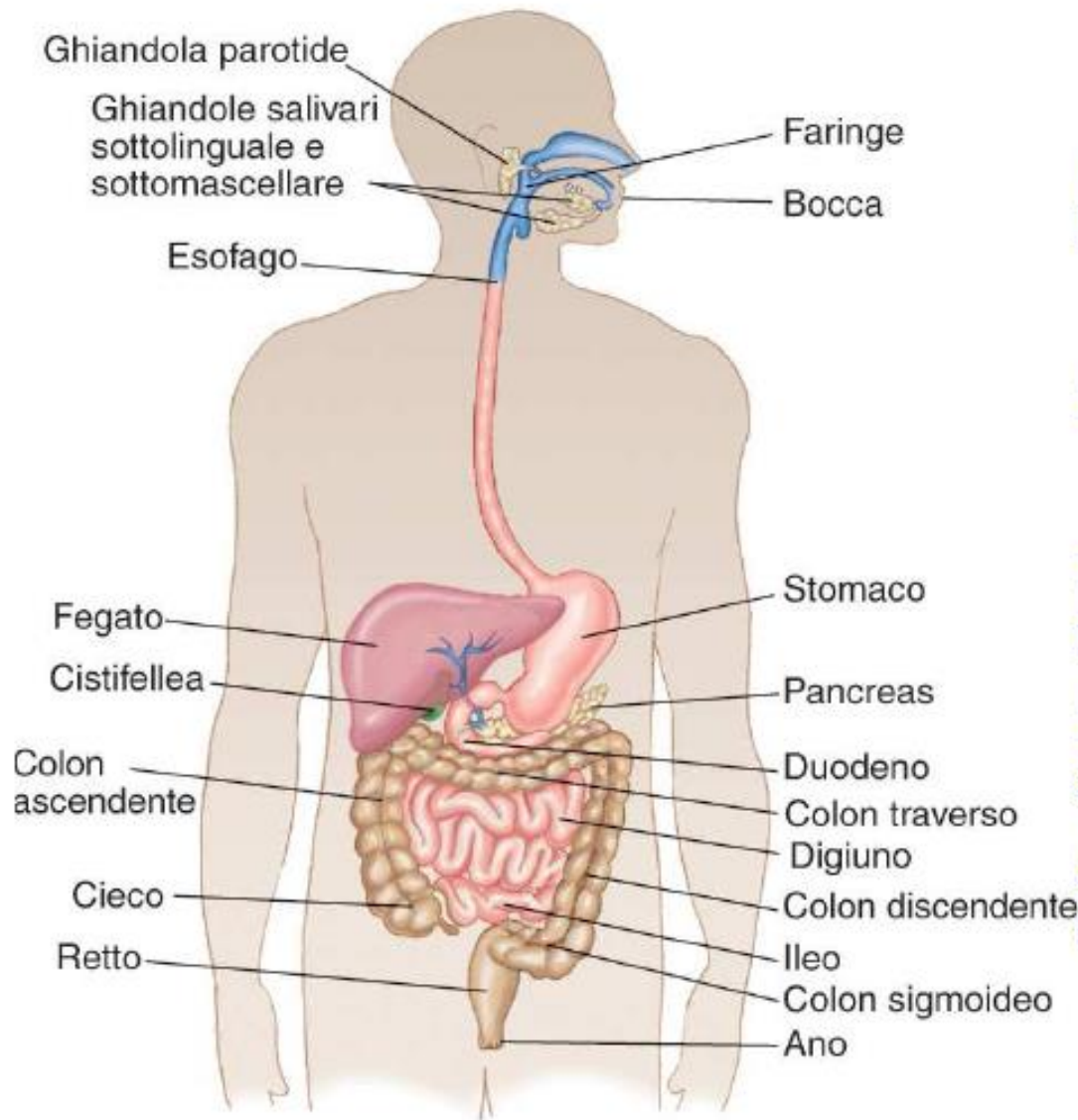
L'apparato digerente costituisce l'interfaccia dell'organismo con l'ambiente esterno; consente l'assunzione di nutrienti per la produzione di energia e per il mantenimento della struttura e la crescita di cellule e tessuti e l'assunzione di acqua e sali per l'omeostasi idrosalina

Funzioni del Sistema Digestivo

- Ingestione
- Digestione: enzimatica e meccanica
- Motilità
- Secrezione
- Assorbimento
- Escrezione
- (Auto protezione)



FUNZIONI



Masticazione e insalivazione

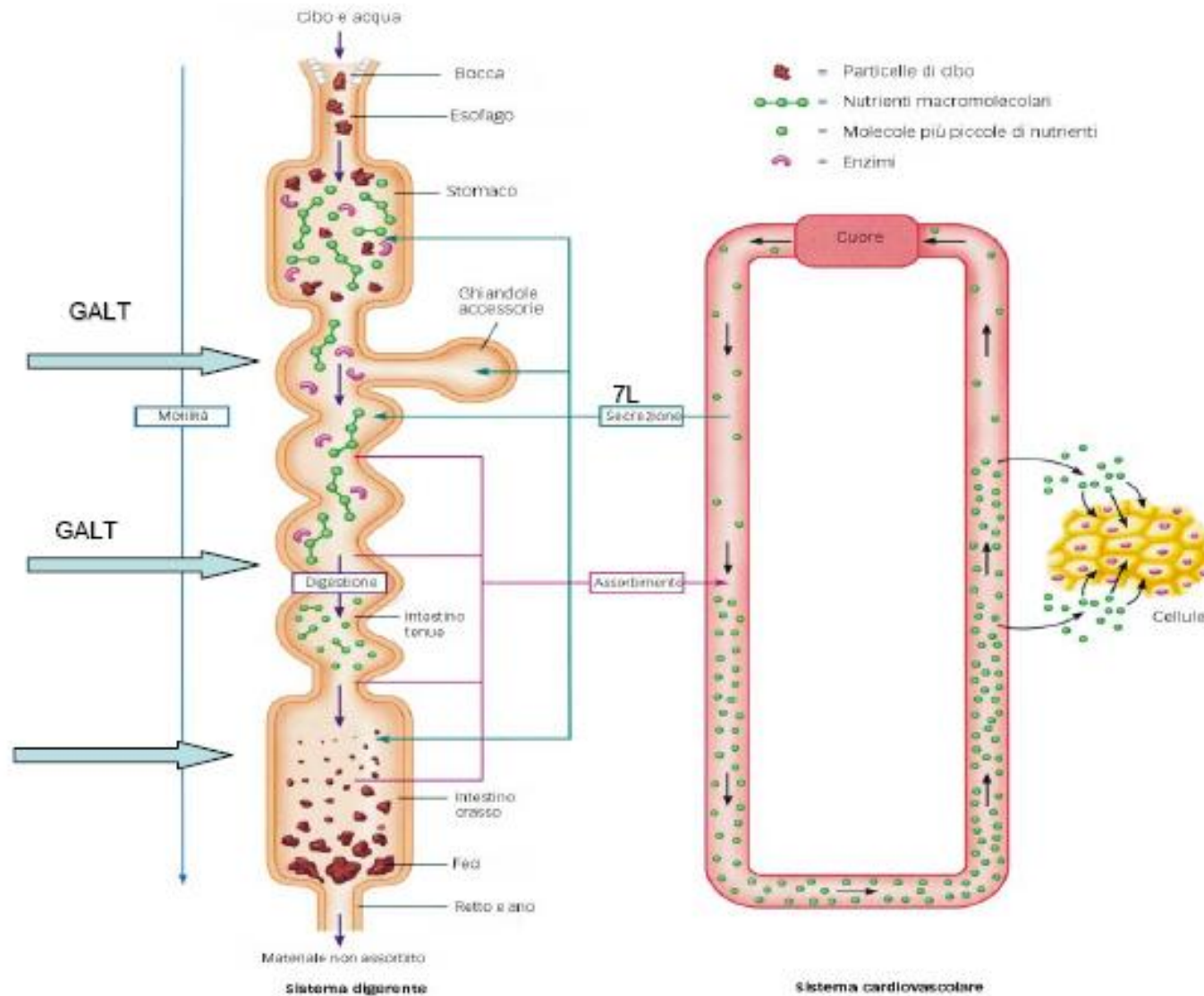
Deglutizione

Digestione chimica e meccanica

Digestione chimica ed assorbimento

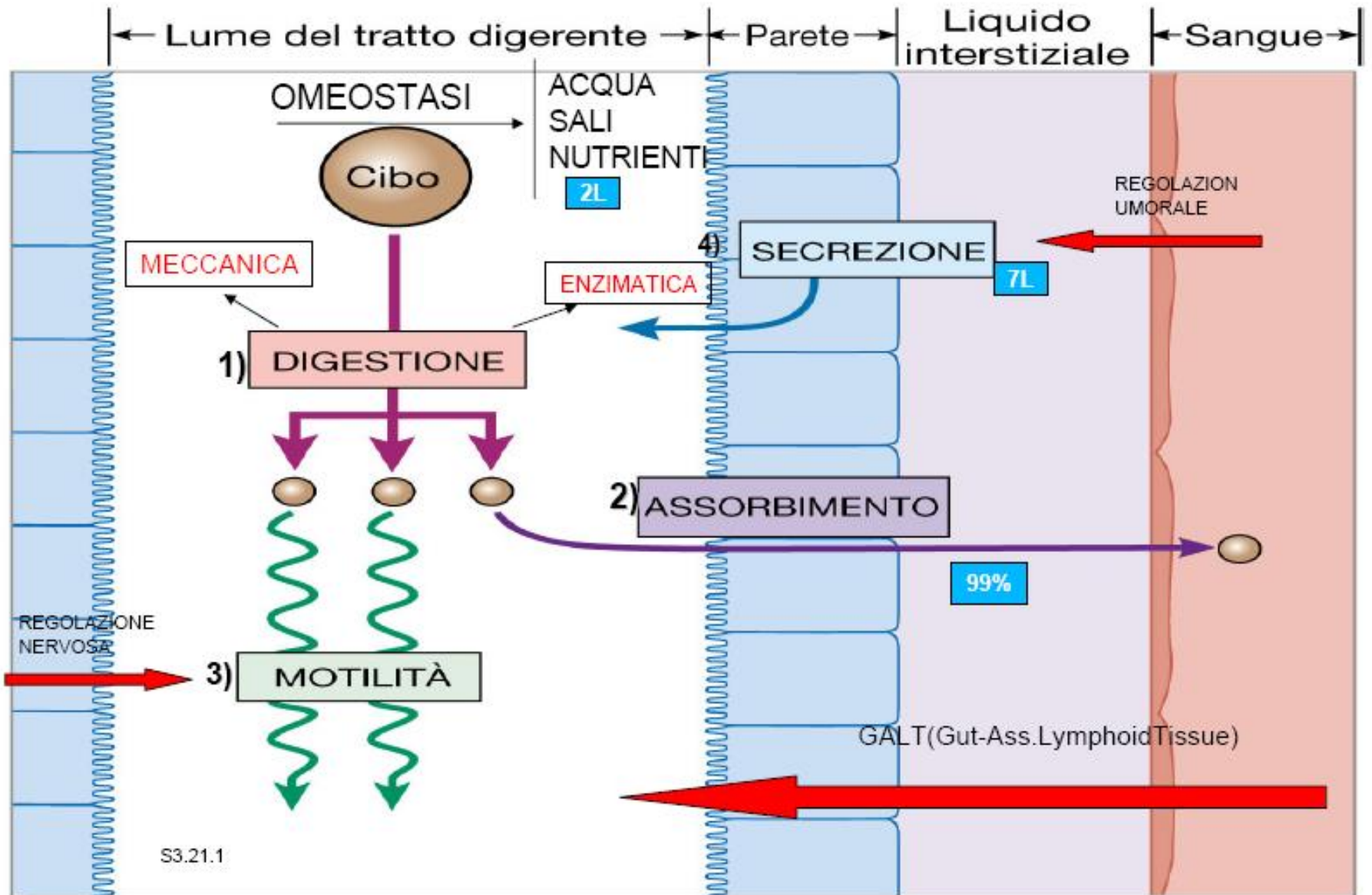
Assorbimento e formazione delle feci

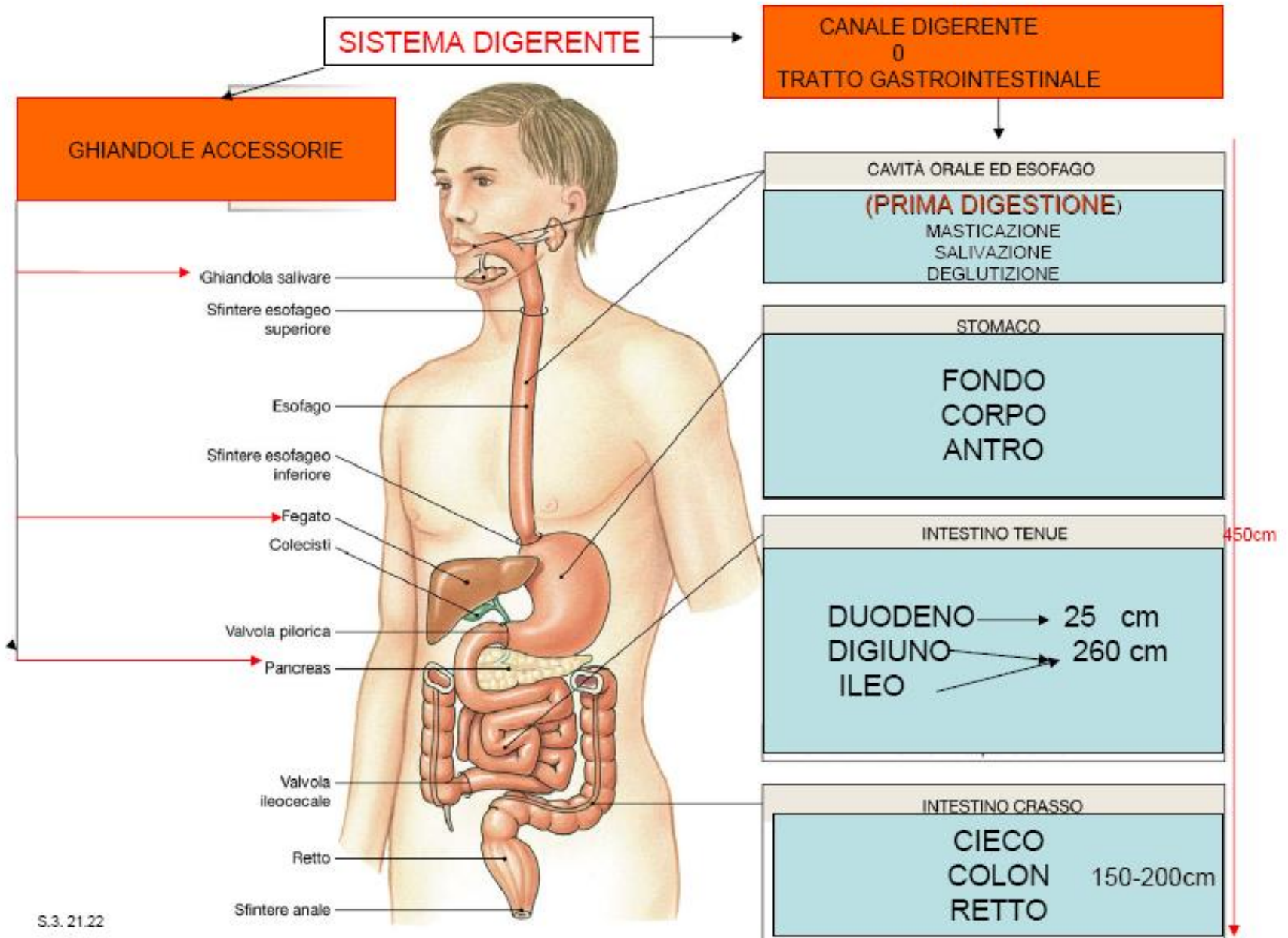
PROCESSI FONDAMENTALI



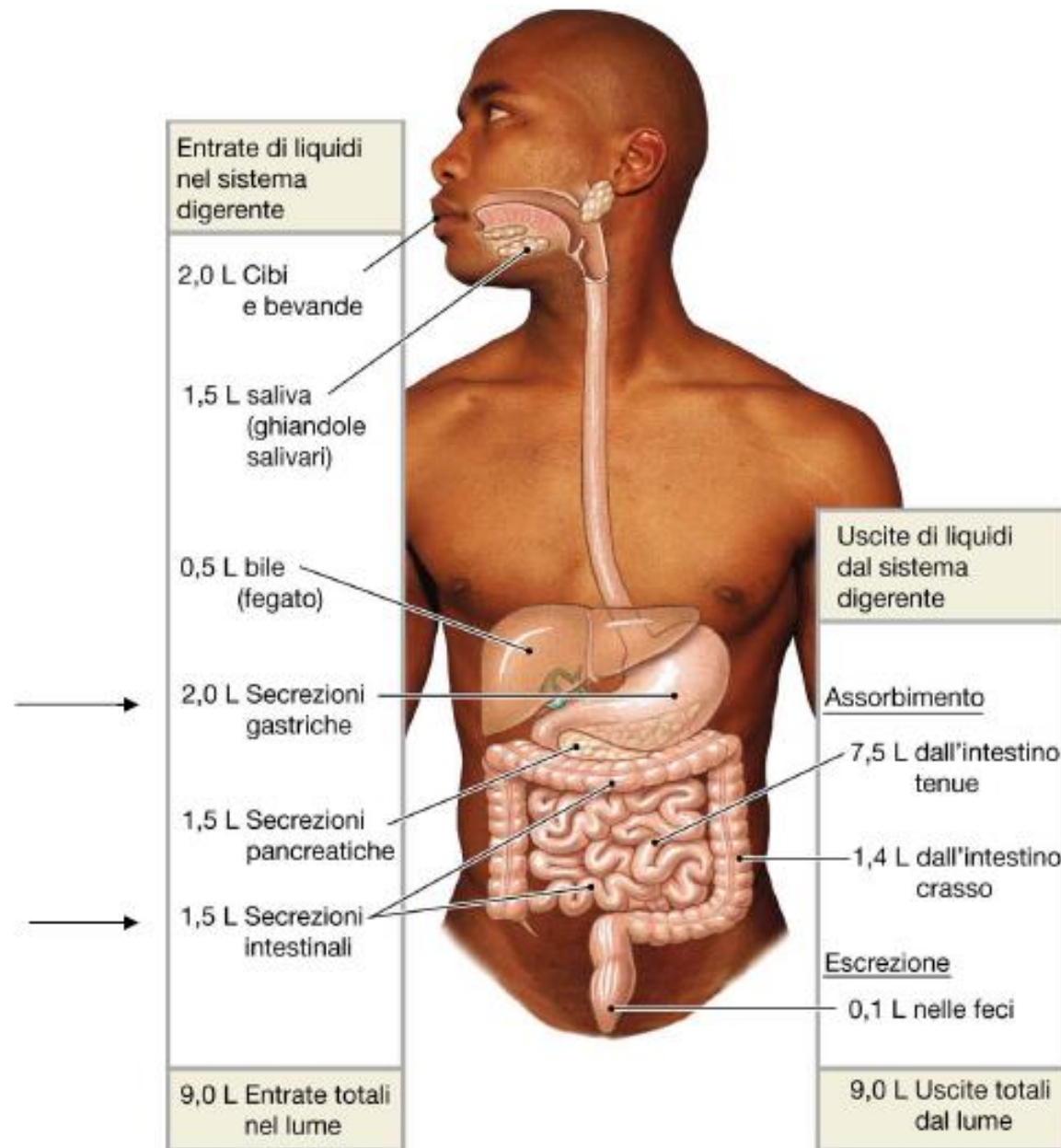
Quadro d'insieme delle quattro funzioni fondamentali dell'apparato digerente:
1) Motilità, 2) Secrezione, 3) Digestione, 4) Assorbimento

PROCESSI FONDAMENTALI CHE AVVENGONO NEL SISTEMA DIGERENTE



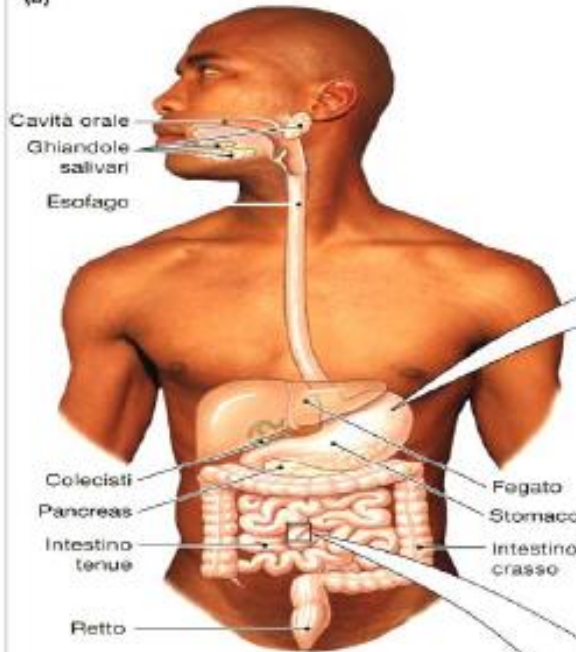


EQUILIBRIO DI MASSA GIORNALIERO DEI LIQUIDI NEL SISTEMA DIGERENTE

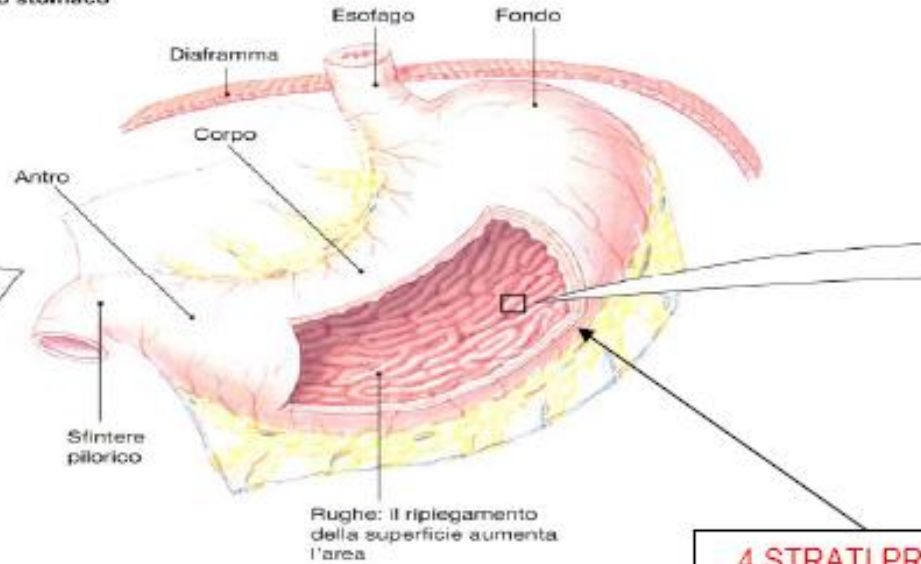


STRUTTURA GENERALE DELLA PARETE DEL TRATTO GASTROINTEST.

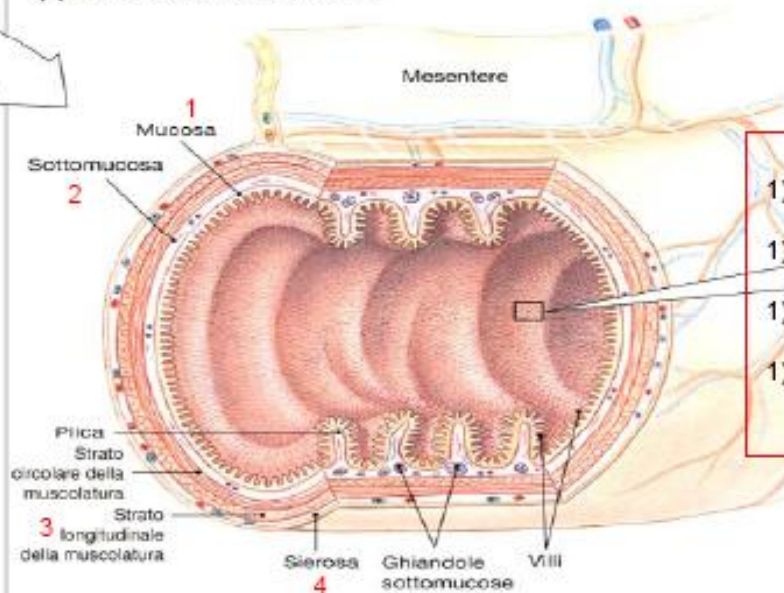
(a)



(b) Lo stomaco

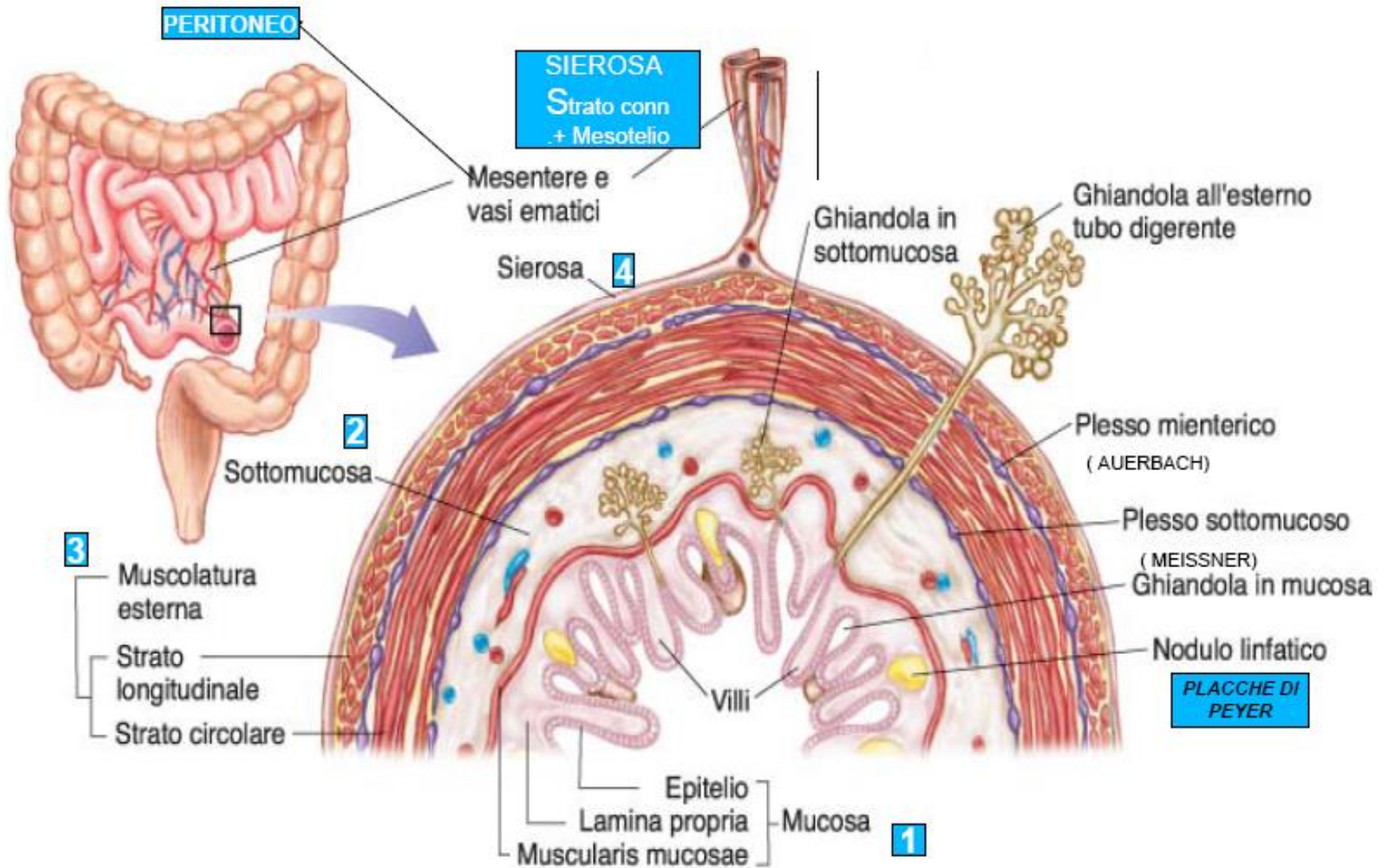


(d) Struttura dell'intestino tenue



4 STRATI PRINCIPALI

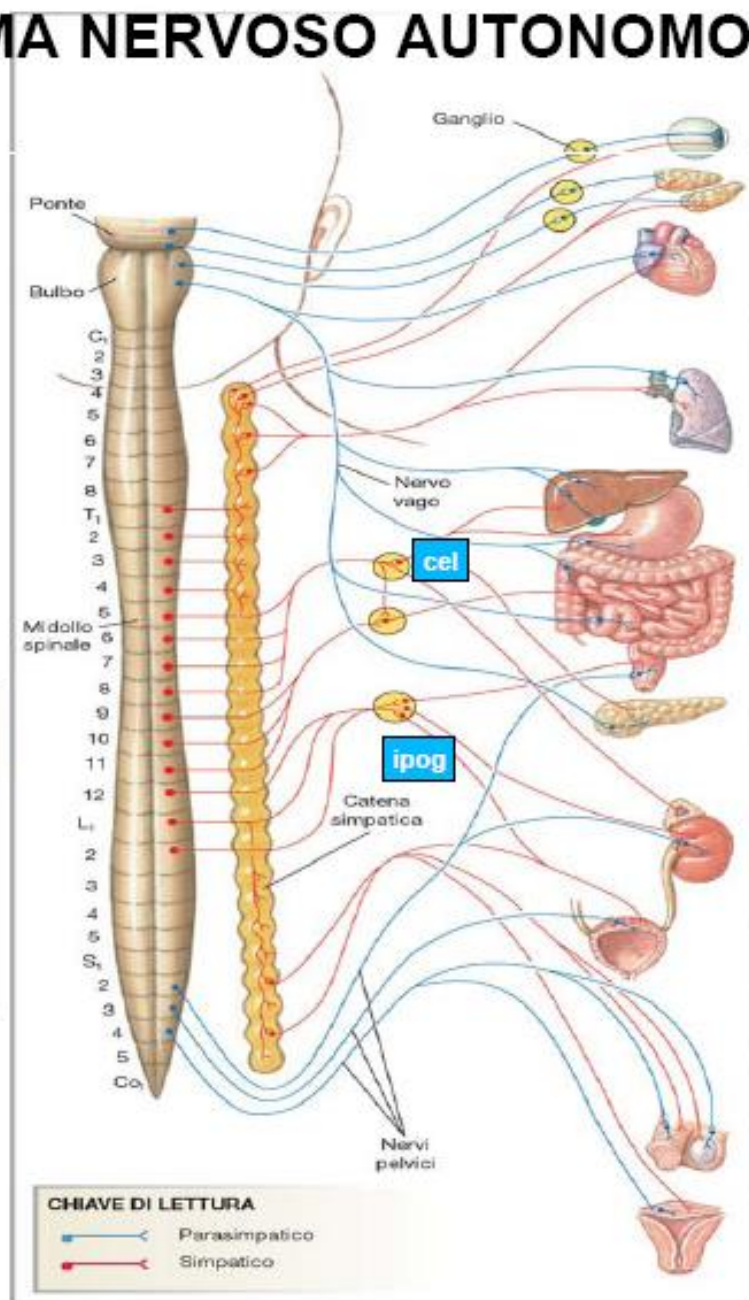
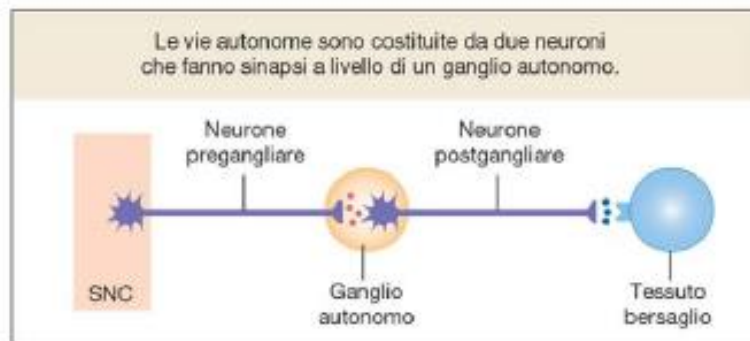
- 1) MUCOSA
- 1) SOTTOMUCOSA (Connett.)
- 1) TONACA MUSC. (M.Liscio)
- 1) TONACA SIEROSA (Co-Ep)



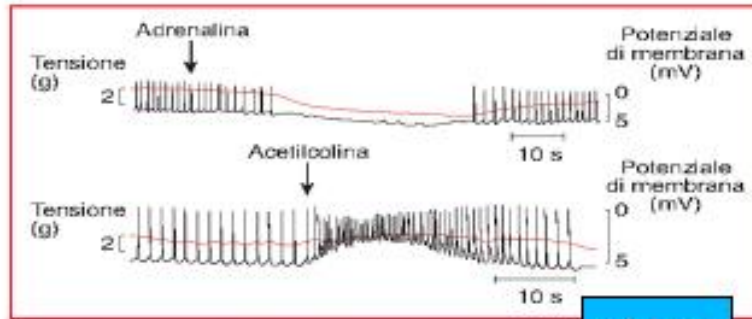
ATTIVITA' Elettr. e meccan. spontanee
 SINCIZIO FUNZIONALE →
 (Giunzioni comunicanti)

Organizzazione del SISTEMA NERVOSO AUTONOMO: Simpatico e Parasimpatico

I neuroni periferici si trovano nei gangli, costituiti da accumuli variabili da centinaia a migliaia di corpi cellulari nervosi e di cellule di sostegno. L'ingrandimento mostra la dettagliata organizzazione della radice dorsale e dei gangli del sistema nervoso autonomo in relazione al midollo spinale.



INNERVAZIONE SIMPATICA E PARASIMPATICA DEL TRATTO G.I.

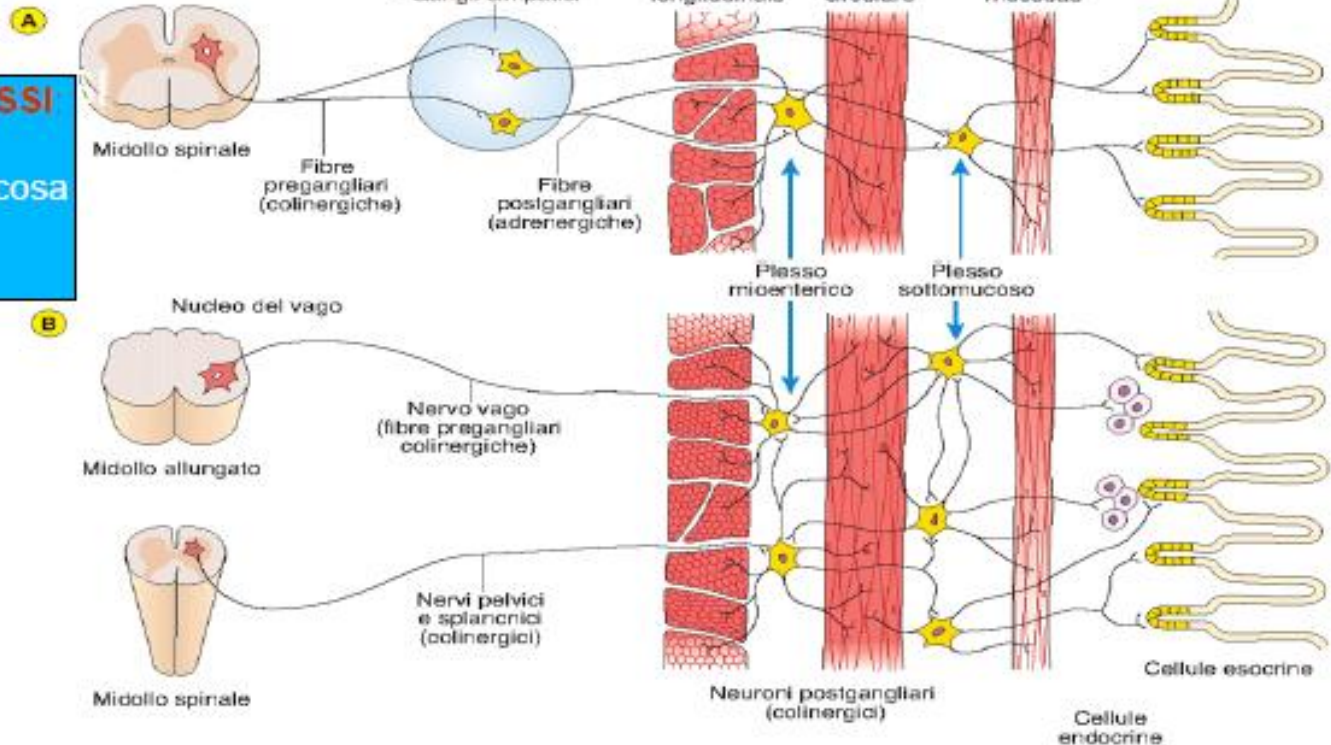


cel. ipog.

Gangli simpatici

CELLULE DEI PLESSI

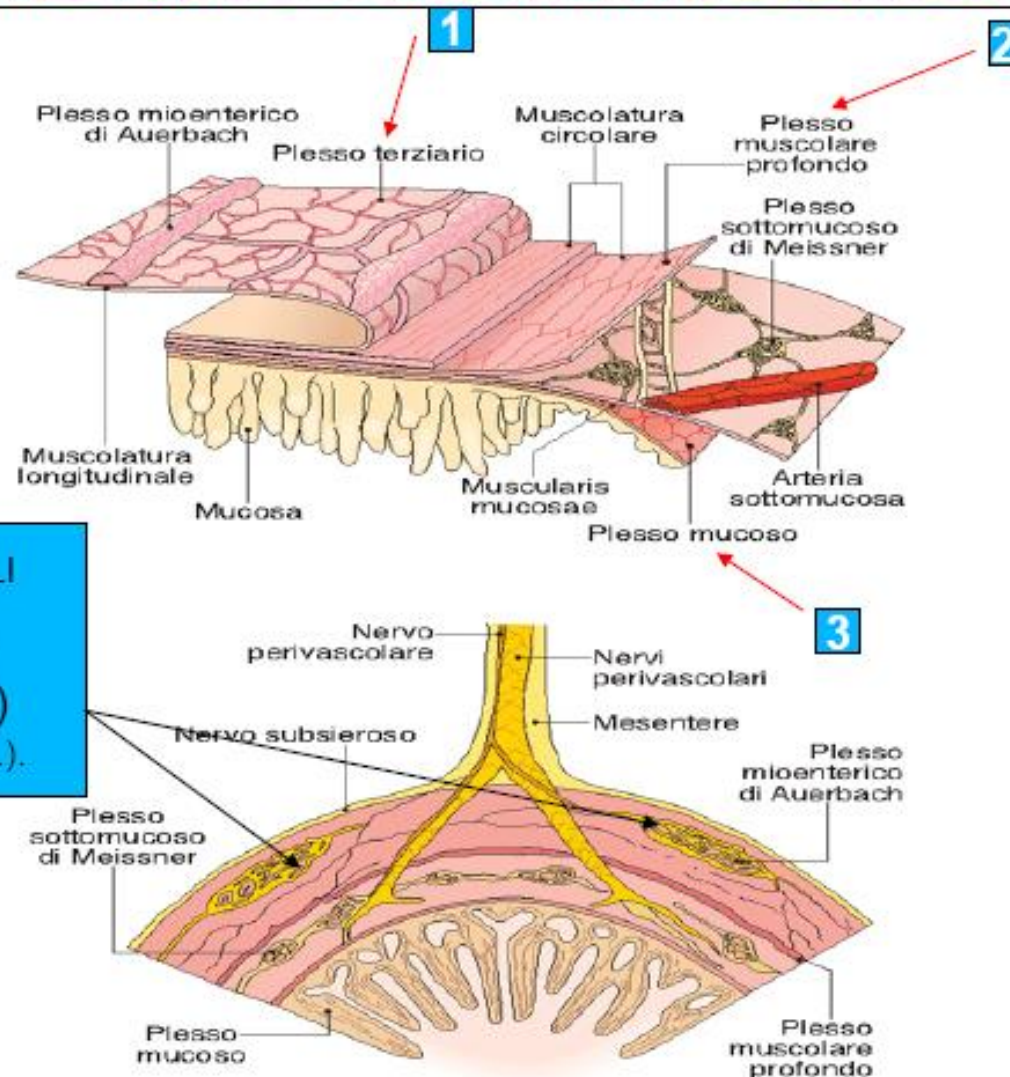
a) Cell. gangliari
b) Fibre aff. della mucosa
c) Interneuroni
d) Fibre Efferenti



Car

Figura 46.4 Innervazione simpatica e parasimpatica del tratto gastrointestinale. **A)** Innervazione efferente simpatica. Si notino le fibre pre- e post-gangliari. Quelle post-gangliari innervano direttamente il plesso mioenterico, il plesso sottomucoso, la muscularis mucosae e le cellule della mucosa. **B)** Innervazione efferente parasimpatica. Si notino le fibre pre-gangliari. I neuroni post-gangliari coincidono con i neuroni del plesso mioenterico. Nel riquadro in alto sono riportate l'attività elettrica e la tensione muscolare della tenia coli prima e durante l'applicazione di adrenalina (azione inibitoria) e l'applicazione di ACh (azione eccitatoria). Si noti come l'adrenalina inibisce i potenziali d'azione e attenua la tensione di contrazione, mentre l'ACh esercita effetti opposti.

PLESSI NERVOSI (Gangliari e NON-Gangliari) DELL'INTESTINO TENUE

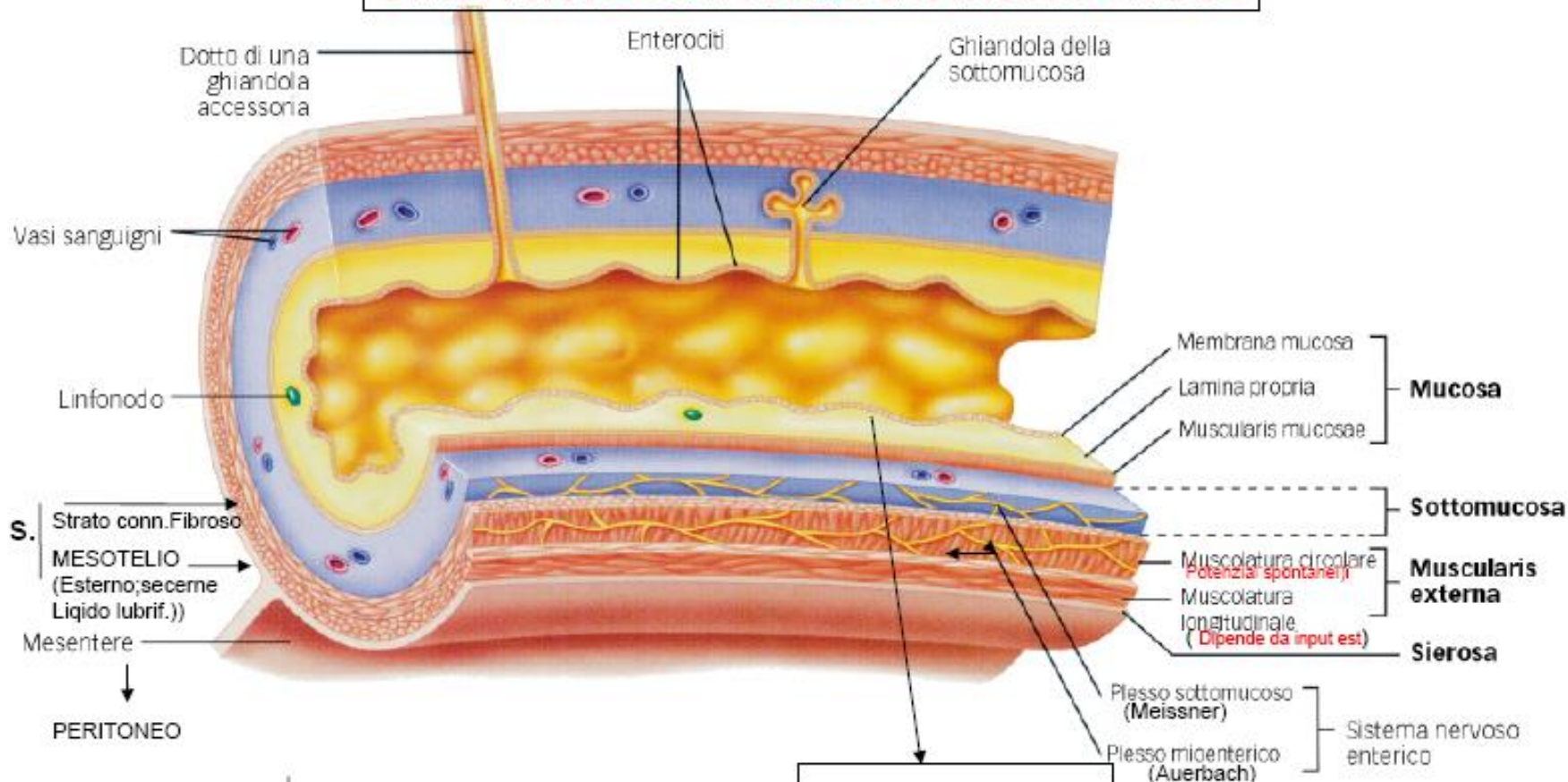


CELLULE INTERSTIZIALI DI CAJAL

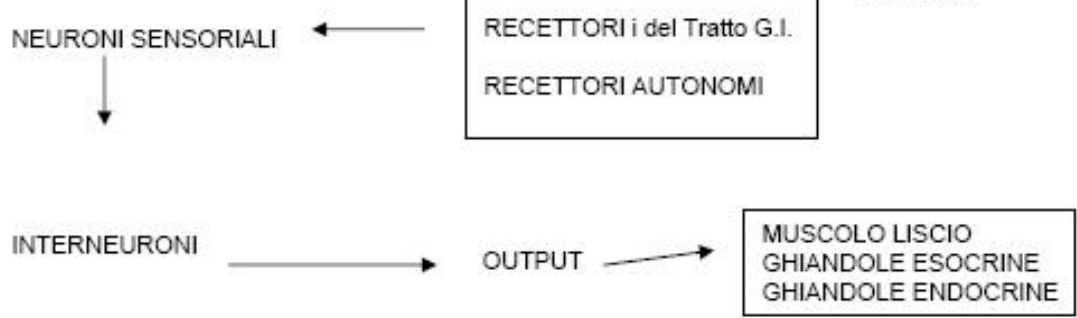
(Formano Plessi sottili)
 Nel.PI.Mioen. (Auerbach)
 Nei piani muscolari(circol.).

Figura 46.3 I principali plessi dell'intestino tenue. I due plessi gangliari sono il plesso mioenterico di Auerbach e il plesso sottomucoso di Meissner. Le fibre che si originano da essi formano i plessi non gangliari: il plesso terziario (che innerva lo strato muscolare longitudinale), il plesso muscolare profondo (che innerva lo strato circolare interno) e il plesso mucoso. I neuroni e i loro processi sono rappresentati in colore.

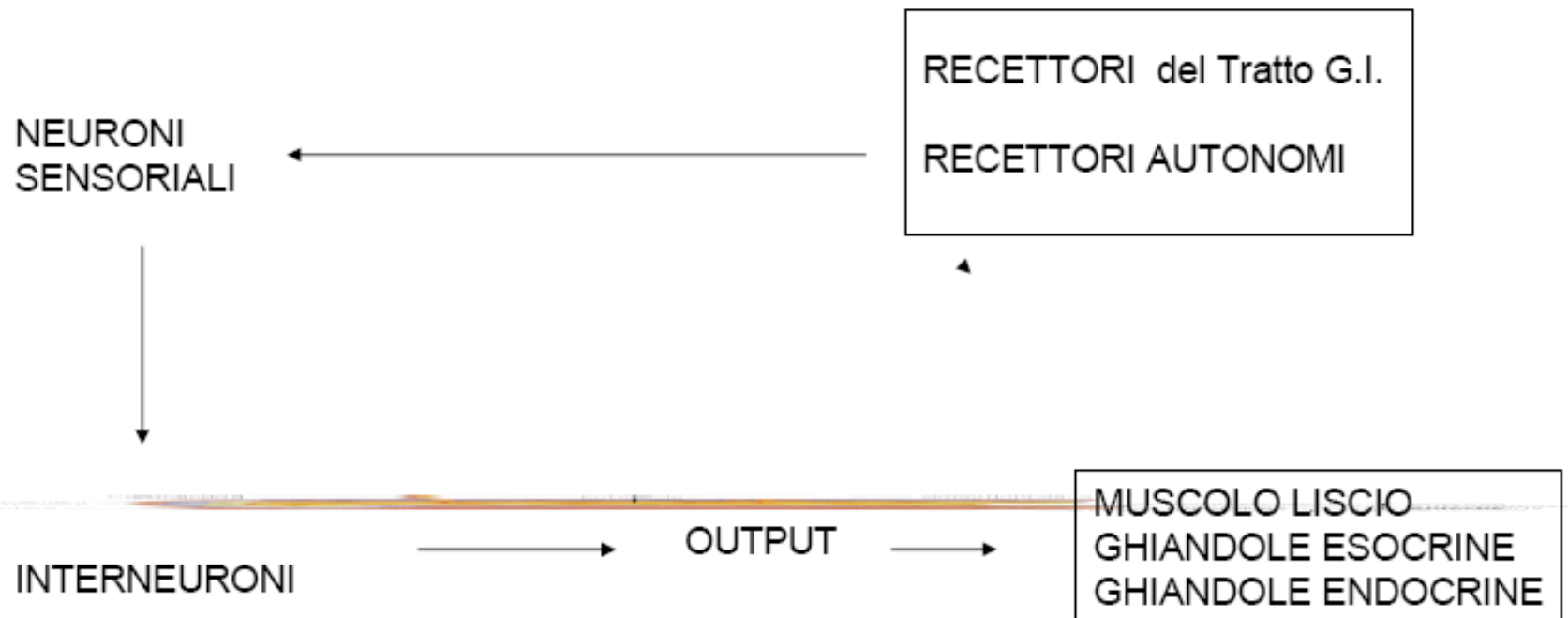
STRUTTURA DELLA PARETE GASTROINTESTINALE



SISTEMA NERVOSO ENTERICO:



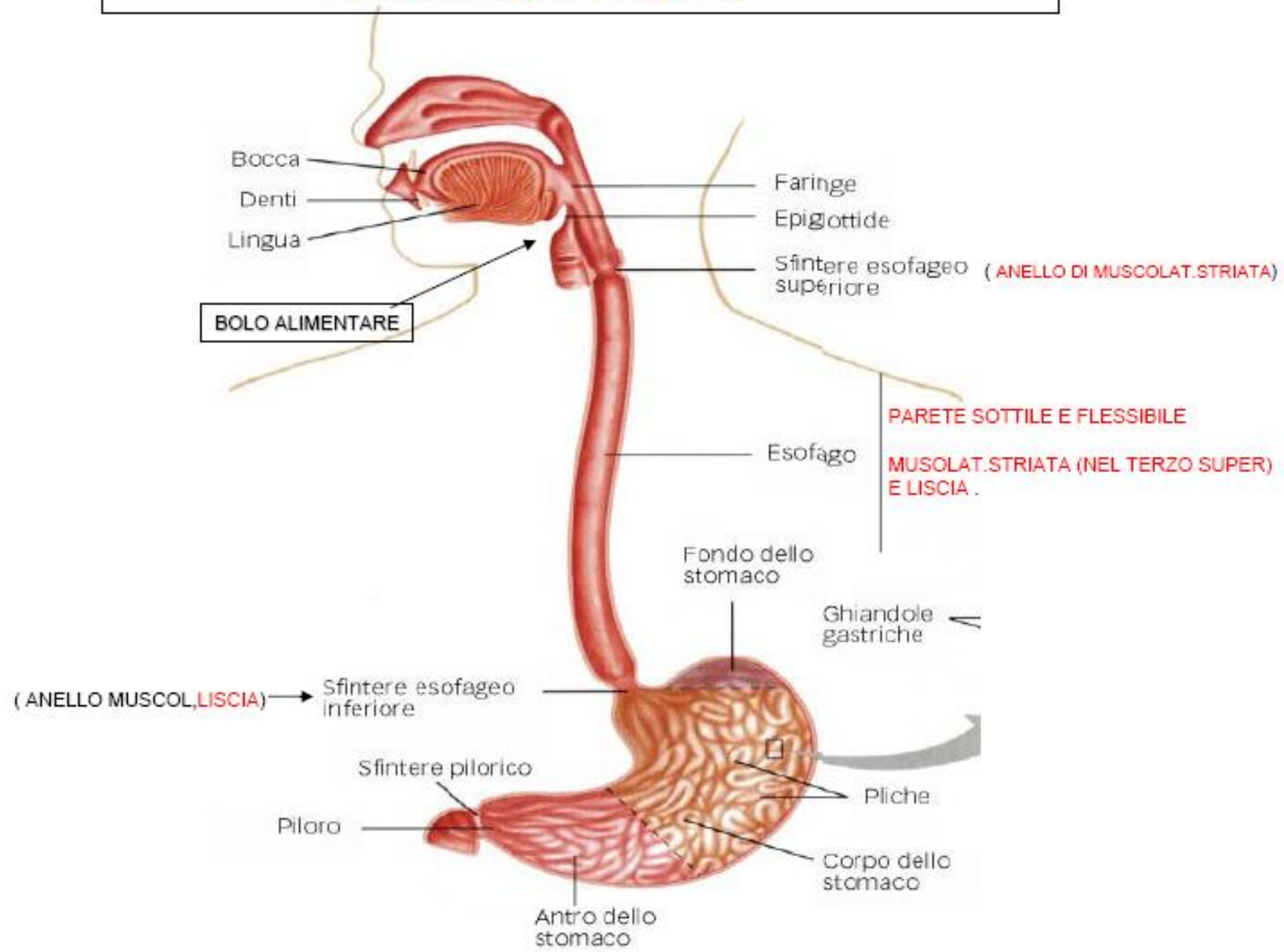
SISTEMA NERVOSO ENTERICO



Principali enzimi digestivi e loro sito di produzione

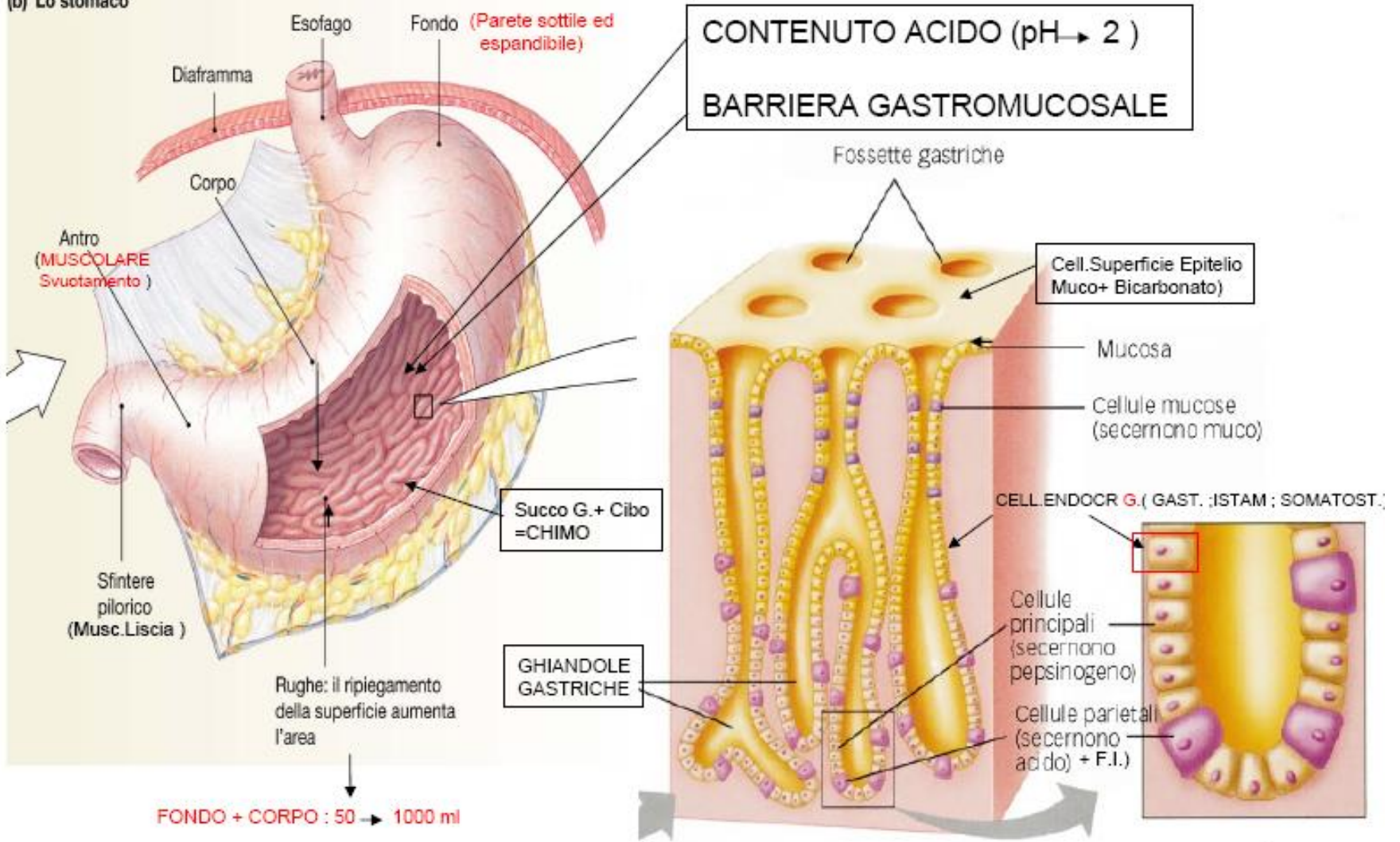
<i>Sede</i>	<i>Enzima</i>	<i>Digerisce</i>
<u>Ghiandole salivari</u>	Amilasi	Amido
	Lipasi linguale	Trigliceridi
<u>Stomaco</u>	Pepsina (pepsinogeno)	Proteine
	Lipasi gastrica	Trigliceridi
<u>Pancreas</u>	Amilasi	Amido
	Lipasi e colipasi	Trigliceridi
	Fosfolipasi	Fosfolipidi
	Tripsina (tripsinogeno)	Peptidi
	Chimotripsina (chimotripsinogeno)	Peptidi
<u>Epitelio intestinale</u>	Enterochinasi	Attiva la tripsina
	Disaccaridasi	Disaccaridi
	Saccarasi	Saccarosio
	Maltasi	Maltosio
	Lattasi	Lattosio
	Peptidasi	Peptidi
	Endopeptidasi	Legami peptidici interni
	Esopeptidasi	Legami peptidici terminali
	Amminopeptidasi	Estremità NH ₂ -terminale
	Carbossipeptidasi	Estremità COOH-terminale

ANATOMIA FUNZIONALE DEL TRATTO GASTROINTESTINALE: BOCCA-FARINGE-ESOFAGO



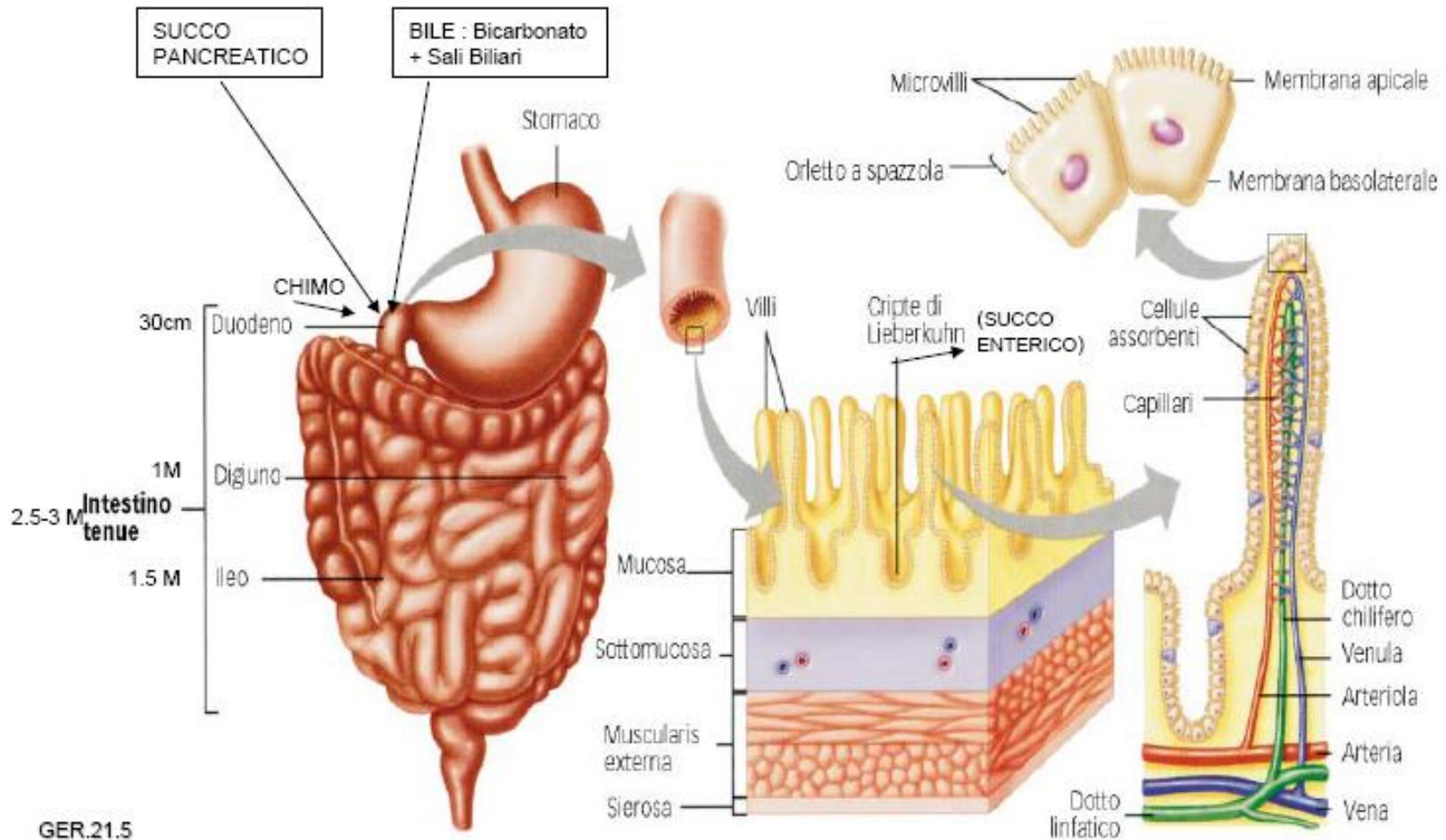
ANATOMIA FUNZIONALE DELLO STOMACO

(b) Lo stomaco



IL FONDO ED IL CORPO PRESENTANO FOSSETTE GASTRICHE

ANATOMIA FUNZIONALE DELL'INTESTINO TENUE



GER.21.5

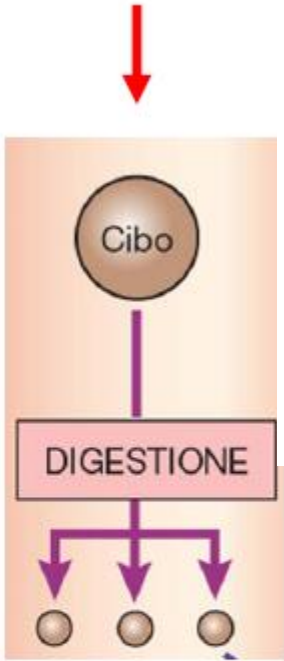
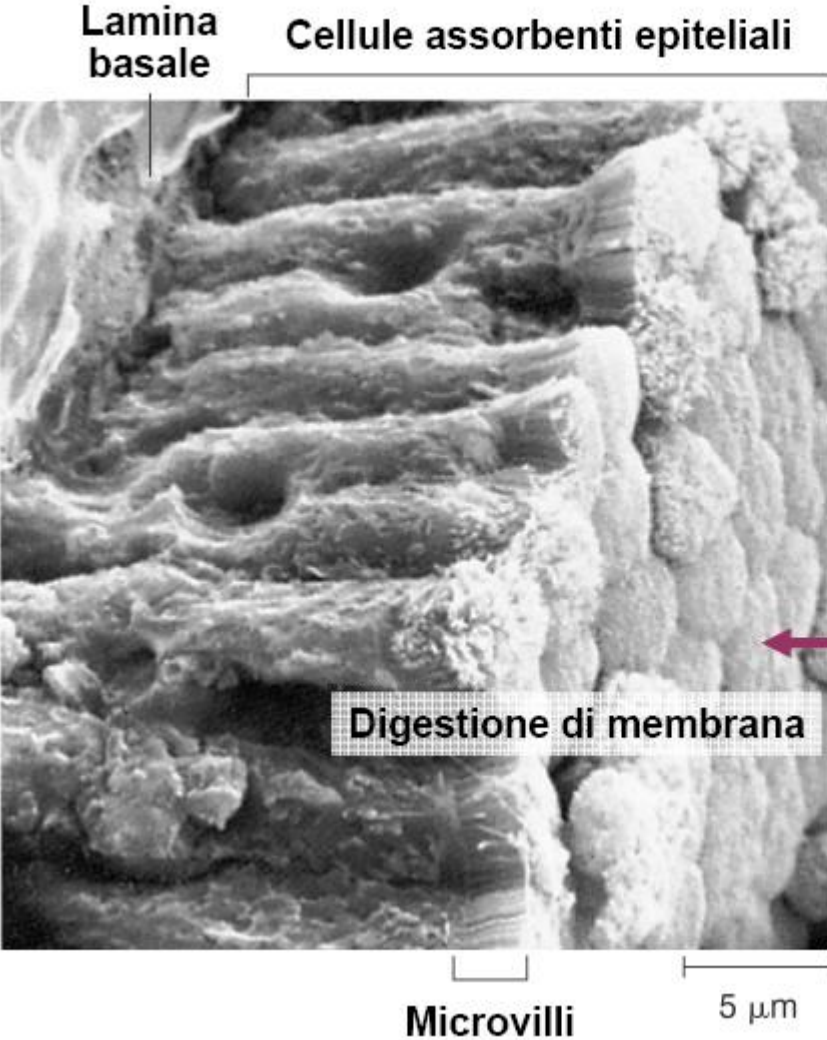
L'INTESTINO HA UNA GRANDE CAPACITA' DI ASSORBIMENTO

LA DIGESTIONE E L'ASSORBIMENTO INIZIANO NEL DUODENO E TERMINANO NORMALMENTE PRIMA DELL'ILEO

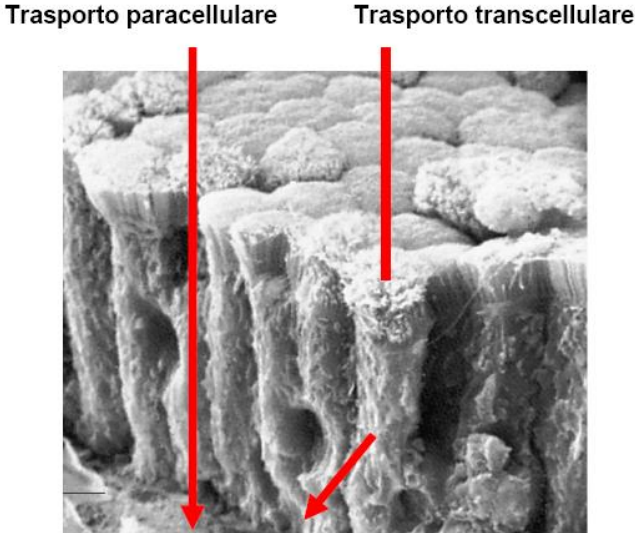
I VILLI AUMENTANO LA SUPERFICIE DELL'INTESTINO DI UN FATTORE 10

I MICROVILLI (3000-6000 X CELLULA AUMENTANO ULTERIORMENTE LA SUPERFICIE

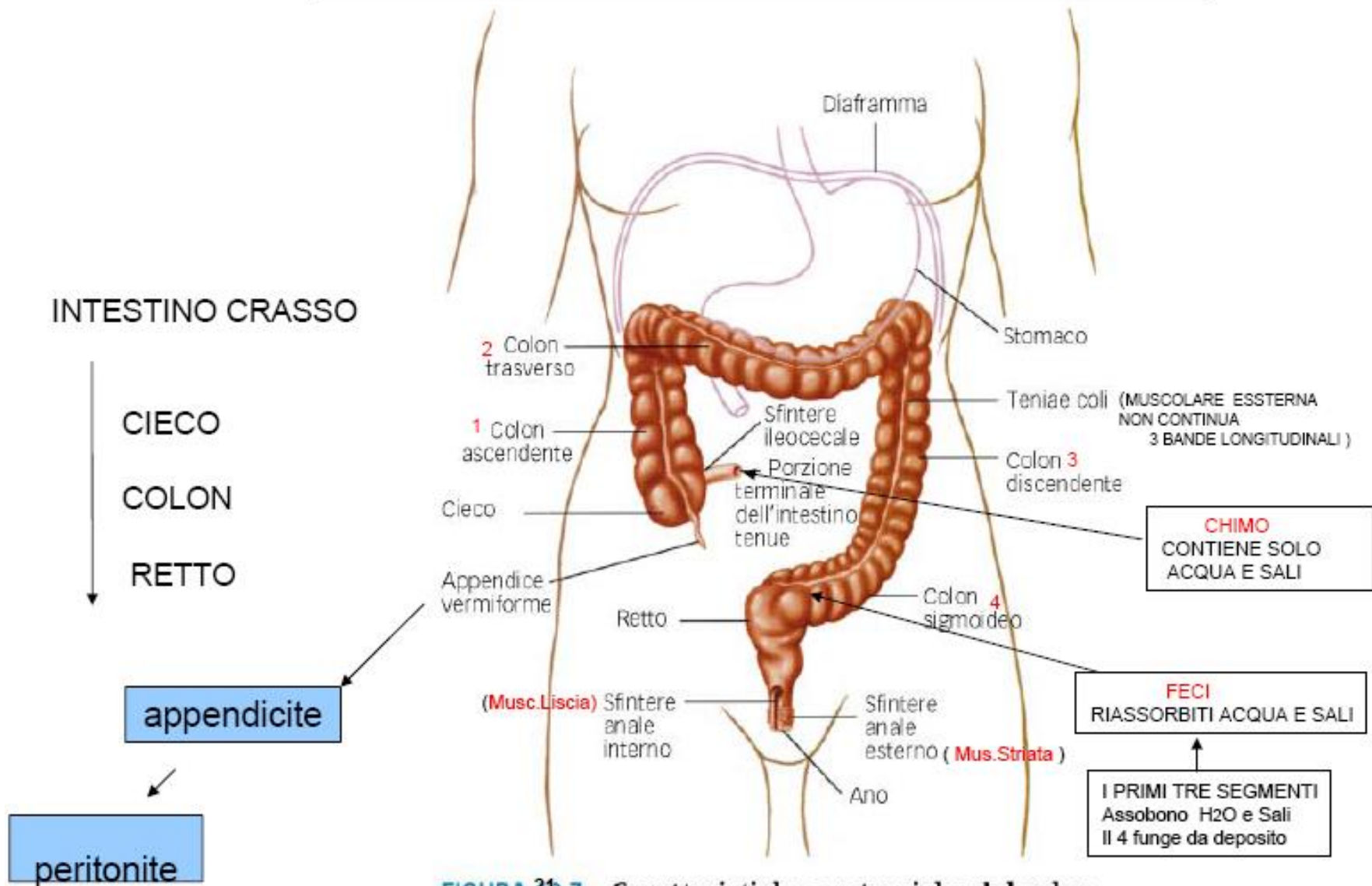
Digestione



Assorbimento



ANATOMIA FUNZIONALE DELL'INTESTINO CRASSO



IL CIRCOLO SPLANCNICO

IRRORAZIONE APP.G.I: VASI TRONCO CELIACO+2 ART.MEENTERICHE

TRONCO CELIACO:PARTE ESOF.+STOMACO+Parte Prox Duodeno

ART.MES.SUP.:Parte Dist. DUODENO+TENUE+1/2 COLON TRASVERSO

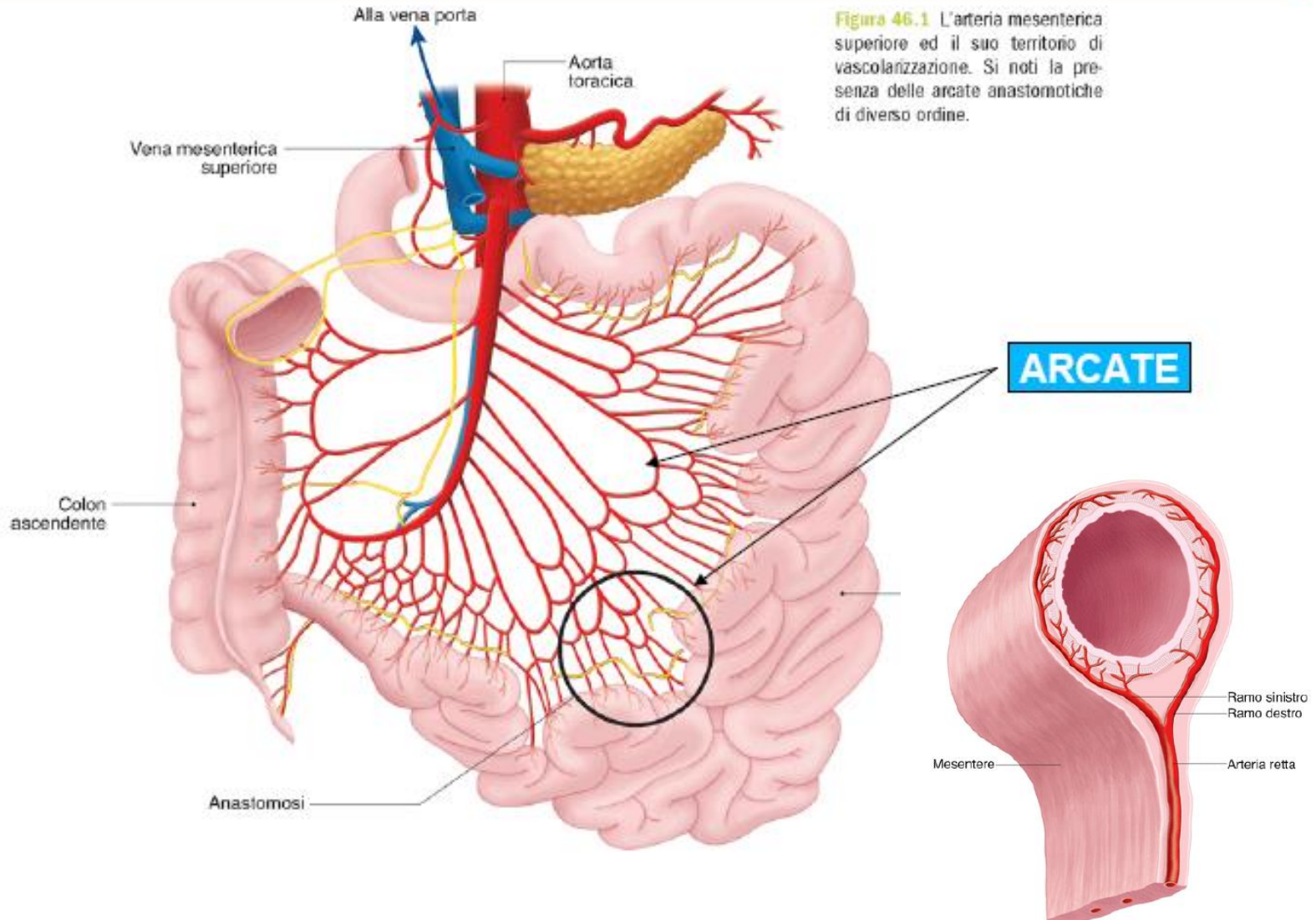
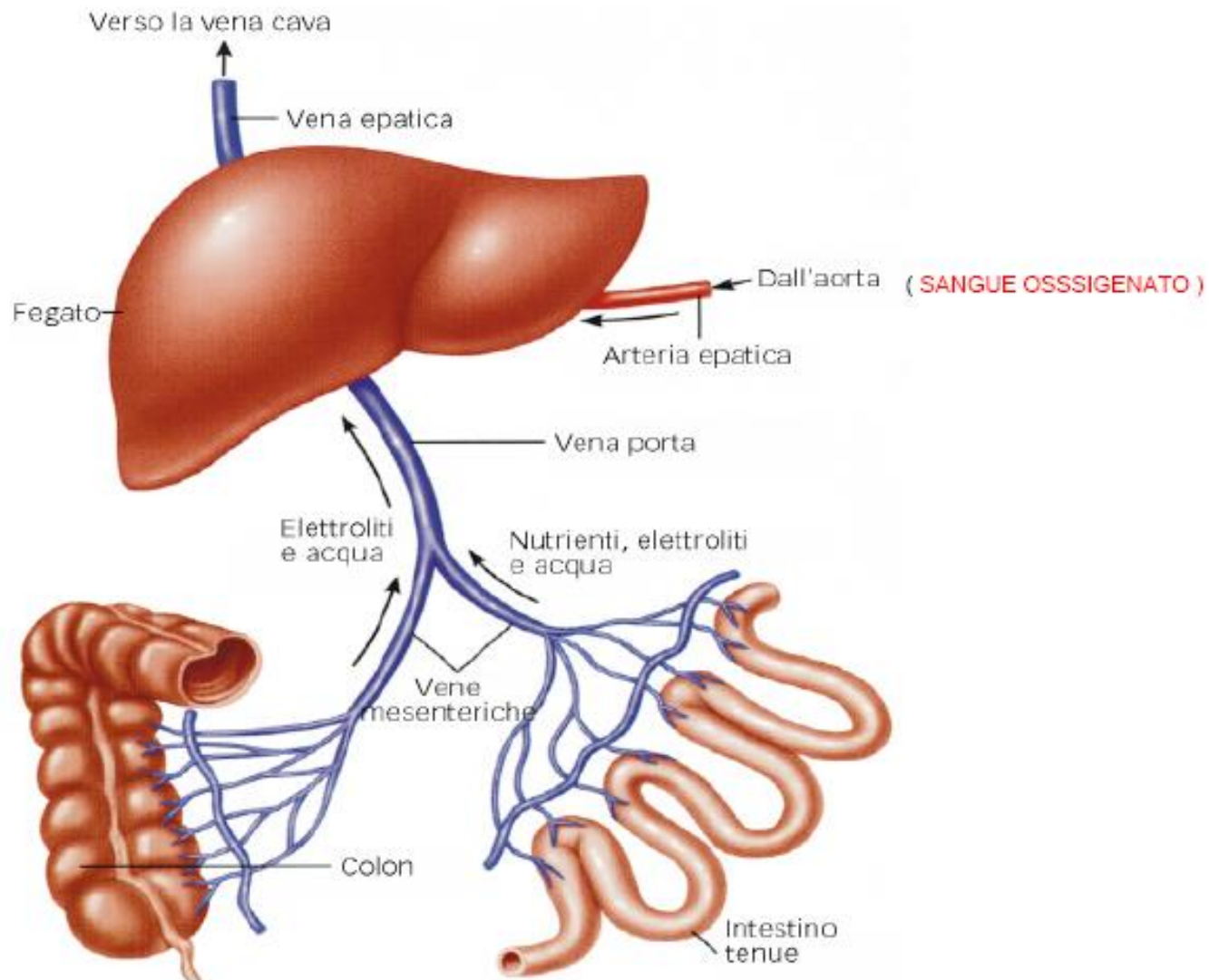
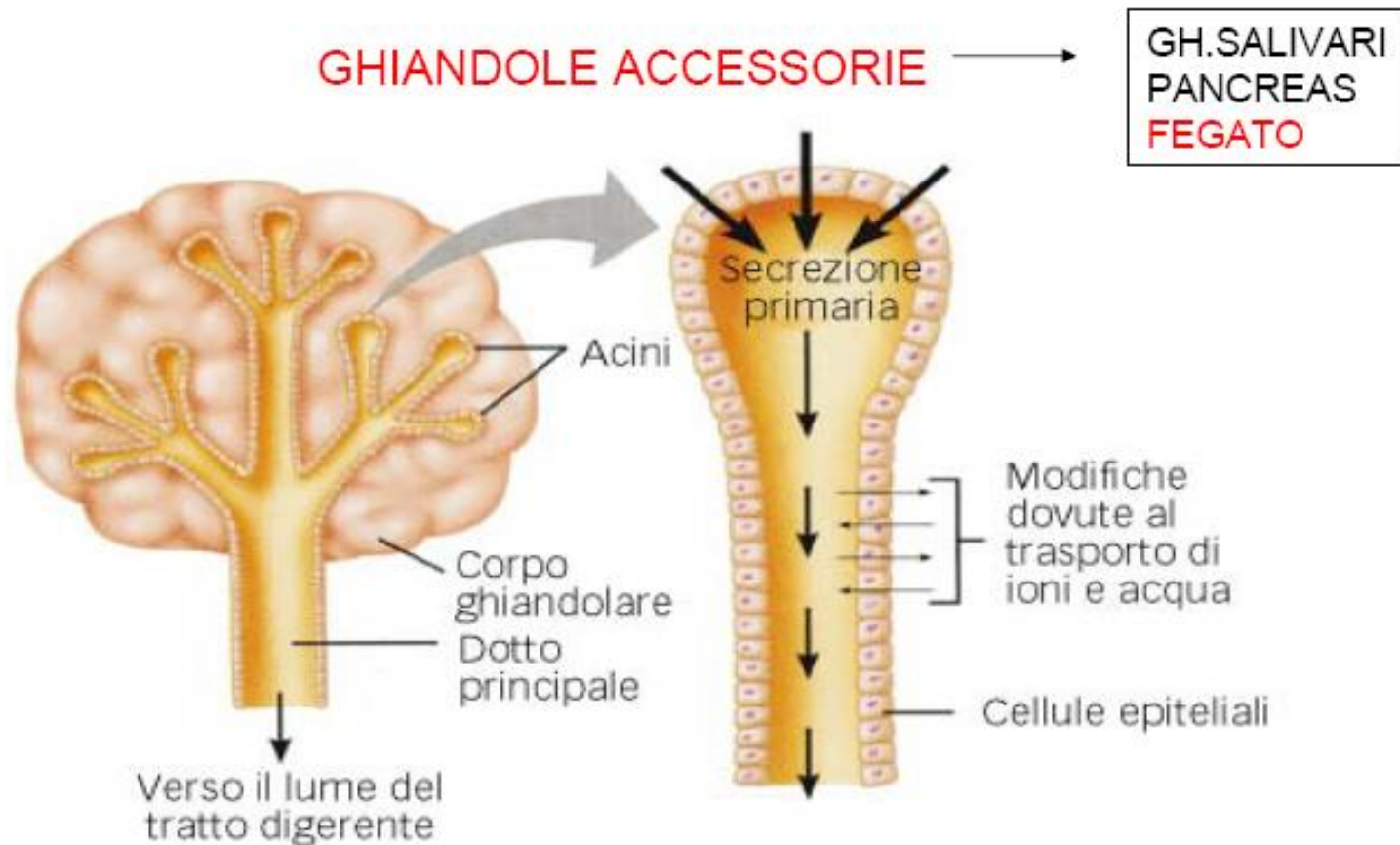


Figura 46.1 L'arteria mesenterica superiore ed il suo territorio di vascolarizzazione. Si noti la presenza delle arcate anastomotiche di diverso ordine.



GER. **FIGURA 19.6** Circolazione dei materiali assorbiti nell'intestino tenue e nel colon. I materiali assorbiti nell'intestino giungono al fegato per mezzo delle vene mesenteriche e della vena porta, quindi per mezzo delle vene epatiche raggiungono la circolazione generale.



GER **FIGURA** 21.8 **Struttura di una ghiandola accessoria.**
La struttura mostrata è quella tipica di una ghiandola salivare o pancreatica, in cui il corpo contiene acini e dotti associati. Le frecce scure sulla destra indicano la formazione della secrezione primaria nell'acino; le frecce chiare indicano le modifiche della secrezione all'interno dei dotti in seguito al trasporto di ioni e acqua.

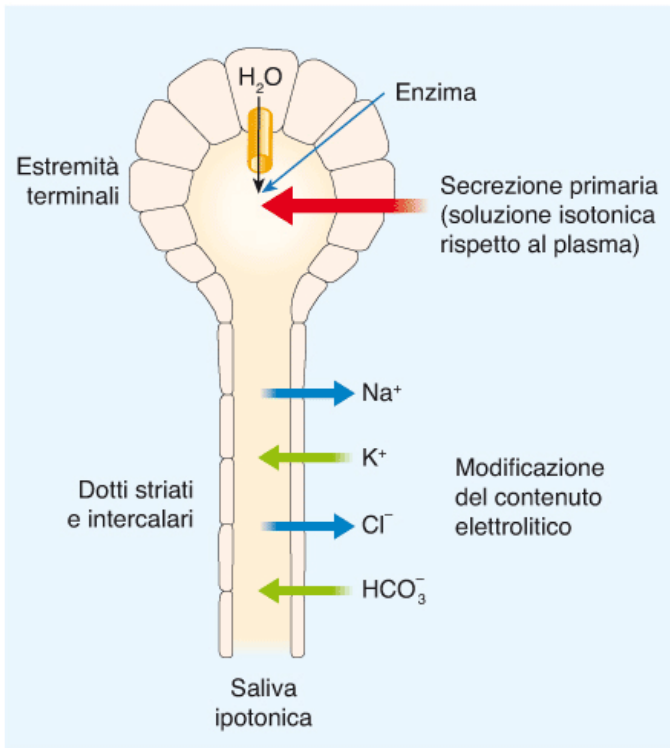
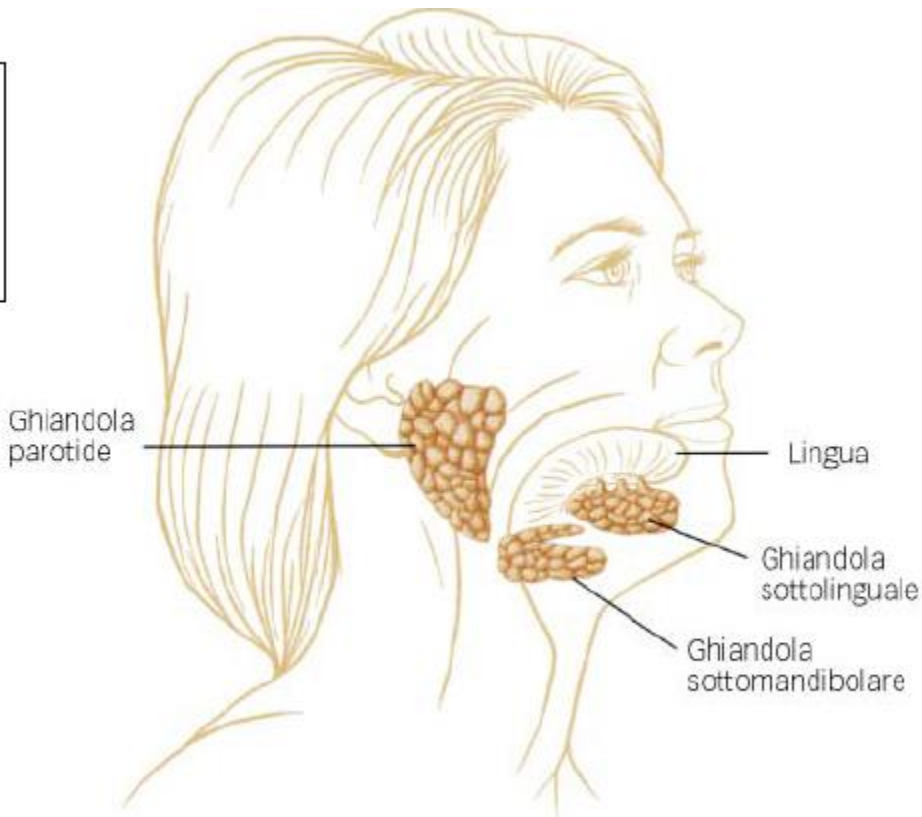


Figura 11.14 Rappresentazione schematica della secrezione salivare. La secrezione primaria di saliva è operata dalle cellule degli acini e ha concentrazioni ioniche e osmolarità simili a quelle plasmatiche. La secrezione di acqua negli acini avviene secondo gradiente osmotico attraverso l'aquaporina 5 localizzata nella membrana apicale (in blu). I dotti, impermeabili all'acqua, operano il riassorbimento di Na^+ e Cl^- e la secrezione di K^+ e HCO_3^- , producendo così una saliva ipotonica e alcalina.

GHIANDOLE SALIVARI: producono giornalmente 700 – 1500 mL di saliva



COMPOSIZIONE DELLA SALIVA

Acqua: 99,5%; pH: 6-7

Elettroliti

Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, fosfati

Proteine

Mucina

α-amilasi salivare o ptialina

Lipasi linguale

IgA di superficie

Lisozima, perossidasi, Lattoferrina

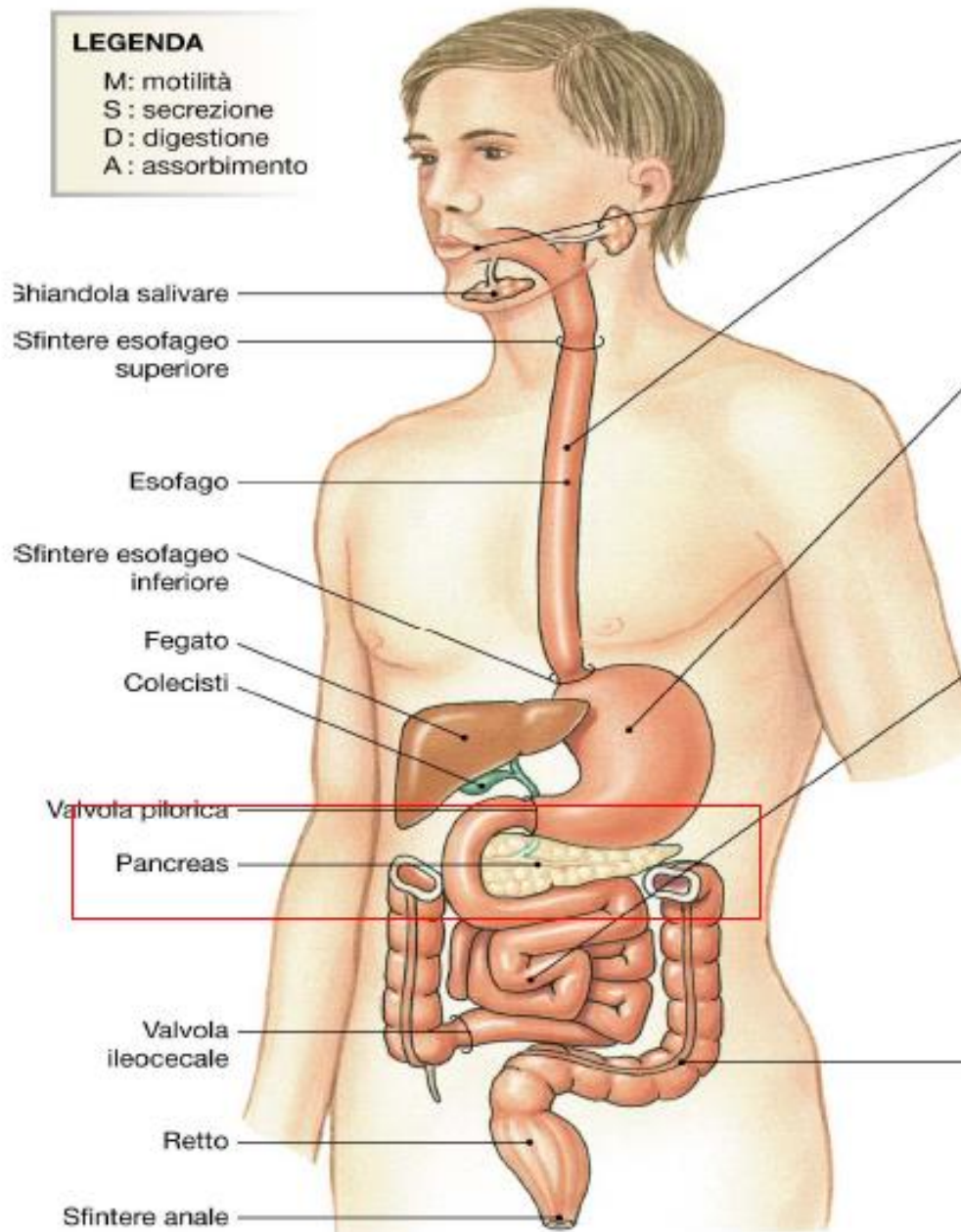
FUNZIONI DELLA SALIVA

- 1) **LUBRIFICANTE:** facilita lo scorrimento e la deglutizione del bolo
- 2) **PROTETTIVA:** ioni ed acqua proteggono cavo orale e denti
- 3) **SOLVENTE ED EMOLLIENTE:** acqua e mucina facilitano la formazione del bolo semisolido e, sciogliendo le molecole alimentari permettono la percezione del gusto
- 4) **DIGESTIVA:** amido cotto e in piccola parte lipidi
- 5) **ANTIBATTERICA:** per la presenza di sIgA, lisozima, perossidasi e lattoferrina

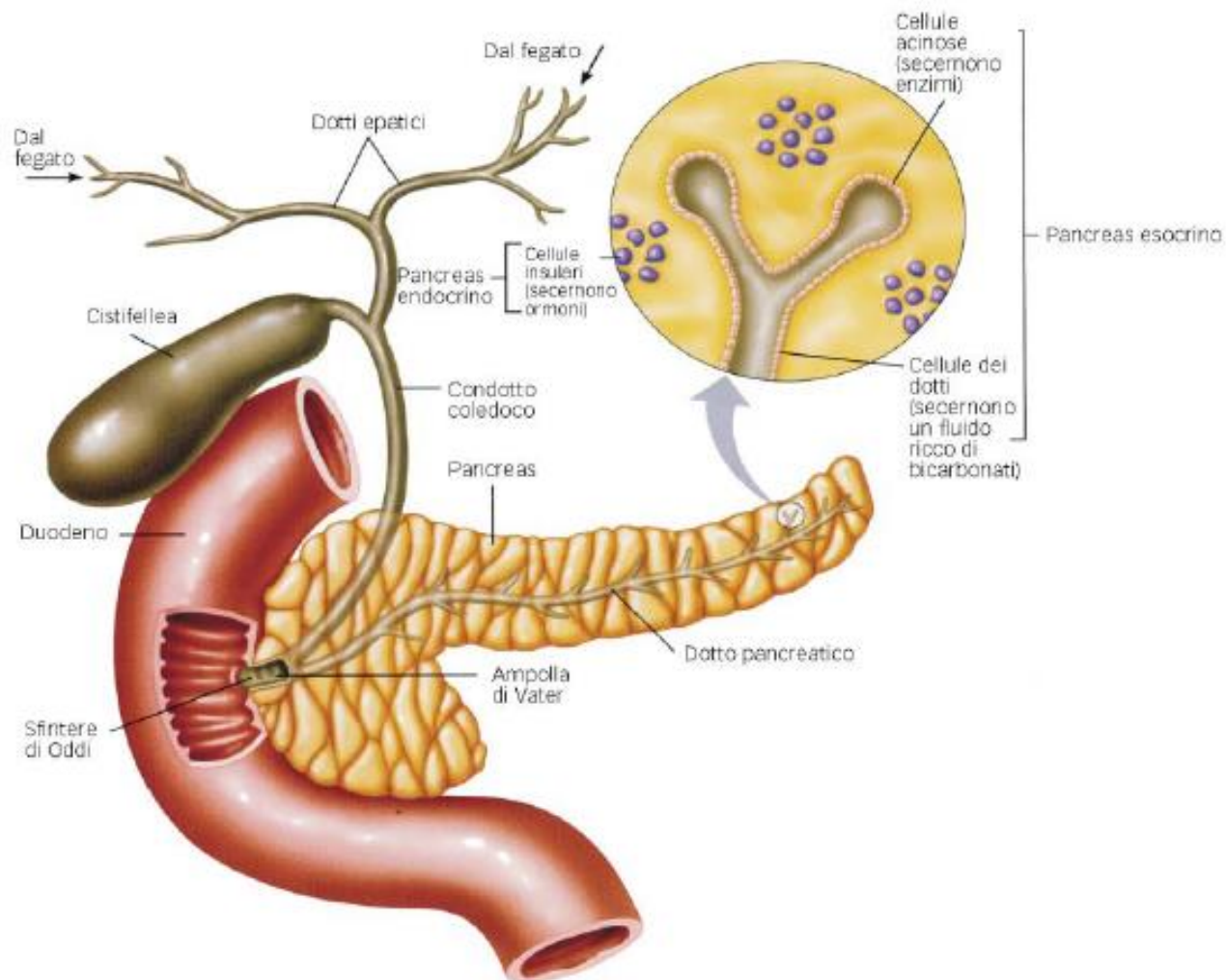
LE ghiandole ACCESSORIE : IL PANCREAS ESOCRINO

LEGENDA

M: motilità
S: secrezione
D: digestione
A: assorbimento



GHIANDOLE ACESSORIE :IL PANCREAS ESOCRINO



GER **FIGURA 21.10** **Pancreas e strutture associate.** La figura ingrandita mostra gli acini e i dotti (pancreas esocrino) e le isole pancreatiche (pancreas endocrino).

GHIANDOLE ACESSORIE :IL PANCREAS ESOCRINO

SUCCO PANCREATICO

BICARBONATO

ENZIMI DIGESTIVI

Amilasi Pancreatica

Lipasi

Nucleasi

Proteasi

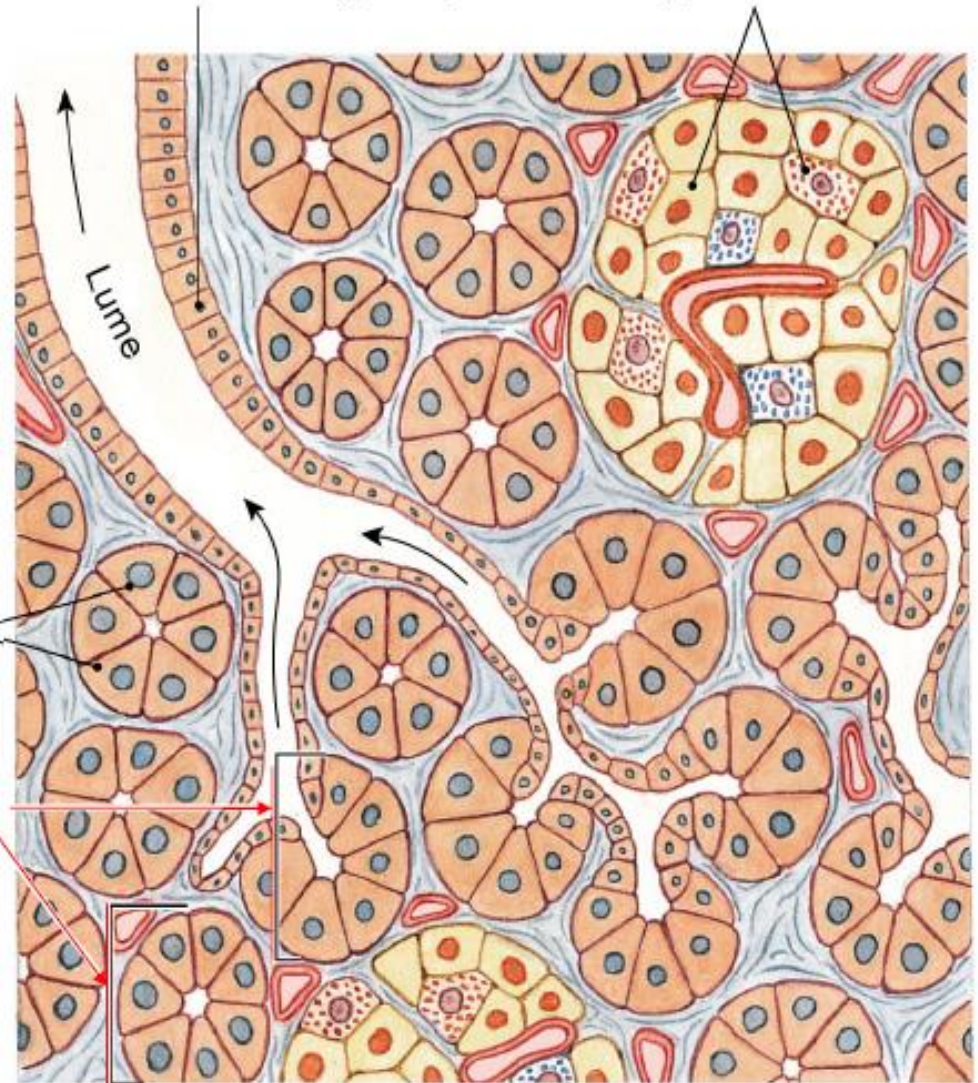
Pancreas:Maggior Prod.Proteine

Le cellule degli acini pancreatici
(cellule acinari) secernono enzimi digestivi

Gli acini pancreatici costituiscono
la porzione esocrina del pancreas

Le cellule dei dotti
secernono NaHCO_3 .

Le cellule delle isole del Langerhans
(cellule insulari) producono ormoni



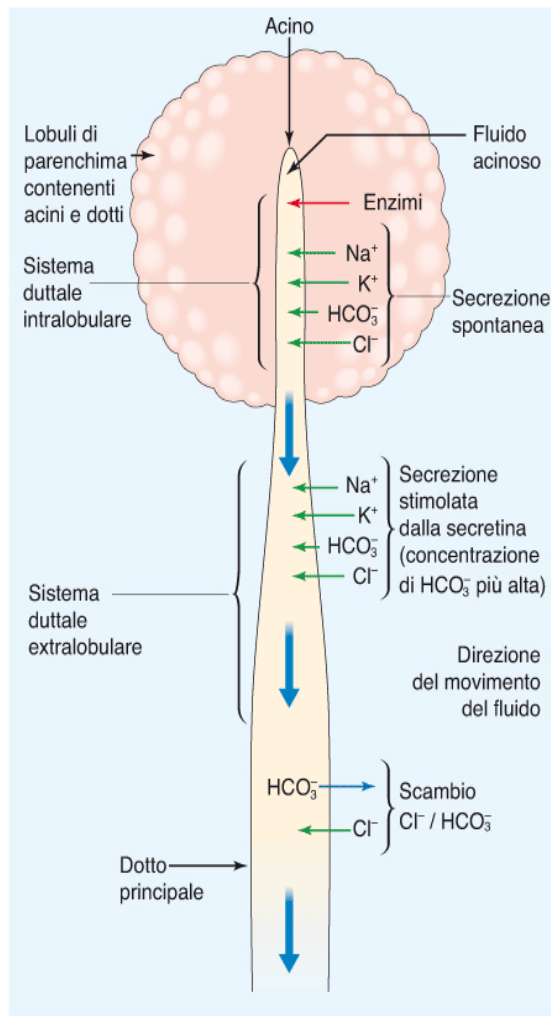


Figura 11.22 Meccanismi di trasporto ionico coinvolti nella produzione del succo pancreatico. A livello degli acini, il fluido secreto con gli enzimi è isotonico con il plasma, mentre nei dotti intralobulari, grazie alla secrezione spontanea di K^+ e HCO_3^- , il fluido si arricchisce di questi due ioni. Nei dotti extralobulari, la secretina stimola la secrezione di acqua e elettroliti e il fluido secreto è particolarmente ricco di HCO_3^- . Nel dotto principale uno scambio di HCO_3^- e Cl^- mantiene bassi i livelli di HCO_3^- quando la velocità di produzione del succo è bassa, mentre influenza poco la composizione del fluido quando la velocità raggiunge valori massimi.

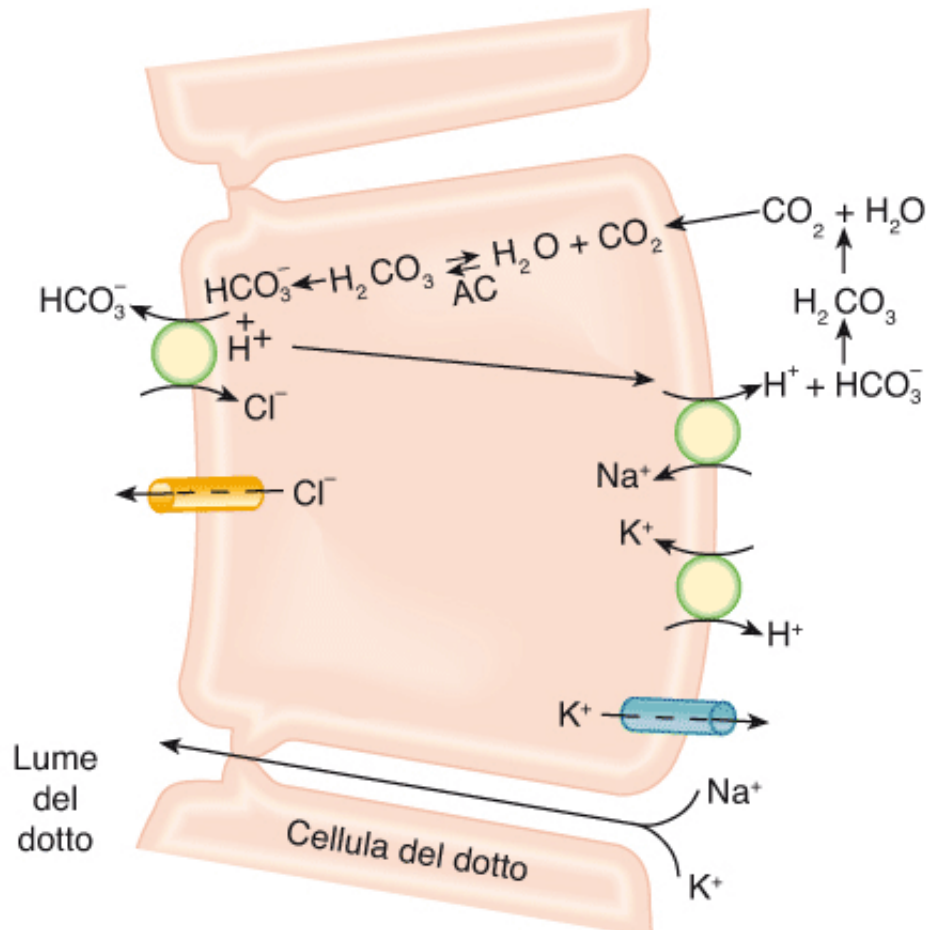
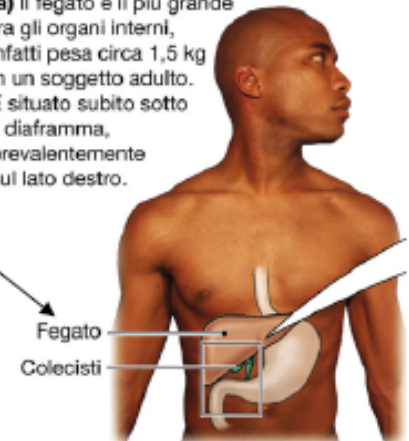


Figura 11.23 Meccanismi della secrezione pancreatica di acqua ed elettroliti da parte delle cellule dei dotti extralobulari. Il canale per il Cl^- presente sulla membrana luminale è un canale CFTR.

FUNZIONI DEL FEGATO

(a) Il fegato è il più grande tra gli organi interni, infatti pesa circa 1,5 kg in un soggetto adulto. È situato subito sotto il diaframma, prevalentemente sul lato destro.



1) SECREZIONE DELLA BILE

(Bicarbonato; Fosfolipidi; Ioni inorganici; Sali Biliari)

2) TRASFORMAZIONE METABOLICA DEI NUTRIENTI

CONVERTE : GLUCOSIO → Glicogeno ; AA → Grassi;

SINTESI : Trigliceridi + Colesterolo → Particelle Lipoproteiche → Rilascio in circolo

PRODUZIONE : Glicogeno → Glucosio ; ; Ac.Grassi → Chetoni

SINTESI : Glucosio per gluconeogenesi ; Urea dall'Ammoniaca

3) RIMOZIONE DEI GLOBULI VECCHI DAL SANGUE (Ricicla Ferro, non Bilirubina)

4) ELIMINAZIONE DEI RIFIUTI DAL CORPO (BILE: Pigmenti Biliari; Colester. Farmaci; composti idrofobici → Idrofilizzazione → RENI)

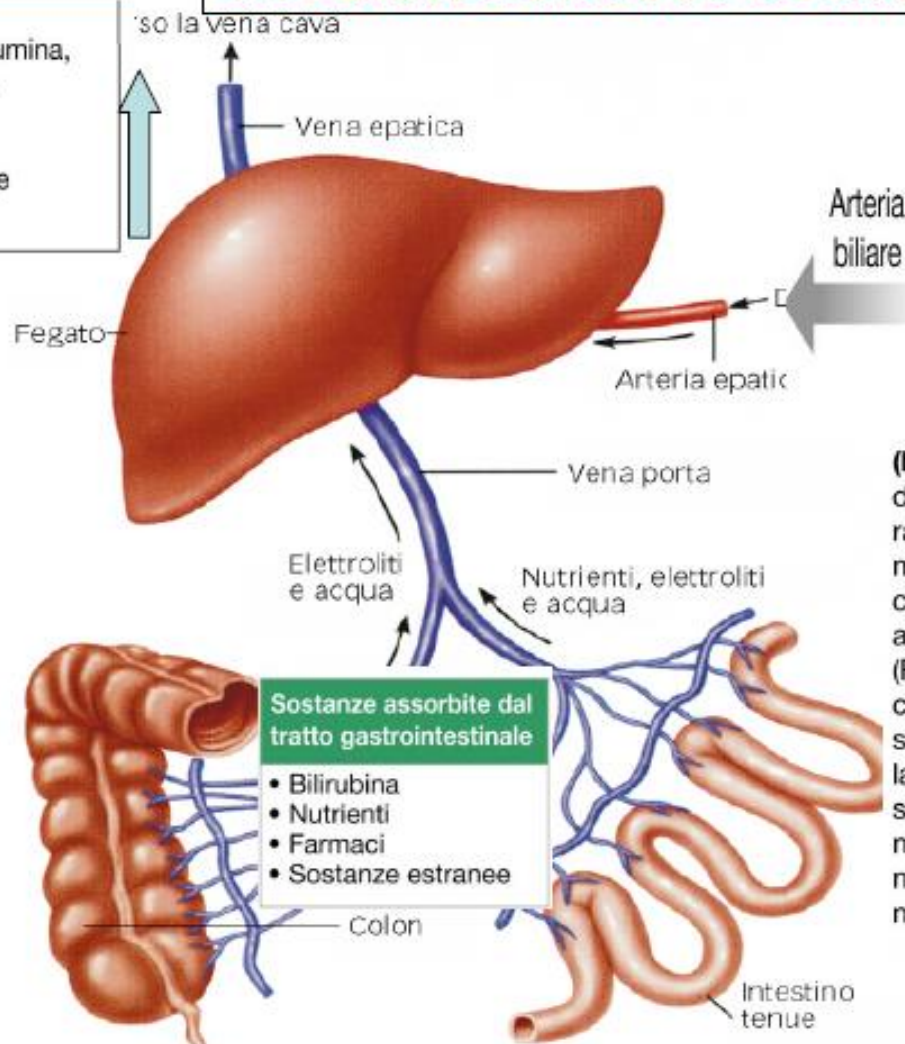
5) SINTESI DELLE PROTEINE PLASMATICHE (Es. ALBUMINE; Prot. Coagulazione; Angiotensinogeno; Proteine leganti Ormoni Steroidei, Tiroidei)

6) SECREZIONE E MODIFICAZIONE DEGLI ORMONI - Idrossilazione VIT D ; - Sintesi di SOMATOMEDINE (Fattori di crescita Insulino-simili; Metabolizza Ormoni)

Metaboliti diretti ai tessuti periferici

- Glucosio
- Proteine plasmatiche, albumina, fattori della coagulazione, angiotensinogeno
- Urea
- Vitamina D, somatomedine
- Metaboliti da eliminare

SISTEMA BILIARE: ANATOMIA MACROSCOPICA



Metaboliti e farmaci provenienti dai tessuti periferici

- Bilirubina
- Metaboliti di ormoni e farmaci
- Nutrienti

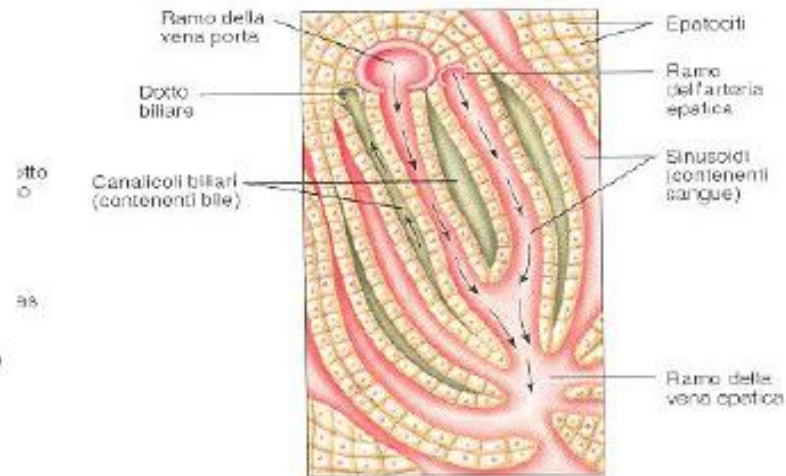
Sostanze assorbite dal tratto gastrointestinale

- Bilirubina
- Nutrienti
- Farmaci
- Sostanze estranee

(b) Il sangue che va al fegato giunge da due fonti: il sangue ossigenato raggiunge il fegato con l'arteria epatica, mentre il sangue che raggiunge il fegato con la vena porta è ricco dei nutrienti assorbiti dal tratto gastrointestinale (Fig. 21-30), e contiene i prodotti del catabolismo dell'emoglobina di origine splenica. Il sangue lascia il fegato con la vena epatica (non mostrata). La bile sintetizzata dal fegato viene secreta nel **dotto epatico** per essere accumulata nella colecisti. Da qui viene secreta nel lume intestinale tramite il **coledoco**.

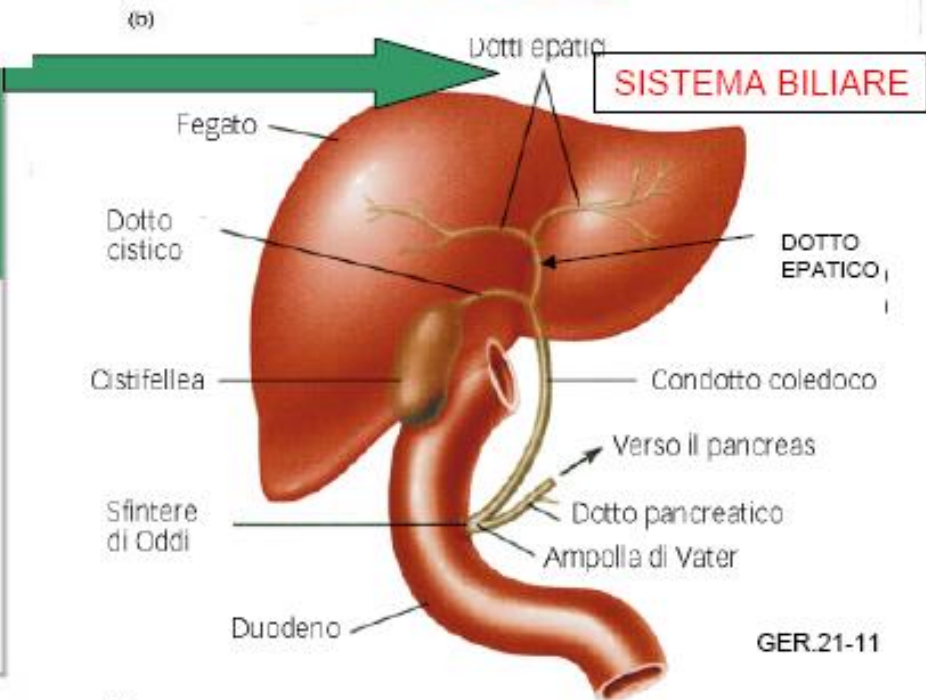
GER **FIGURA 21.6** Circolazione dei materiali assorbiti nell'intestino tenue e nel colon. I materiali assorbiti nell'intestino giungono al fegato per mezzo delle vene mesenteriche e della vena porta, quindi per mezzo delle vene epatiche raggiungono la circolazione generale.

(c) Gli epatociti (cellule del fegato) sono disposti in unità esagonali irregolari definite lobuli. Ogni lobulo è disposto attorno a una vena centrale che drena il sangue nella vena epatica. Alla periferia del lobulo si trovano rami della vena portale epatica e dell'arteria epatica. Questi vasi si ramificano ulteriormente tra gli epatociti, formando sinusoidi in cui scorre il sangue. Circa il 70% della superficie di ogni epatocita è in contatto con i **sinusoidi**, quindi lo scambio tra il sangue e le cellule è massimizzato. Circa il 15% della membrana dell'epatocita è in contatto con i **canalicoli biliari**, piccoli canali in cui viene secreta la bile. I canalicoli si uniscono nei dotti biliari che attraversano il fegato accanto alle vene portali.



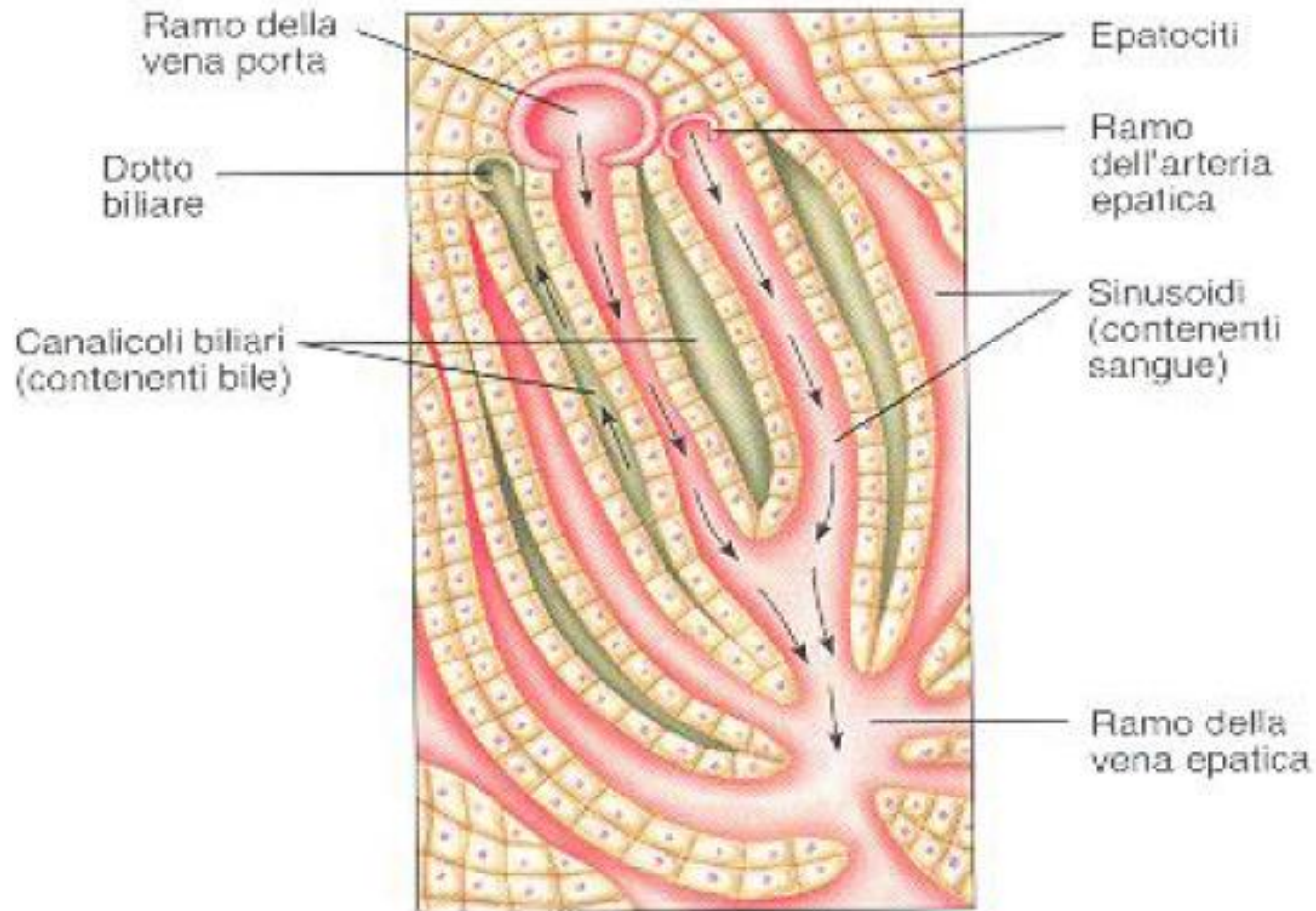
Sostanze secrete nel duodeno

- Sali biliari
- Bilirubina
- Acqua e ioni
- Fosfolipidi



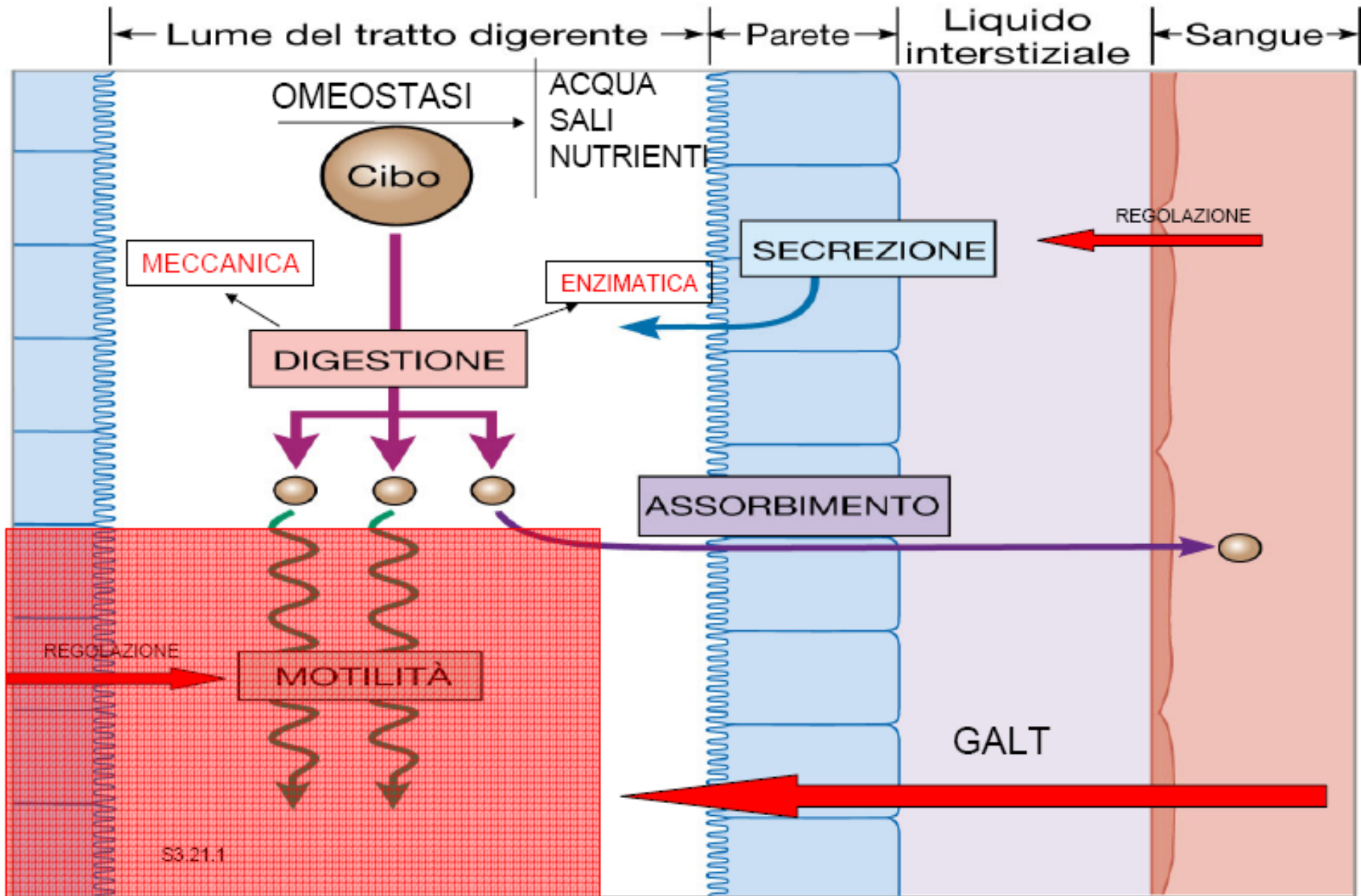
EPATOCITI, SINUSOIDI E CANALICOLI BILIARI

CAPITOLO 20 Il sistema gastrointestinale 581

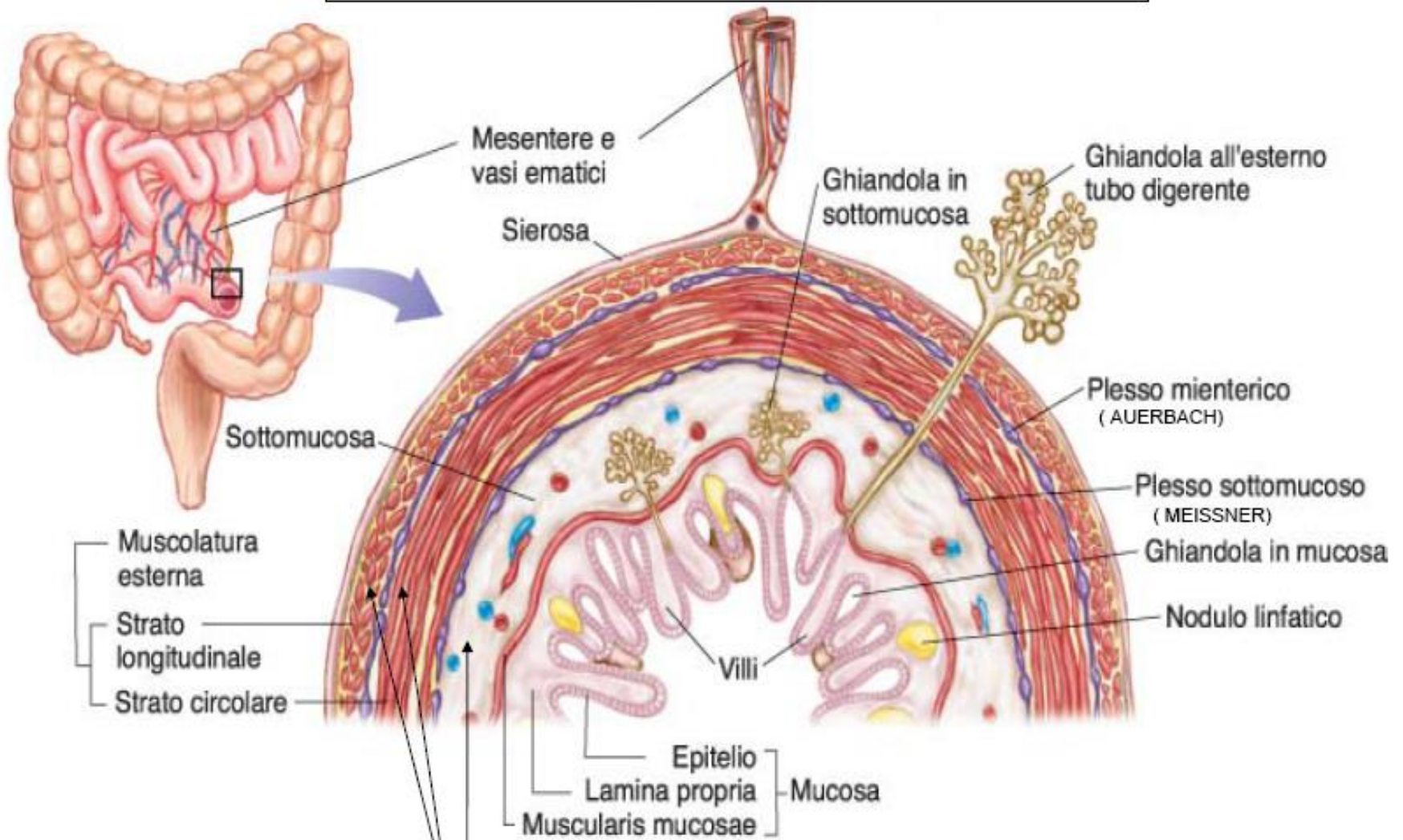


(b)

PROCESSI FONDAMENTALI CHE AVVENGONO NEL SISTEMA DIGERENTE



COMPONENTI DEL TRATTO GASTROENTERICO



ATTIVITA' Elett. e mecc. spontanee
SINCIZIO FUNZIONALE
 (Giunzioni comunicanti)

CELLULE INTERSTIZIALI DI CAJAL

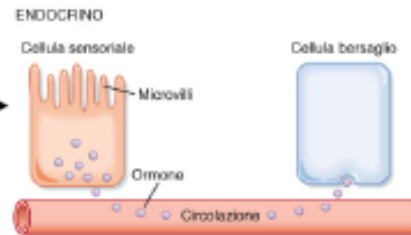
ONDE LENTE

MECCANISMI REGOLATORI DEL TRATTO GASTROINTESTINALE

PERIODI DI DIVERSA ATTIVITA'
RISPOSTE ADEGUATE A :

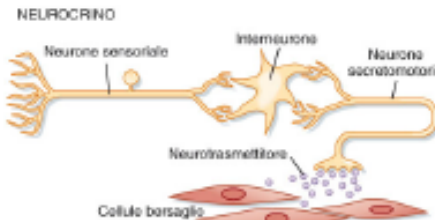
*PRESENZA DI CIBO
QUANTITA' E QUALITA' VARIABILE
COMUNICA CON ORGANI ASSOCIATI
SEGNALI IN PROX. O LONTANI*

LE RISPOSTE DEL TRATTO GI SONO MEDIATE
DA TRE MECCANISMI DI COMUNICAZIONE

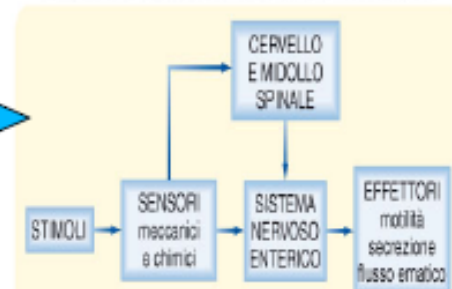


ENDOCRINO
CELL. ENTEROENDOCRINE
ORMONI: Es.
SECRETINA (Dotti Panc.)
GASTRINA (Sec. HCI)

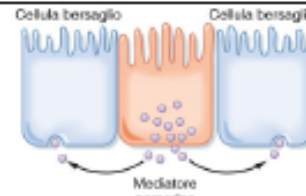
GLI STIMOLI INTESTINALI EVOCAO RISPOSTE DIGESTIVE
ATTRAVERSO I SISTEMI NERVOSI ENTERICO E CENTRALE



NEUROENDOCRINO



PARACRINO



PARACRINO
CELL. ENTEROCROMAFFINI..
ISTAMINA (Sec. HCI)
SEROTONINA (Ass. Acqua)

MEDIATORI ORMONALI E PARACRINI DEL TRATTO GI

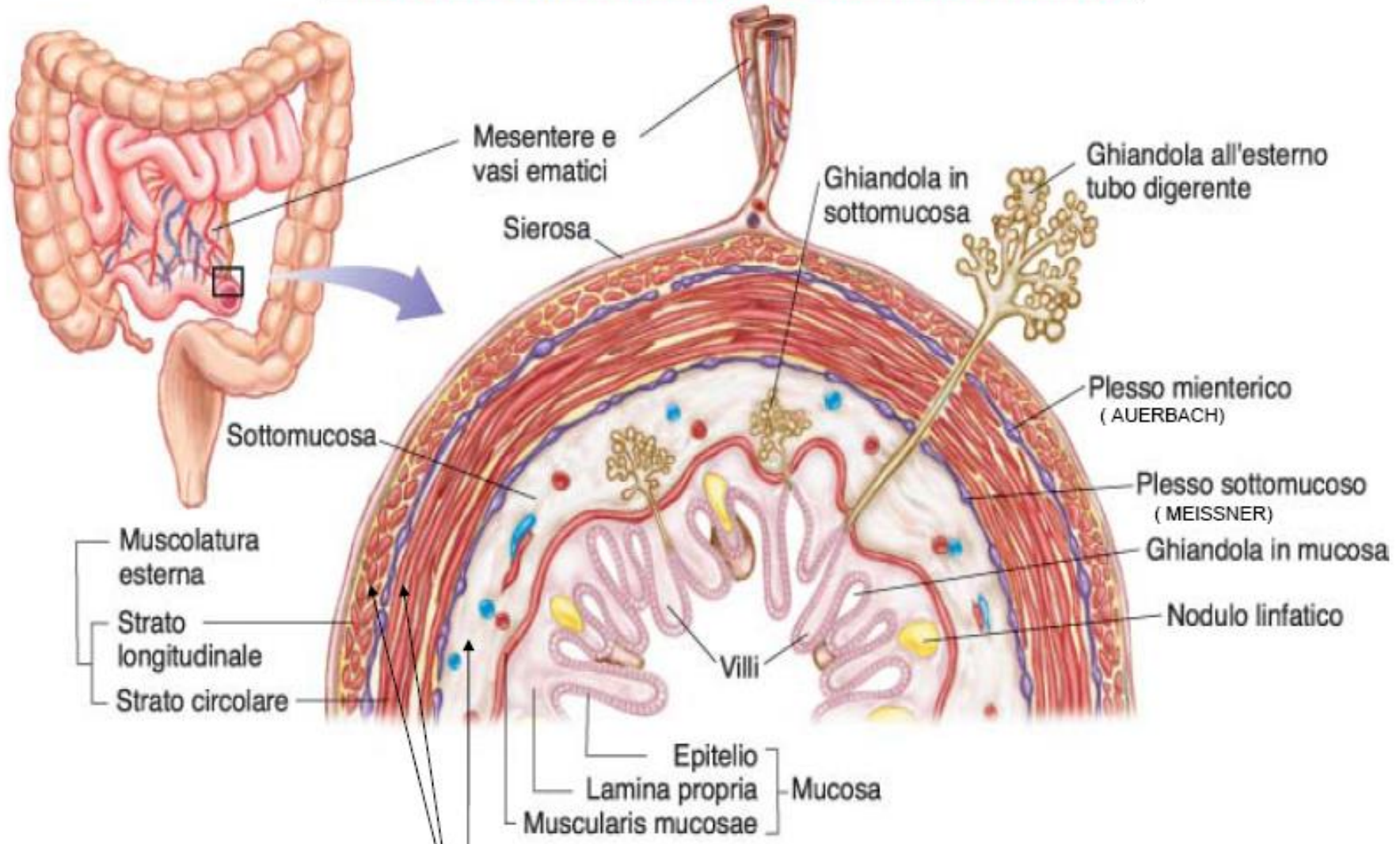
Tabella 26-1 Mediatori ormonali e paracrini del tratto GI

Ormone GI	Fonte	Stimoli per la liberazione	Via d'azione	Bersagli	Effetti
Gastrina	Antro gastrico (cellule G)	Oligopeptidi	Endocrina	Cellule ECS e cellule parietali del corpo dello stomaco	Stimolazione delle cellule parietali a secernere H^+ e delle cellule ECS a liberare istamina
Colecistochinina	Duodeno (cellule I)	Acidi grassi, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Paracrina, endocrina	Terminazioni afferenti vagali, cellule acinose del pancreas	Inibizione dello svuotamento dello stomaco e della secrezione di H^+ ; stimolazione della secrezione degli enzimi pancreatici e della contrazione della colecisti; inibizione dell'assunzione di cibo
Secretina	Duodeno (cellule S)	Protoni	Paracrina, endocrina	Terminazioni afferenti vagali, cellule dei dotti pancreatici	Stimolazione della secrezione dei dotti pancreatici (H_2O e HCO_3^-)
Peptide gluco-insulinotropico (GIP)	Intestino (cellule K)	Acidi grassi, glucosio	Endocrina	Cellule beta del pancreas	Stimolazione della secrezione dell'insulina
Peptide YY (PYY)	Intestino (cellule L)	Acidi grassi, glucosio, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Endocrina, paracrina	Neuroni, muscolo liscio	Inibizione dello svuotamento dello stomaco, della secrezione pancreatico-acida, della secrezione acida dello stomaco, della motilità intestinale, dell'assunzione di cibo
Peptidi 1/2 derivati dal proglucagone (GLP-1/2)	Intestino (cellule L)	Acidi grassi, glucosio, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Endocrina, paracrina	Neuroni, cellule epiteliali	Omeostasi del glucosio, proliferazione delle cellule epiteliali

MOTILITA'

- MUSCOLATURA LISCIA
- RETE DI CELLULE INTERSTIZIALI DI CAJAL
- SISTEMA NERVOSO INTRINSECO (ENTERICO)
- ATTIVITA' ELETTRICA E MOTILITA'
- SISTEMA NERVOSO ESTRINSECO (PARASIMPATICO E SIMPATICO)
- RUOLO DEL S.N.E. NEL COORDINAMENTO DELLE ATTIVITA' DEL T.G.E.
- RIFLESSI NERVOSI E ATTIVITA' MOTORIA E SECRETORIA
- I 3 TIPI PIU' IMPORTANTI DI ATTIVITA' MOTORIA NEL TUBO G.E.

MUSCOLATURA DEL TUBO GASTROENTERICO



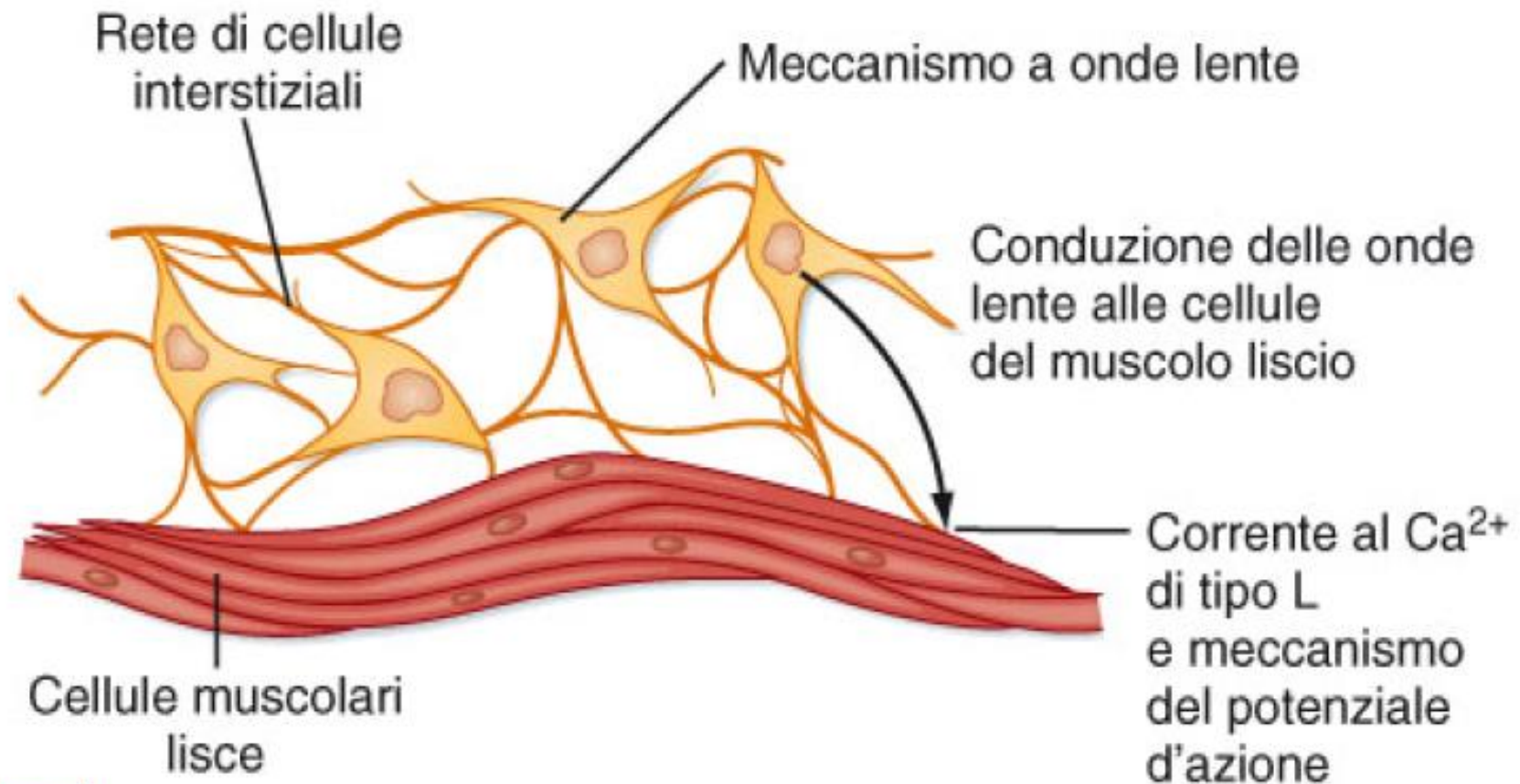
ATTIVITA' Eletr. e mecc. spontanee
SINCIZIO FUNZIONALE
 (Giunzioni comunicanti)

CELLULE INTERSTIZIALI DI CAJAL

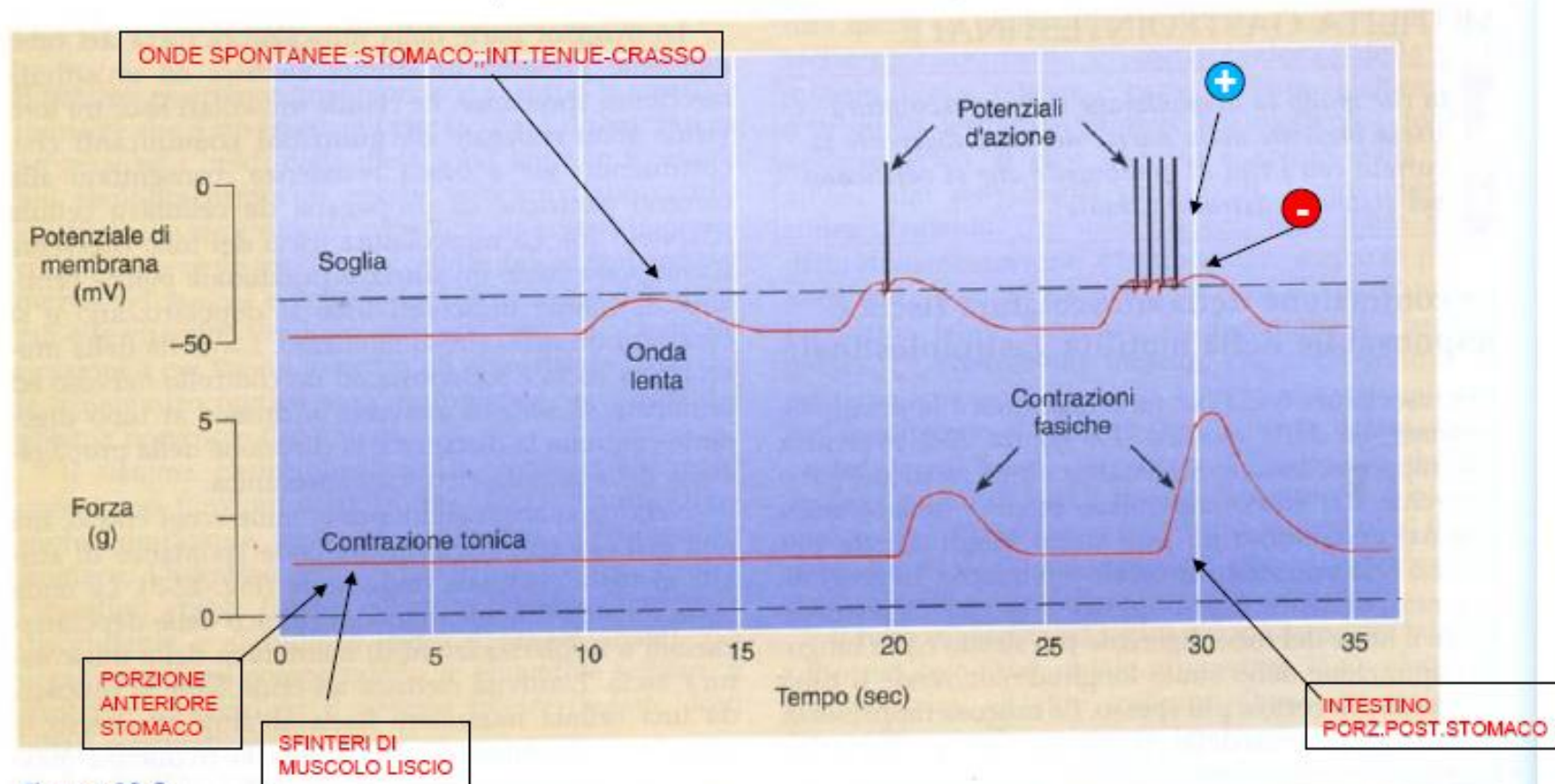
ONDE LENTE

RETE DI CELLULE INTERSTIZIALI DI CAJAL

Le onde lente sono generate dalle cellule interstiziali di Cajal



ATTIVITA' REGISTRATA IN UNA SINGOLA CELLULA MUSCOLARE (MUSCOLO LISCIO UNITARIO)



RH **Figura 22-3**

Relazioni tra onde lente, potenziali d'azione e contrazione muscolare nel muscolo liscio intestinale. Le onde lente si verificano ad intervalli regolari, durano diversi secondi e non producono necessariamente contrazioni fasiche (*parte bassa del tracciato*). Se si verificano stimoli eccitatori (ad es. acetilcolina rilasciata dalle fibre nervose) l'onda lenta depolarizza la membrana della cellula muscolare ad un livello di potenziale tale da superare di poco il potenziale soglia con la conseguente comparsa di potenziali d'azione. Più elevato è il numero di potenziali d'azione generati, maggiore è la forza della contrazione muscolare.

AMPIEZZA ONDA LENTA. → POT.AZ. → FORZA (MEDIATA DALLA QUANTITA' DI Ca CHE ENTRA ANALI Volt.Dip.)
 FREQ.: RIT.EL.BAS.(BER): :STOM.: 3;TENUE: DIMINUZIONE ABORALE : 12...10...8 CRASSO: FREQ. INVERTITA 8. 16

INNERVAZIONE PARASIMPATICA E SIMPATICA

Motilità gastrointestinale

741

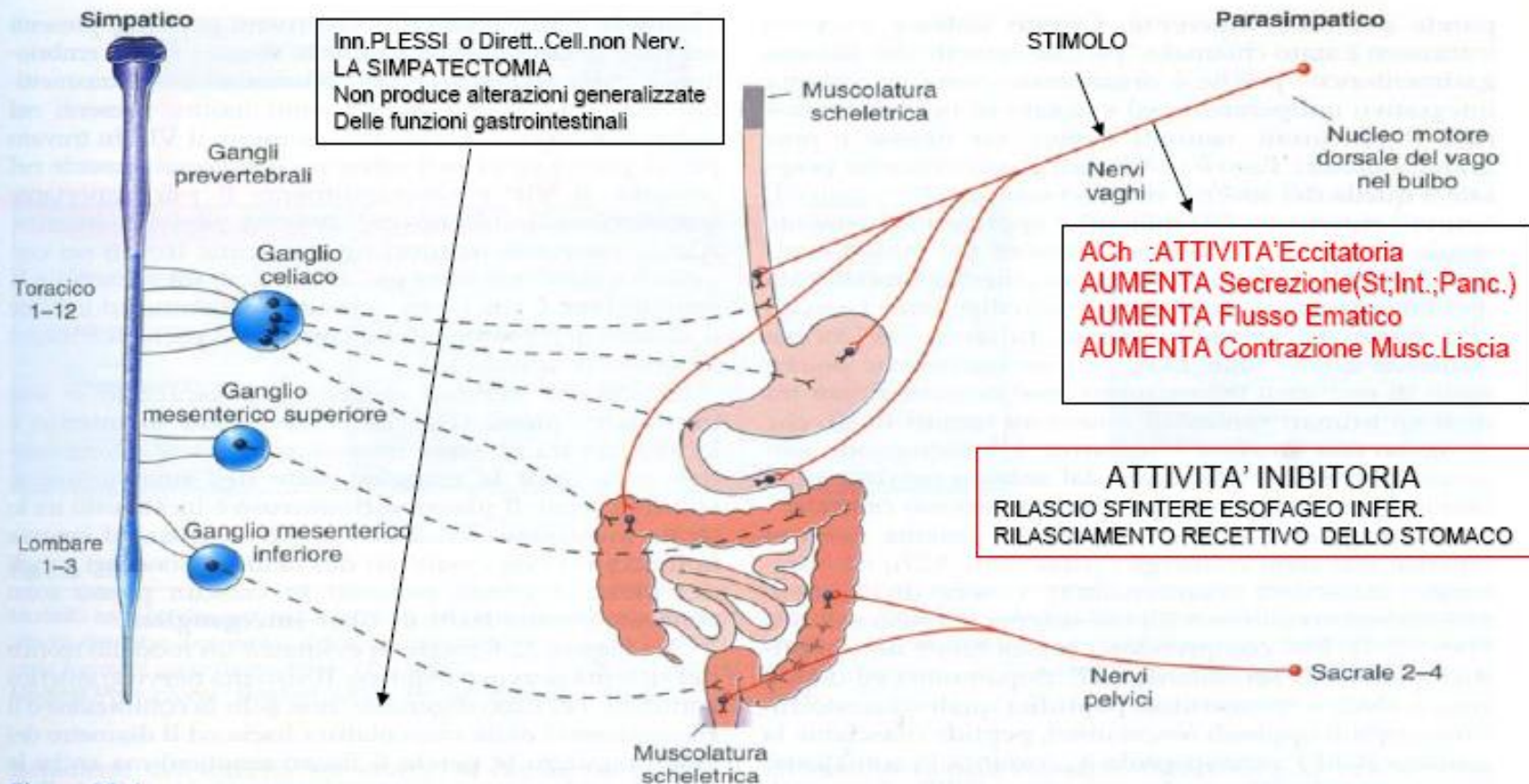
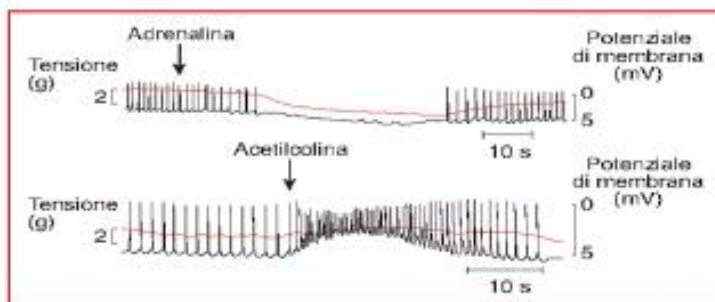


Figura 22-4 RH

Innervazione del tubo digerente. Le fibre nervose simpatichie pregangliari fuoriescono dalla regione toracolombare del midollo spinale e contraggono sinapsi nei gangli prevertebrali. Le fibre simpatichie postgangliari sono rappresentate con linee tratteggiate. Le fibre parasimpatiche dei nervi vaghi innervano la maggior parte del tubo digerente (fino al colon trasverso). Le parti più distali del colon sono innervate da fibre parasimpatiche dei nervi pelvici. La muscolatura scheletrica dell'esofago superiore e lo sfintere anale esterno sono innervati dal sistema motorio somatico.

INNERVAZIONE SIMPATICA E PARASIMPATICA DEL TRATTO G.I.



CELLULE DEI PLESSI
 a) Cell. gangliari
 b) Fibre aff. della mucosa
 c) Interneuroni
 d) Fibre Efferenti

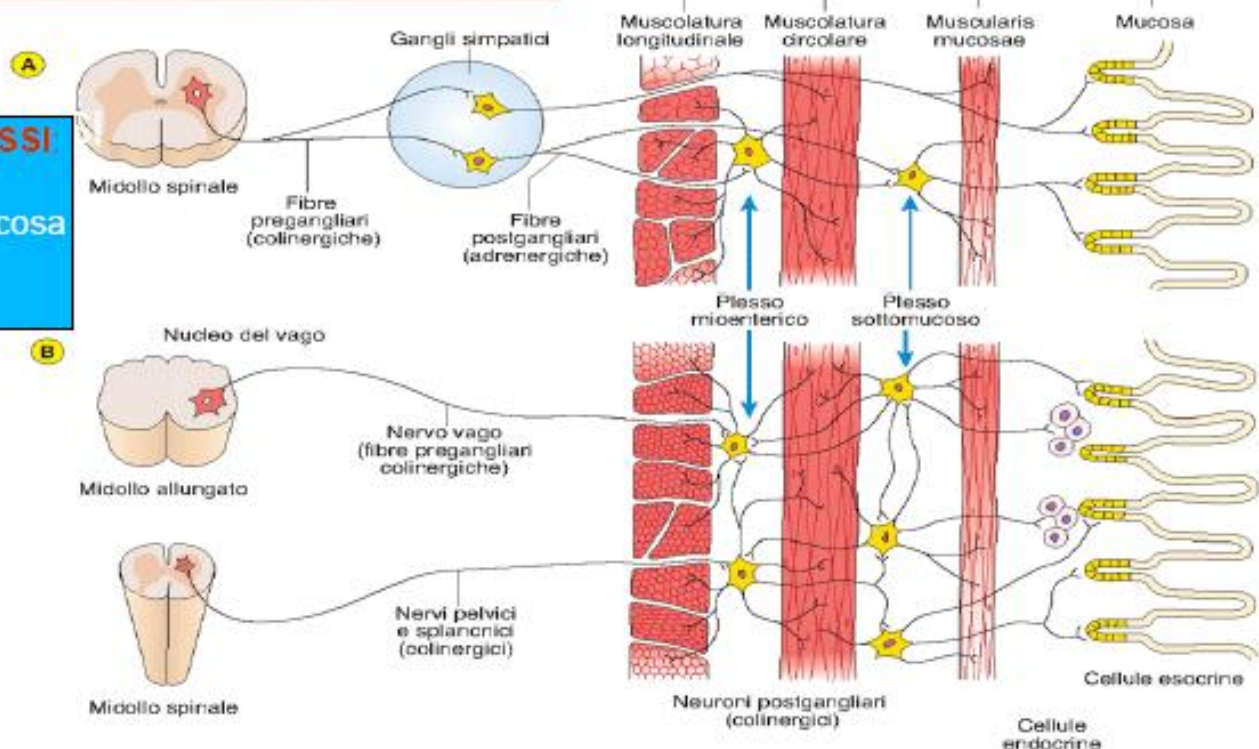
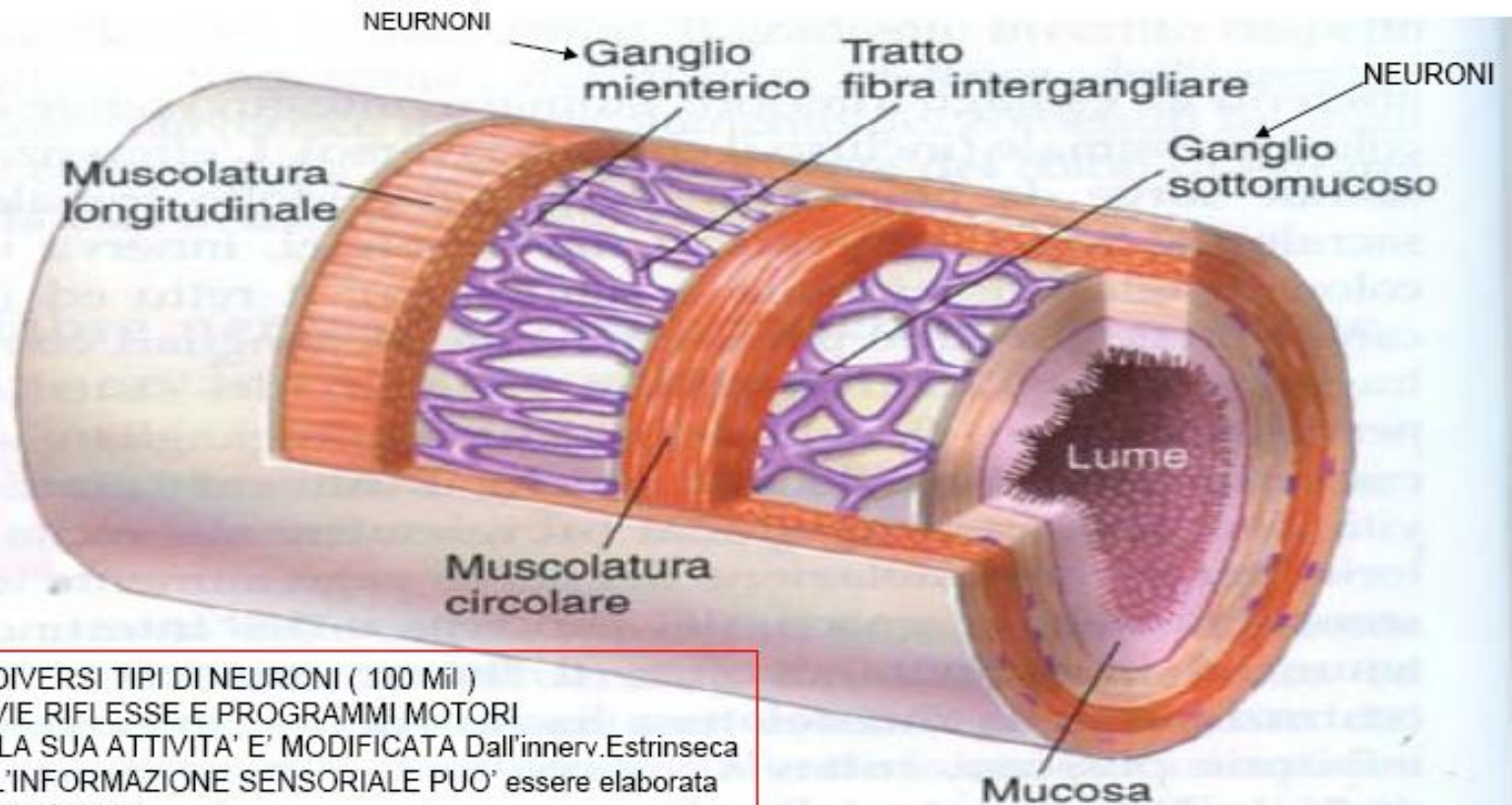


Figura 46.4 Innervazione simpatica e parasimpatica del tratto gastrointestinale. **A)** Innervazione efferente simpatica. Si notino le fibre pre- e post-gangliari. Quelle post-gangliari innervano direttamente il plesso mioenterico, il plesso sottomucoso, la muscularis mucosae e le cellule della mucosa. **B)** Innervazione efferente parasimpatica. Si notino le fibre pre-gangliari. I neuroni post-gangliari coincidono con i neuroni del plesso mioenterico. Nel riquadro in alto sono riportate l'attività elettrica e la tensione muscolare della tenia coli prima e durante l'applicazione di adrenalina (azione inibitoria) e l'applicazione di ACh (azione eccitatoria). Si noti come l'adrenalina inibisce i potenziali d'azione e attenua la tensione di contrazione, mentre l'ACh esercita effetti opposti.

Car

IL RUOLO DEL SISTEMA NERVOSO ENTERICO

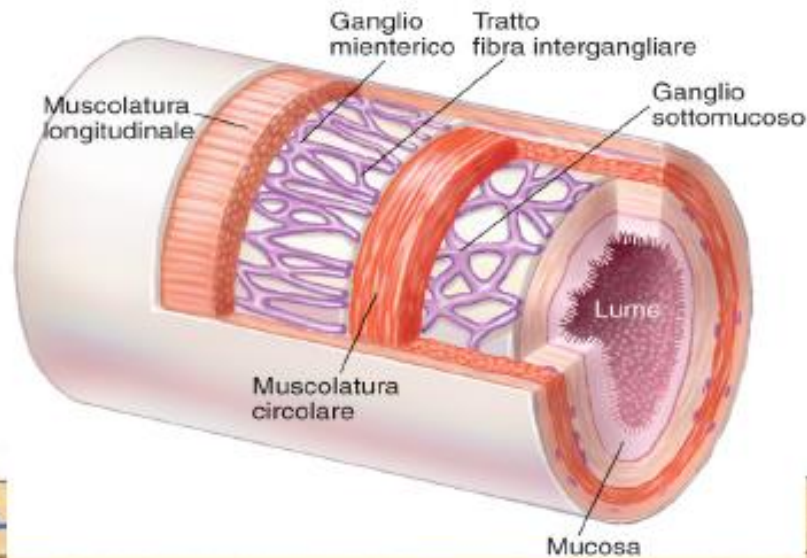


DIVERSI TIPI DI NEURONI (100 Mil)
VIE RIFLESSE E PROGRAMMI MOTORI
LA SUA ATTIVITA' E' MODIFICATA Dall'innerv.Estrinseca
L'INFORMAZIONE SENSORIALE PUO' essere elaborata
Localmente
MAGGIORANZA DI NEURONI :Non Chol/Non Adr.(Tab)
CellEnd con Funz Paracrina

RH

Figura 22-5

Organizzazione anatomica del sistema nervoso enterico. I corpi cellulari dei neuroni sono nei gangli e con i tratti di fibre intergangliari formano due importanti plessi nervosi: il plesso mienterico ed il plesso sottomucoso.



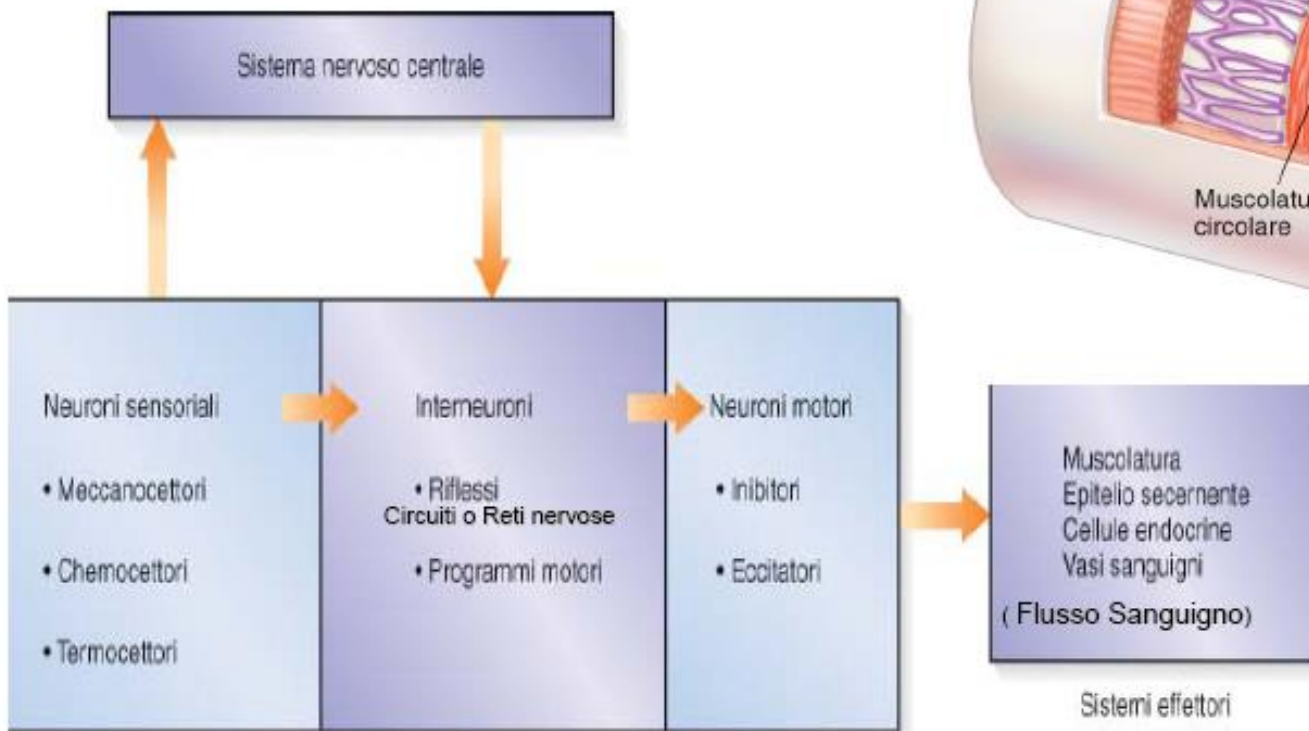
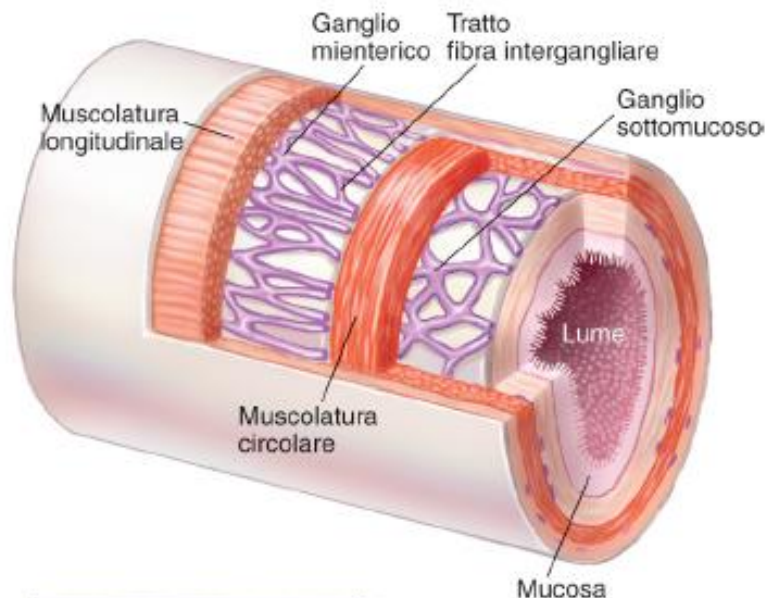
TABELLA

Alcuni neurotrasmettitori del sistema nervoso enterico e loro effetti sulla motilità del tubo digerente

Neurotrasmettitore	Effetto sull'attività motoria
<i>Non peptidici</i>	
ACh	Eccitatorio (di norma)
Serotonina	Eccitatorio
ATP	Inibitorio
Dopamina	Inibitorio
Ossido nitrico	Inibitorio
<i>Peptidici</i>	
Colecistochinina	Eccitatorio
Enkefaline	Eccitatorio
Peptide rilasciante la gastrina	Eccitatorio
Neuropeptide Y	Eccitatorio
Sostanza P	Eccitatorio
Somatostatina	Inibitorio (PRIMA IN IPOTALAMO)
Peptide intestinale vasoattivo	Inibitorio (PRIMA INTEST/POI SNC)

ISTAMINA

MODELLO TEORICO DEL SISTEMA NERVOSO ENTERICO



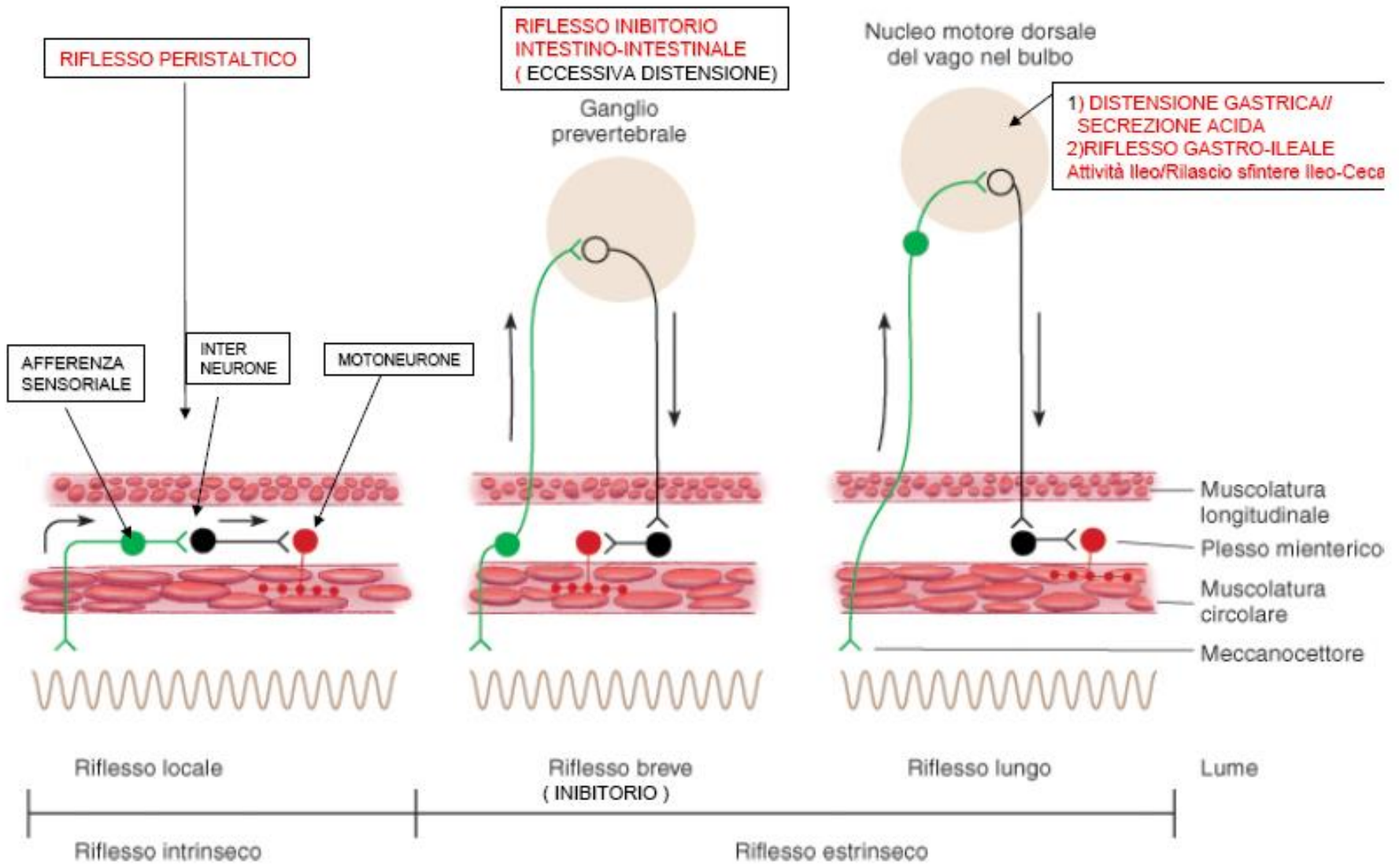
Sistema nervoso enterico

PER PERIODI DI ALIMENTAZIONE
(Durante e dopo il Pasto + 2-3 h successive)
PER PERIODI DI DIGIUNO
PER PERIODI INTERDIGESTIVI

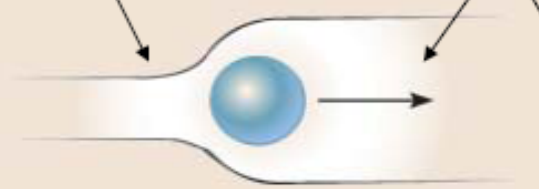
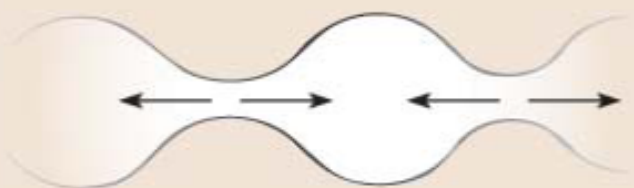
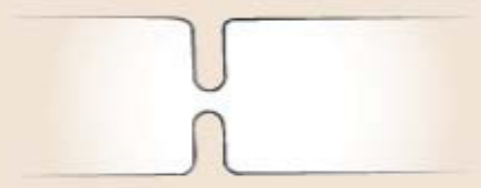
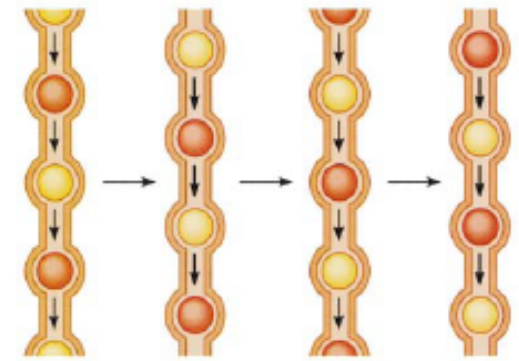
PROGRAMMI MOTORI

PERISTALSI
MOVIMENTI DI Segmentazione
VOMITO
DEFECAZIONE

CONTROLLO DELL'ATTIVITA' MOTORIA E SECRETORIA : TRE TIPI DI RIFLESSI GAS.INT.



TIPI DI MOTILITA' GASTROINTESTINALE

Tipo di motilità	Sede	Funzione principale PROPULSIONE
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <div style="background-color: #0070c0; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black;">C CONTR.</div> <div style="background-color: #0070c0; color: white; padding: 5px; border: 1px solid black;">L RELAX+REL.RECETTIVO</div> </div>  <p style="text-align: center;">Peristalsi</p>  <p style="text-align: center;">Segmentazione ritmica</p>  <p style="text-align: center;">Contrazione tonica</p>	<p style="text-align: center;">Esofago Stomaco distale Intestino tenue Intestino crasso</p> <p style="text-align: center;">Intestino tenue Intestino crasso</p> <p style="text-align: center;">Sfinteri Stomaco prossimale</p>	 <p>(a) Peristalsi</p> <p style="text-align: center;">Rimescolamento</p> <p style="text-align: center;">Separazione dei compartimenti, blocco dei passaggi di materiale, mantenimento pressione sui contenuti luminali</p>

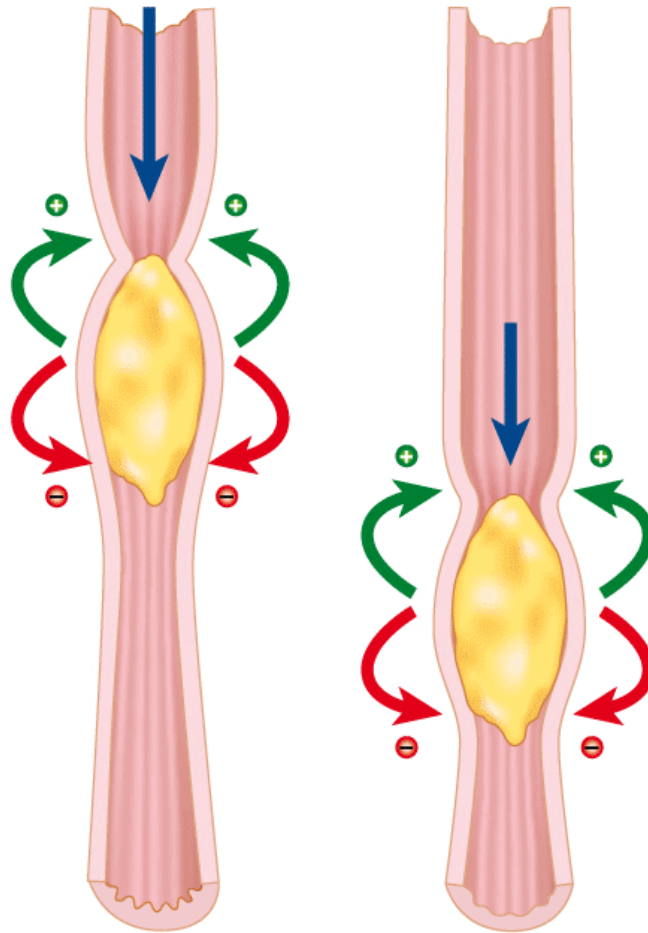
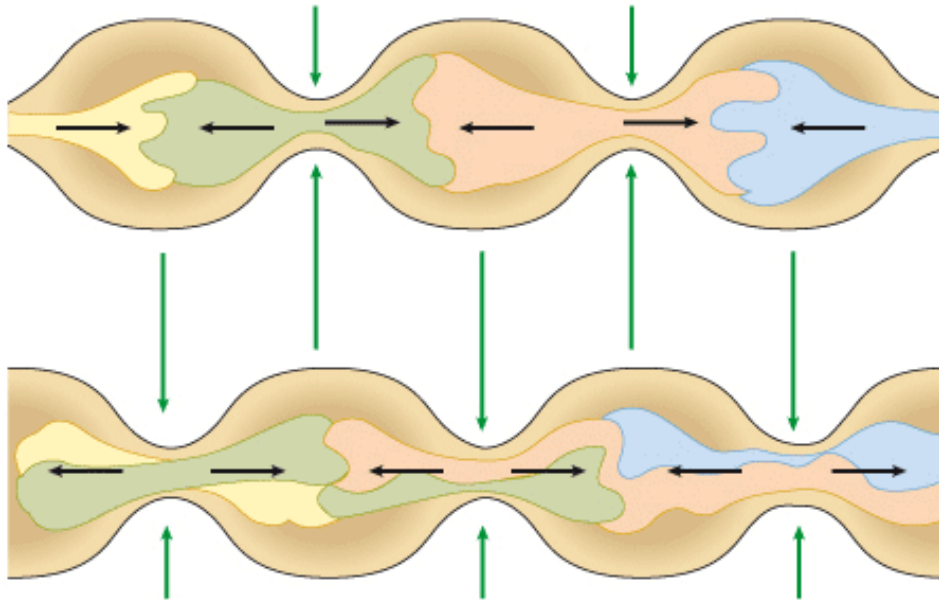


Figura 11.6 Contrazione peristaltica. La presenza del bolo determina una contrazione della muscolatura liscia a monte (freccia verde e segno +) e un rilasciamento a valle (freccia rossa e segno -). La freccia blu indica la direzione del movimento impres-

I movimenti di segmentazione
 (contrazione della muscolatura circolare)
 sono responsabili della miscelazione



Favoriscono la digestione e l'assorbimento

Figura 11.7

Movimenti di segmentazione dell'intestino tenue. Le frecce nere indicano il movimento del contenuto lumenale (rappresentato con diversi colori), mentre le verdi indicano l'alternanza di contrazione e rilasciamento delle diverse aree del tenue.

SFINTERI : CONTRAZIONE TONICA

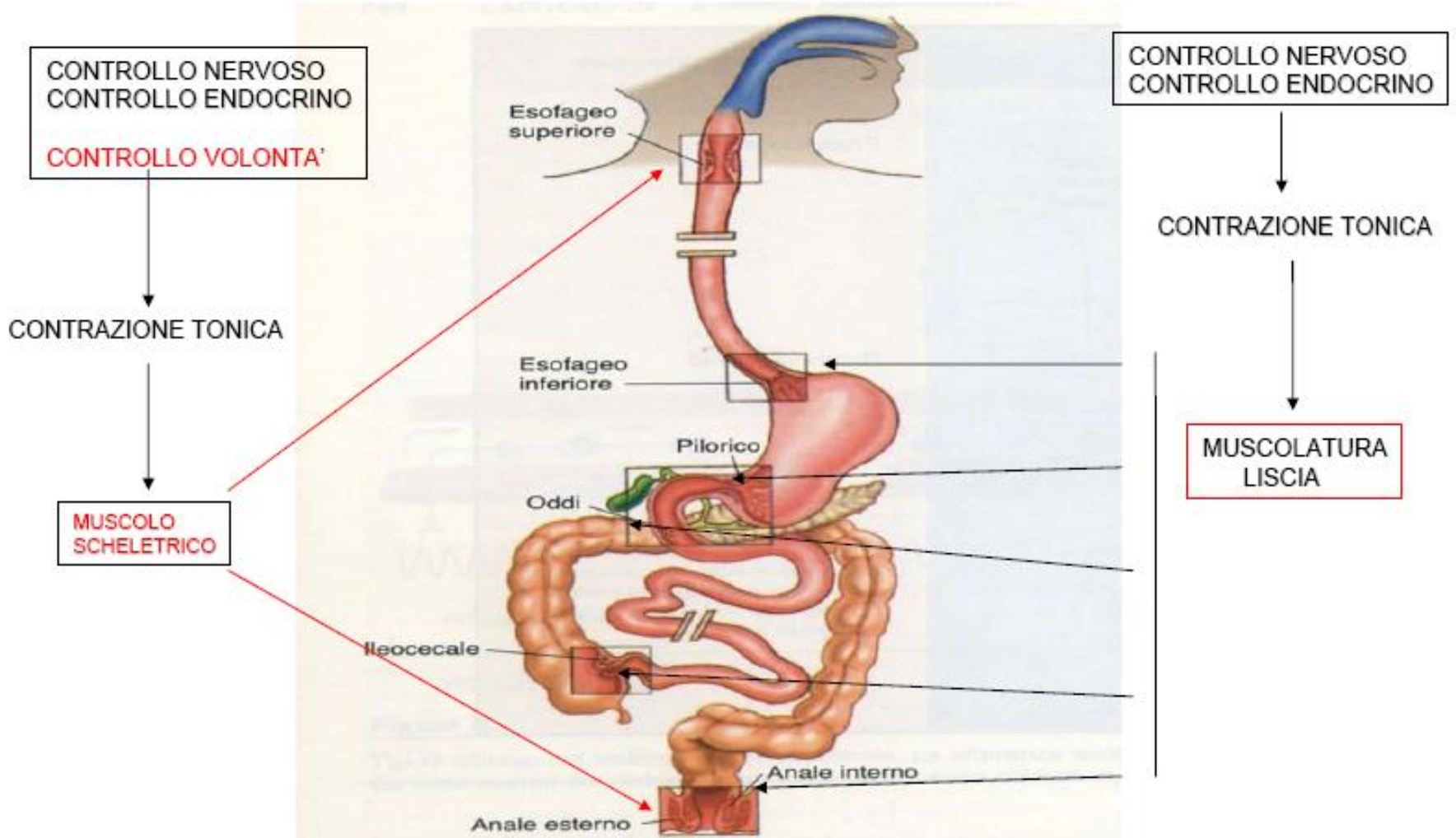


Figura 22-9

Gli sfinteri sono costituiti da muscolatura circolare tonicamente contratta che si rilascia in risposta a stimoli nervosi od ormonali. Gli sfinteri assicurano il movimento dei contenuti luminali in un'unica direzione. Lo sfintere di Oddi controlla il flusso di bile che proviene dal dotto biliare comune.

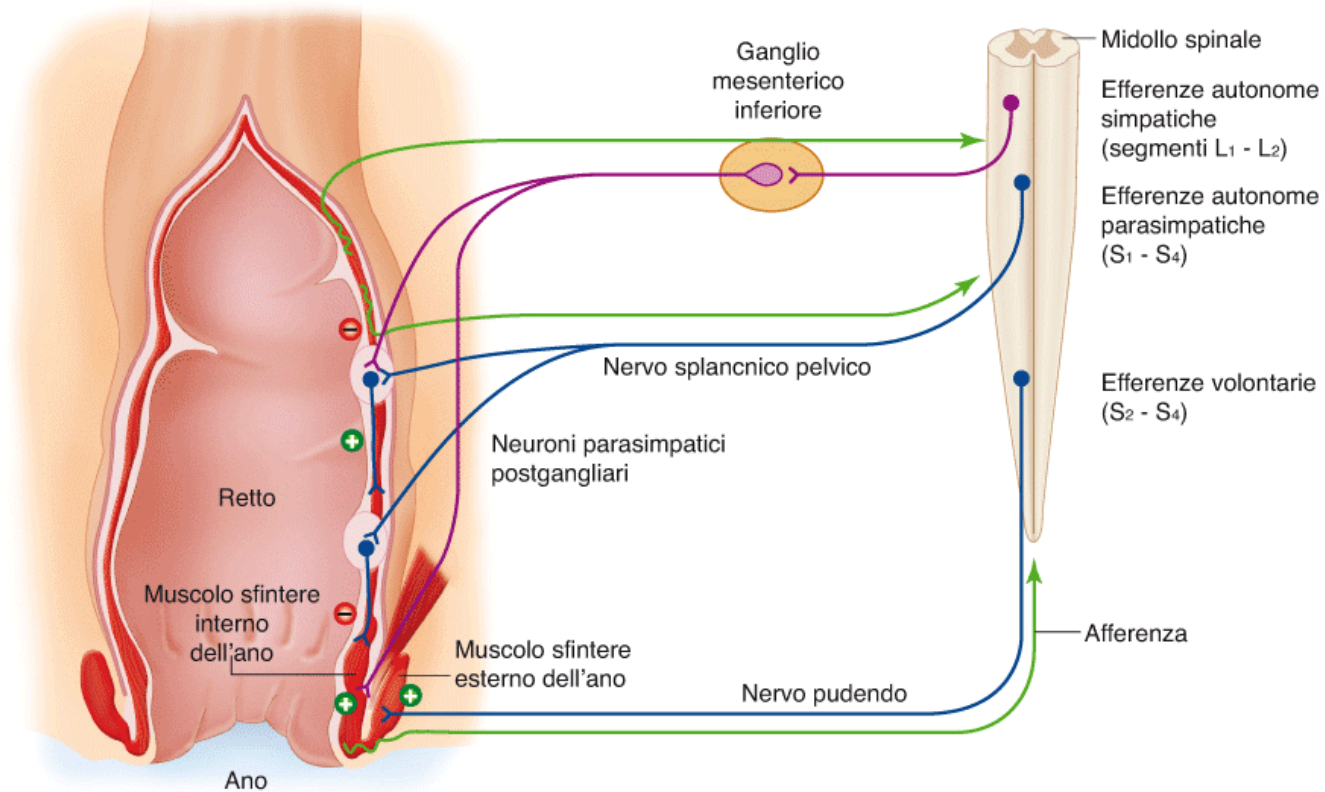
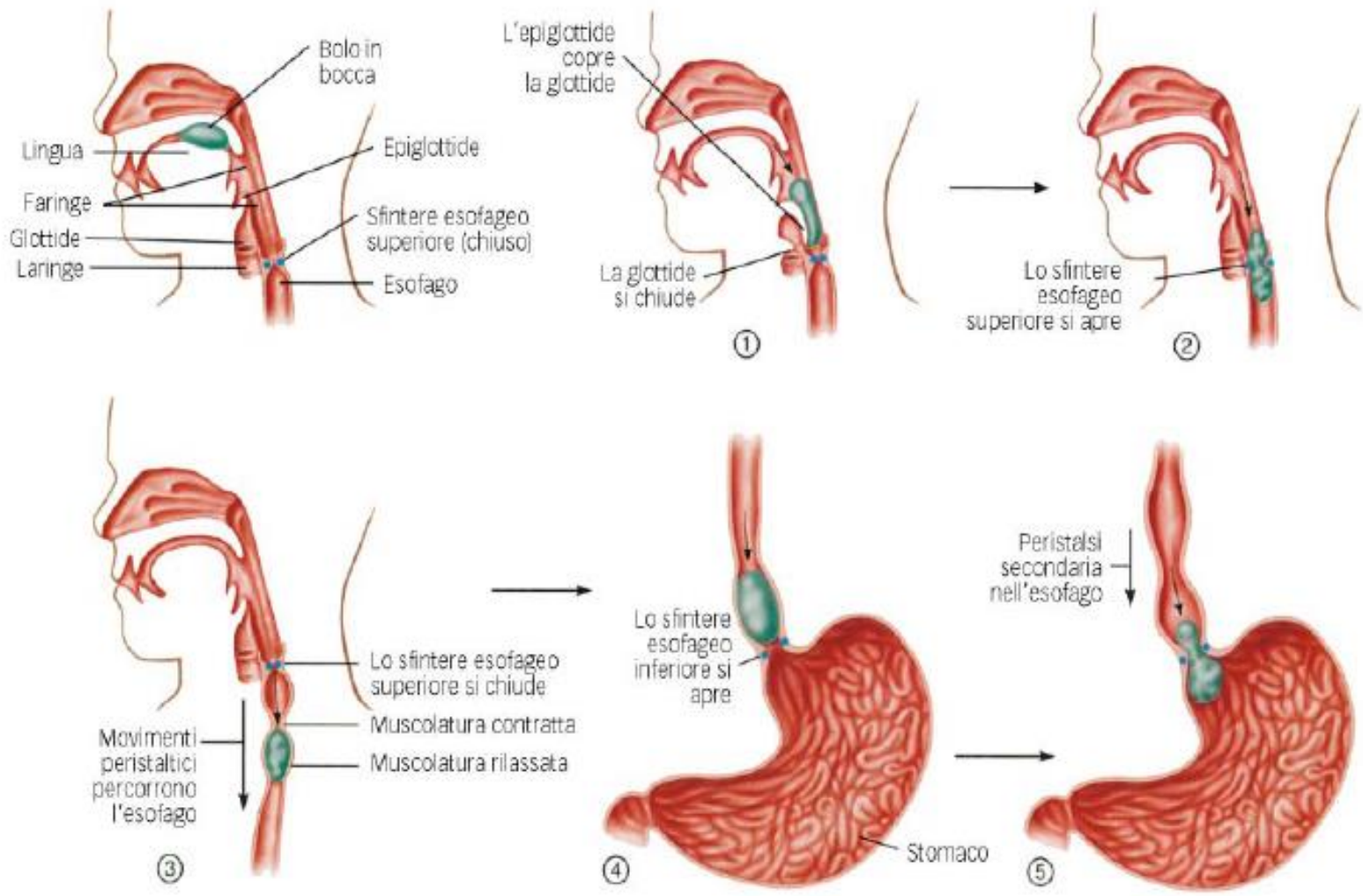


Figura 11.13 Innervazione del retto e degli sfinteri anali. La linea viola rappresenta l'innervazione efferente simpatica responsabile della continenza; le linee blu rappresentano l'innervazione efferente parasimpatica e somatica responsabili della defecazione; le linee verdi rappresentano l'innervazione afferente sensoriale somatica. +, eccitazione; -, inibizione.

MOVIMENTO PERISTALTICO : RIFLESSO DELLA DEGLUTIZIONE



GAR FIGURA 21.28 Fasi del riflesso di deglutizione. Le diverse fasi sono descritte in dettaglio nel testo.

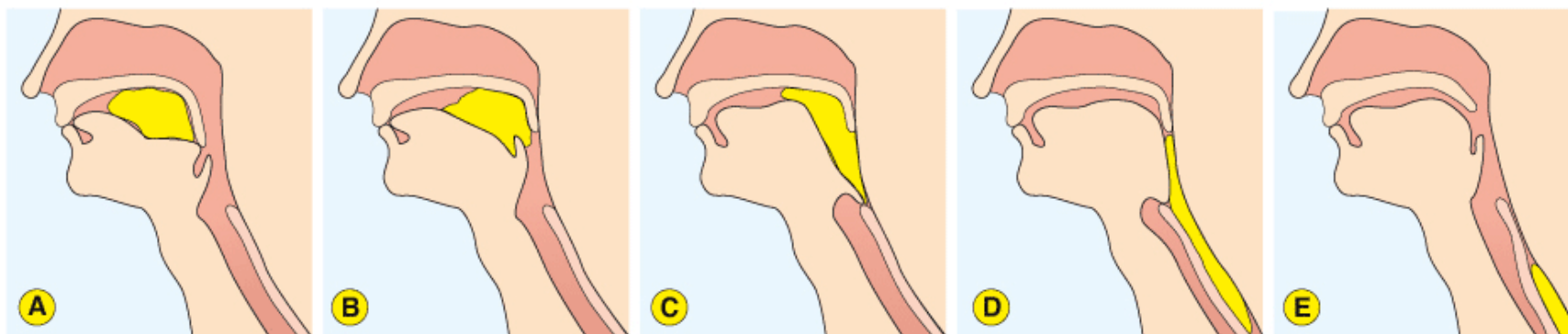


Figura 11.9 Sequenza di eventi durante la deglutizione: **(A)** e **(B)**: fase orale; **(C)** e **(D)**: fase faringea; **(E)** fase esofagea. In giallo, il bolo alimentare.

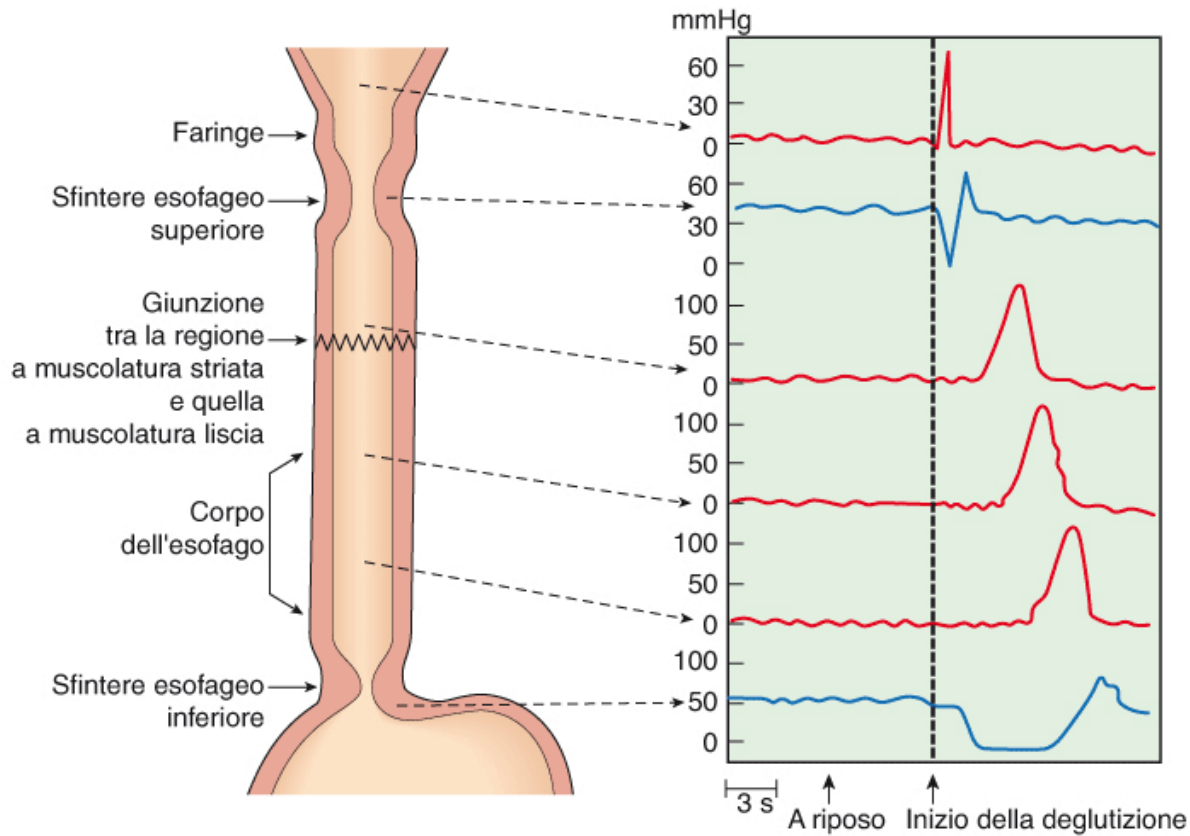
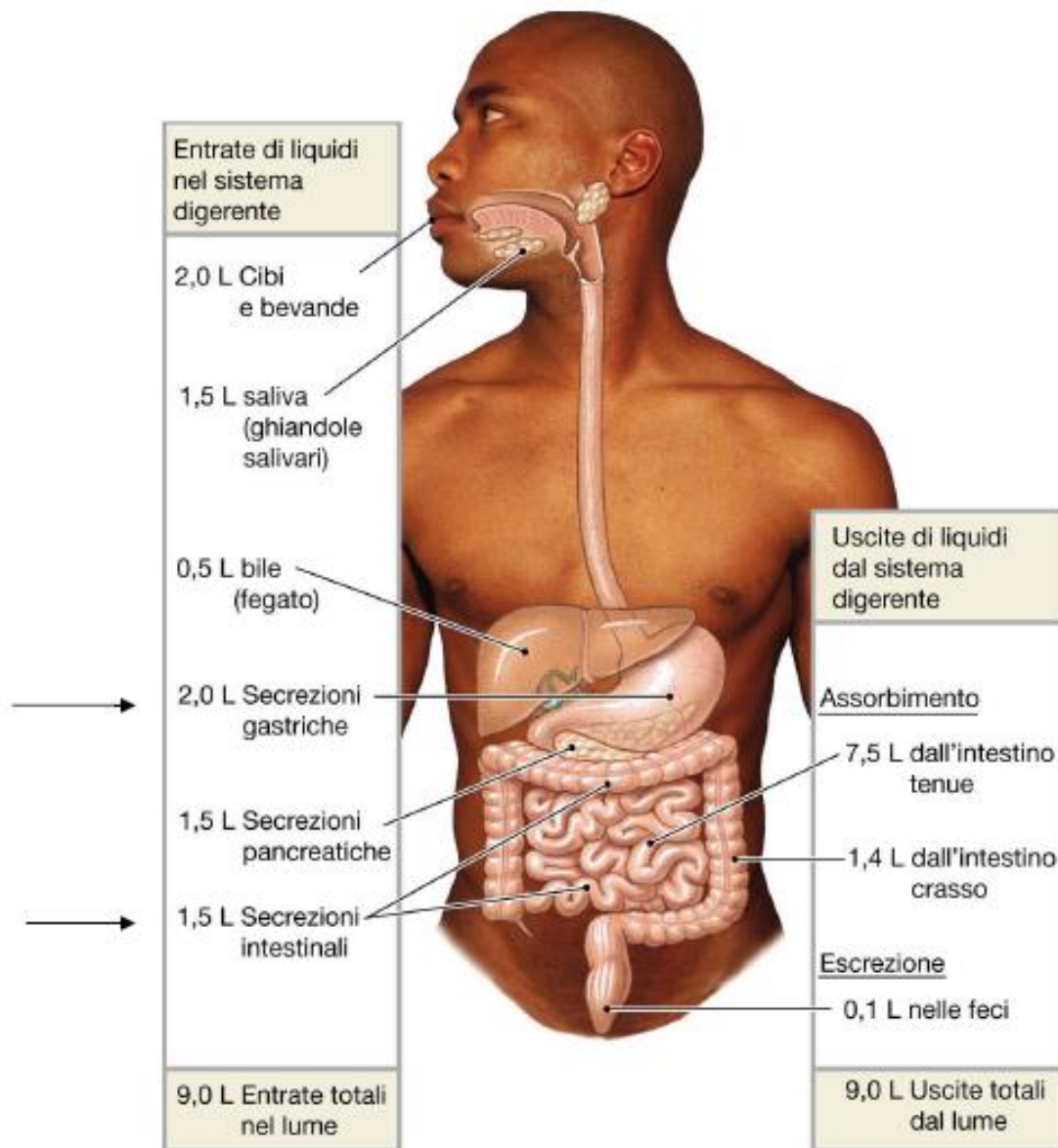


Figura 11.10 Variazioni pressorie registrate a vari livelli dell'esofago sia a riposo che durante la deglutizione. Sono rappresentate in blu le variazioni pressorie degli sfinteri, in rosso quelle della faringe e del corpo dell'esofago.

SECREZIONE

EQUILIBRIO DI MASSA GIORNALIERO DEI LIQUIDI NEL SISTEMA DIGERENTE



GHIANDOLE ACCESSORIE: LE GHIANDOLE SALIVARI

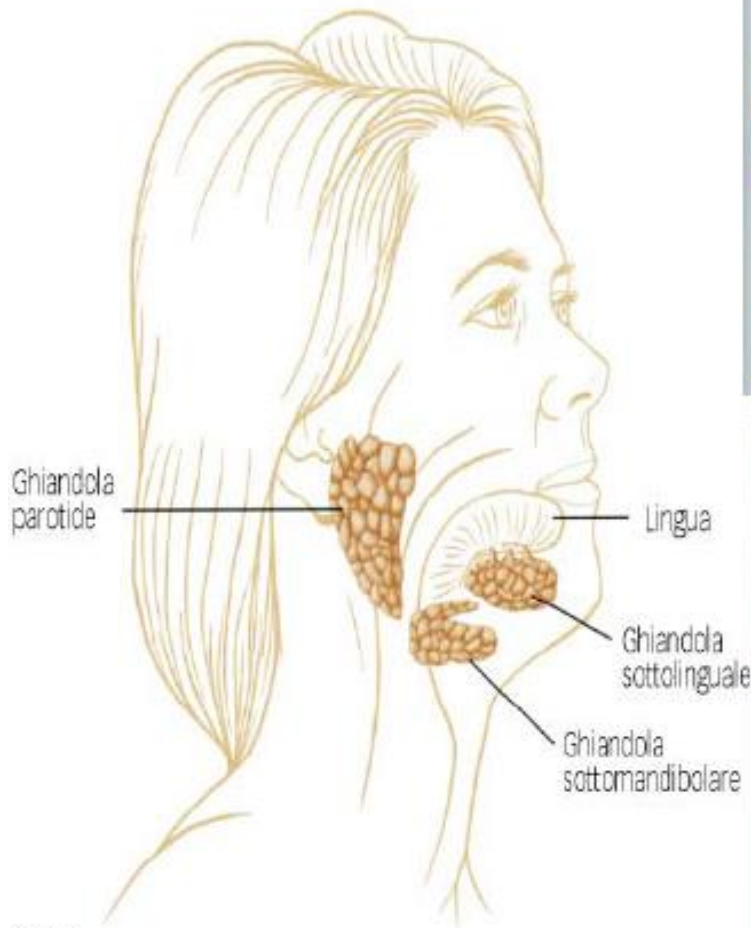
TABELLA 22-4

Ghiandole salivari principali

Ghiandola	Innervazione parasimpatica	Tipo Istologico	Percentuale della secrezione totale di saliva
Parotide	Glossofaringeo	Sieroso	25
Sottomandibolare	Facciale	Misto*	70
Sottolinguale	Facciale	Misto ^a	5

* Il rapporto tra acini sierosi e mucosi è di 4:1

^a Il rapporto tra acini sierosi e mucosi è di 1:4



GAR.

FIGURA 21-9 Localizzazione delle principali ghiandole salivari. GER.

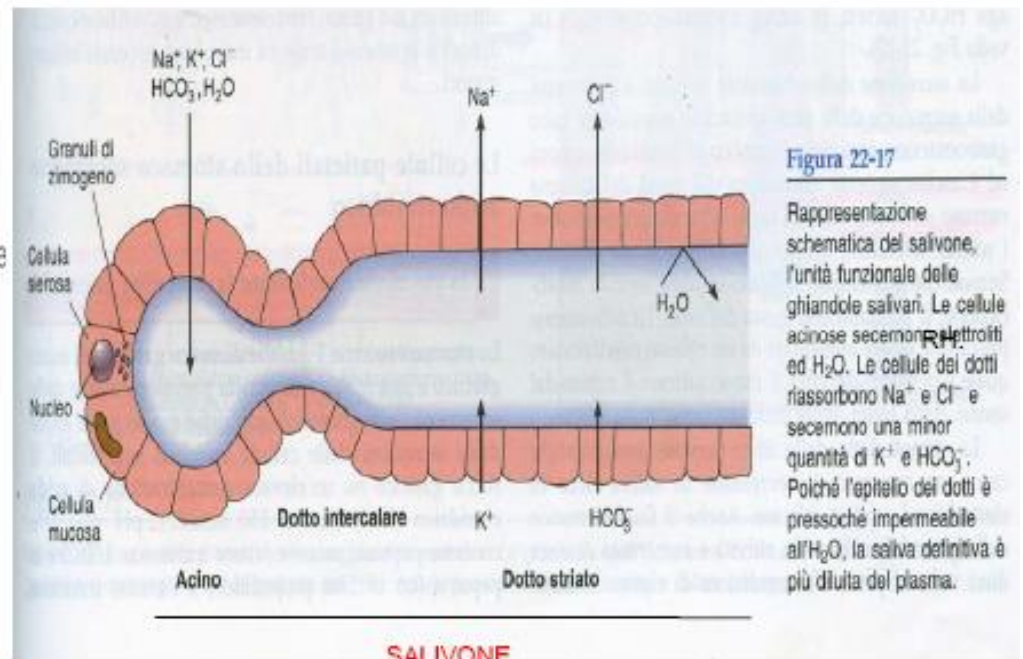
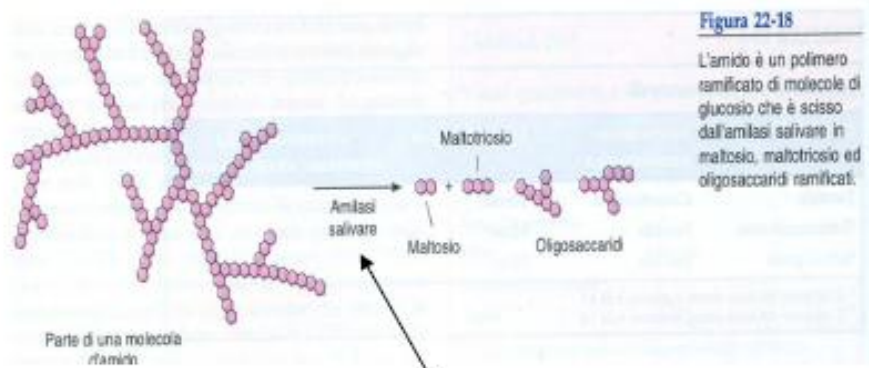


Figura 22-17

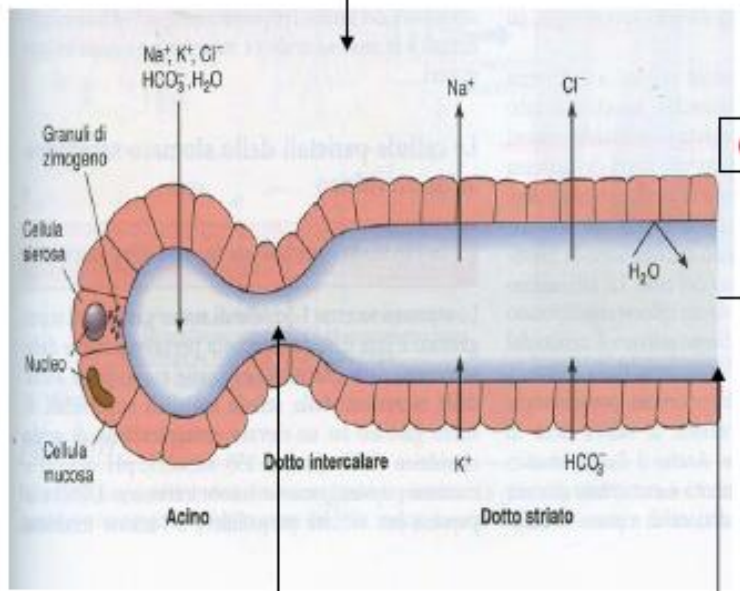
Rappresentazione schematica del salivone, l'unità funzionale delle ghiandole salivari. Le cellule acinose secernono elettroliti ed H_2O . Le cellule del dotto riassorbono Na^+ e Cl^- e secernono una minor quantità di K^+ e HCO_3^- . Poiché l'epitelio dei dotti è pressoché impermeabile all' H_2O , la saliva definitiva è più diluita del plasma.

SALIVONE

AZIONI SALIVA : 1) LUBRIFICAZIONE Bocca; 2) ARTICOLAZIONE PAROLA; 3) GUSTO; DIGESTIONE AMIDO



-REGOLAZIONE: SOLO SISTEMA AUTONOMO PARASIMPATICA (+) E SIMPATICA (-). (NUCLEI SALIVATORI NEL BULBO)
-NESSUNA REGOLAZIONE ENDOCRINA



COMPOSIZIONE

CELLULE SIEROSE (Amilasi+ elettroliti)
 CELLULE MUCOSE (Mucina) + = Muco

SALIVA

FUNZIONI

INIZIO DIGESTIONE (pH 7 ; 75% amido digerito anche nello stomaco)

PROTETTIVA (Lisozima ;
 Lattoferrina : sottrae Fe ai microorganismi
 Immunoglobuline

CONTIENE Aptocorrina(Lega B12) Fattori di crescita ;ormoni steroidei)

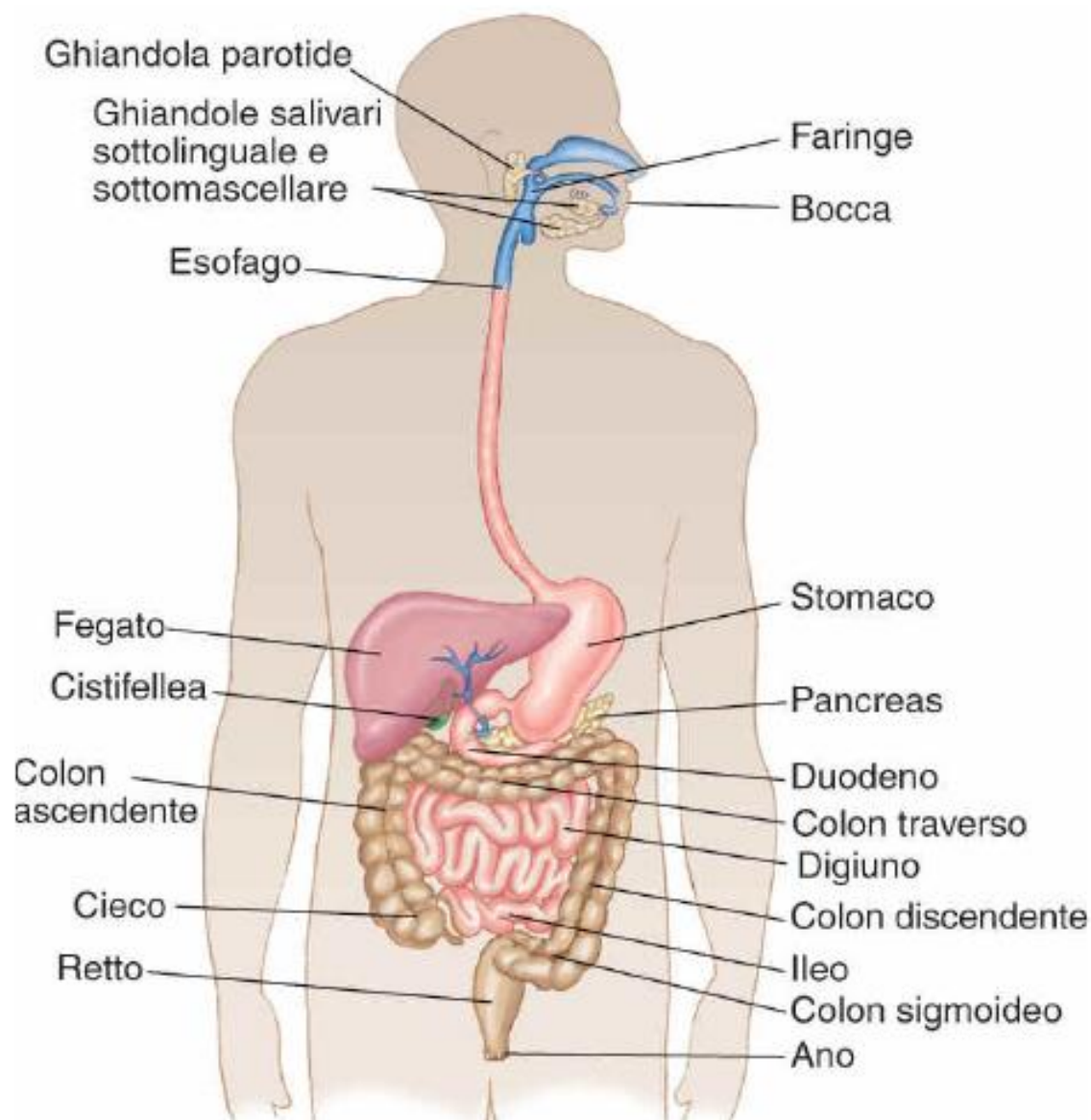
NEUTRALIZZA gli acidi(cavo orale ;dallo stomaco)

LIQ. ISOOSM. COL PLASMA

LIQ. IPOOSM. 10-50 mosm/Kg H₂O

XEROSTOMIA o BOCCA SECCA: (Farmaci Antidepressivi (anticolinergici) SINTOMI : Difficolta' parlare, Deglutire; Alterazioni Gusto

Le 4 funzioni di base dell'apparato digerente



Cavità orale ed esofago

M: deglutizione, masticazione

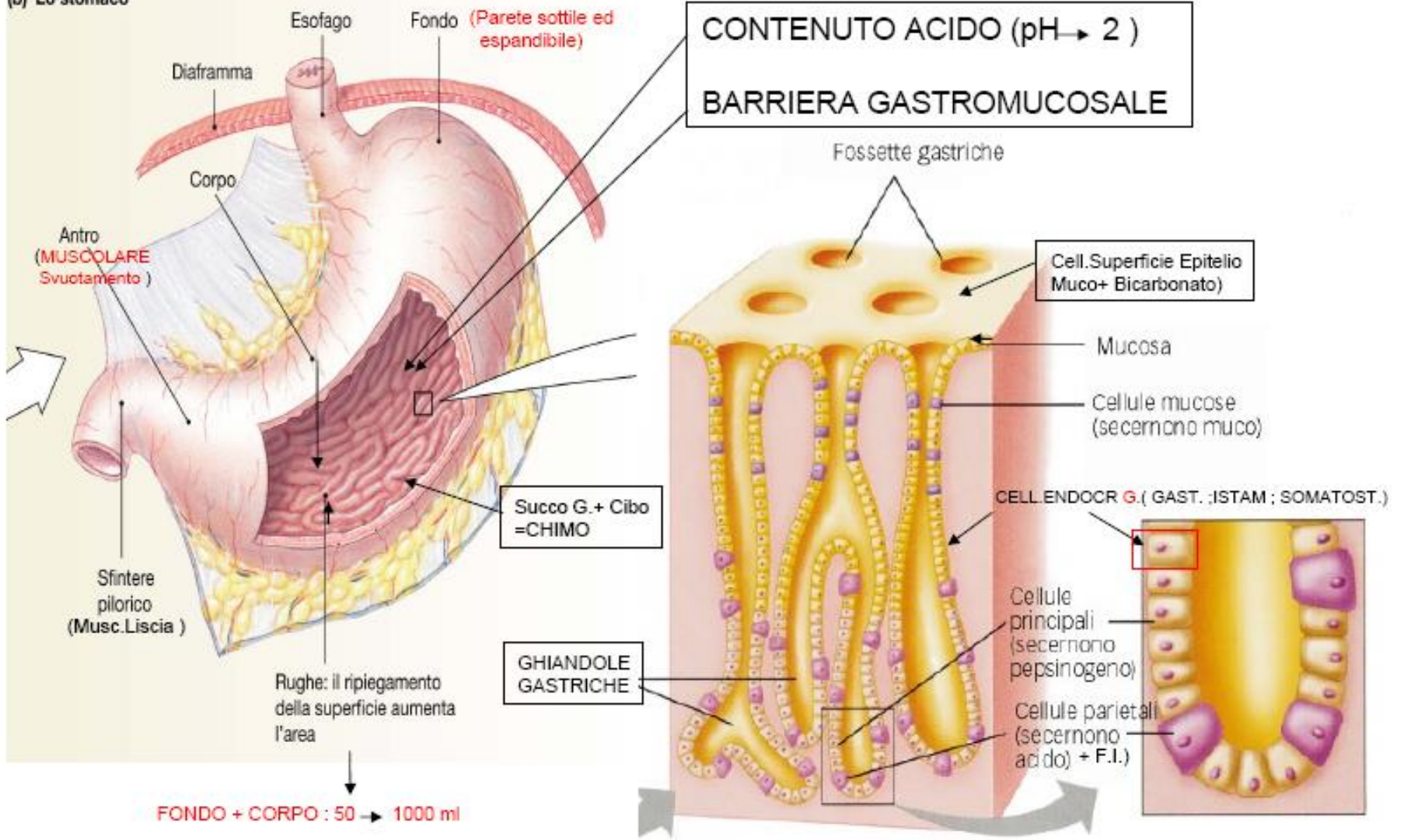
S: saliva, lipasi

D: CHO, lipidi

A: nullo

ANATOMIA FUNZIONALE DELLO STOMACO

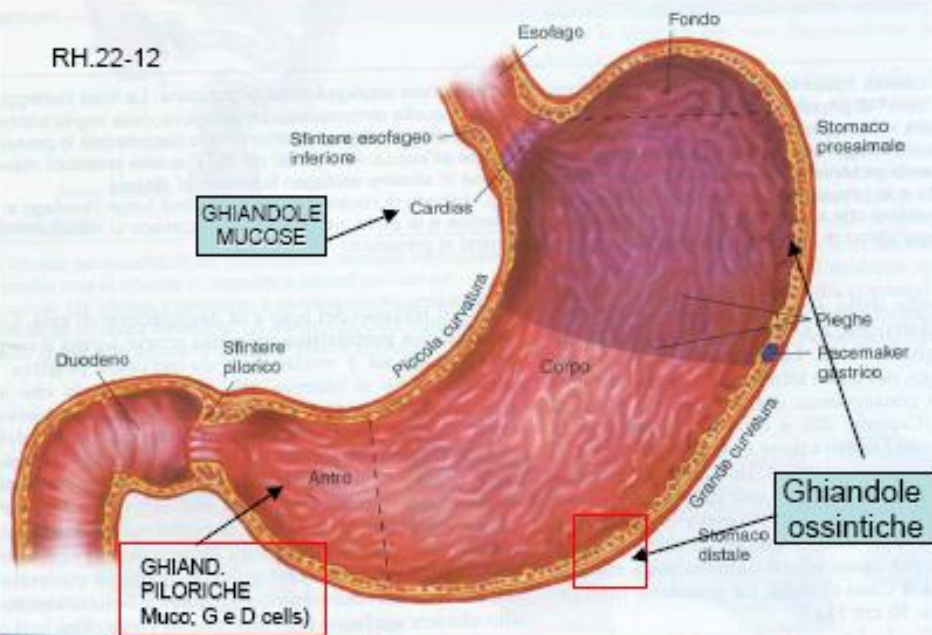
(b) Lo stomaco



FONDO + CORPO : 50 → 1000 ml

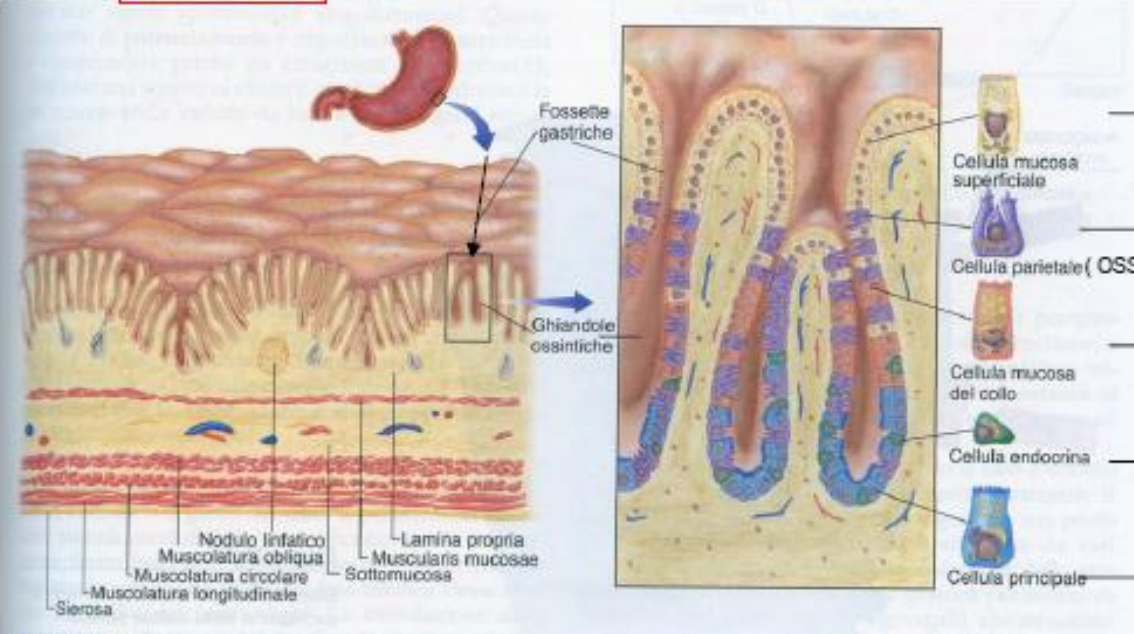
IL FONDO ED IL CORPO PRESENTANO FOSSETTE GASTRICHE

RH.22-12



FUNZIONI
SECREZIONE S.G. (1-3 l/Die)
DEPOSITO
DIGESTIONE ACIDA
ENZIMATICA
MECCANICA
PROTEZIONE

SUCCO GASTRICO



MUCO + BICARBONATO

HCl; pH → 1
FATTORE INTRINSECO x Vit.B12

CELLULE STAMINALI

E.L.C. (Enterocrom.) ISTAMINA
D Cells : SOMATOSTATINA
G Cells: GASTRINA (GH.Piloriche)

PEPSINOGENO; LIPASI GASTRICA

Figura 22-19

Mucosa del corpo dello stomaco con una ghiandola ossintica. Le ghiandole ossintiche sono localizzate sul fondo delle fossette gastriche e contengono cellule mucose del collo, cellule parietali, cellule endocrine e cellule principali.

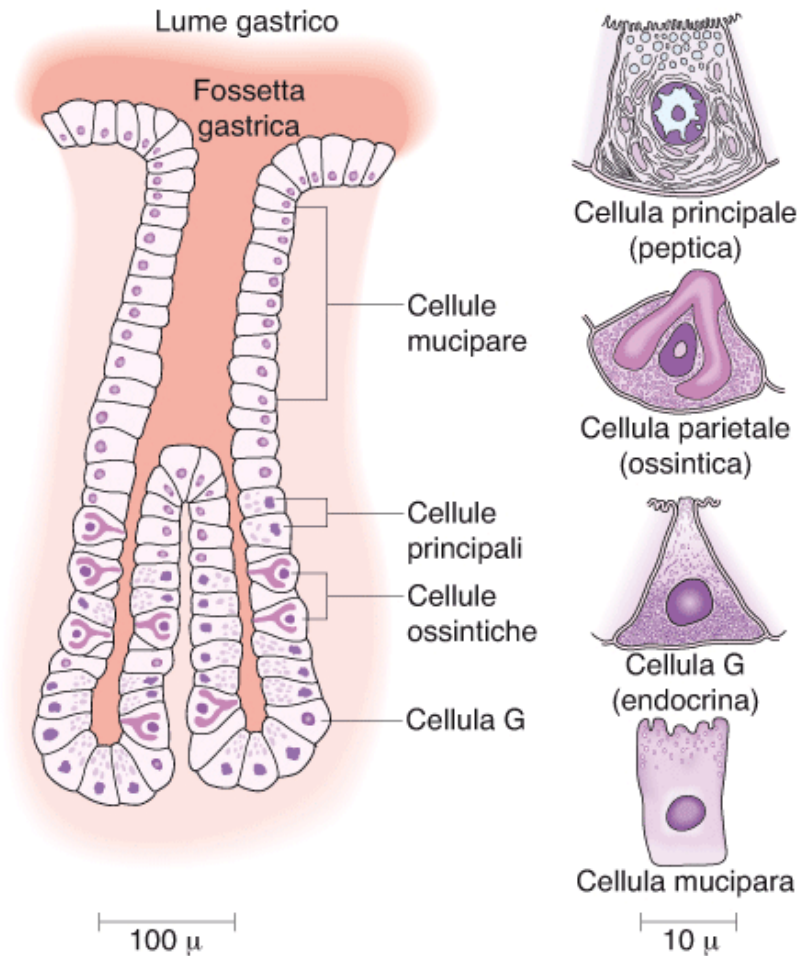


Figura 11.16 Ghiandola gastrica e principali tipi cellulari.

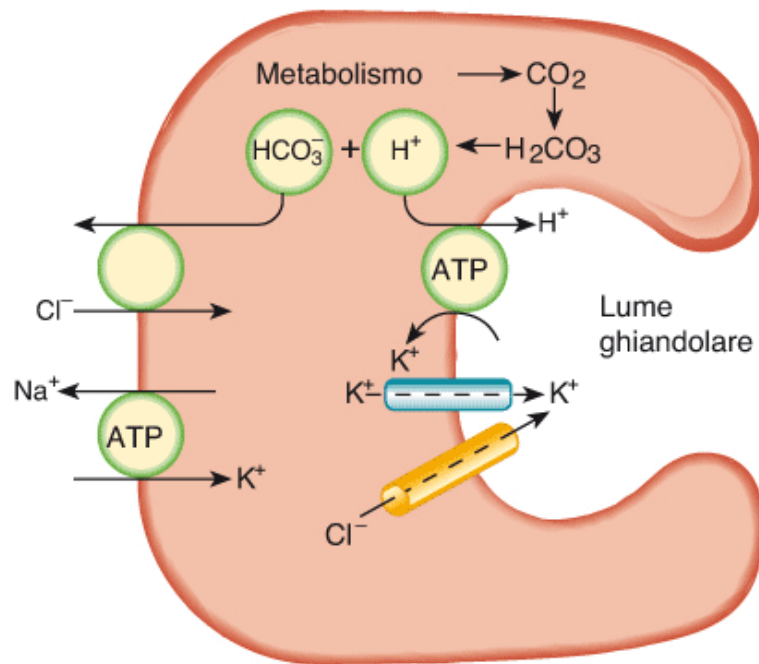
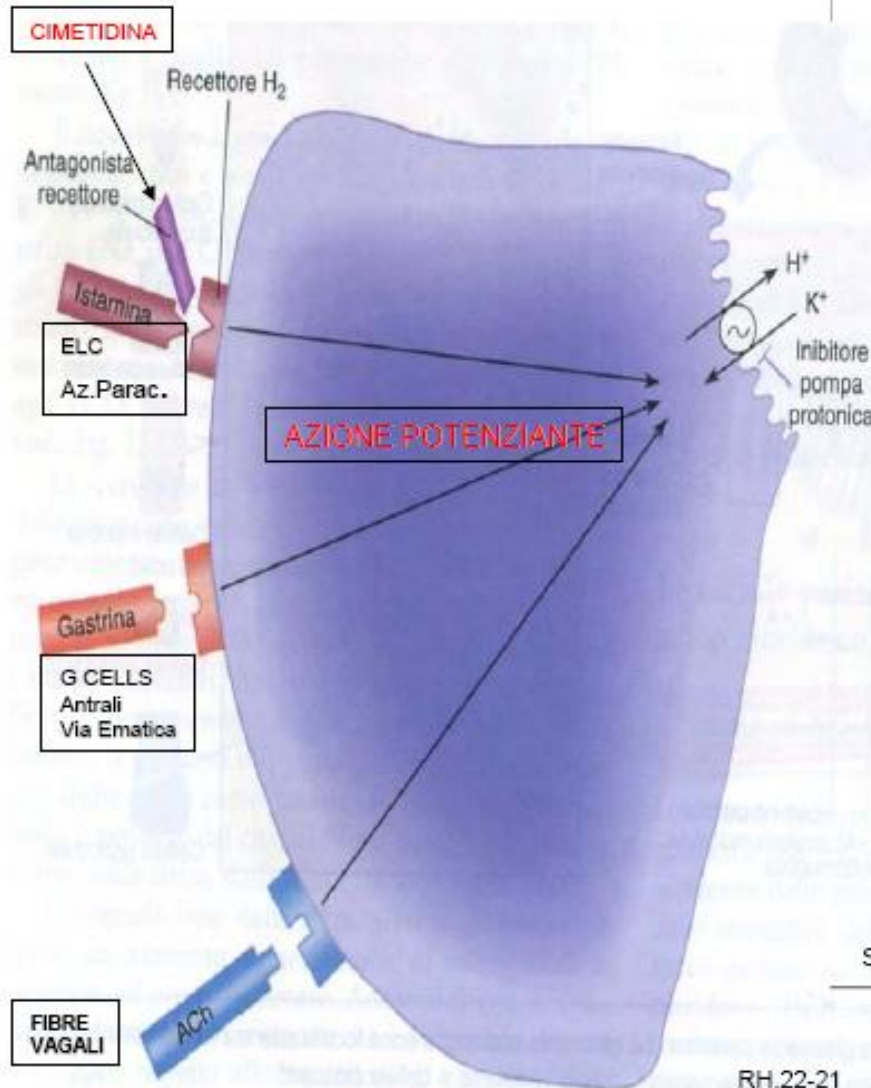


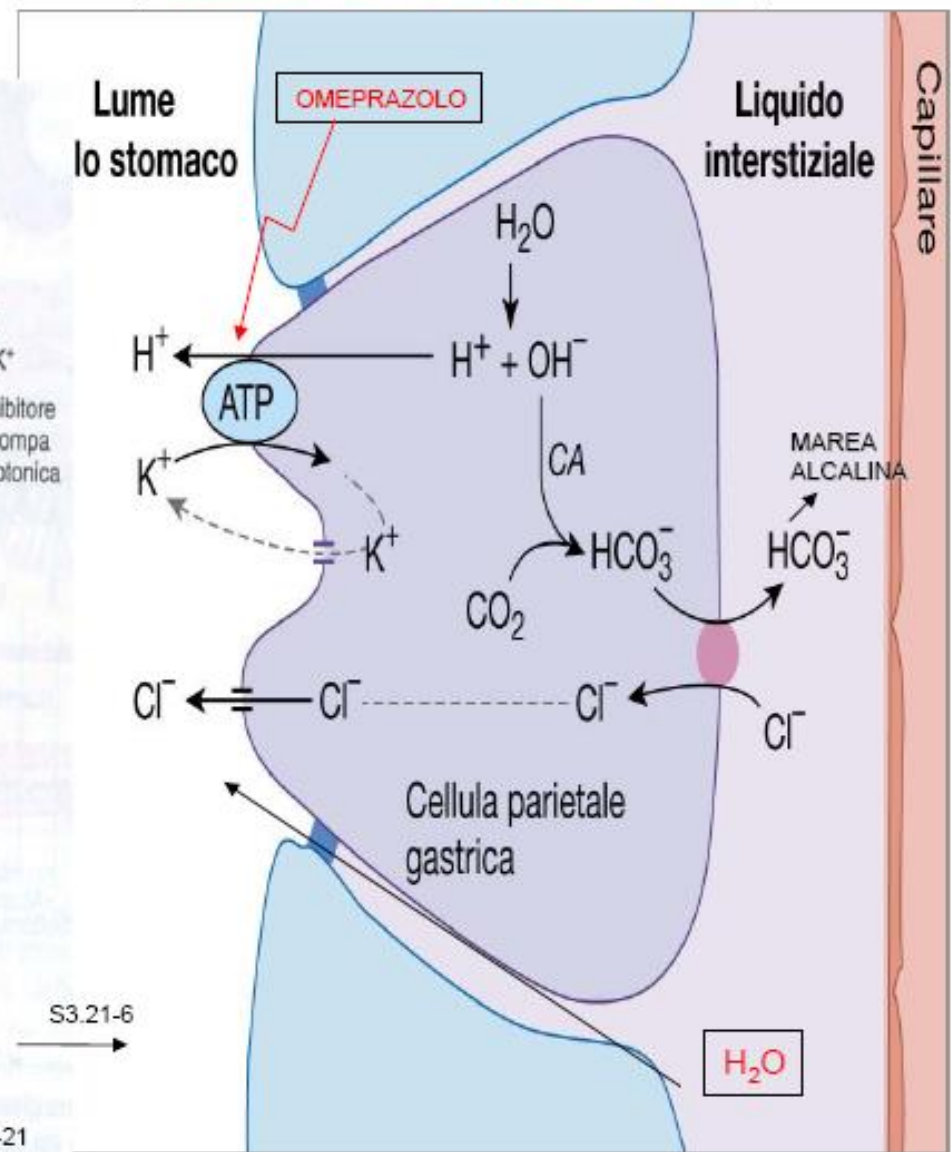
Figura 11.17

Principali meccanismi (di trasporto) responsabili della secrezione di acido cloridrico da parte delle cellule ossintiche. La pompa H^+/K^+ -ATPasi secerne contro gradiente H^+ nel lume gastrico in scambio con K^+ , che viene trasportato all'interno della cellula. L' H^+ deriva dalla dissociazione dell' H_2CO_3 , che a sua volta si forma dalla CO_2 prodotta dal metabolismo cellulare. Il K^+ che è entrato nella cellula tramite la Na^+/K^+ -ATPasi basolaterale o la H^+/K^+ -ATPasi può tornare nel lume attraverso canali ionici. Il Cl^- entrato nella cellula dal lato basolaterale secondo gradiente in scambio con il HCO_3^- intracellulare, diffonde apicalmente nel lume attraverso canali ionici. La secrezione nel lume di H^+ e Cl^- richiama osmoticamente H_2O , che a sua volta entra nella cellula attraverso l'acquaporina 4.

STIMOLI ATTIVANTI LA SECREZIONE DI HCl NELLE CELLULE PARIETALI (OSSINTICHE)



CELLULE PARIETALI : SECREZIONE DI HCl



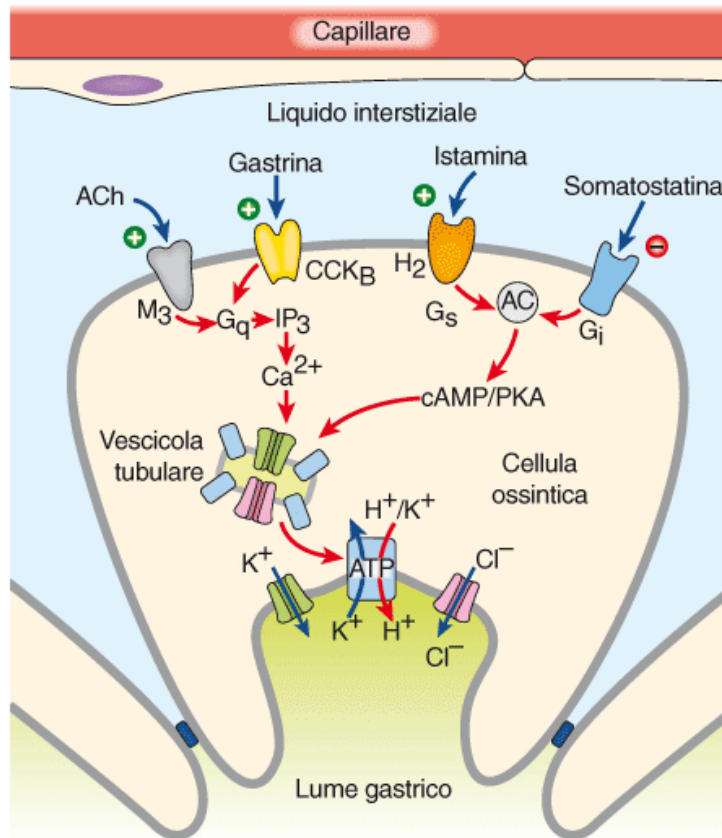
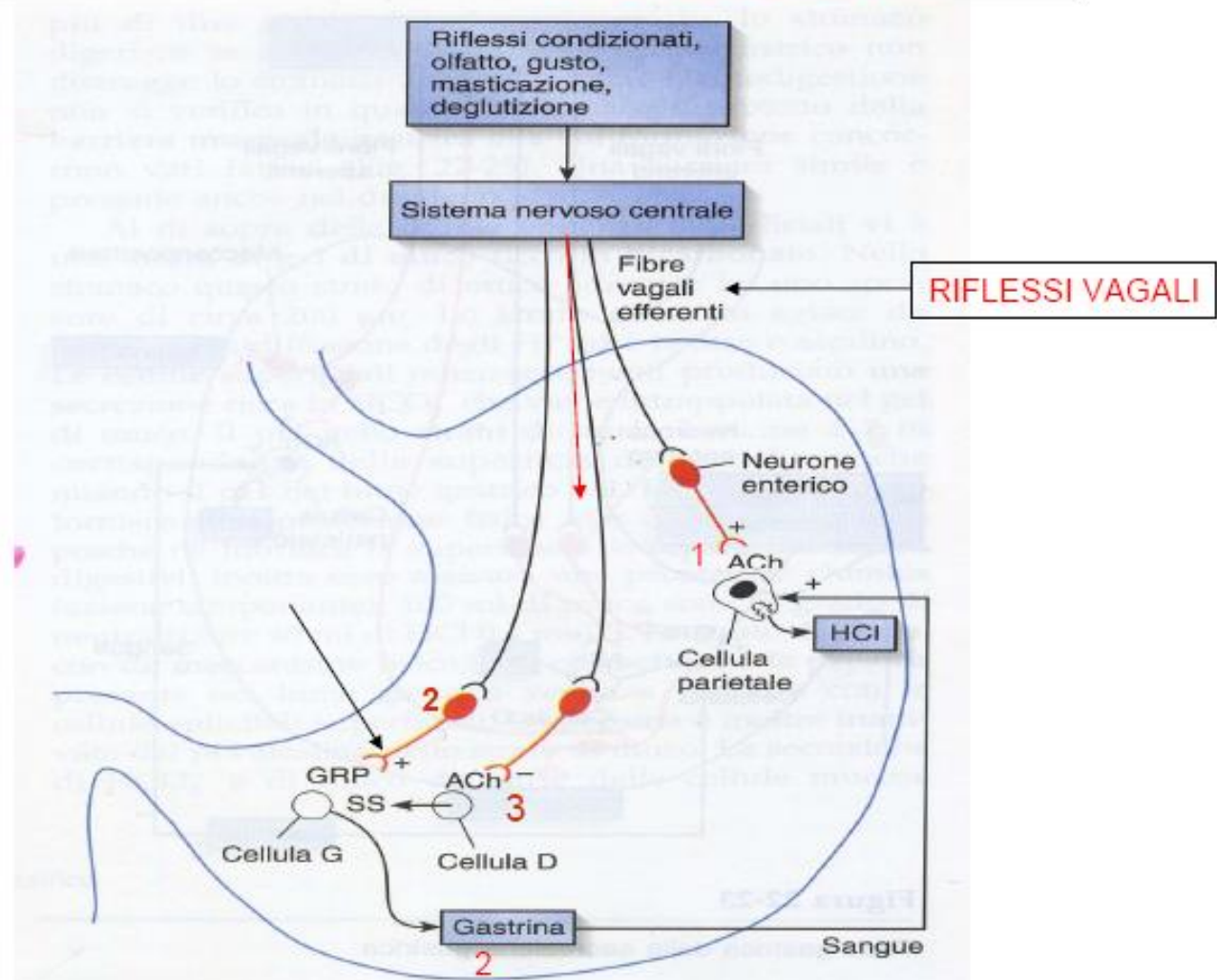


Figura 11.18 Fattori stimolatori (+) e inibitori (-) della secrezione di HCl da parte della cellula ossintica. L'acetilcolina (ACh) tramite i recettori muscarinici M_3 , la gastrina tramite i recettori CCK_B e l'istamina tramite recettori H_2 aumentano la secrezione di HCl, determinando la fusione delle vescicole tubulari sulla membrana luminale gastrica: questi agiscono incrementando i livelli intracellulari di Ca^{2+} e cAMP. La somatostatina ha, invece, un effetto inibitorio sulla secrezione, diminuendo la concentrazione di cAMP.

FASI DELLA SECREZIONE GASTRICA

- Cefalica
- Gastrica
- Intestinale

SECREZIONE GASTRICA : FASE CEFALICA :40%

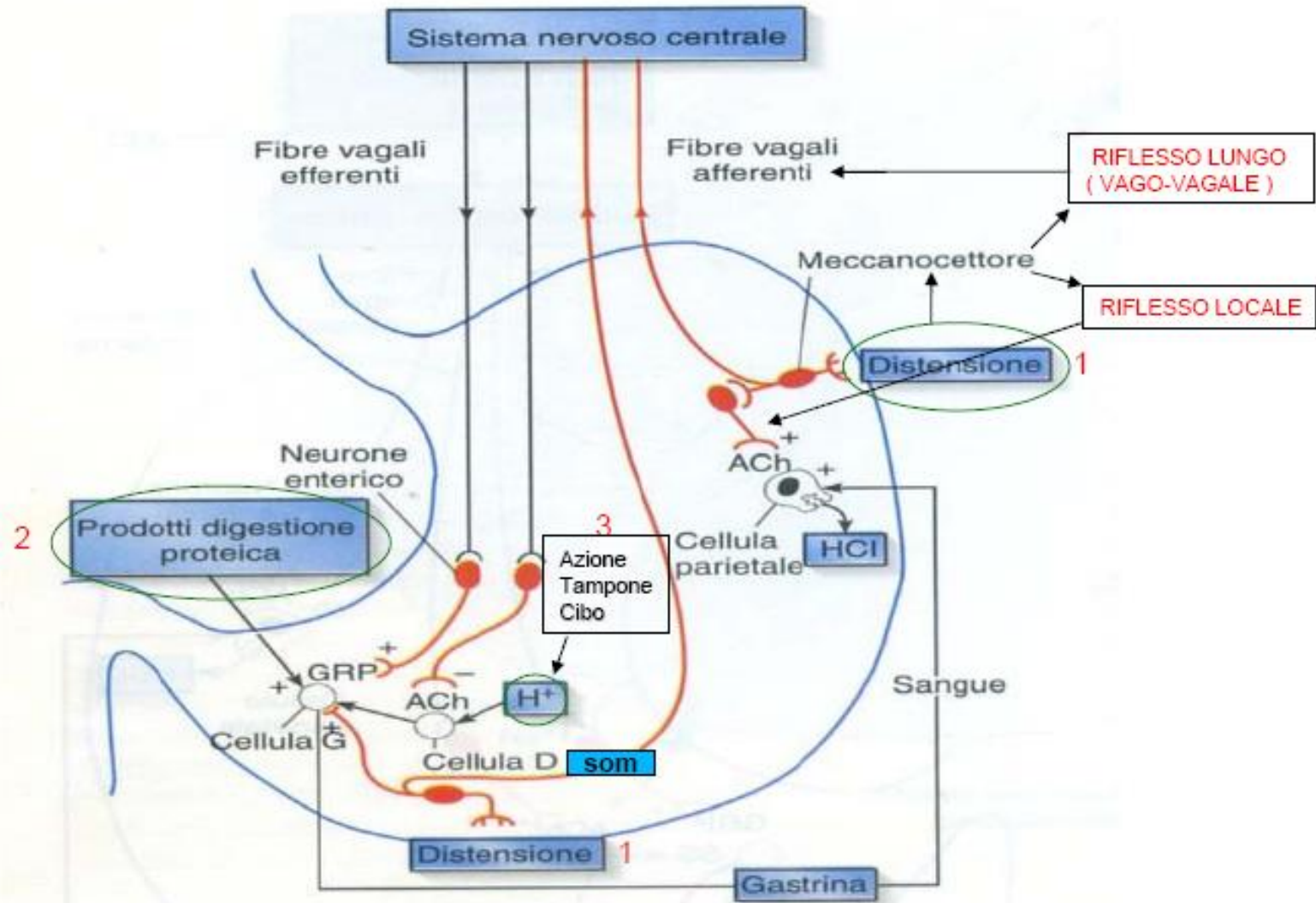


RH.

Figura 22-22

Fase cefalica della secrezione gastrica. ACh = acetilcolina; GRP = peptide rilasciante la gastrina; SS = somatostatina; + = stimolazione; - = inibizione.

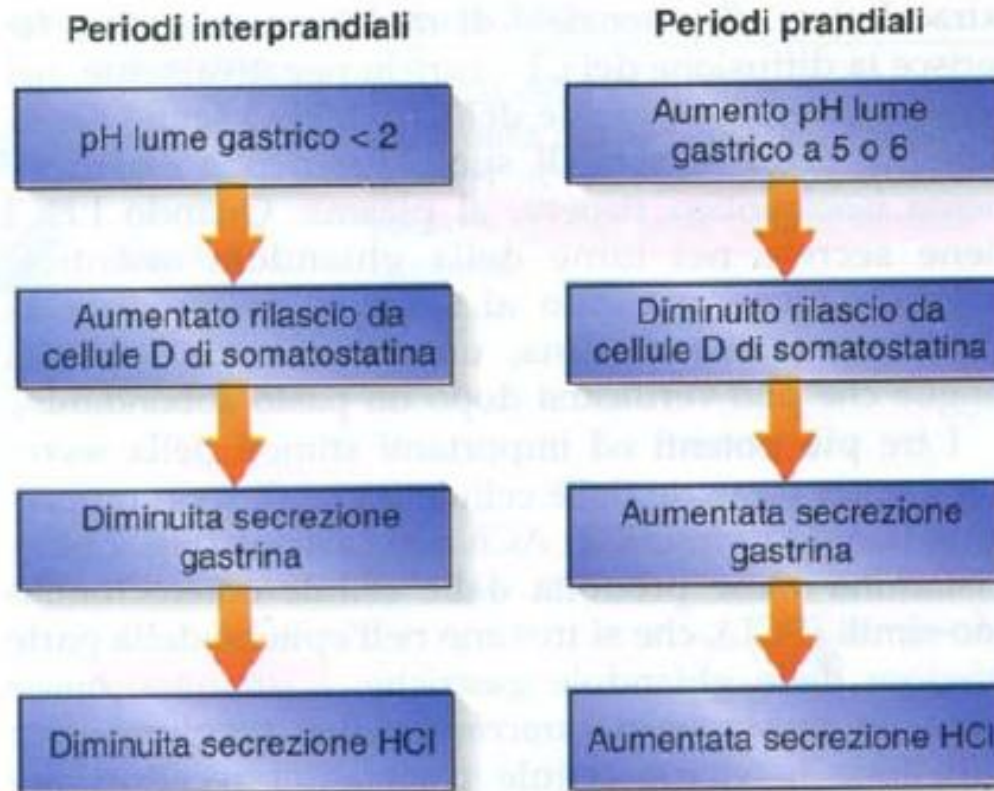
SECREZIONE GASTRICA : FASE GASTRICA : 50%



RH. **Figura 22-23**

Fase gastrica della secrezione gastrica.

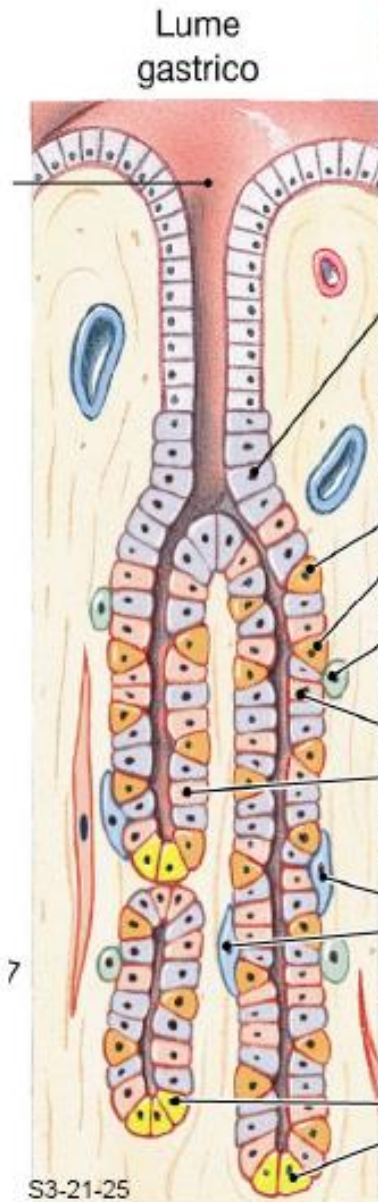
SEC.GASTR. FASE GASTRICA :RUOLO DEL pH



RH. **Figura 22-24**

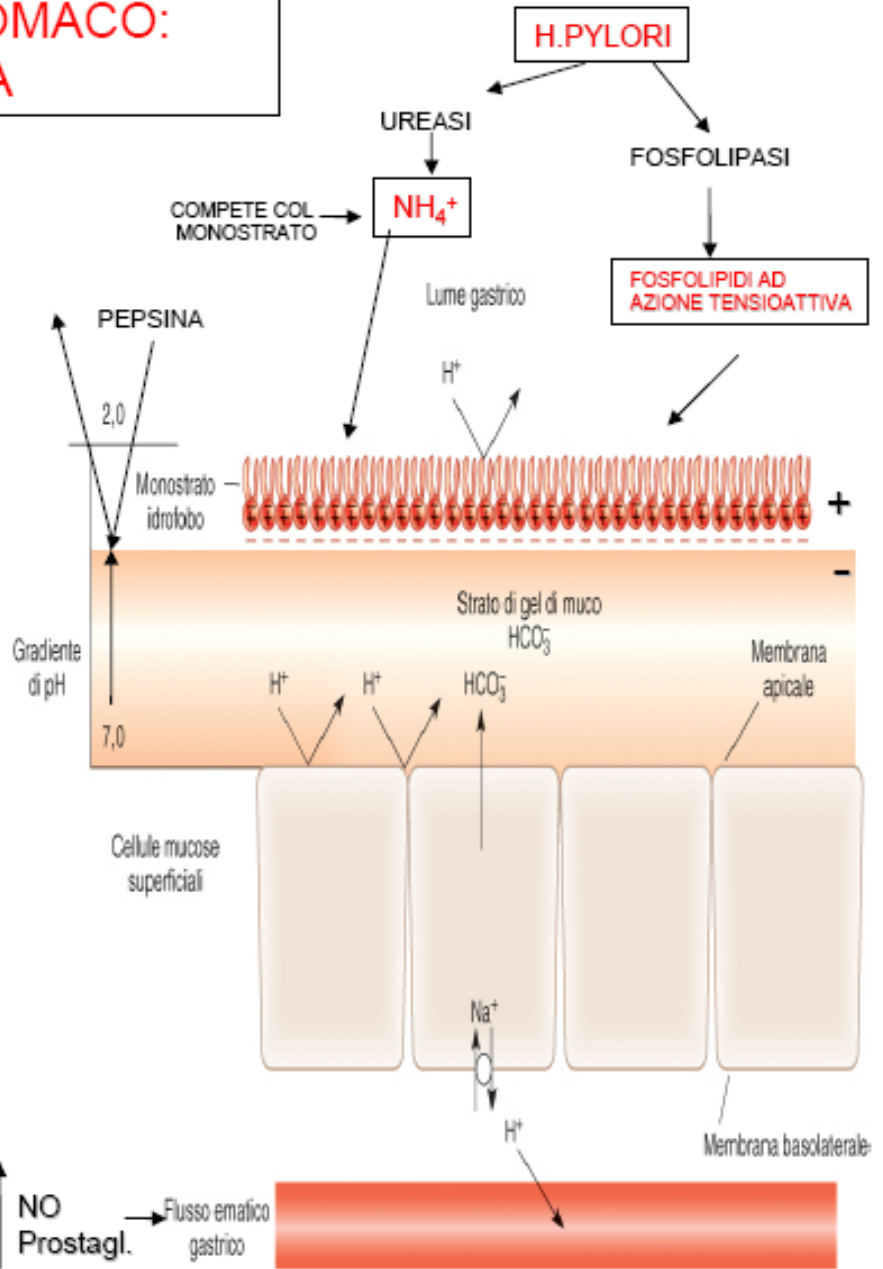
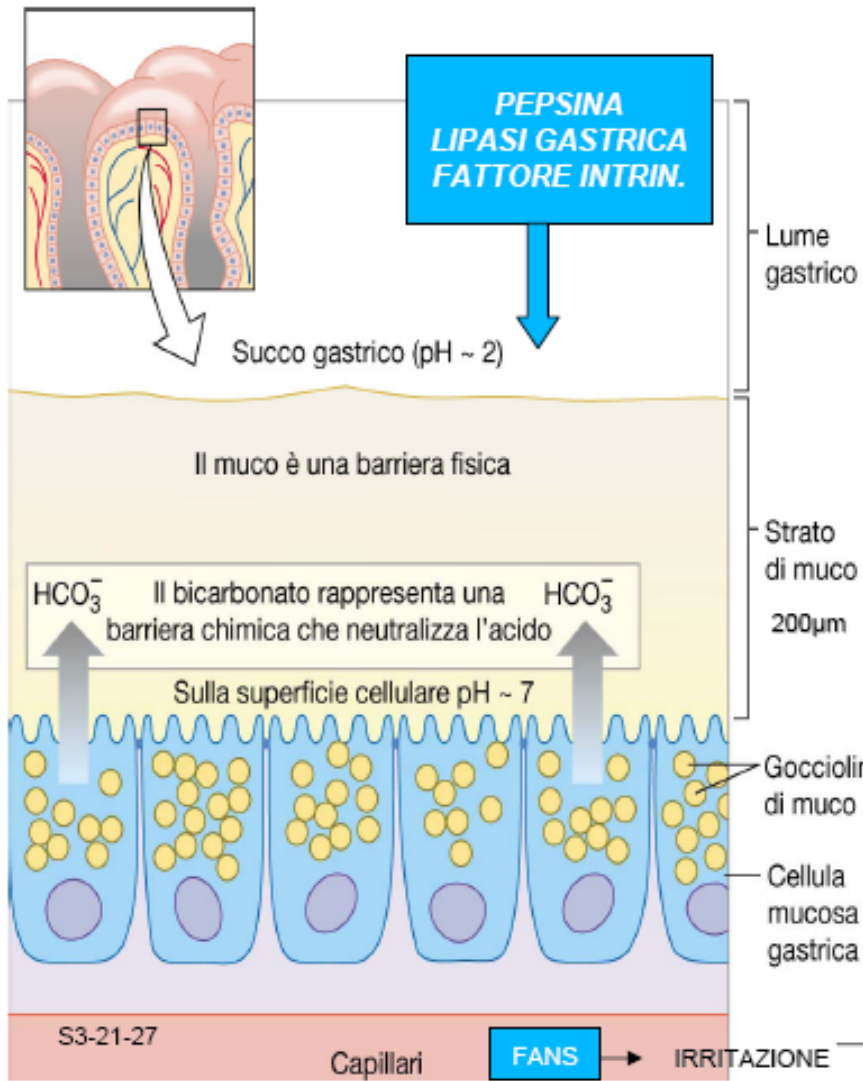
Il pH dei contenuti gastrici raggiunge il valore minimo nei periodi interprandiali. L'entrata di cibo nello stomaco aumenta il pH e causa un incremento di secrezione acida gastrica.

SUCCO GASTRICO : PROPRIETA'

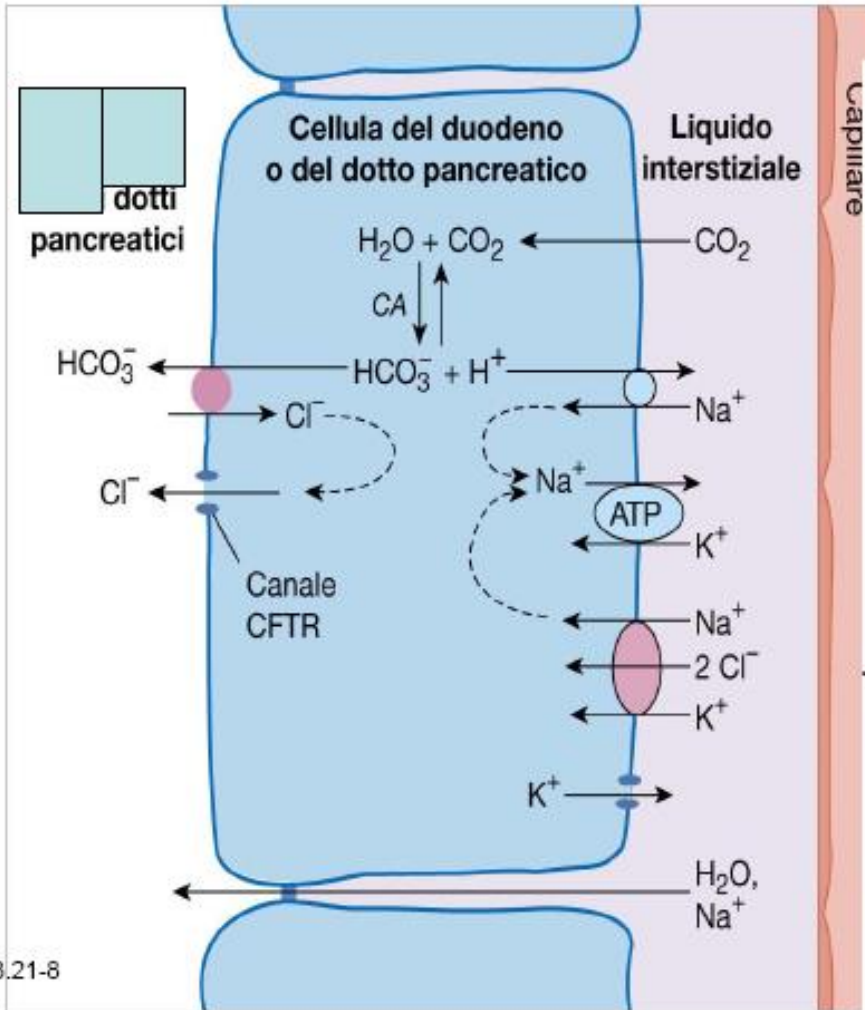


Tipi cellulari	Sostanza secreta	Stimolo per la secrezione	Funzioni del secreto
Cellule mucose del colletto	Muco	Secrezione tonica; causata dall'irritazione della mucosa	Barriera fisica fra lume ed epitelio
	Bicarbonato	Secreto col muco	Tampona l'acido gastrico per impedire lesioni all'epitelio
Cellule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

FUNZIONE PROTETTIVA DELLO STOMACO: LA BARRIERA MUCOSALE GASTRICA



SECREZIONE: IL PANCREAS ESOCRINO



S3.21-8

CFTR : Cistic Fibrosis Transmembrane Regulatory

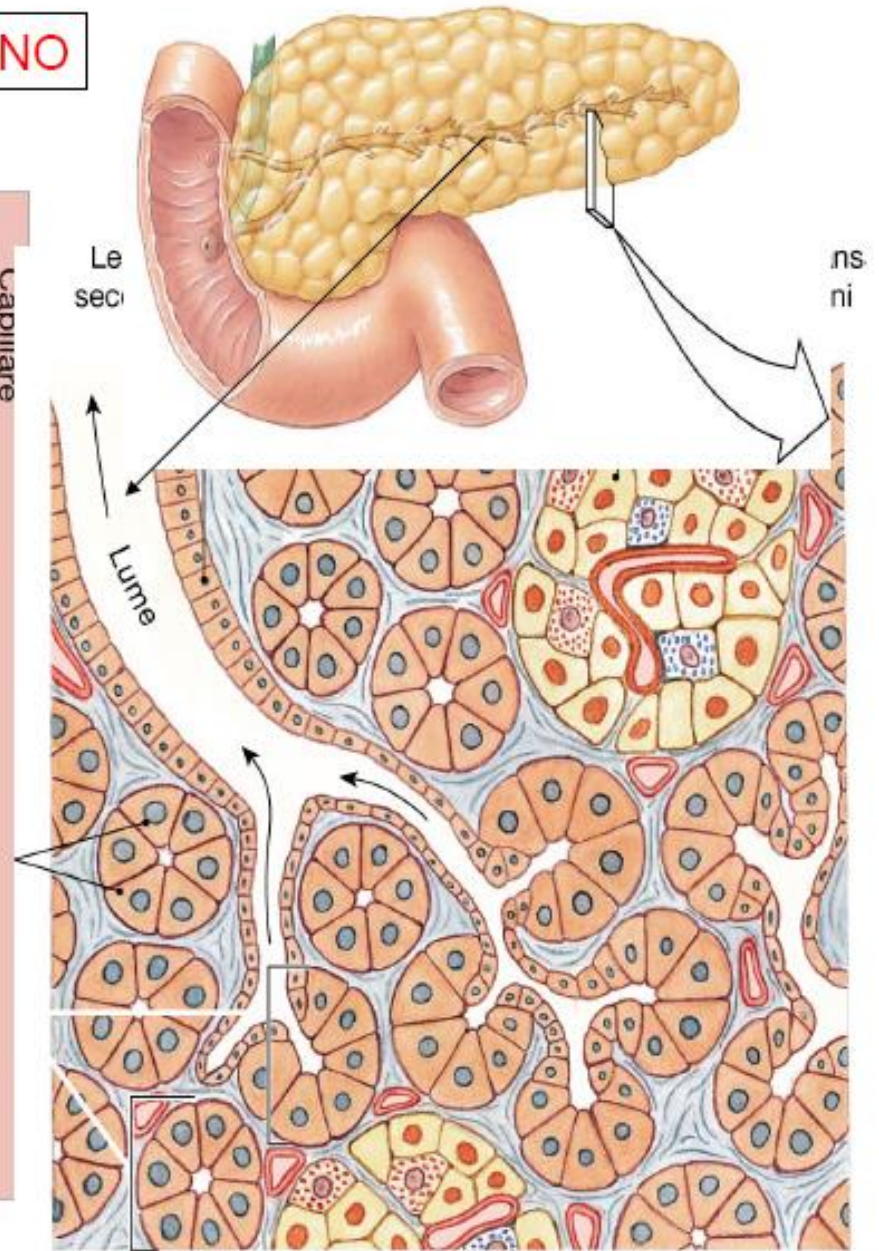
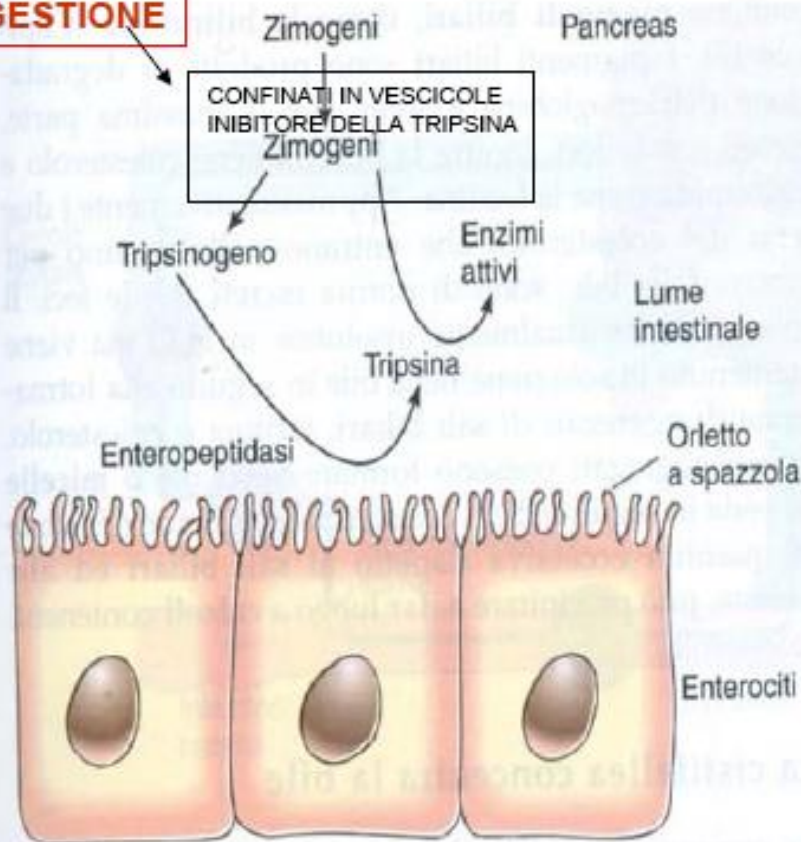


TABELLA 22-5**Enzimi digestivi del succo pancreatico**

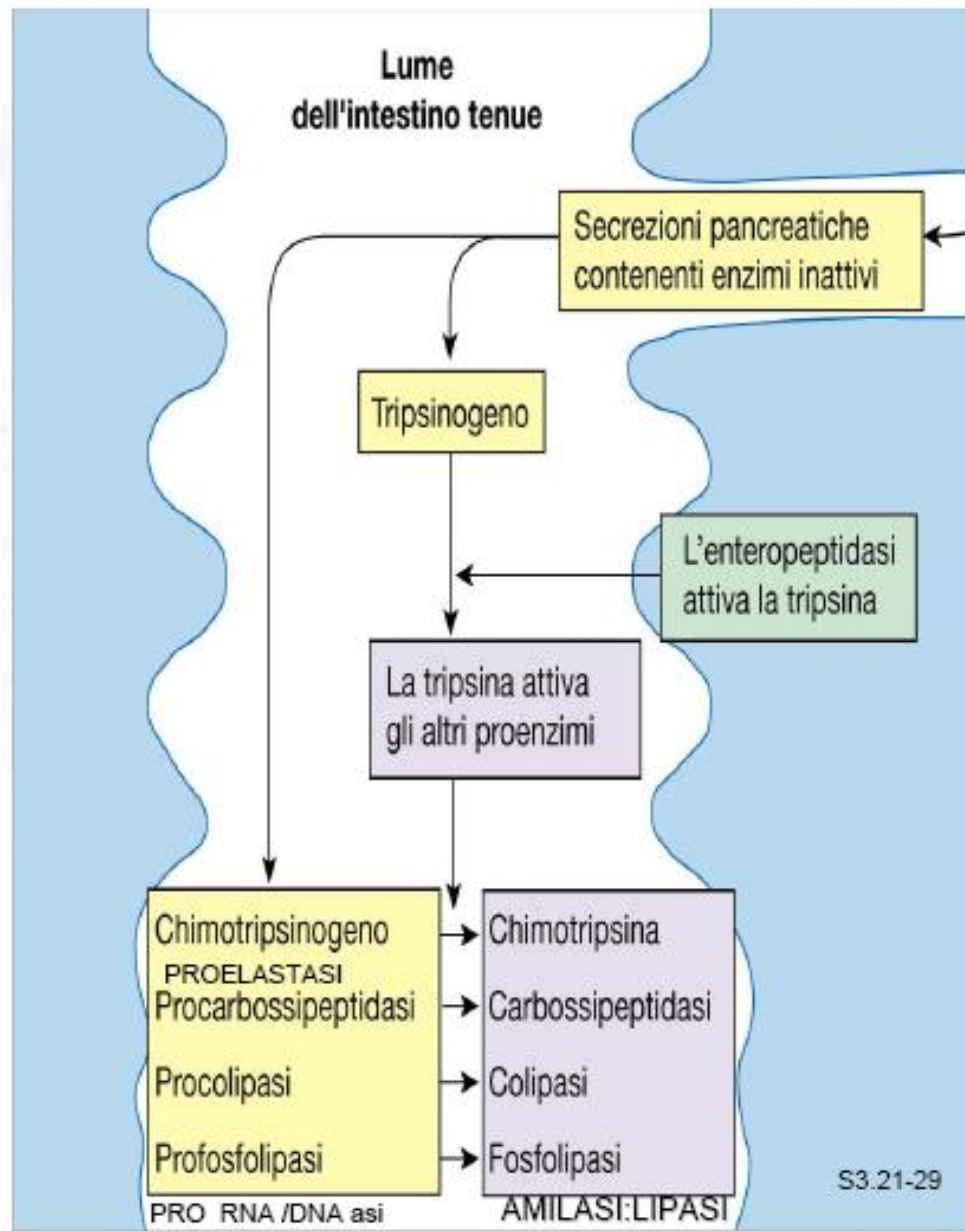
Enzima	Substrato	Azione	Prodotti della digestione
Tripsina, chimotripsina, elastasi	Proteine e polipeptidi	Idrolisi dei legami peptidici interni	Piccoli peptidi
Carbossipeptidasi	Proteine e polipeptidi	Idrolisi dei legami peptidici con gruppi carbossilici terminali	Peptidi ed amminoacidi
Amilasi	Polisaccaridi	Scissione dei legami interni del glucosio	Oligosaccaridi, maltotriosio e maltosio
Lipasi	Trigliceridi	Rilascio di due acidi grassi	Acidi grassi liberi e monogliceride
Fosfolipasi A ₂	Lecitine (ed altri fosfolipidi)	Scissione di un acido grasso	Lisolecitina ed acido grasso
Colesterol esterasi	Esteri del colesterolo	Scissione del legame esterico	Colesterolo ed acido grasso
Ribonucleasi, Desossiribonucleasi	Acidi nucleici	Idrolisi dei legami degli esteri fosforici	Oligonucleotidi e mononucleotidi

PANCREAS

**PREVIENE
AUTODI-
GESTIONE**



RUOLO DELLA TRIPSINA



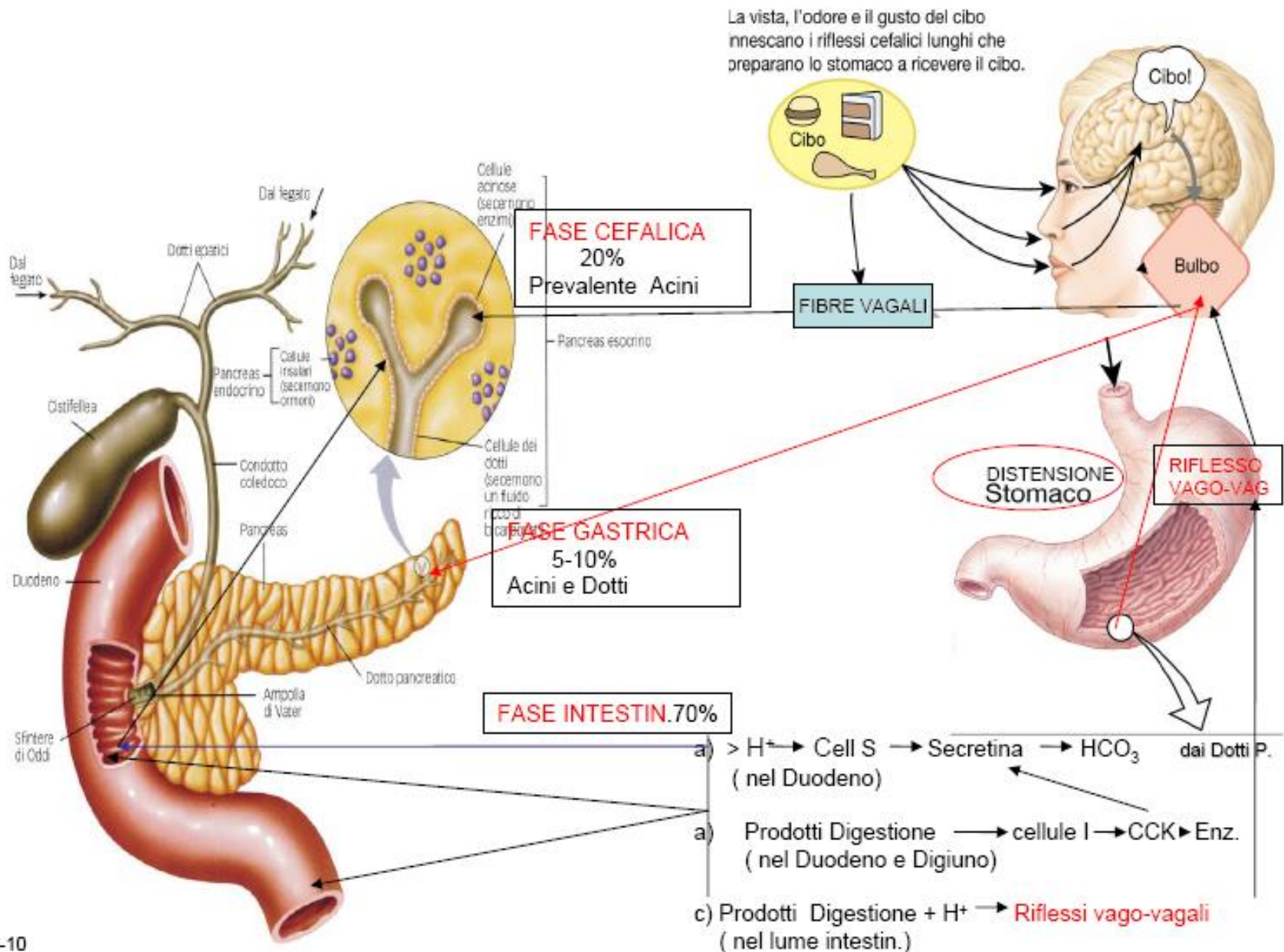
RH. **Figura 22-27**

Dopo la trasformazione nell'intestino tenue del tripsinogeno in tripsina ad opera della enteropeptidasi, la tripsina svolge un ruolo centrale nella trasformazione degli zimogeni pancreatici in enzimi attivi.

MEDIATORI ORMONALI E PARACRINI DEL TRATTO GI

Tabella 26-1 Mediatori ormonali e paracrini del tratto GI

Ormone GI	Fonte	Stimoli per la liberazione	Via d'azione	Bersagli	Effetti
Gastrina	Antro gastrico (cellule G)	Oligopeptidi	Endocrina	Cellule ECS e cellule parietali del corpo dello stomaco	Stimolazione delle cellule parietali a secernere H ⁺ e delle cellule ECS a liberare istamina
Colecistochinina	Duodeno (cellule I)	Acidi grassi, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Paracrina, endocrina	Terminazioni afferenti vagali, cellule acinose del pancreas	Inibizione dello svuotamento dello stomaco e della secrezione di H ⁺ ; stimolazione della secrezione degli enzimi pancreatici e della contrazione della colecisti; inibizione dell'assunzione di cibo
Secretina	Duodeno (cellule S)	Protoni	Paracrina, endocrina	Terminazioni afferenti vagali, cellule dei dotti pancreatici	Stimolazione della secrezione dei dotti pancreatici (H ₂ O e HCO ₃ ⁻)
Peptide gluco-insulinotropico (GIP)	Intestino (cellule K)	Acidi grassi, glucosio	Endocrina	Cellule beta del pancreas	Stimolazione della secrezione dell'insulina
Peptide YY (PYY)	Intestino (cellule L)	Acidi grassi, glucosio, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Endocrina, paracrina	Neuroni, muscolo liscio	Inibizione dello svuotamento dello stomaco, della secrezione pancreatica, della secrezione acida dello stomaco, della motilità intestinale, dell'assunzione di cibo
Peptidi 1/2 derivati dal proglucagone (GLP-1/2)	Intestino (cellule L)	Acidi grassi, glucosio, prodotti dell'idrolisi delle proteine	Endocrina, paracrina	Neuroni, cellule epiteliali	Omeostasi del glucosio, proliferazione delle cellule epiteliali



3ER. 19-10

FIGURA 19.10 Pancreas e strutture associate. La figura ingrandita mostra gli acini e i dotti (pancreas esocrino) e le isole pancreatiche (pancreas endocrino).

TABELLA 22-2**Ormoni gastrointestinali**

Ormone	Localizzazione secrezione	Azioni	Stimoli della secrezione
Gastrina	Antro dello stomaco ed in minor misura il duodeno (cellule G)	Stimola la secrezione gastrica ed il trofismo della mucosa delle ghiandole gastriche ossintiche	Peptidi, amminoacidi, distensione, stimolazione vagale
CCK	Duodeno e digiuno (cellule I)	Stimola la contrazione della cistifellea, la secrezione degli enzimi pancreatici ed il trofismo del pancreas esocrino; inibisce lo svuotamento gastrico	Peptidi, amminoacidi, acidi grassi
Secretina	Duodeno (cellule S)	Stimola la secrezione di HCO_3^- pancreatici e biliari; inibisce la secrezione acida gastrica e l'effetto trofico della gastrina	Acidità
GIP	Duodeno e digiuno (cellule K) (Polipeptide insulinotropo glucosio dipendenteL)	Stimola la secrezione di insulina	Glucosio, amminoacidi, acidi grassi

SECREZIONE EPATICA: LA BILE

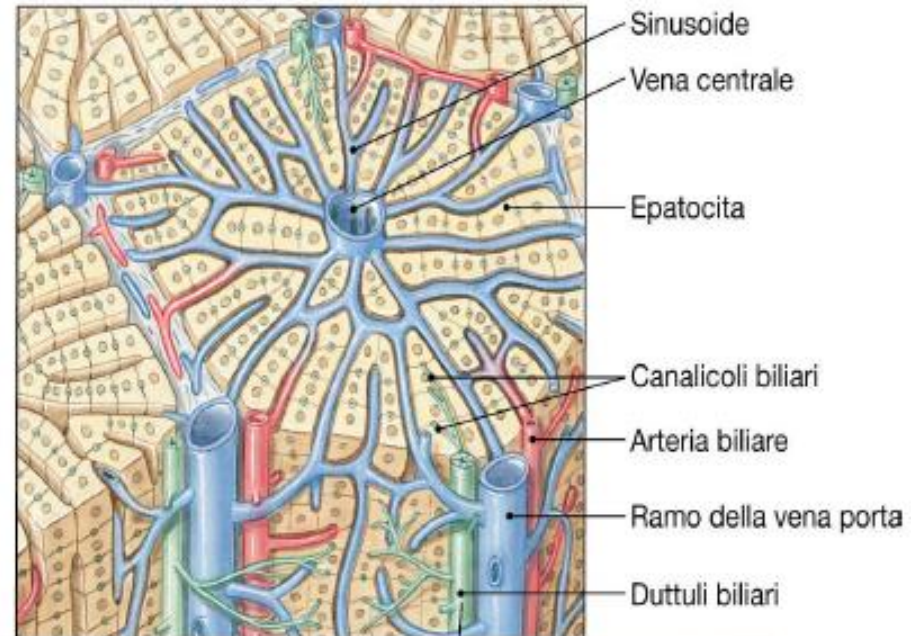
- PRODUZIONE : 0.6-1.2 l/die
- L'EPITELIO DEI DUTTULI SECERNE UNO SCARSO
- VOLUME DI LIQUIDO RICCO DI HCO_3^- (Stimolata da Secretina come nel Pancreas.
- NEI PERIODI INTERPRANDIALI LA CISTIFELLEA ACCUMULA E CONCENTRA LA BILE
- NEI PERIODI PRANDIALI LA BILE VIENE RILASCIATA DA CCK E DA IMPULSI VAGALI.
- COMPOSIZIONE
- FUNZIONE

PERIODO PRANDIALE

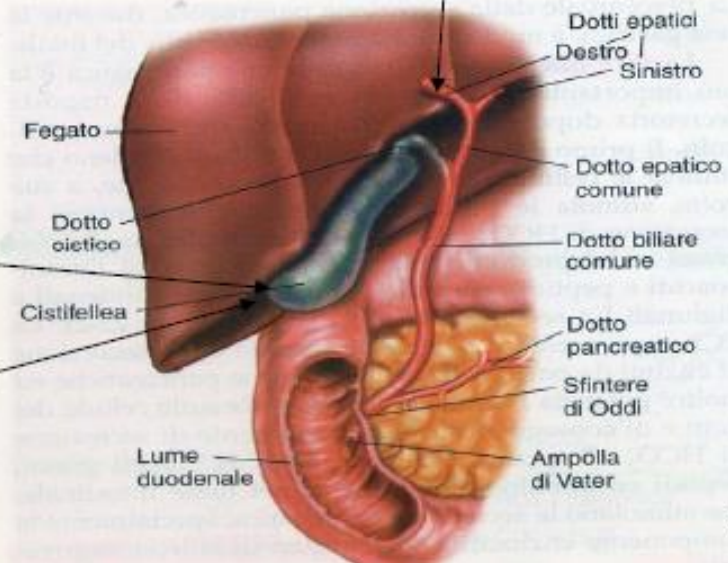
CCK

CONTRAZIONI

IMPULSI VAGALI



766 CAPITOLO 22 Il sistema gastrointestinale



- L'EPITELIO DELLA CISTIFELLEA CONCENTRA LA BILE ASSORBENDO NaCl ED H₂O

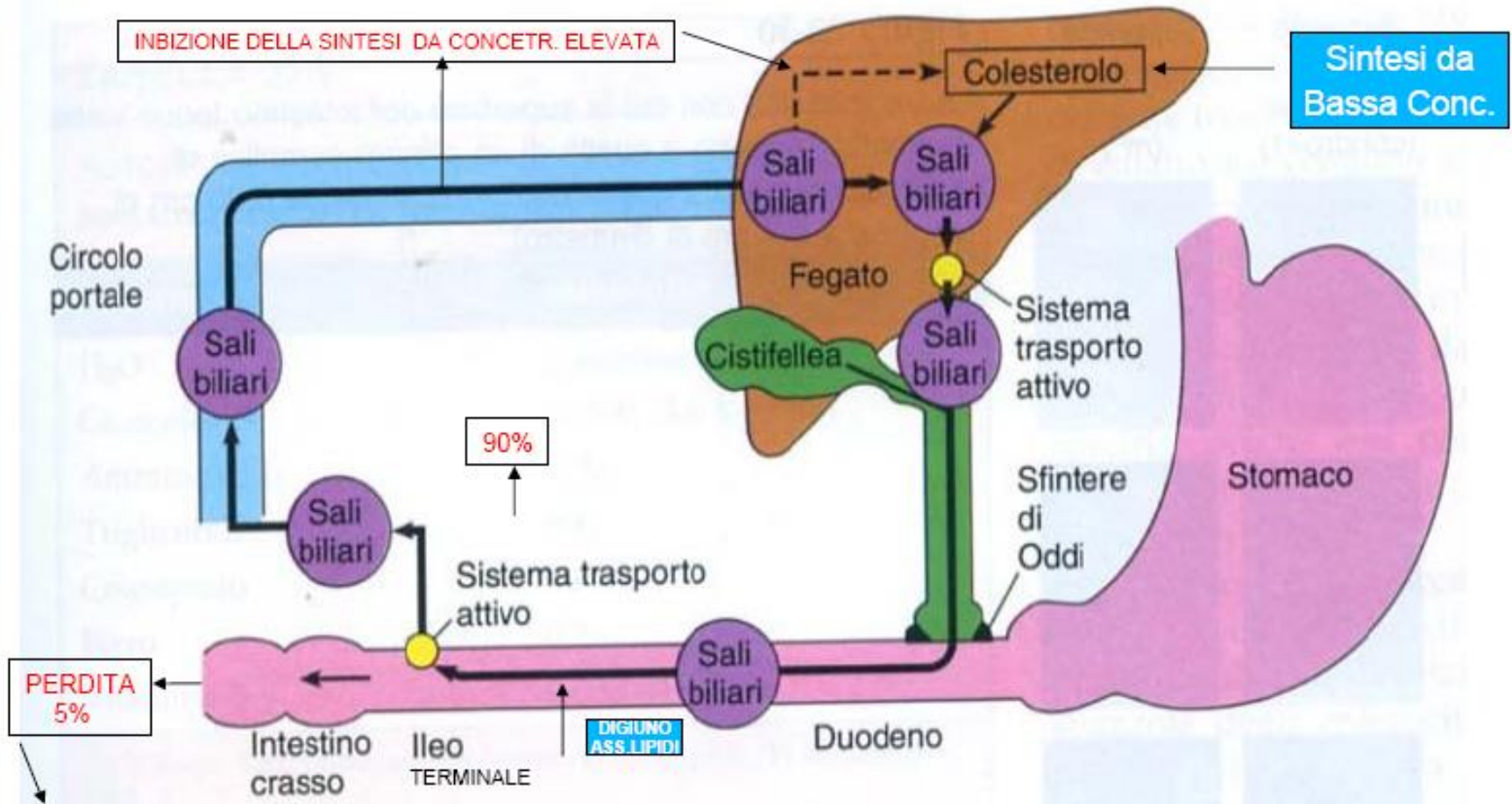
- LA BILE EPATICA E CISTICA SONO ISO-OSMOTICHE TRA LORO E CON IL PLASMA PERCHE' DOVE PIU' CONCENTRATA (**BILE CISTICA**) FORMA PIU' FACILMENTE AGGREGATI (**MICELLE E VESCICOLE**) fra i suoi componenti. (S.B.+COL,+Fosf.Lipidi+Na⁺)

Col.+S.B.+Lecitina → Aggregati
: solubili
Col.in eccesso → **CALCOLI**

Componenti	Bile epatica	Bile cistica
Na ⁺	140-160	230-240
K ⁺	4-5	6-14
Ca ²⁺	1,0-2,5	2,5-16
Cl ⁻	62-112	1-10
HCO ₃ ⁻	20-50	8-10
Sali biliari (<small>DAL COLESTEROLO</small>)	20-40	200-300
Bilirubina (<small>PIGMENTI BIL.</small>)	1-3	5-30
Colesterolo	2-4	10-25
Fosfolipidi	3-7	18-40

* Concentrazioni in mmol/l

RICICLO DEI SALI BILIARI: IL CIRCOLO ENTEROEPATICO



Quantita' di Sali Biliari dell'organismo minore del Necessario giornaliero; DOPO un pasto medio= quantità doppia del corpo.-

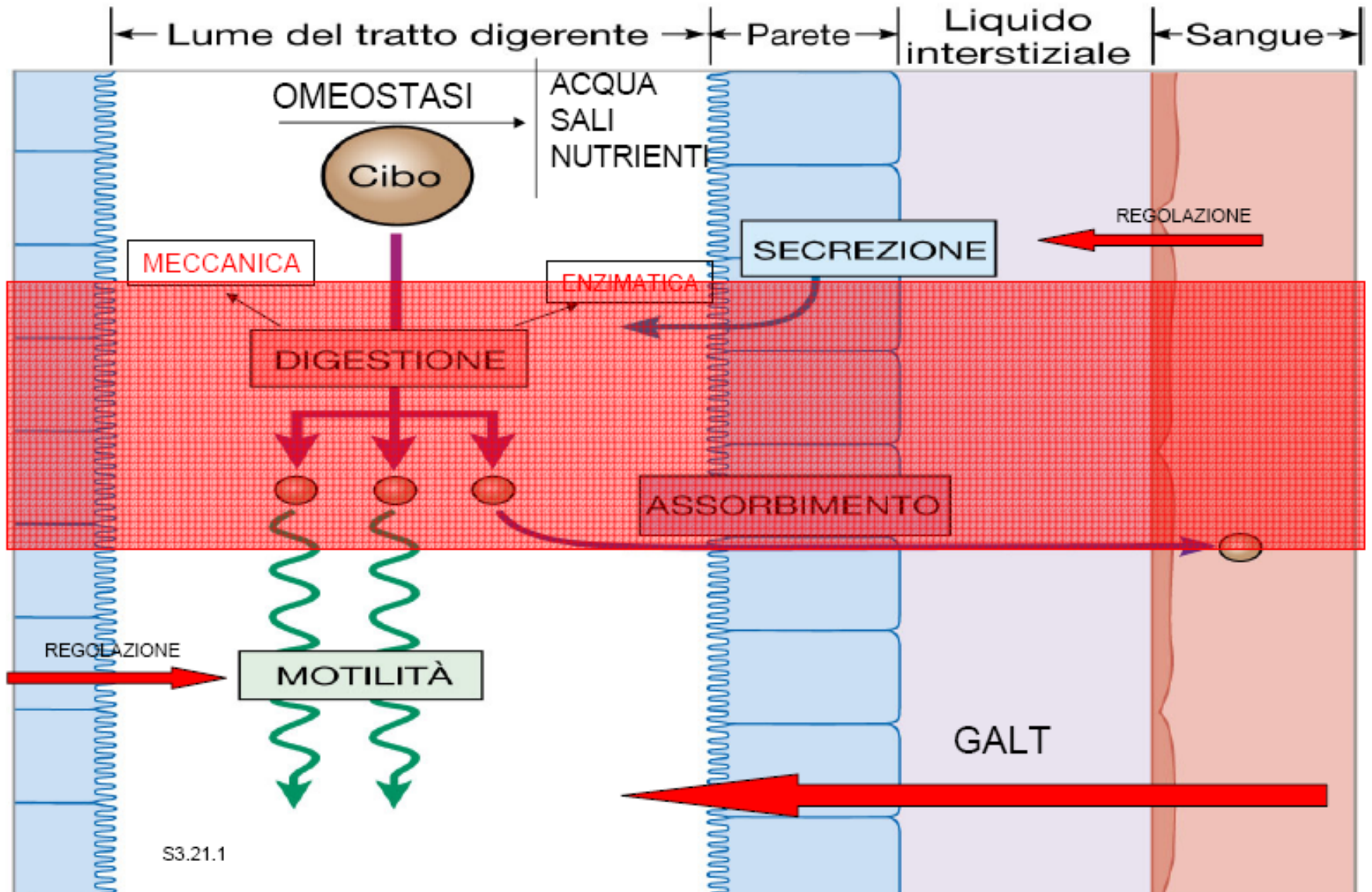
LA VELOCITA' DI SINTESI DI NUOVI SALI BILIARI DIPENDE DALLA LORO CONC. NEL SANGUE PORTALE

- LA VELOCITA' DI SECREZIONE DEI S.B. AUMENTA DURANTE IL PASTO CON L'AUMENTO DELLA LORO CONCENTRAZIONE NEL SANGUE PORTALE . SEGUE UN AUMENTO DEL FLUSSO DI BILE DAL FEGATO.

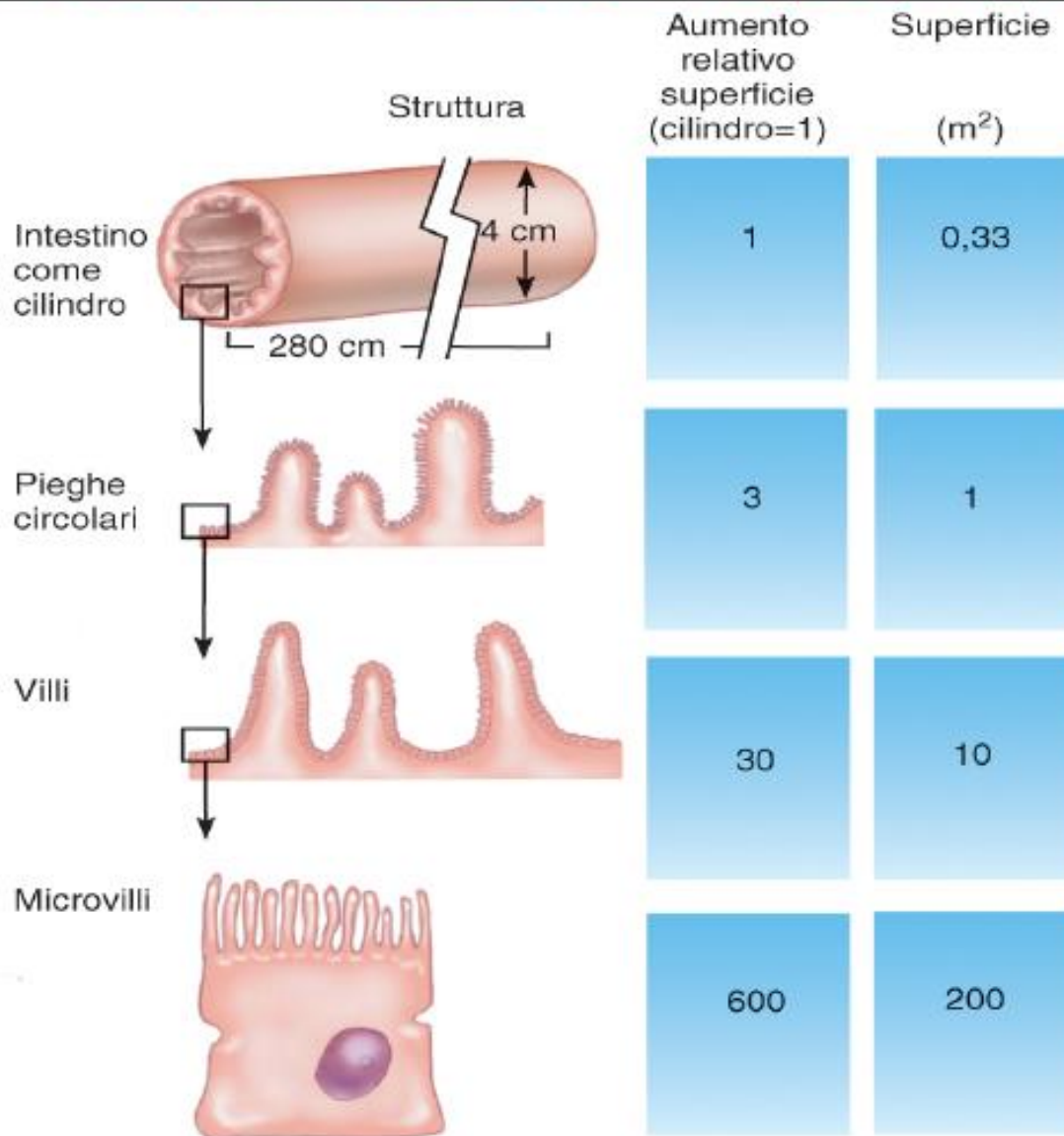
- LA STIMOLAZIONE PARASIMPATICA (VAGALE) AUMENTA LA SECREZIONE DI BILE DURANTE I PASTI.

- SECREZIONE DI SECRETINA DA PARTE DEL DUODENO NELLA FASE INTESTINALE (HCO_3^- NEI DUTTURALI)

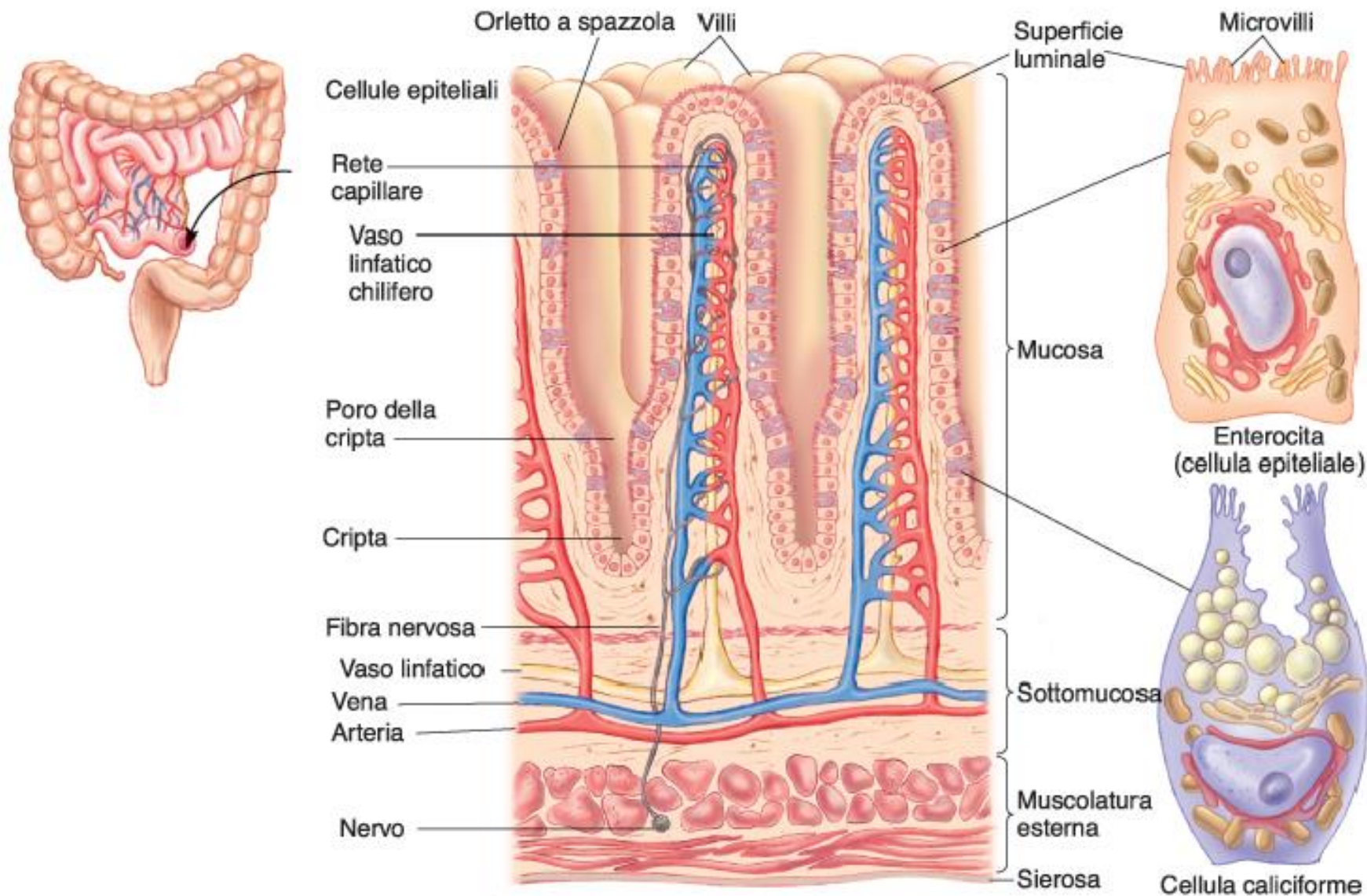
PROCESSI FONDAMENTALI CHE AVVENGONO NEL SISTEMA DIGERENTE



3 MODALITA' PER AUMENTARE LA SUPERFICIE DELL'INTESTINO TENUE



STRUTTURA DELL'INTESTINO TENUE



DIETA GIORNALIERA

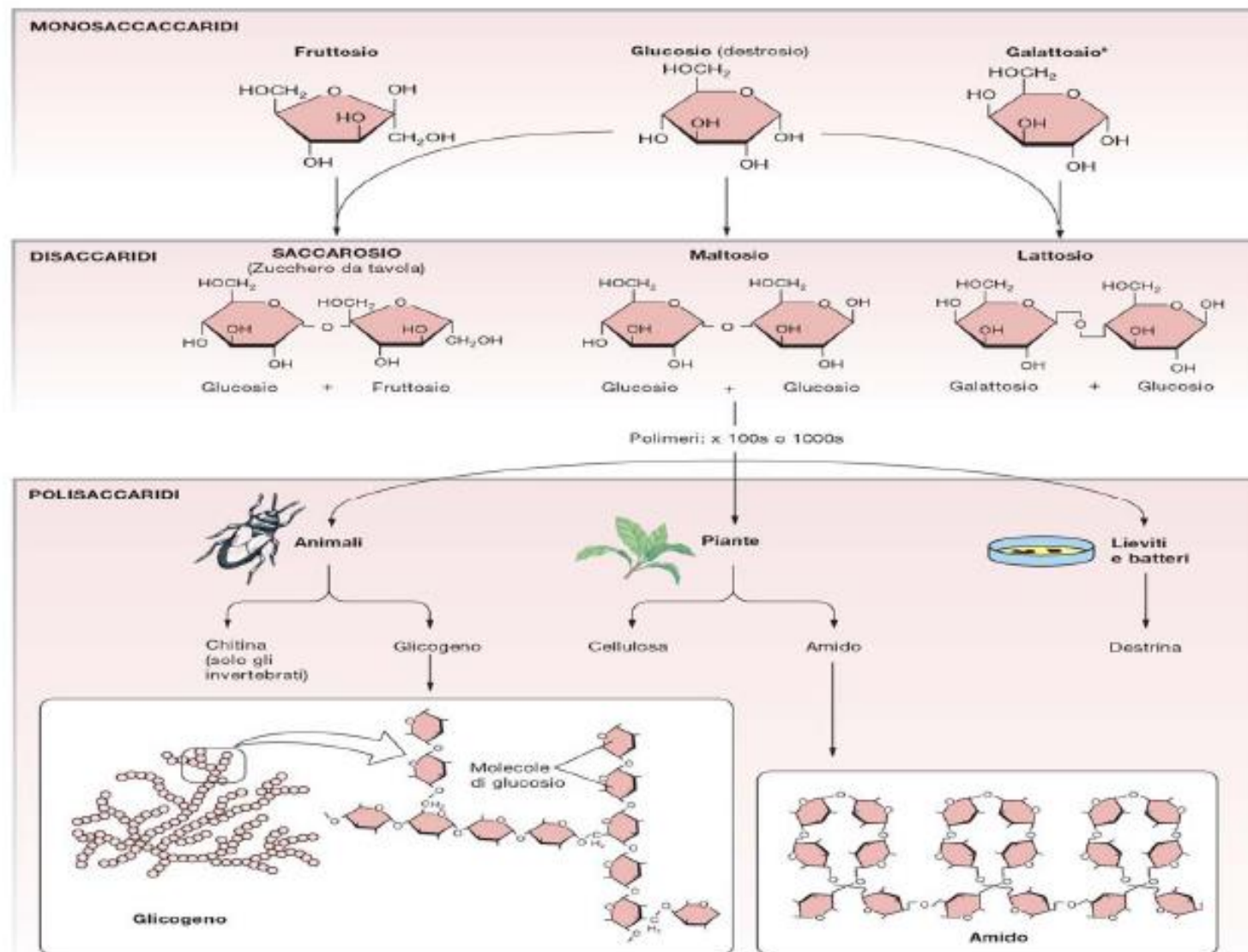
500 g CARBOIDRATI

125 g PROTEINE

50 g GRASSI

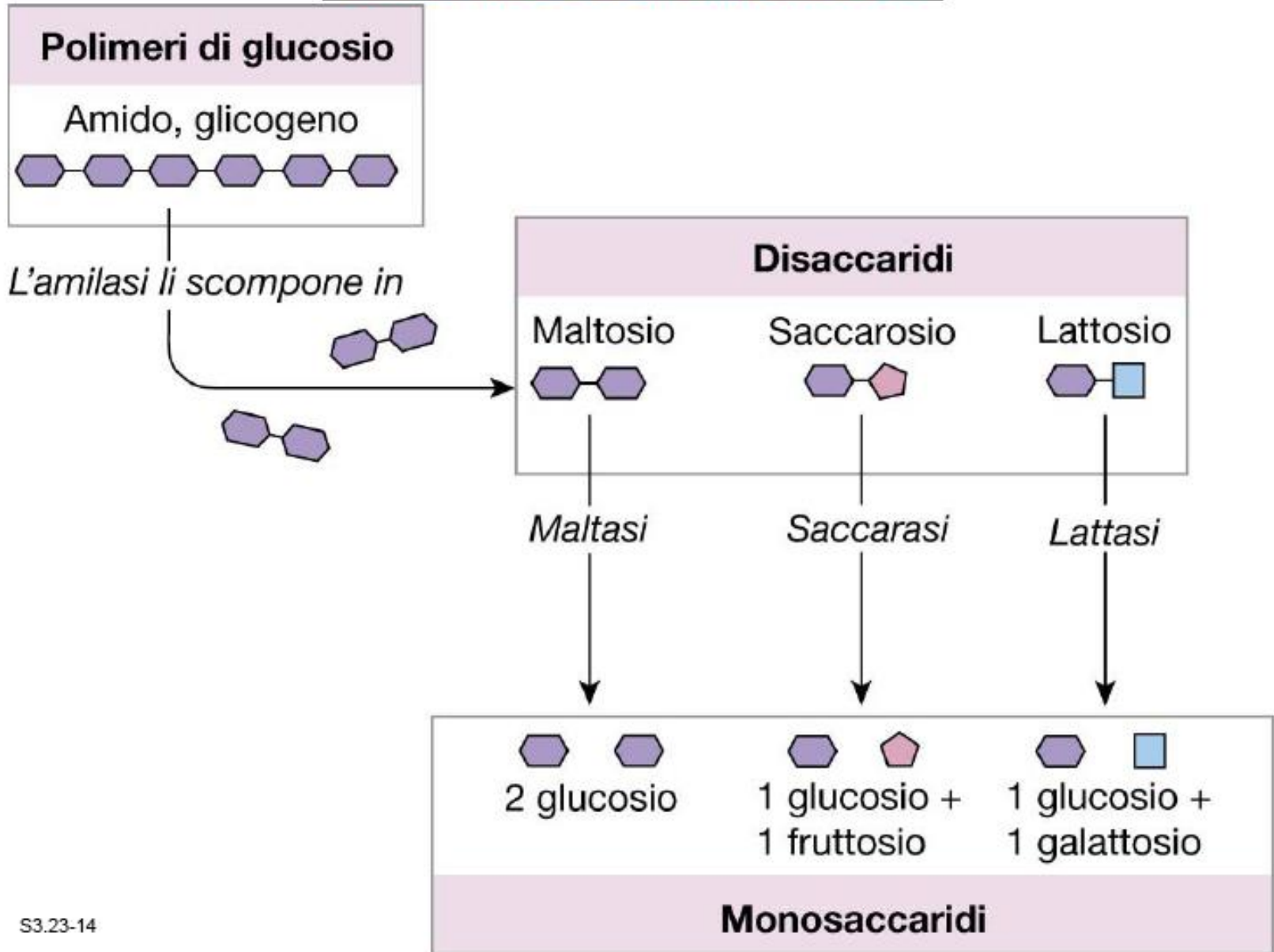
ALTRI

CARBOIDRATI



* Notare che l'unica differenza tra il glucosio e il galattosio è la disposizione spaziale dei gruppi idrossilici.

DIGESTIONE DEI CARBOIDRATI



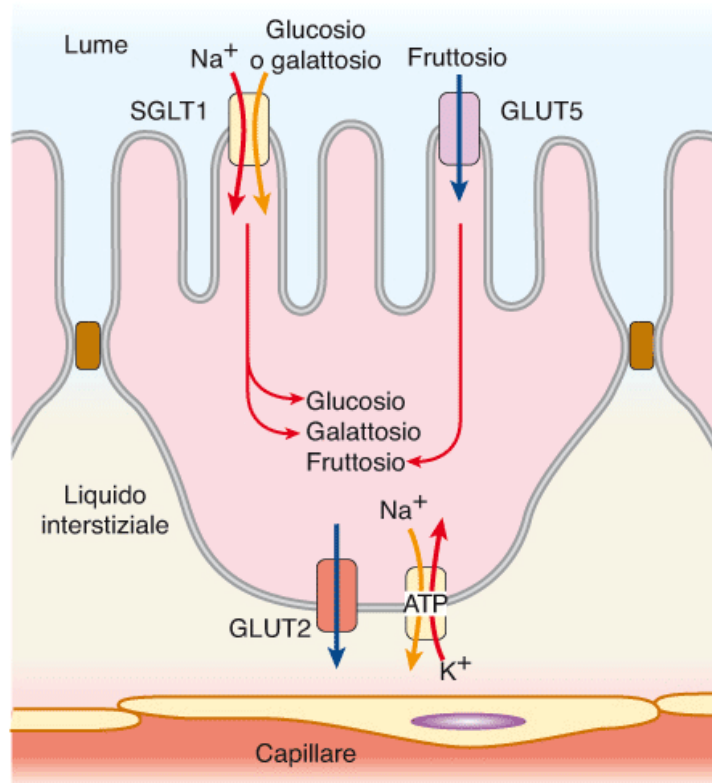
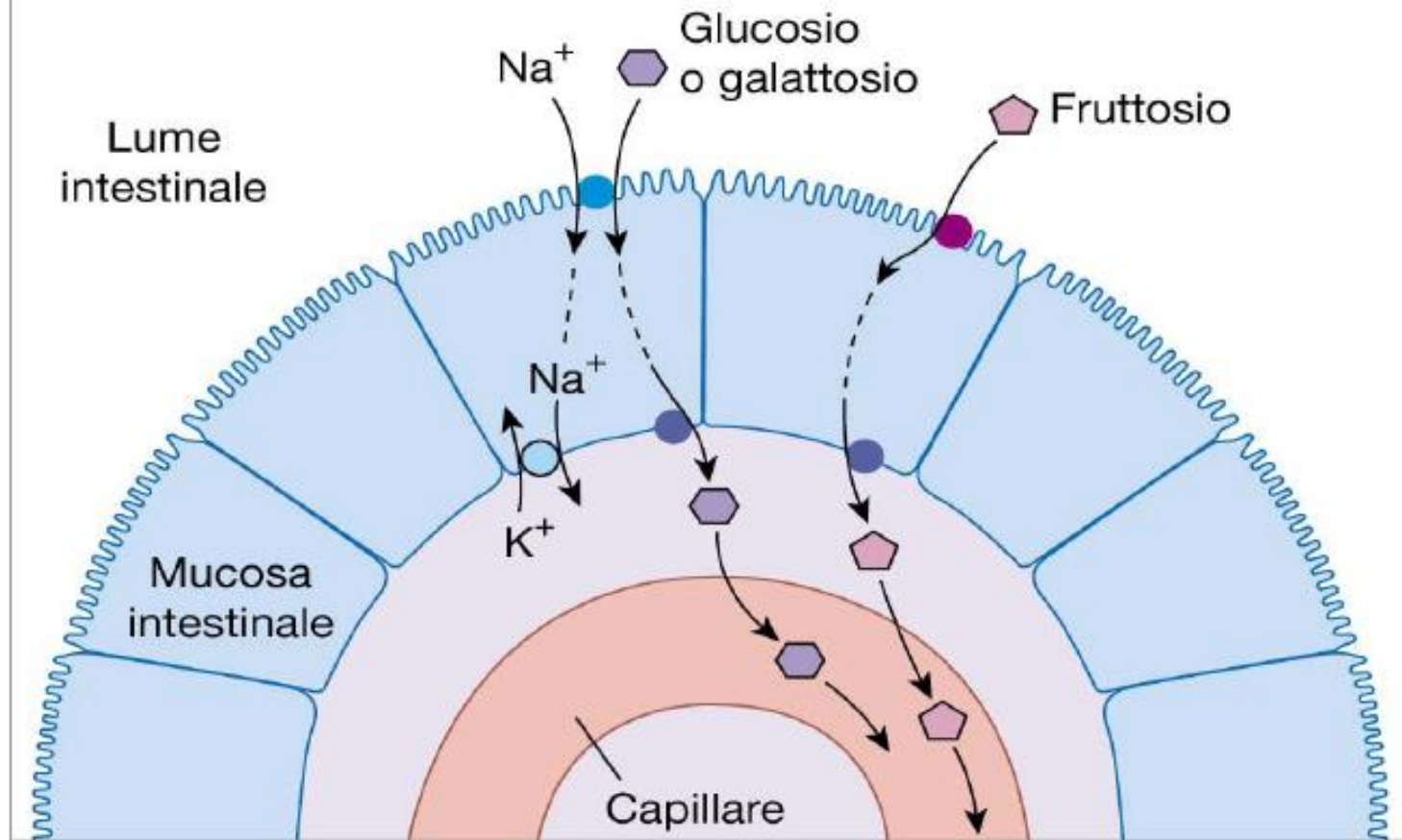


Figura 11.26

Assorbimento di glucosio, galattosio e fruttosio nell'intestino tenue. Il glucosio entra nell'enterocita mediante cotrasporto Na^+ -glucosio (SGLT1) localizzato sulla membrana apicale. La Na^+/K^+ -ATPasi mantiene il gradiente di Na^+ necessario. Il fruttosio entra per diffusione facilitata tramite GLUT5. L'uscita basolaterale di glucosio, galattosio e fruttosio avviene per diffusione facilitata tramite GLUT2.

ASSORBIMENTO DEI CARBOIDRATI NELL'INTESTINO TENUE



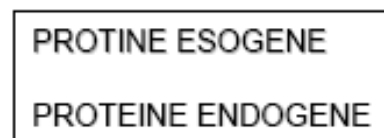
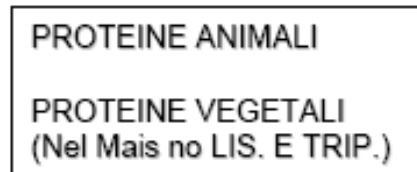
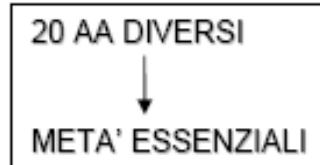
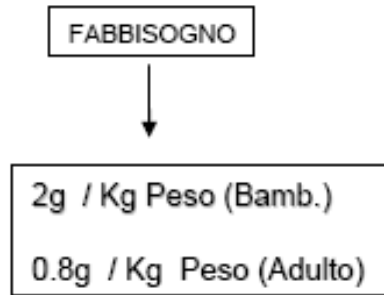
Il glucosio entra nelle cellule con il Na^+ mediante il cotrasportatore SGLT ed esce attraverso il trasportatore GLUT2. Il fruttosio entra mediante il GLUT5 ed esce con il GLUT2.

LEGENDA

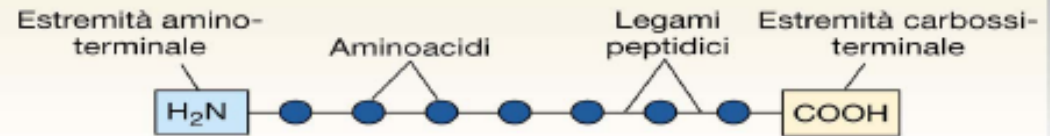
- SGLT
- GLUT2
- GLUT5

5 **GLI ENTEROCITI:UTILIZZANO GLUTAMINA**

ENZIMI PER LA DIGESTIONE DELLE PROTEINE

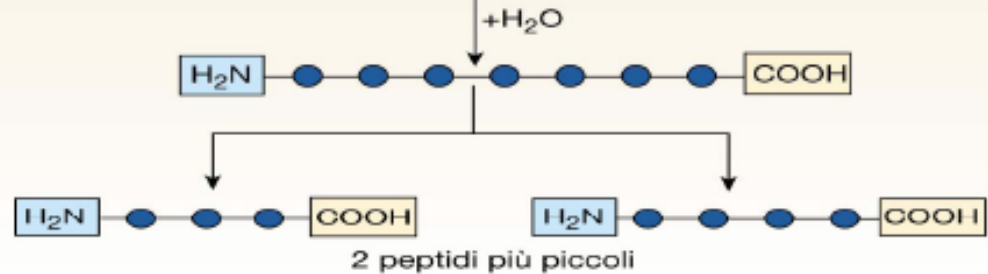


(a) Struttura dei peptidi



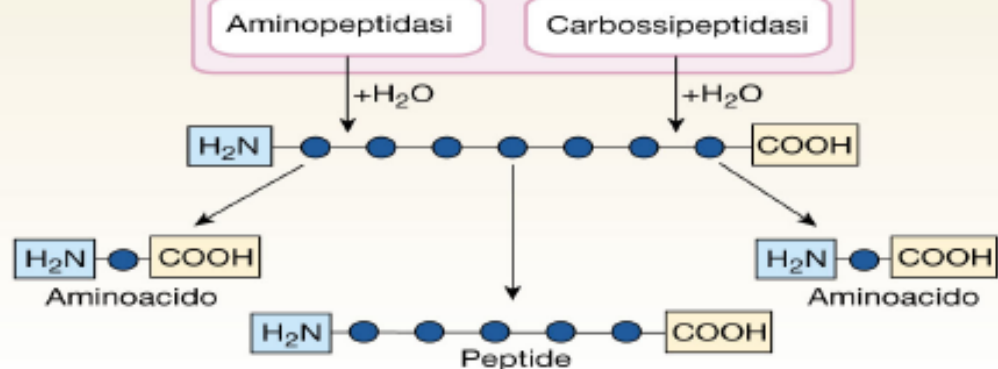
(b)

Le **endopeptidasi** rompono i legami peptidici interni.

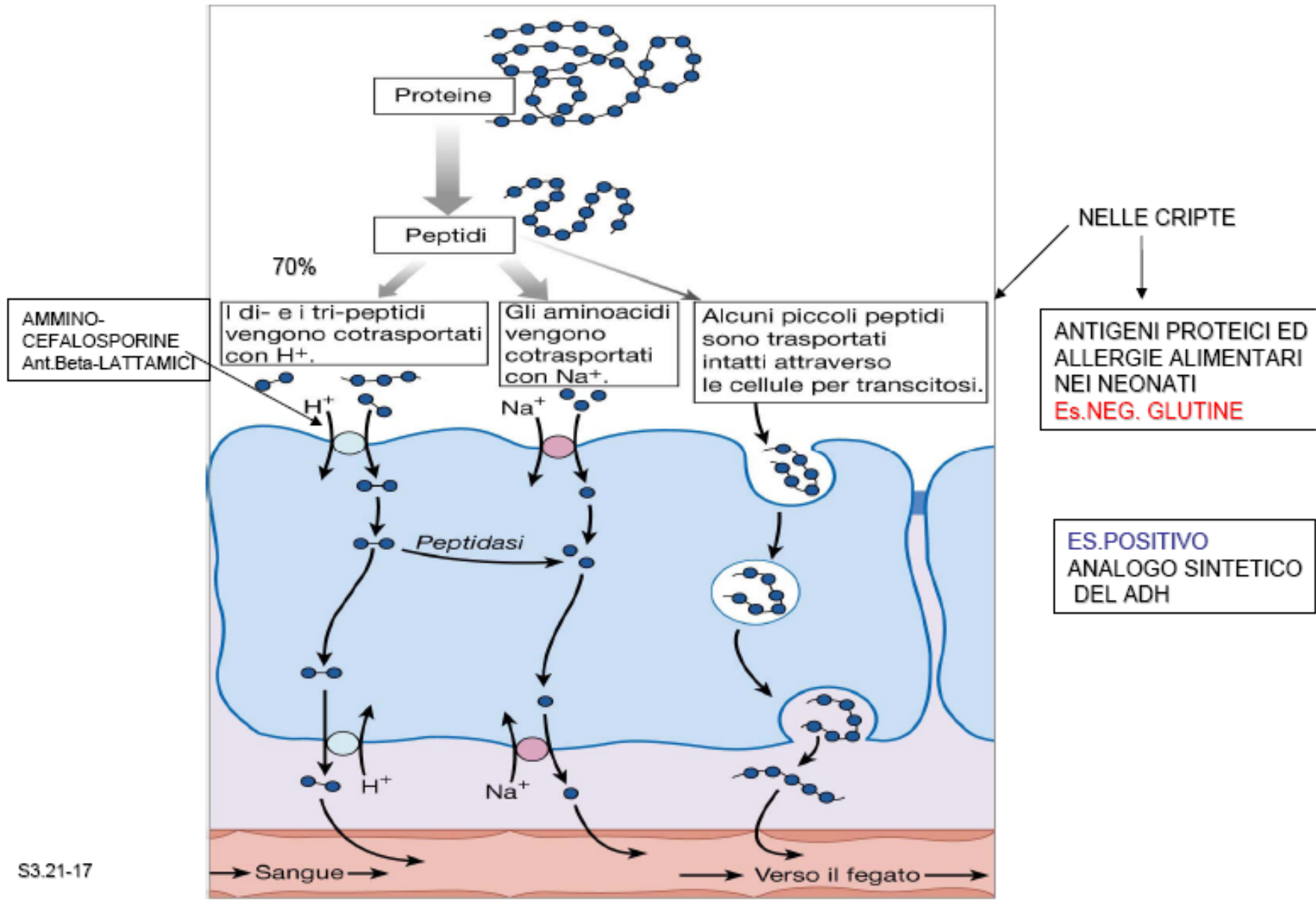


(c)

Le **esopeptidasi** rompono i legami peptidici terminali per staccare singoli aminoacidi.



ASSORBIMENTO DEI PEPTIDI



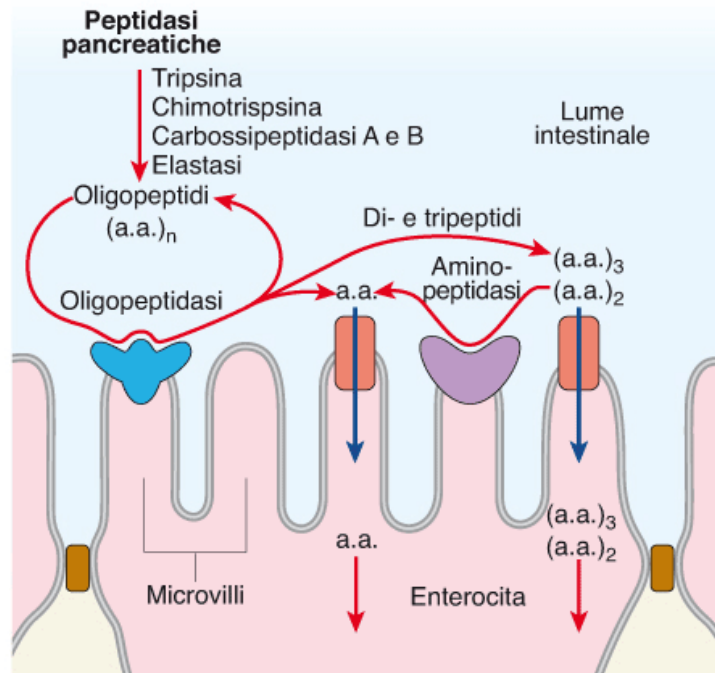


Figura 11.27 Azione degli enzimi intestinali presenti sull'orletto a spazzola dell'intestino tenue sugli oligopeptidi (a.a.)_n prodotti nel lume intestinale dagli enzimi pancreatici. Gli oligopeptidi sono idrolizzati in singoli aminoacidi (a.a.), dipeptidi (a.a.)₂ e tripeptidi (a.a.)₃ dalle oligopeptidasi e aminopeptidasi e poi trasportati all'interno dell'enterocita da specifici trasportatori.

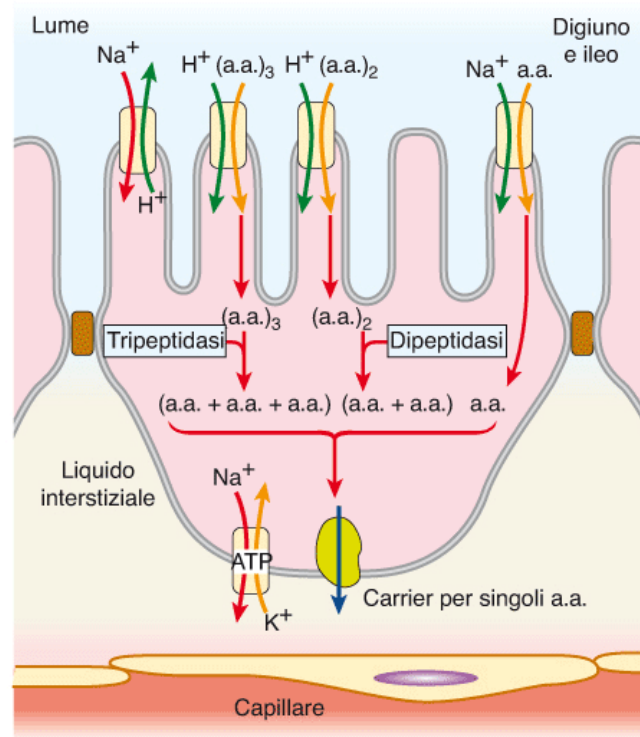
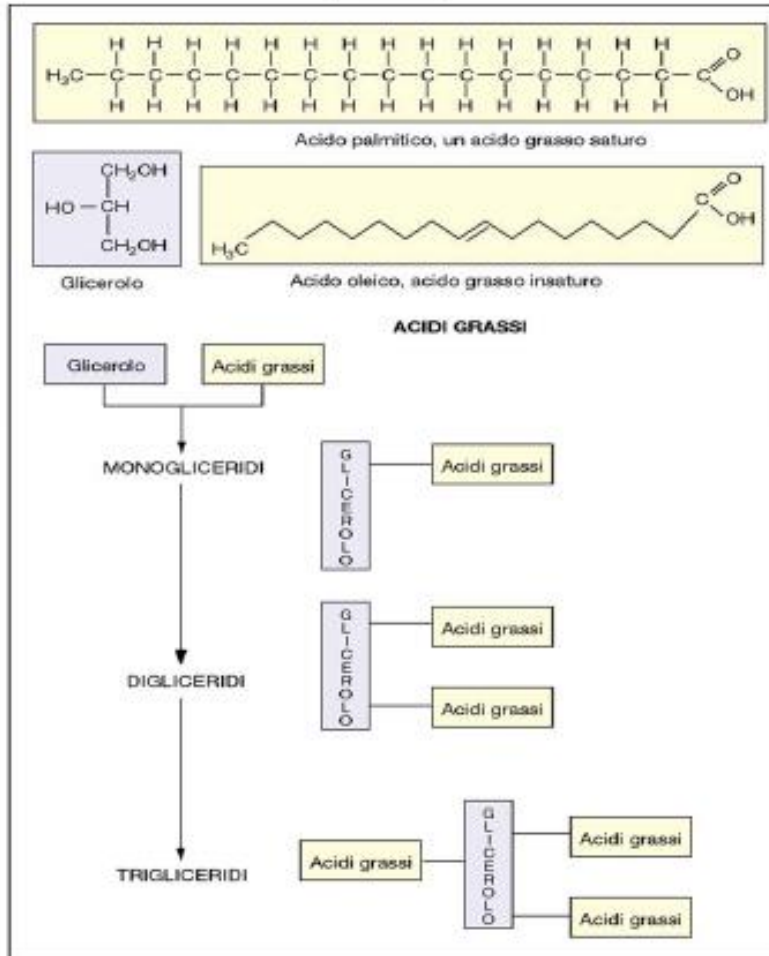


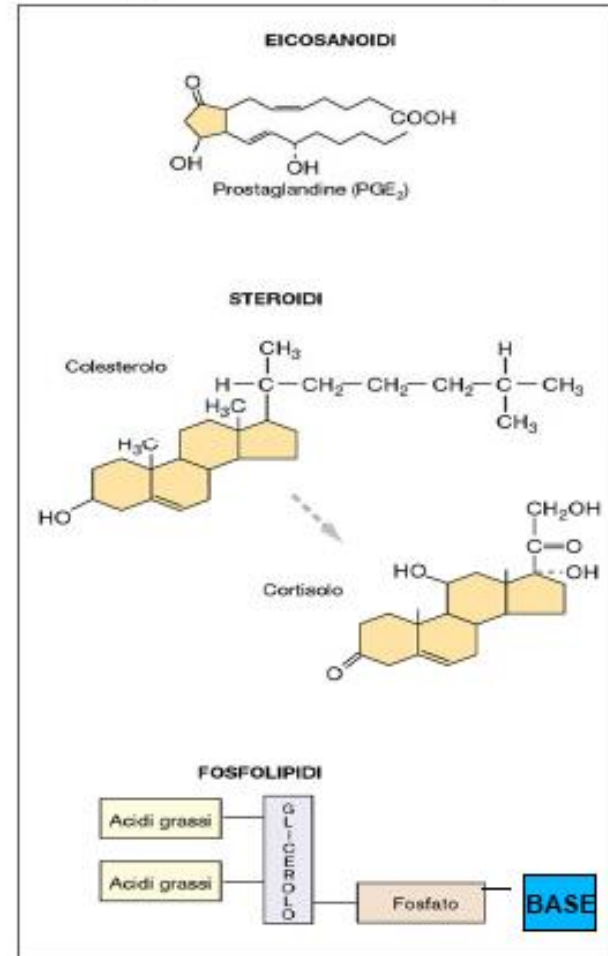
Figura 11.28 Assorbimento di aminoacidi, dipeptidi e tripeptidi nel digiuno e nell'ileo. A livello della membrana apicale l'ingresso dei di- e tripeptidi, (a.a.)₂ e (a.a.)₃ avviene in cotrasporto con H⁺, mentre gli aminoacidi sono assorbiti con cotrasporti Na⁺-dipendenti o mediante diffusione facilitata. Il gradiente di H⁺ all'interno della cellula è sostenuto dall'antiporto Na⁺/H⁺, il gradiente di Na⁺ dalla Na⁺/K⁺-ATPasi. Nel citoplasma, di- e tripeptidasi idrolizzano i di- e tripeptidi in aminoacidi. L'efflusso degli aminoacidi dalla membrana basolaterale avviene mediante diffusione facilitata e carrier Na⁺-dipendenti.

LIPIDI E MOLECOLE CORRELATE <

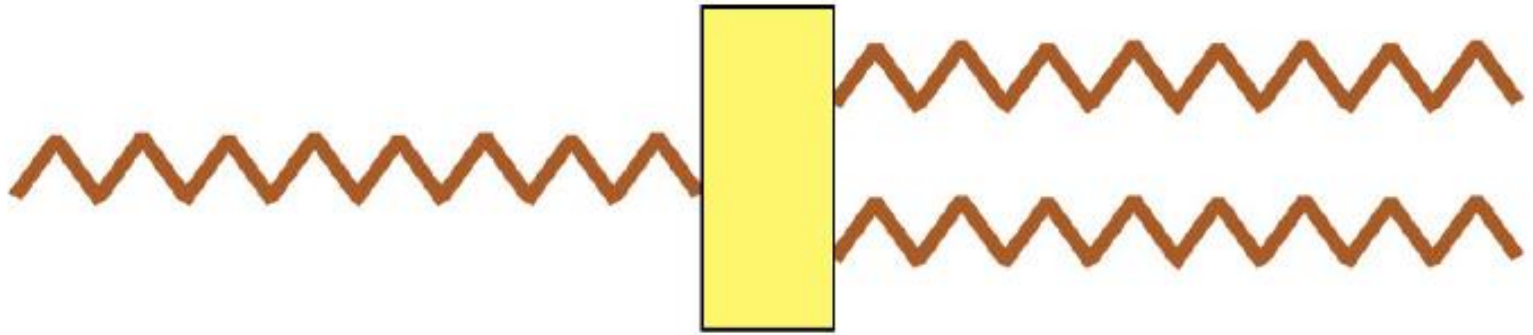
LIPIDI



MOLECOLE AFFINI AI LIPIDI



DEGRADAZIONE DEI TRIGLICERIDI



Trigliceride

lipasi, colipasi



Monogliceride

+



Acidi grassi liberi

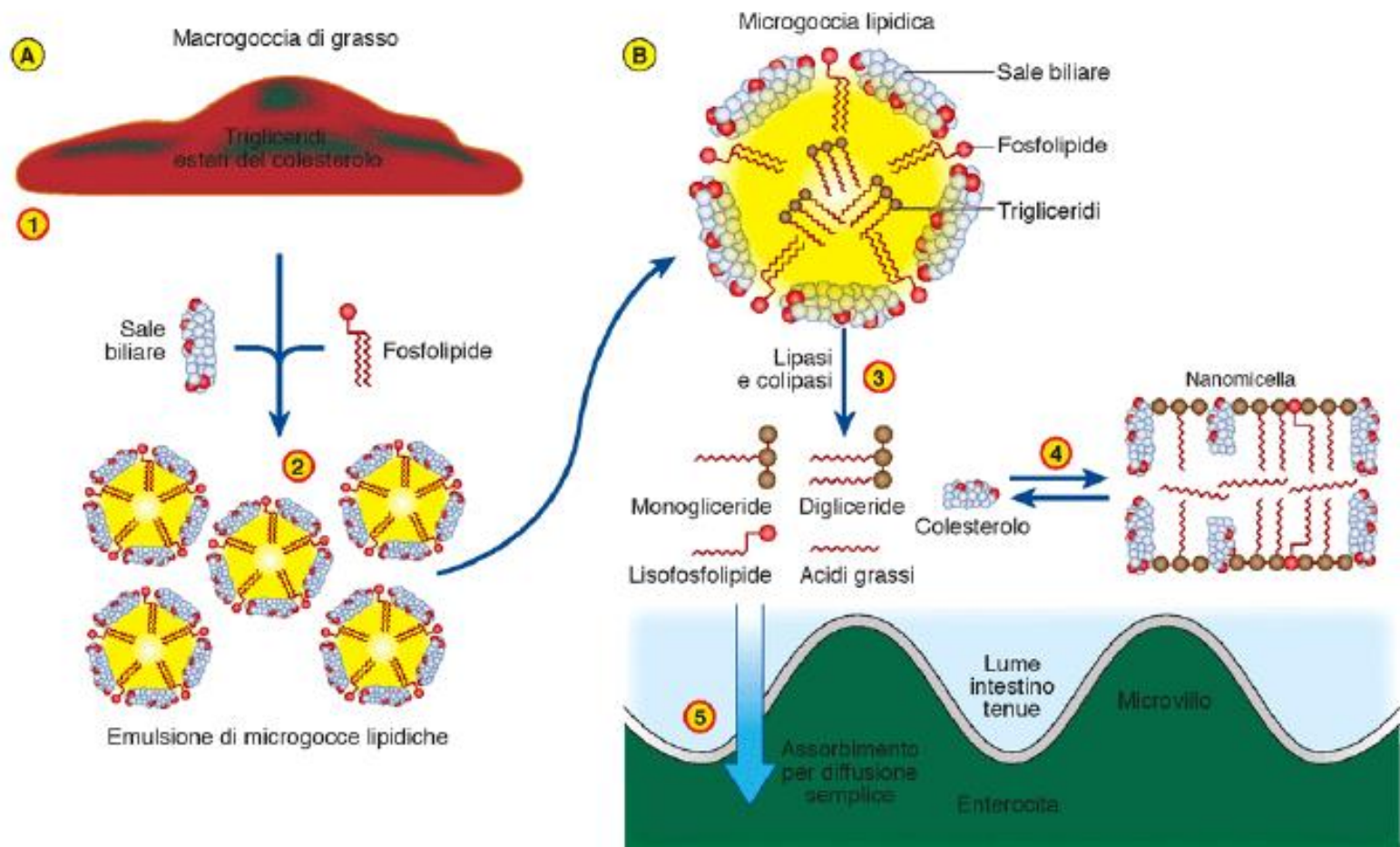


Figura 49.9 Digestione e assorbimento dei lipidi nell'intestino tenue. **A)** Una macrogoccia di grasso (1) delle dimensioni di qualche millimetro e contenente principalmente trigliceridi ed esteri del colesterolo è emulsionata in tante microgocce grazie all'azione dei sali biliari e fosfolipidi (2). **B)** L'azione delle lipasi e colipasi pancreatiche sulle microgocce di lipidi (3) danno origine ai prodotti indicati. Questi, ad alte concentrazioni, formano strutture nanomicellari stabili in equilibrio chimico con le singole molecole (4). Man mano che le singole molecole lipidiche sono assorbite dagli enterociti per diffusione semplice (5), le nanomicelle si decompongono per sostenere l'assorbimento.

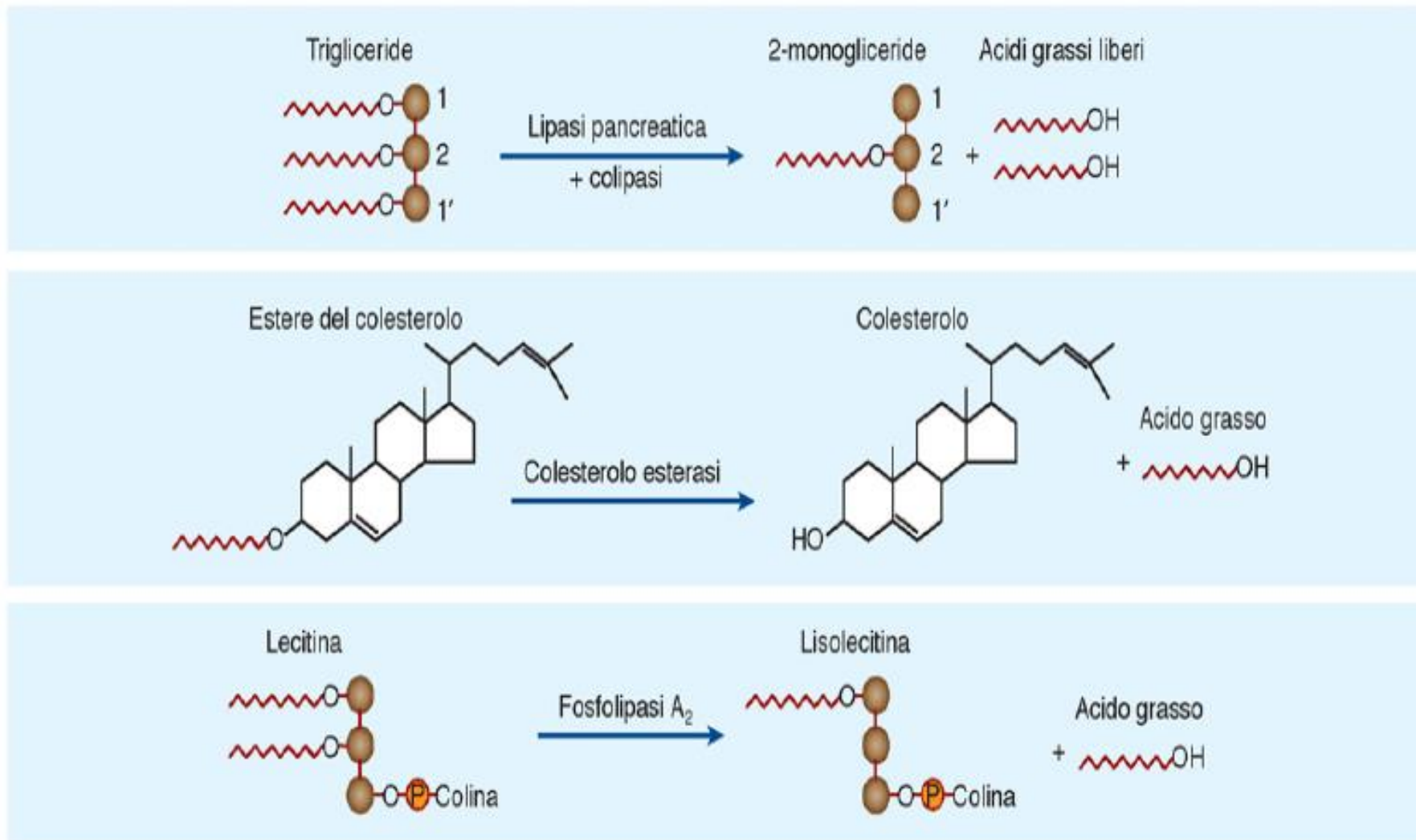


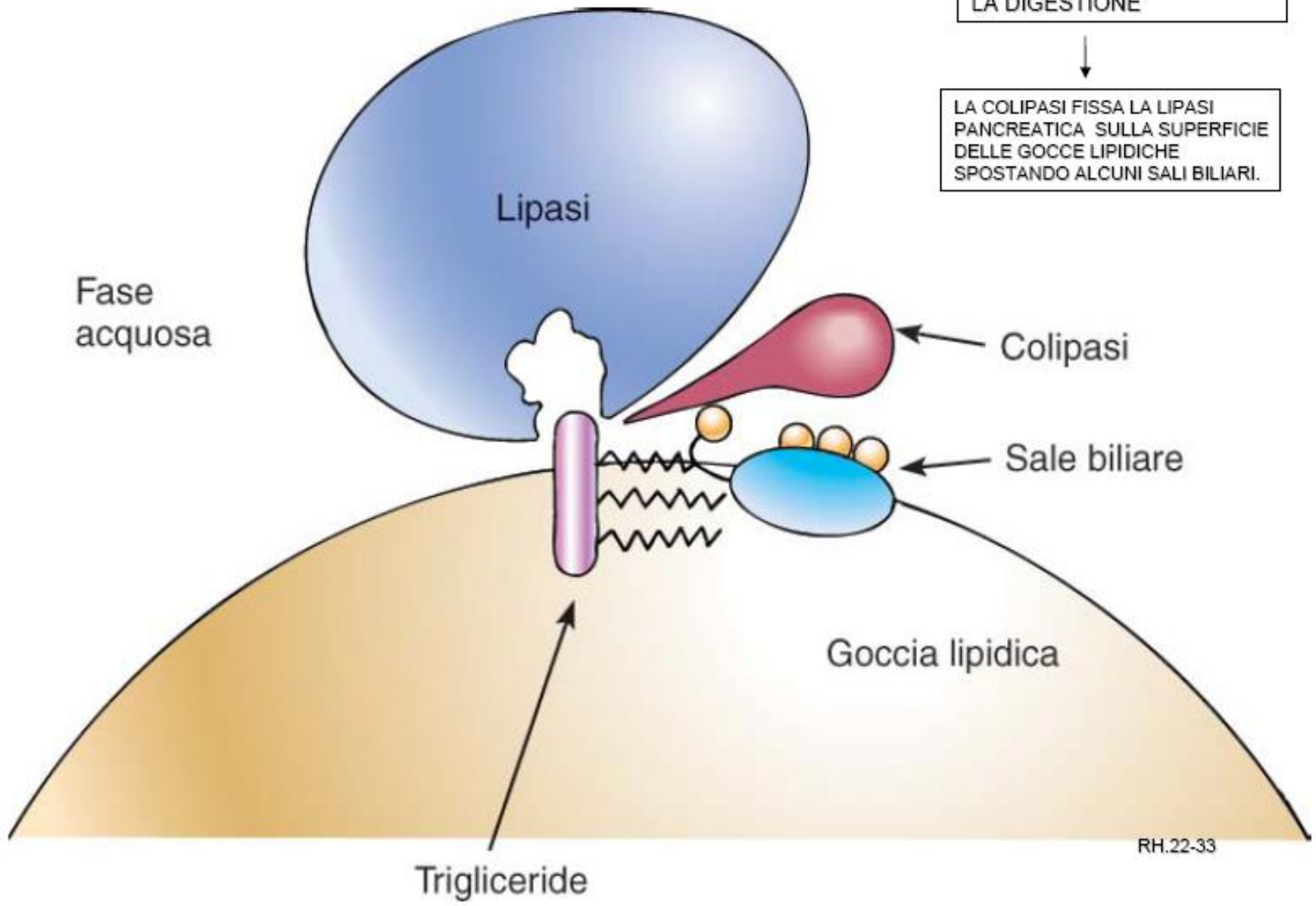
Figura 49.10 Schema delle reazioni enzimatiche dei principali enzimi pancreatici che idrolizzano i lipidi e formazione dei prodotti finali.

FUNZIONE DELLA COLIPASI

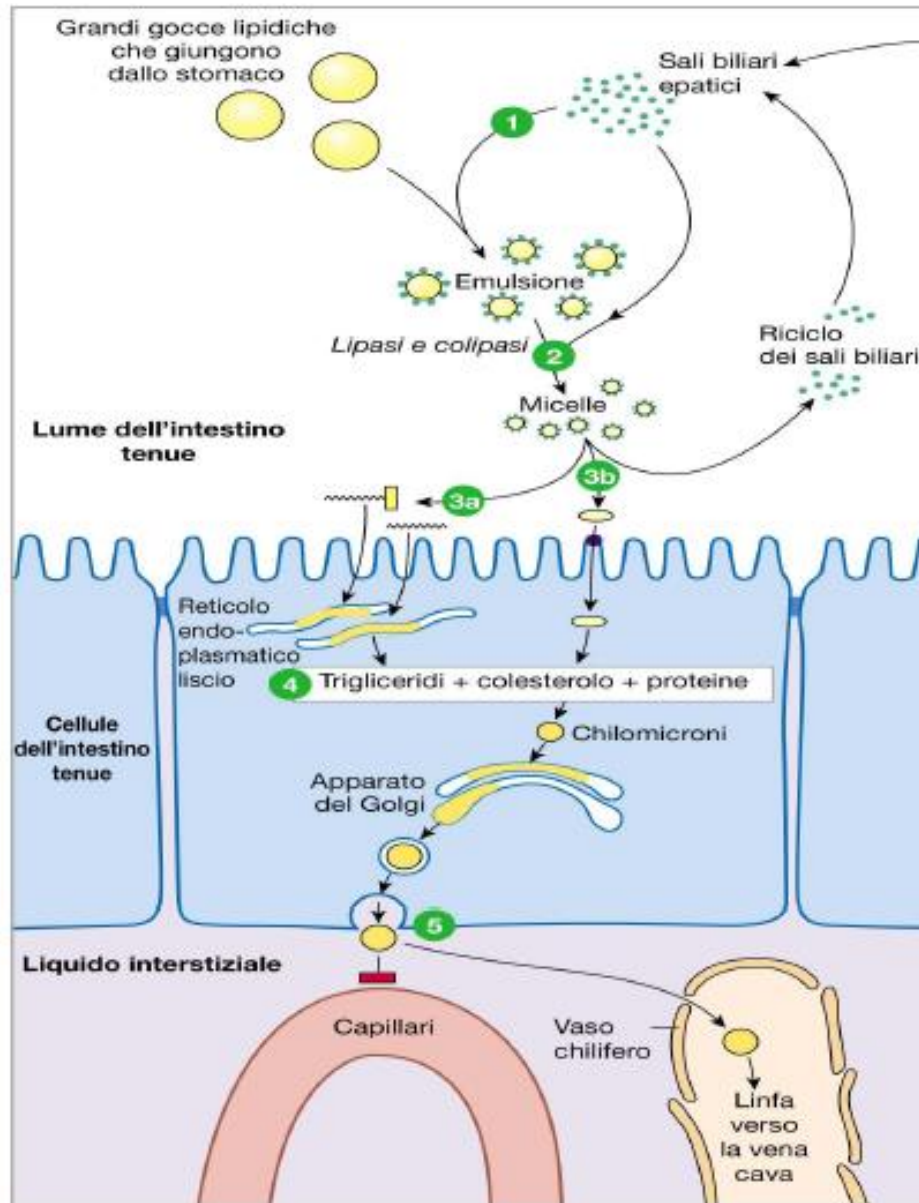
I SALI BILIARI OSTACOLANO LA DIGESTIONE



LA COLIPASI FISSA LA LIPASI PANCREATICA SULLA SUPERFICIE DELLE GOCCE LIPIDICHE SPOSTANDO ALCUNI SALI BILIARI.



DIGESTIONE E ASSORBIMENTO DEI GRASSI



- 1 I sali biliari, prodotti dal fegato, rivestono le gocce lipidiche.
- 2 La lipasi e la colipasi pancreatiche scindono i grassi in monogliceridi e acidi grassi che si raccolgono a formare micelle.
- 3a I monogliceridi e gli acidi grassi lasciano le micelle ed entrano nelle cellule per diffusione.
- 3b Il colesterolo viene trasportato nelle cellule per mezzo di un trasportatore.
- 4 I lipidi assorbiti nelle cellule intestinali si combinano con proteine e formano chilomicroni.
- 5 I chilomicroni entrano nel sistema linfatico.

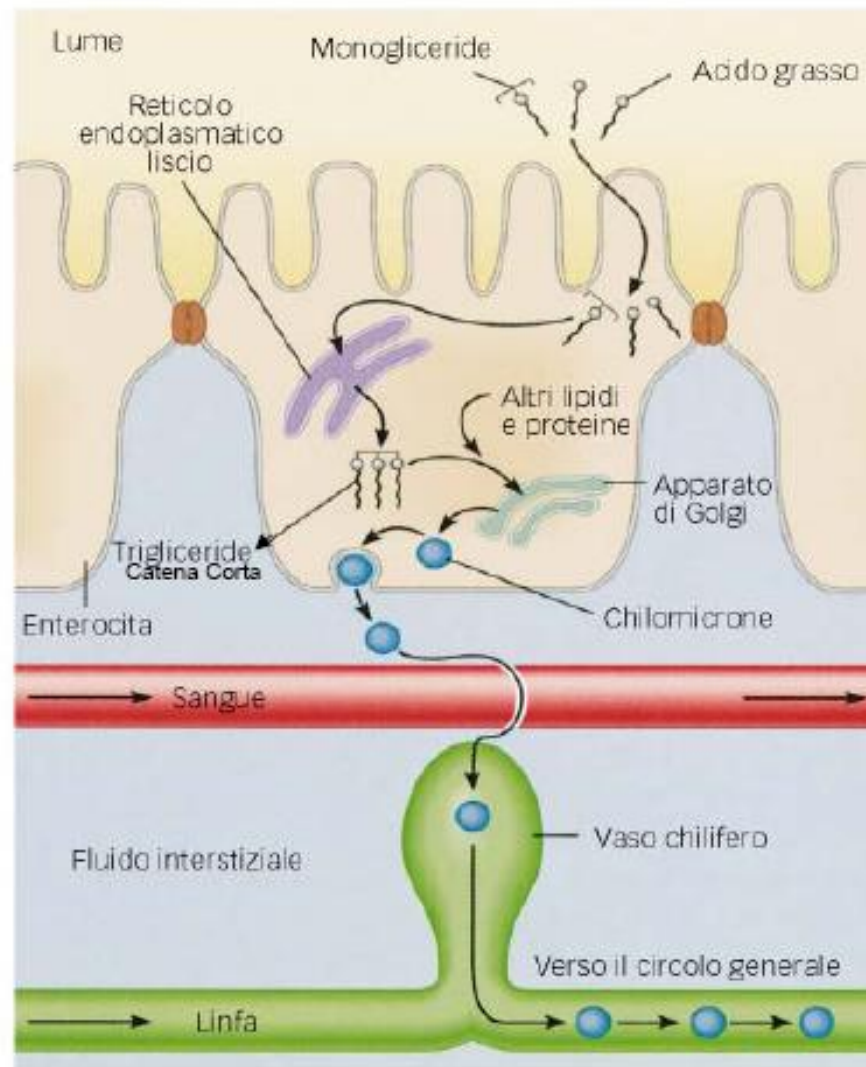
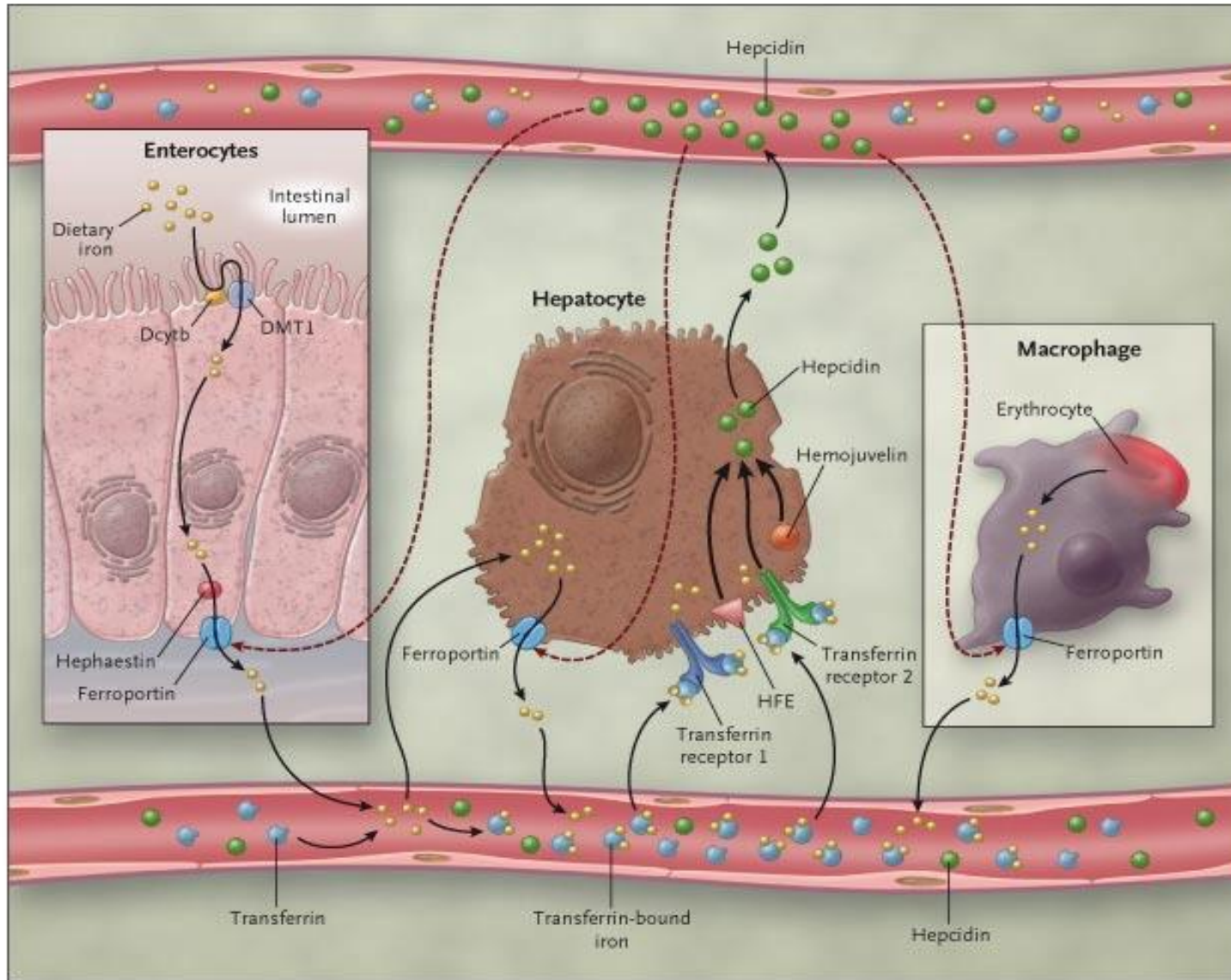
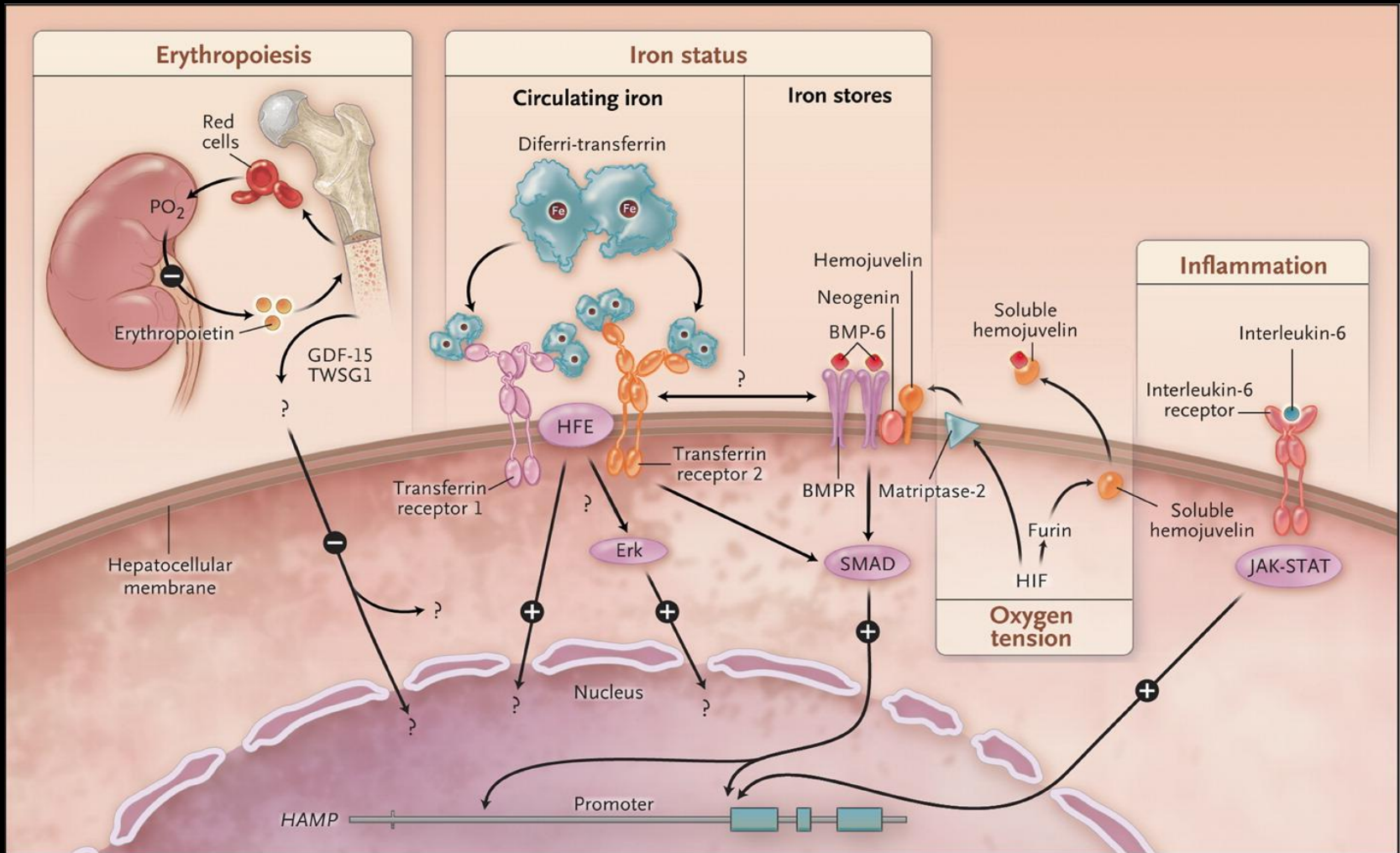


FIGURA 19.20 Fasi dell'assorbimento dei grassi. *Gli acidi grassi ed i monogliceridi assorbiti negli enterociti sono sintetizzati a trigliceridi, che vengono quindi aggregati nei chilomicroni. Dopo l'esocitosi nel liquido interstiziale, i chilomicroni entrano attraverso i vasi chiliferi del circolo linfatico e quindi raggiungono il circolo generale.*

Interplay of Key Proteins in Iron Homeostasis.



Regulation of Hepatocellular Hcpcidin Expression.

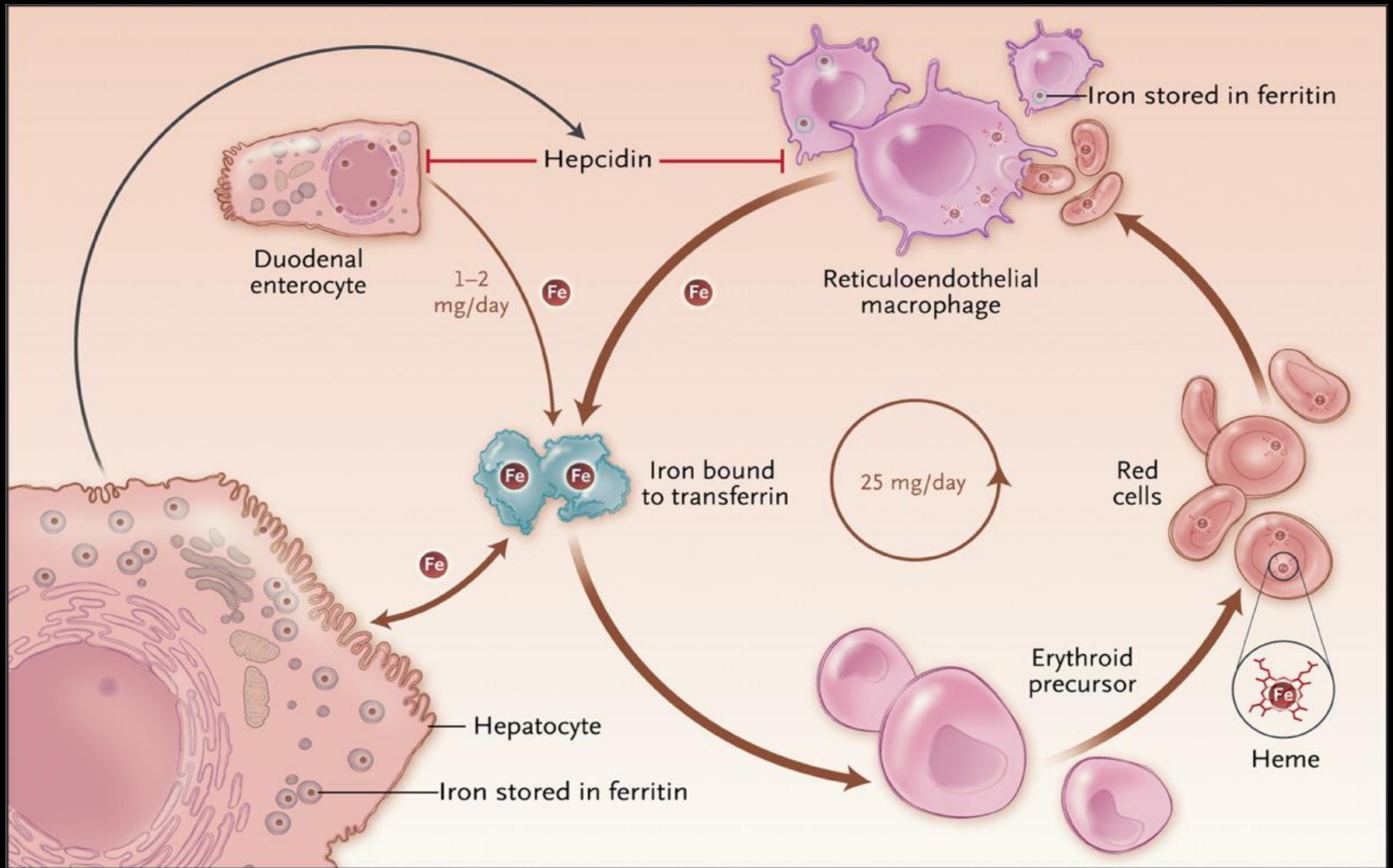


Fleming RE, Ponka P. N Engl J Med 2012;366:348-359.



The NEW ENGLAND
JOURNAL of MEDICINE

Iron Cycle.

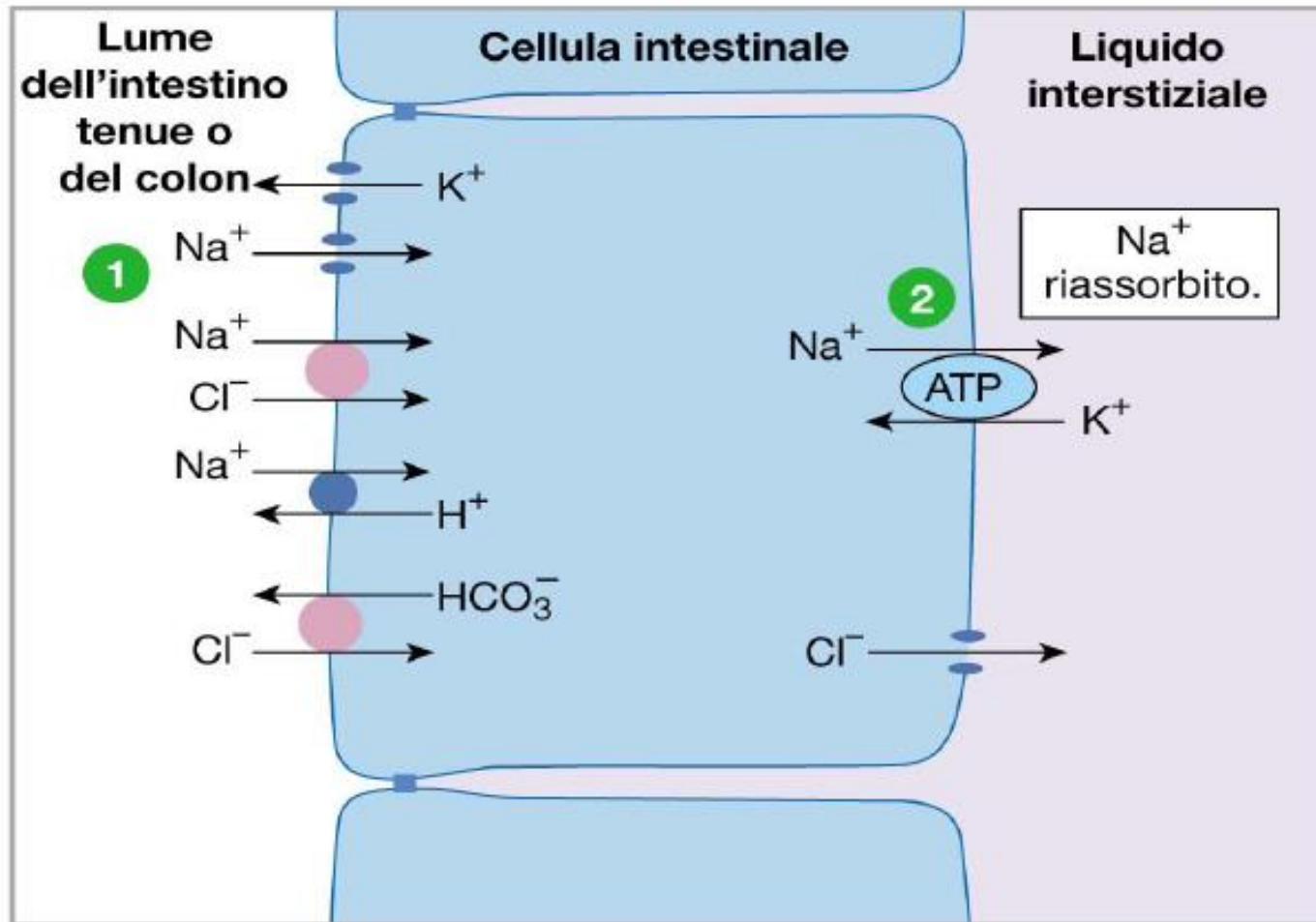


Fleming RE, Ponka P. N Engl J Med 2012;366:348-359.



The NEW ENGLAND
JOURNAL of MEDICINE

ASSORBIMENTO DI NaCl NELL'INTESTINO TENUE E COLON



1 Il Na^+ entra nella cellula mediante diverse vie.

2 La $Na^+-K^+-ATPase$ pompa Na^+ nel LEC.

Meccanismi di assorbimento delle principali vitamine idrosolubili

Vitamina	Caratteristiche del trasporto
Acido ascorbico (Vitamina C)	Na ⁺ dipendente; canali anionici sensibili al volume
Acido folico (pteroilglutamico)	Cotrasporto con H ⁺
Acido nicotinico	Cotrasporto con H ⁺
Acido pantotenico	Na ⁺ dipendente, in comune con biotina
Biotina	Na ⁺ dipendente, carrier voltaggio-dipendente
Cobalamina	FI + cubilina/megalina
Piridossina	Cotrasporto con H ⁺
Riboflavina	Carrier-mediato; trasformazione intracellulare in FMN e FAD
Tiamina	Antiporto non H ⁺ , Na ⁺ dipendente