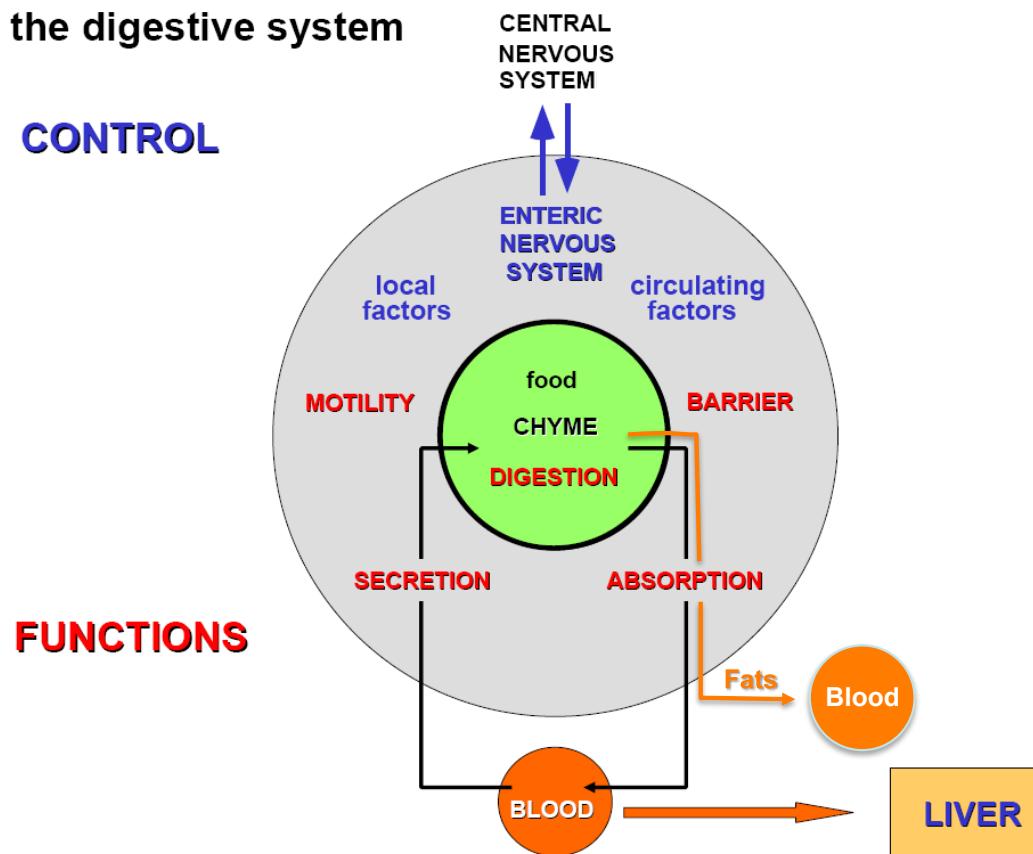


Système digestif Relations fonctionnelles du système digestif Contrôle des fonction digestives

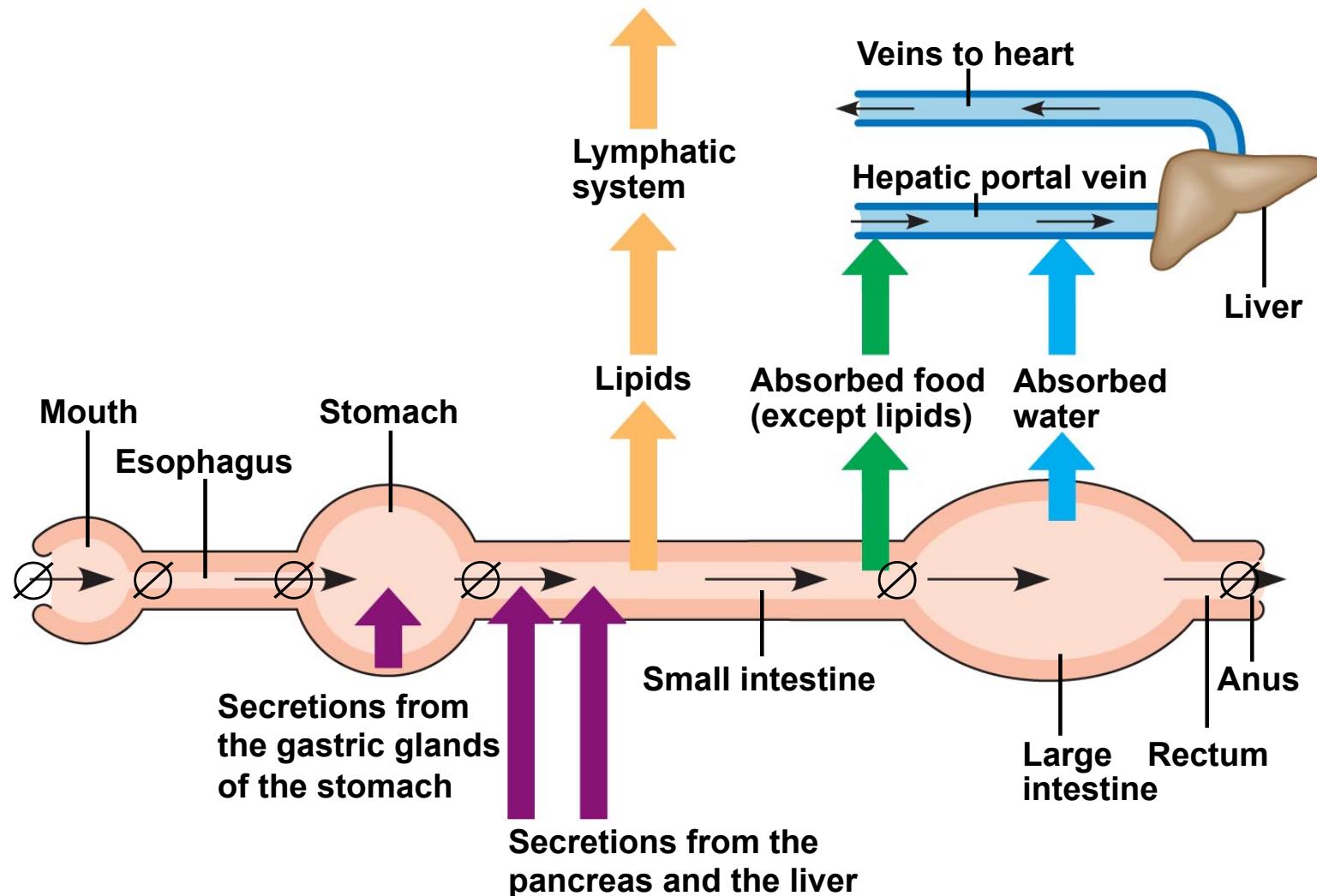
Functional relationships within the digestive system



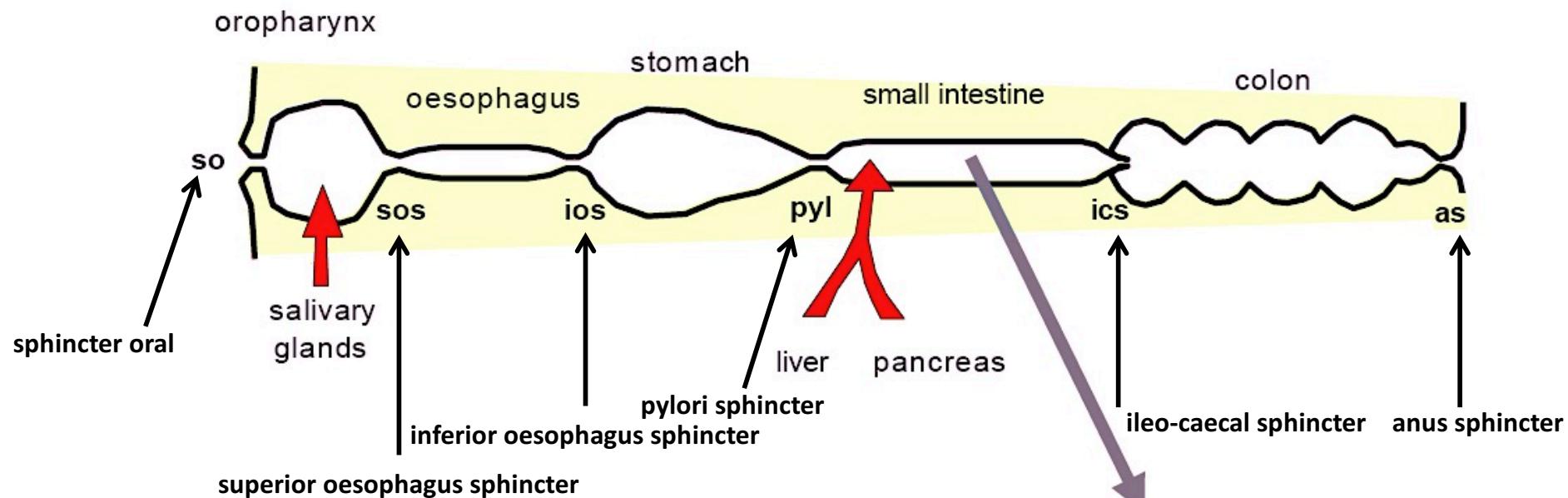
Système digestif Schéma de fonction du système digestif

Rôle des sphincters

Bloodstream



Système digestif Segmentation du système digestif



Intestinal wall

SURFACE AMPLIFICATION:

tube elongation
plication et villosities of the mucosa
microvillosities of the enterocytes
glycocalyx

Système digestif Activité électrique du système gastro-intestinal

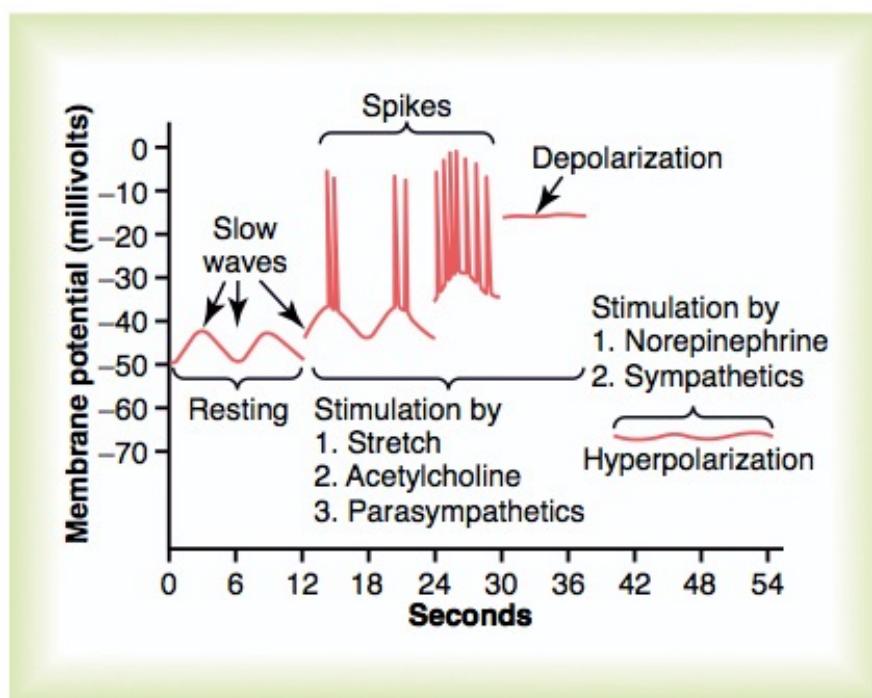


Figure 62–3

Membrane potentials in intestinal smooth muscle. Note the slow waves, the spike potentials, total depolarization, and hyperpolarization, all of which occur under different physiologic conditions of the intestine.

Activité électrique de la musculature lisse gastrointestinale

Activité électrique intrinsèque lente

- ondes lentes (pas d'entrée de Ca^{2+})
- pics (entrée de Ca^{2+})

Ondes lentes

- changements du potentiel de membrane (5-15 mV)
- *n'entraînent pas de contraction musculaire*
- sont modulées par le SNA, GIH et l'étirement
- ont une *fréquence propre à la localisation dans le tube*
- varie de 3 à 12 / min
- proviennent des *cellules interstitielles de Cajal* (ICC)
- ICC sert de *pacemakers électrique*
- ICC établit des contacts *synaptic-like* avec les SML

Les pics stimulent la contraction musculaire

- seuil de -40 mV , fréquence (1-10 s/sec)
- conduit par des canaux Ca^{2+} - Na^+ , lents (20 ms)
- peut mener à des contractions toniques (Hormones)

Système digestif Contrôle neural du système gastro-intestinal Rôle des 2 plexus

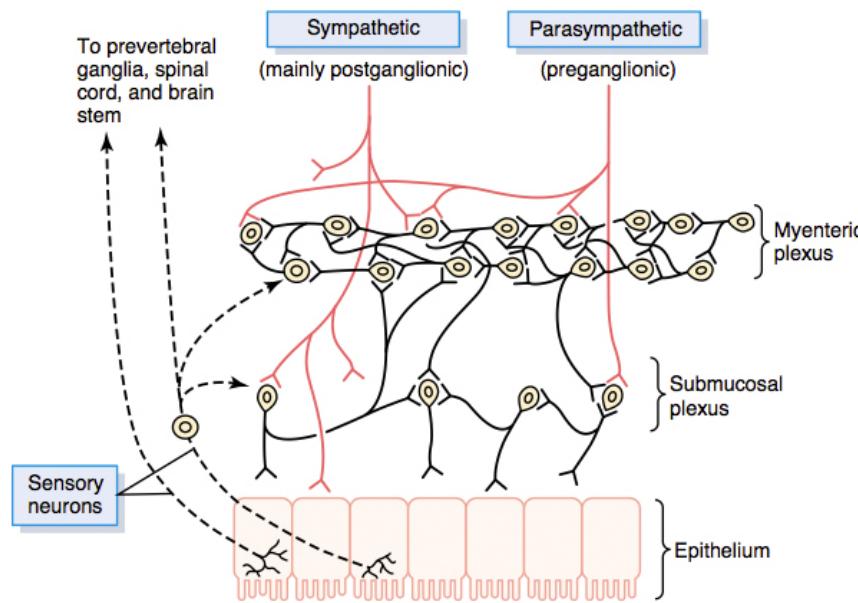


Figure 62-4

Neural control of the gut wall, showing (1) the myenteric and submucosal plexuses (*black fibers*); (2) extrinsic control of these plexuses by the sympathetic and parasympathetic nervous systems (*red fibers*); and (3) sensory fibers passing from the luminal epithelium and gut wall to the enteric plexuses, then to the prevertebral ganglia of the spinal cord and directly to the spinal cord and brain stem (*dashed fibers*).

Contrôle neural de la fonction gastrointestinale

Le Système Nerveux Entérique (100 x 10⁶ neurones)

2 Plexus

- plexus myentérique (externe) => *mouvements GI*
 - o augmente la contraction tonique
 - o augmente l'intensité et le taux de la contraction rythmique
 - o augmente la vitesse de conduction
 - o des neurones peuvent être inhibitrices => sphincters
- plexus submuqueux (interne) => *Sécrétion*
=> *Débit sanguin*
=> *Absorption*
- Ils peuvent travailler indépendamment

Modulation par le SNA

- Parasympathique (crânial + caudal)
 - o augmente l'activité générale des 2 plexus
- Sympathique
 - o inhibe l'activité du tube GI (muscles lisses et neurones)

Système digestif Contrôle neural du système gastro-intestinal

Contrôle neural de la fonction gastrointestinale

Fibres nerveuses sensorielles afférentes des viscères

2 types de neurones

- neurones sensorielles => moelle épinière
- neurones sensorielles du système nerveux entérique

Sont activés en réponse à

- irritation de la muqueuse viscérale
- distension excessive (élongation)
- présence de conditions chimiques et molécules spécifiques
 - o pH
 - o osmolarité
 - o graisses

Leur activation peut conduire à:

- Excitation
 - Inhibition
- **mouvements ou sécrétions intestinaux**

Système digestif Contrôle réflexe du système gastro-intestinal

Réflexes gastrointestinaux

1 Intégrés dans le système nerveux entérique

- sécrétion, péristaltisme, mélange, inhibition

2 Viscères => système nerveux sympathique

- longue distance vers les autres régions du système gastro-intestinal
 - o gastrocolique* => évacuation du colon lors du remplissage gastrique
 - o entérogastrique* => colon et intestin grêle : inhibition de la fonction de l'estomac
 - o colonoiléal* => colon : inhibition de la vidange de l'intestin grêle

3 Viscères => moelle épinière ou viscères => cerveau

- tronc cérébral de l'estomac et du duodénum => contrôle de l'activité de l'estomac
- réflexes nocicepteurs => inhibition générale
- réflexes défécation

- Excitation
- Inhibition



mouvements ou sécrétions intestinaux

Système digestif Mouvements du tube gastro-intestinal
Rôle des 2 types de mouvements

Types de mouvements fonctionnels dans le tube digestif

Mouvements de propulsion

Mouvement de malaxation

1 *Mouvements de propulsion => PERISTALTISME*

- propriété inhérente aux CML du tube
- déclenchés par *distension stimulus chimique signaux parasympathiques*
- gérés par le plexus myentérique
- se déplace dans le sens oral → anal (Loi du tube digestif)

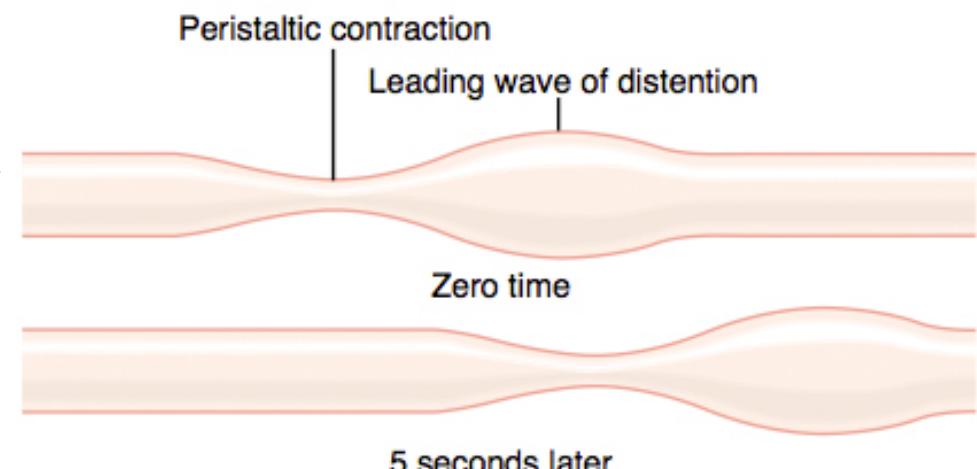


Figure 62-5

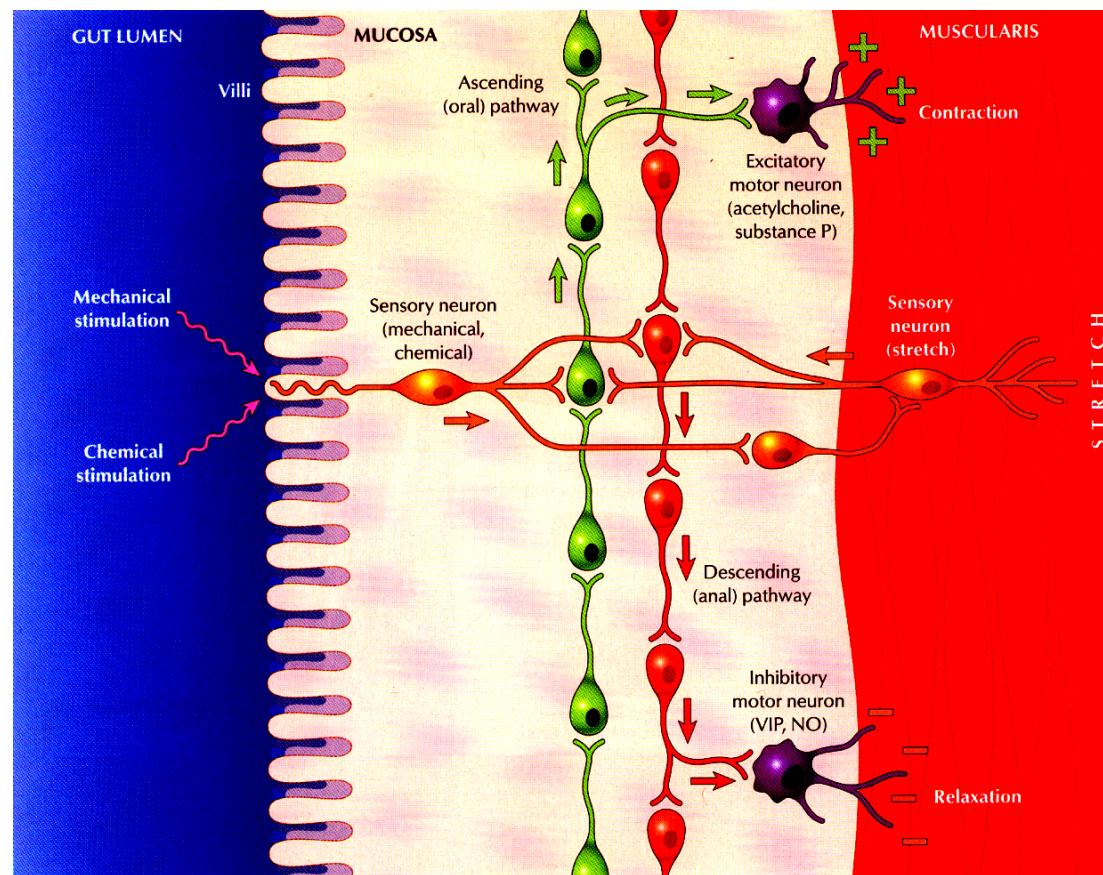
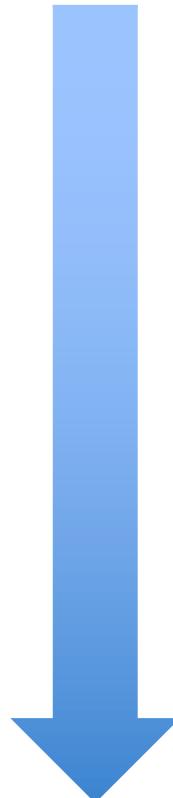
Peristalsis.

2 *Mouvements de malaxation => MELANGE*

- changent suivant la localisation le long du tube gastro-intestinal
- provoqués en partie par le péristaltisme (lors de blocage par les sphincters!)
- contraction intermittente locale constrictive tous les 3-5 cm durant 5-30 sec

Système digestif Contrôle du péristaltisme gastro-intestinal

Oral (Crânial)



Voie ascendante orale
excitation (Ach, substance P)
→ contraction

Voie afférente sensorielle
stimulation mécanique-
chimique →
ordres excitation/inhibition

Voie descendante anale
inhibition (VIP, NO)
→ relaxation

Anal (Caudal)

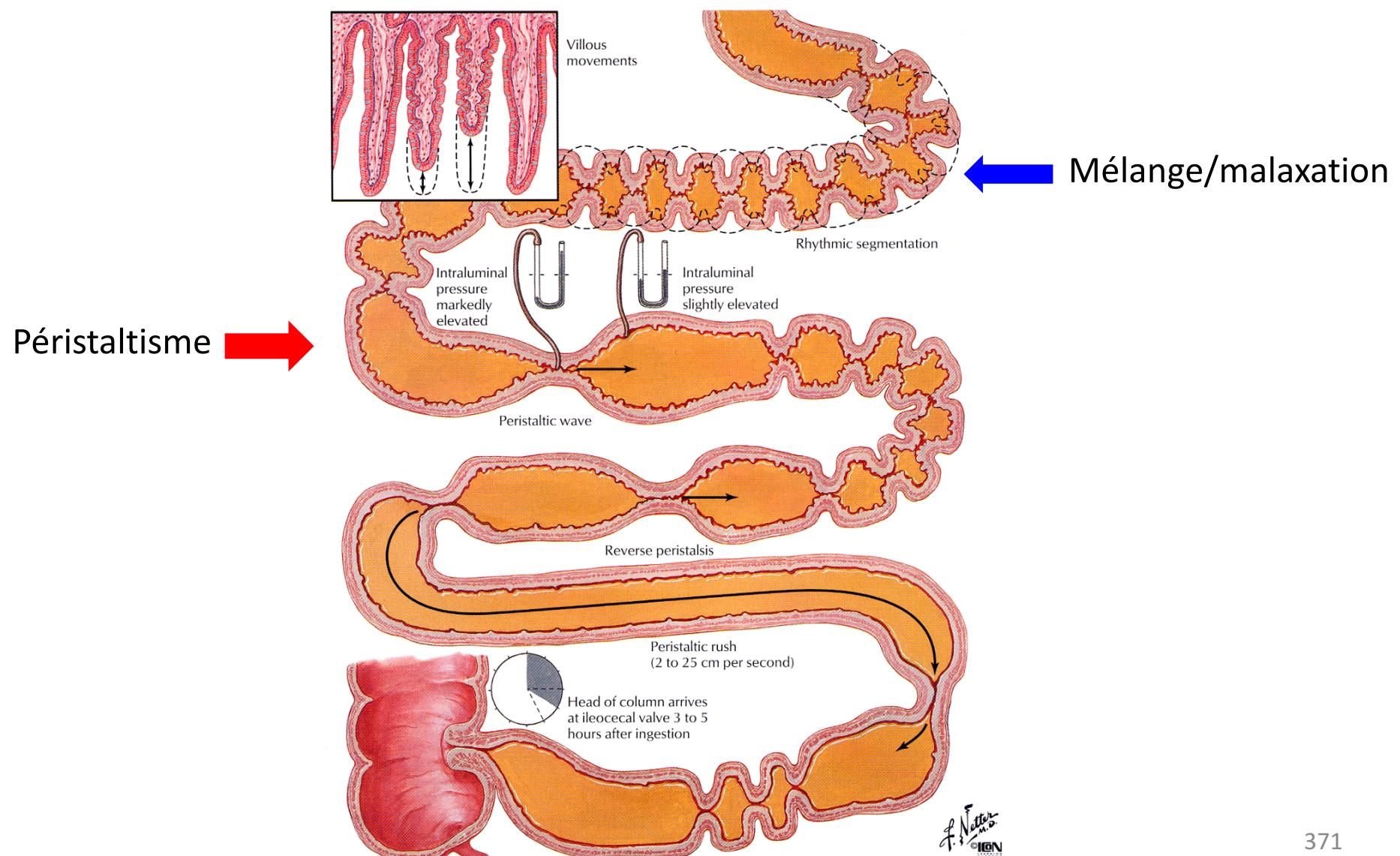
CONTROL OF PERISTALSIS

The presence of a bolus of food in the lumen of the intestine causes contraction of the smooth muscle above and relaxation below the bolus. This process results in a peristaltic wave, which

propels the bolus down the intestine (i.e., from the mouth toward the anus). This process is coordinated by the enteric nervous system.

VIP= vasoactive intestinal peptide

Système digestif Contrôle du péristaltisme gastro-intestinal



Système digestif Contrôle du flux sanguin gastro-intestinal

Effets de l'activité et des facteurs métaboliques digestifs sur le débit sanguin gastrointestinal

Règle générale => le débit sanguin est directement corrélé avec **le niveau d'activité locale**
=> augmentation de **8x** du débit sanguin lors de la digestion pendant 2-4 heures

Régulation Vasodilatateurs : relâchés par la muqueuse

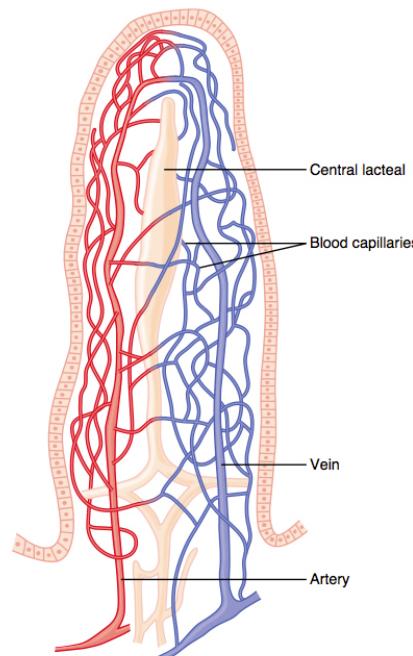


Figure 62-8

Microvasculature of the villus, showing a countercurrent arrangement of blood flow in the arterioles and venules.

- **Hormones peptidiques :** cholécystokinine, vasoactive intestinal peptide (VIP), gastrine, sécrétine (également active sur l'activité motrice gastro-intestinale et sécrétoire)
- **Kinines :** kallidine et bradikinine des glandes GI (le plus puissant)
- **↓ concentration d' O₂ :** produit une chute de l'ATP et une augmentation de l'adénosine qui est un puissant vasodilatateur : augmentation de 4x lors de la digestion

→ Les villosités ont un flux sanguin à contre-courant!!

Système digestif Contrôle du flux sanguin gastro-intestinal

Contrôle neurologique du débit sanguin gastrointestinal

Parasympathique => augmente le débit sanguin et la sécrétion

Sympathique => réduit le débit sanguin par vasocontraction

1 la vasocontraction sympathique est antagonisée par une voie d'autorégulation

- vasodilatateurs métaboliques locaux supérieurs hiérachiquement <= ischémie

2 la vasocontraction dans le tube digestif permet la mobilisation du sang sous stress

- choc circulatoire
- choc hémorragique => vasocontraction des veines mésentériques



200 - 400 ml de sang

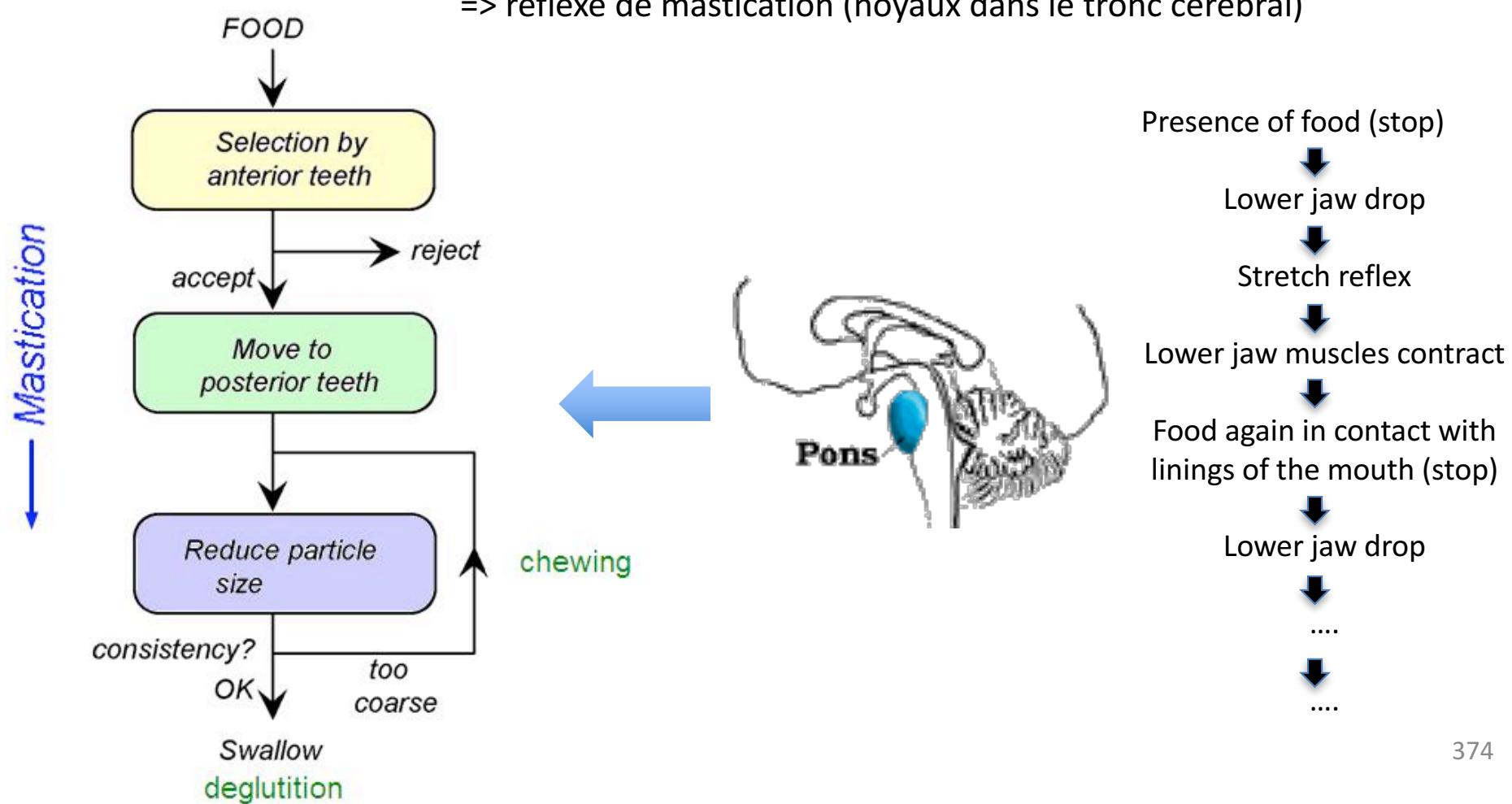
Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans le tube digestif

Prise d'aliments => dicté par *la faim et l'appétit*

Mastication

=> découpe dents (20 kg) et concassage (100 kg)

=> réflexe de mastication (noyaux dans le tronc cérébral)



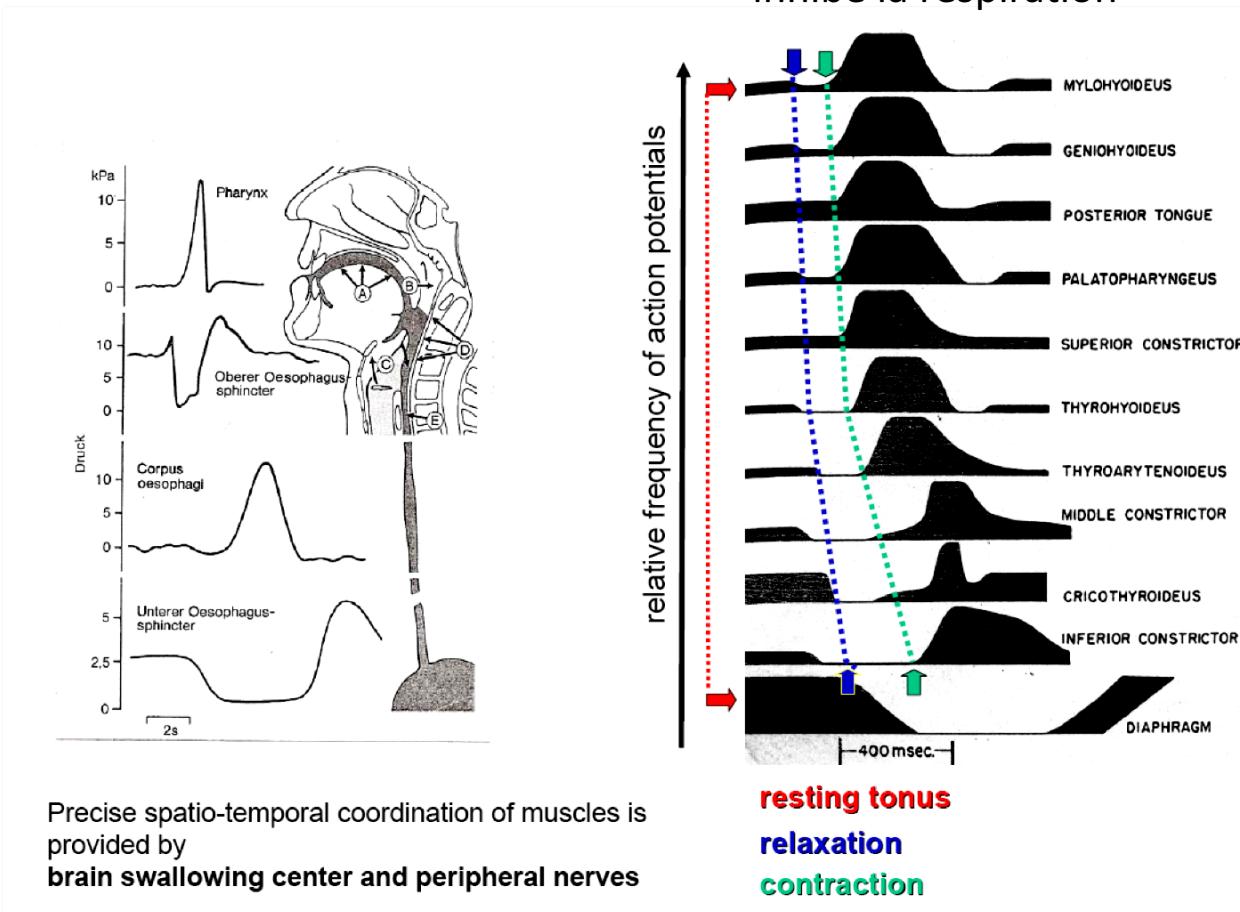
Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans le tube digestif

Déglutition

=> mécanisme complexe = carrefour avec la respiration

- 1) étape volontaire
- 2) étape pharyngée

- => décision d'avaler
- => stimule une zone de récepteurs => automatique
- => inhibe la respiration



Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans le tube digestif

Déglutition

=> mécanisme complexe = carrefour avec la respiration

- 1) étape volontaire => décision d'avaler
- 2) étape pharyngée => stimule une zone de récepteurs => automatique
=> inhibe la respiration
- 3) étape oesophagienne => effectuée par le péristaltisme oesophagien
péristaltisme primaire et secondaire

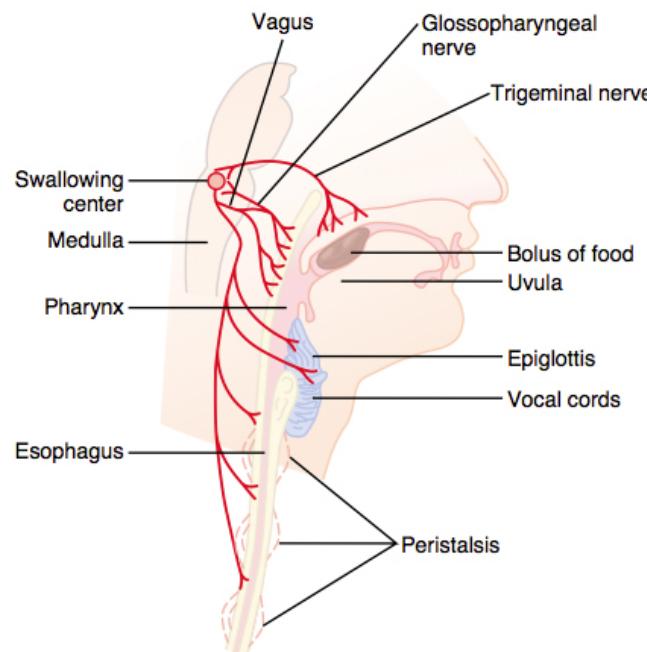
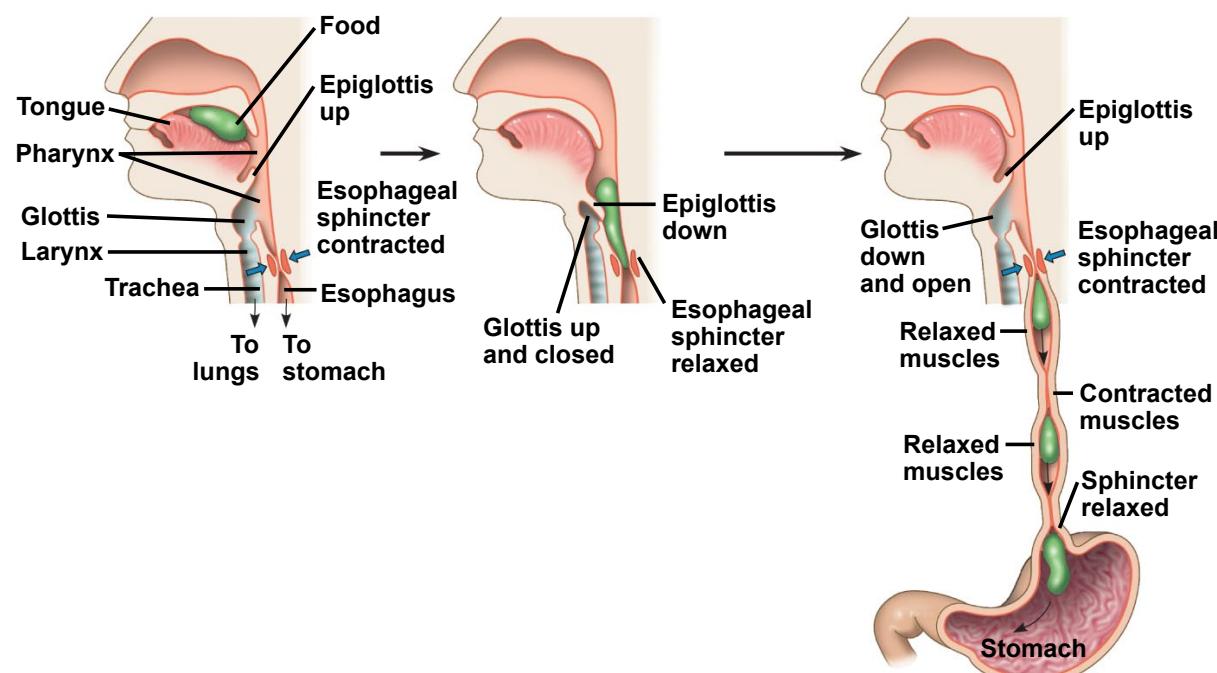


Figure 63–1

Swallowing mechanism.



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans le tube digestif Rôle du sphincter oesophagien inférieur

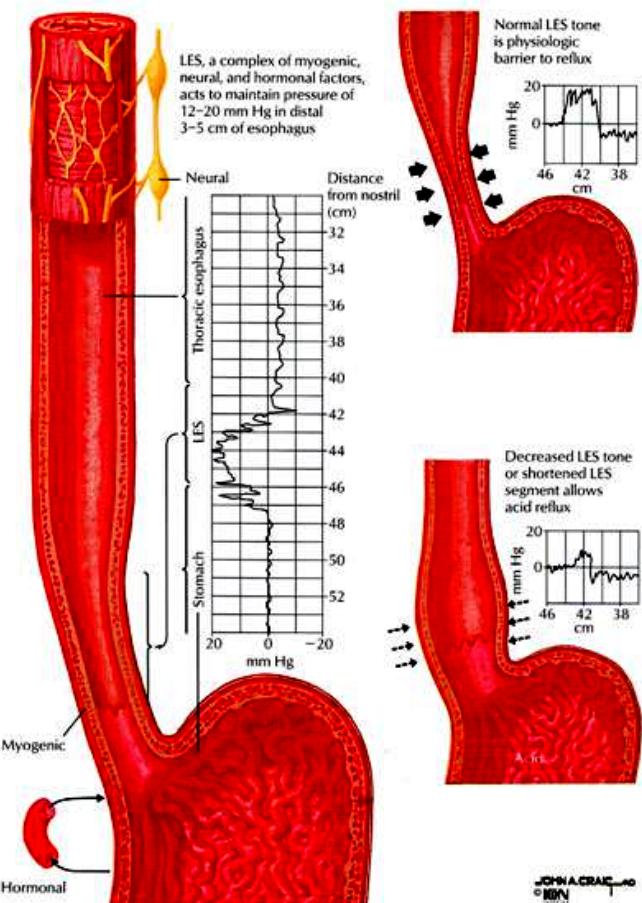


FIGURE 7.3 LOWER ESOPHAGEAL SPHINCTER

Peristalsis is initiated by the voluntary action of swallowing, which is controlled by efferent fibers in the vagus. Vagal fibers synapse on neurons within the myenteric plexus (enteric nervous system) of the esophagus. The myenteric plexus directly controls the peristaltic wave by alternatively relaxing then contracting the muscles of the esophagus. The smooth muscle increases in thickness at the junction

with the stomach and forms the lower esophageal sphincter (LES). Normally, the resting tone of the LES is high, which prevents the reflux of gastric contents into the esophagus. As the peristaltic wave carries a bolus of food to the stomach, release of nitric oxide (NO) and vasoactive intestinal peptide (VIP) from neurons of the myenteric plexus causes relaxation of the LES, and food enters the stomach.

Normalement:

Maintient d'un tonus de 20 mmHg par le sphincter oesophagien inférieur

Pathologie:

Diminution/perte du tonus par le sphincter oesophagien inférieur
→ reflux acide gastro-oesophagien

Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans l'estomac

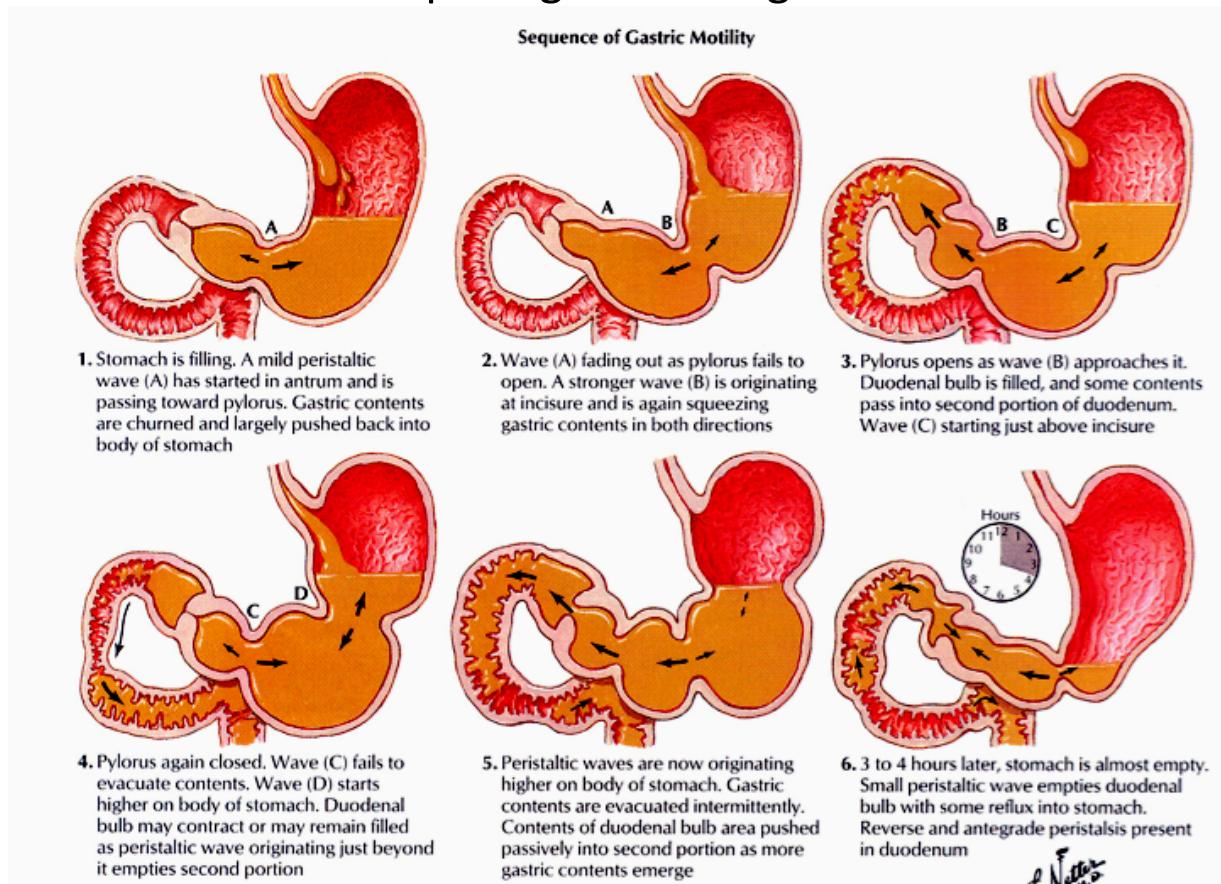
Fonction motrice de l'estomac

- 1) stockage d'une grande quantité d'aliments avant traitement (0.8 – 1.5 litres)
- 2) mélange de ces aliments avec la sécrétion gastrique => formation du chyme
- 3) vidange contrôlée du chyme afin d'assurer une bonne digestion => intestins

Mélange et propulsion des aliments dans l'estomac

- 1) mélange des aliments avec les sucs digestifs de l'estomac => glandes gastriques
- 2) ondes péristatiques faibles => ondes mélanges – 1x / 15-20 secondes
- 3) le rythme est dicté par les *ondes lentes* électriques de base
- 4) augmente d'intensité en direction de l'antre par rapport au corps
- 5) très intense dans la région de l'antre et du pylore => anneaux de constriction

Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans l'estomac Remplissage et vidange



GASTRIC MOTILITY

The motility of the stomach is under neural and hormonal control. As food is swallowed, vagal efferents release vasoactive intestinal peptide (VIP) to relax the stomach. Mixing and churning of the food (chyme) results from contractions beginning in the middle of the stomach and traveling toward the pylorus. Over time, small amounts of chyme are ejected into the duodenum with each contraction wave. The emptying of the stomach varies with the nature

of the contents of the food. For example, the rate of emptying is starch > protein > fat. Also, solid foods empty slower than liquids. The emptying of the stomach is also controlled by hormones released by neuroendocrine cells in the duodenum and jejunum. These cells monitor the intestinal contents and then modulate the rate of gastric emptying (upper panel).

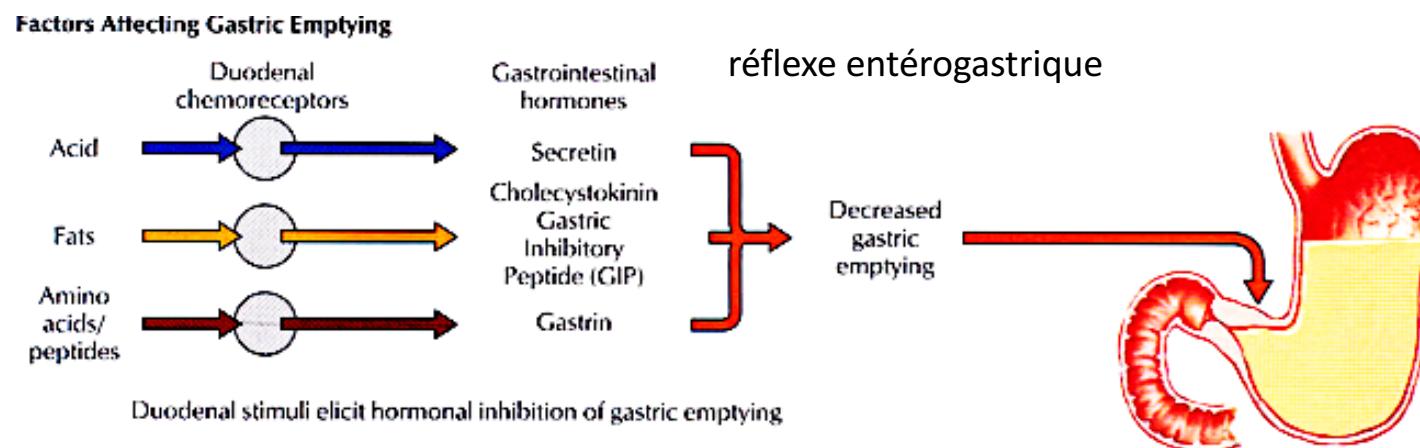
Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans l'estomac
Vidange gastrique Rôle du sphincter pylorique dans la vidange gastrique

1) Favorisée par d'importantes contractions péristaltiques dans l'estomac

La pompe pylorique
 $(P= 50-70 \text{ cmH}_2\text{O})$

2) Le muscle pylorique contrôle la vidange gastrique

- permet généralement à l'eau et aux molécules hydro-solubles de passer
- empêche le passage des aliments
- le tonus musculaire est contrôlé par le SNA et des facteurs humoraux de l'estomac (stimulant la gastrine) et du duodénum:



Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans l'estomac
Contrôle de la vidange gastrique

Régulation de la vidange gastrique

1) Effets inhibiteurs du SN entérogastrique duodénal

un arc réflexe dans le duodénum déclenché par le volume du bol alimentaire

- a) Système Nerveux Entérique
- b) Nerfs extrinsèques => ganglions sympathiques
- c) Nerf vague parasympathique (pression intrastomacale)



2) Facteurs affectant le contrôle de la vidange gastrique au niveau du duodénum

- a) étirement => élongation
- b) niveau d'irritation
- c) niveau d'acidité
- d) niveau d'osmolalité
- e) produits de la dégradation des aliments (protéines +++, graisses ++)

3) Rétroaction hormonale est certainement le plus puissant régulateur (graisses +++)

Système digestif 2 types de contractions de l'intestin grêle

Se divisent entre contractions de malaxation et de propulsion

1) Contractions de malaxation

Provoquées initialement par le réflexe d'élongation du chyme entrant dans le duodénum



segmentations rythmiques

(ondes lentes=> 12/min)



fragmentation et mélange

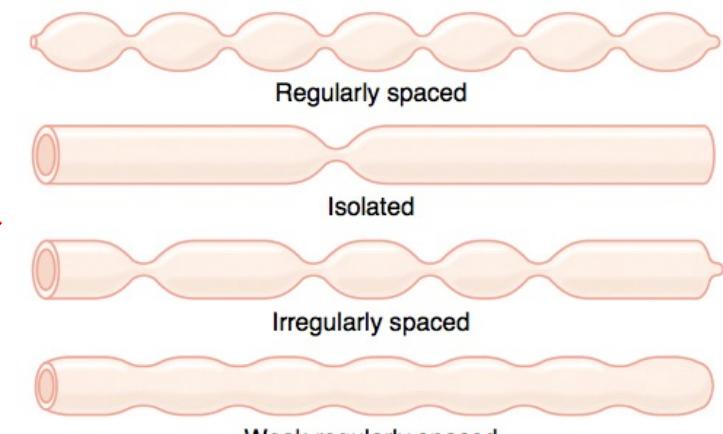


Figure 63-3

Segmentation movements of the small intestine.

- ondes péristaltiques = 0.5 – 2 cm/s
- avance de 3 – 5 cm => moyenne 1 cm/ min => 3-5 hrs pour atteindre le caecum
- contrôlé initialement par les aliments entrant dans le duodénum => lois de l'intestin (élongation)
- réflexe gastroentérique (système nerveux myentérique)
- facteurs hormonaux relâchés de l'estomac (gastrine) et du duodénum (CCK)
- poussée péristaltique <= irritation <= infection : plexus myentérique => sortie ↞ min!

Système digestif Fonction de la valve iléo-caecale

Contrôle la fin du processus de digestion dans l'intestin grêle

1) Fonctions principales

- a) lieu de contrôle de la vidange de l'intestin grêle
- b) prévient les infections <= empêche le reflux
- c) organisée comme une vrai valve (protrusion + sphincter)
- d) résiste à des pressions jusqu'à 50-60 cm H₂O

2) Contrôle du sphincter iléo-caecal

- a) principalement par un réflexe du caecum
- b) plexus myentérique et système nerveux sympathique
- c) élongation, irritation du caecum => ++ tonus sphincter
- d) relaxation quand l'estomac est rempli => réflexe gastroileal
- e) appendicite => blocage de la valve => --- ileum

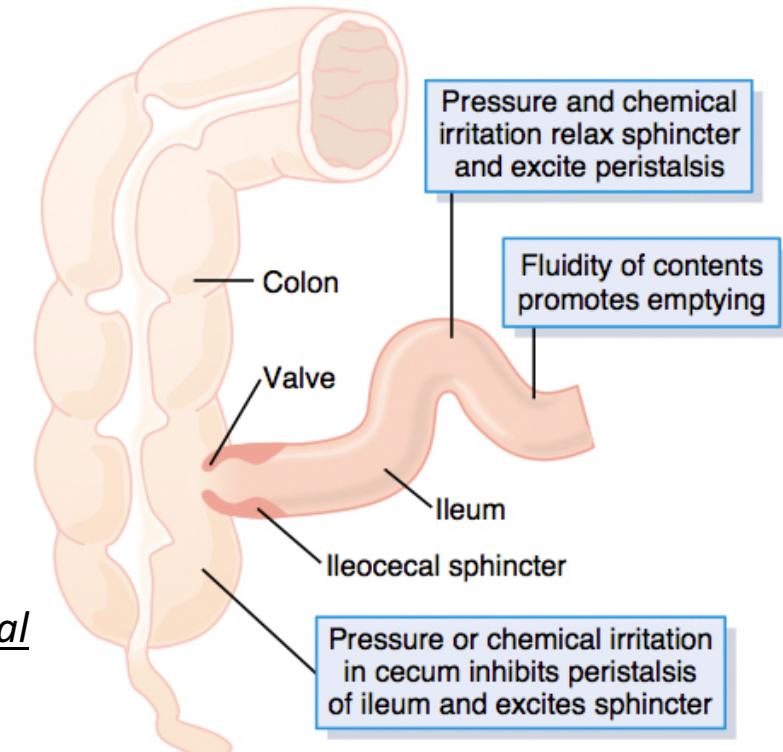


Figure 63-4

Emptying at the ileocecal valve.

Système digestif 3 types de mouvements du colon

Fonction du colon: absorption d'eau + stockage des matières fécales => expulsion

1) Mouvements de malaxation (Haustrations)

- a) contractions large circulaires
- b) 2.5 cm du colon se contracte
- c) contraction taenia coli => raccourcissement
- d) production de poches
- e) durée 30 sec
- f) mouvements lents => fin du colon

2) Mouvements de propulsion

- a) combinés avec l'action des haustrations
- b) 8 – 15 heures pour franchir tout le colon

3) Mouvements de masse

- a) du caecum au sigmoïde comme une vague!
- d) anneaux provoquent une contraction descendante
- c) 20 à 30 cm se contractent => mouvements de masse
- d) répétition plus loin pendant 10–30 min

4) Mouvements de masse contrôlés par les réflexes gastrocolique et duodénocolique

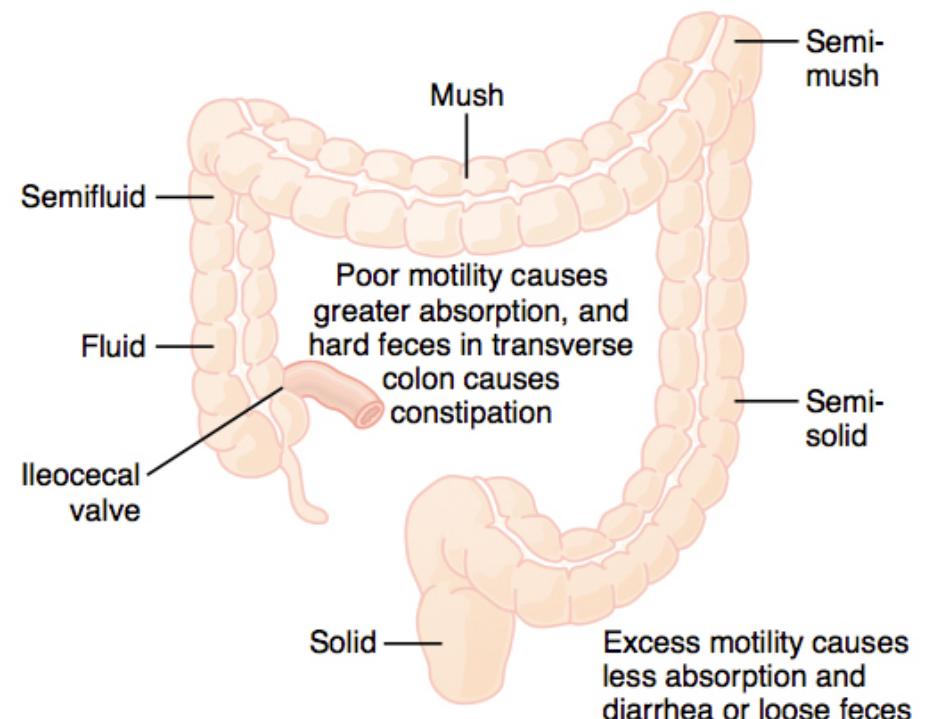
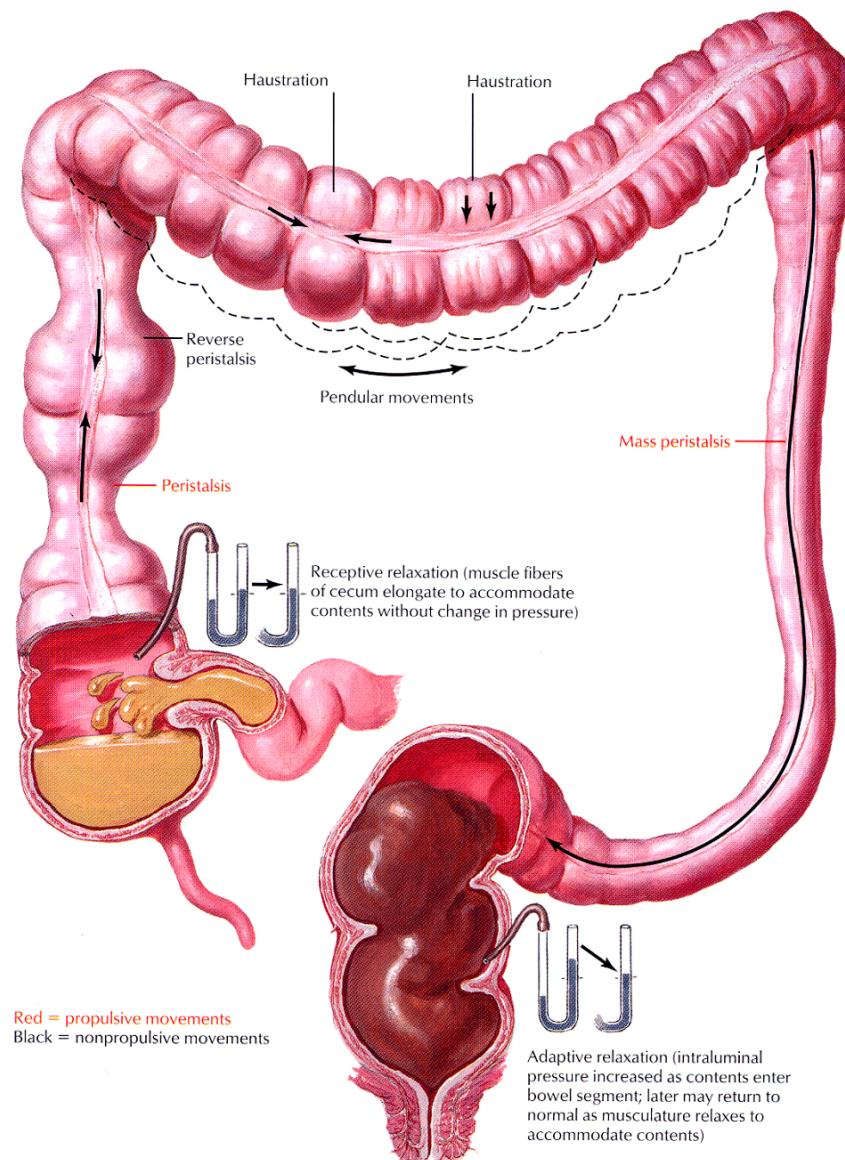


Figure 63–5

Absorptive and storage functions of the large intestine.

Système digestif Mouvements du colon



Système digestif Mouvements du colon exemple clinique

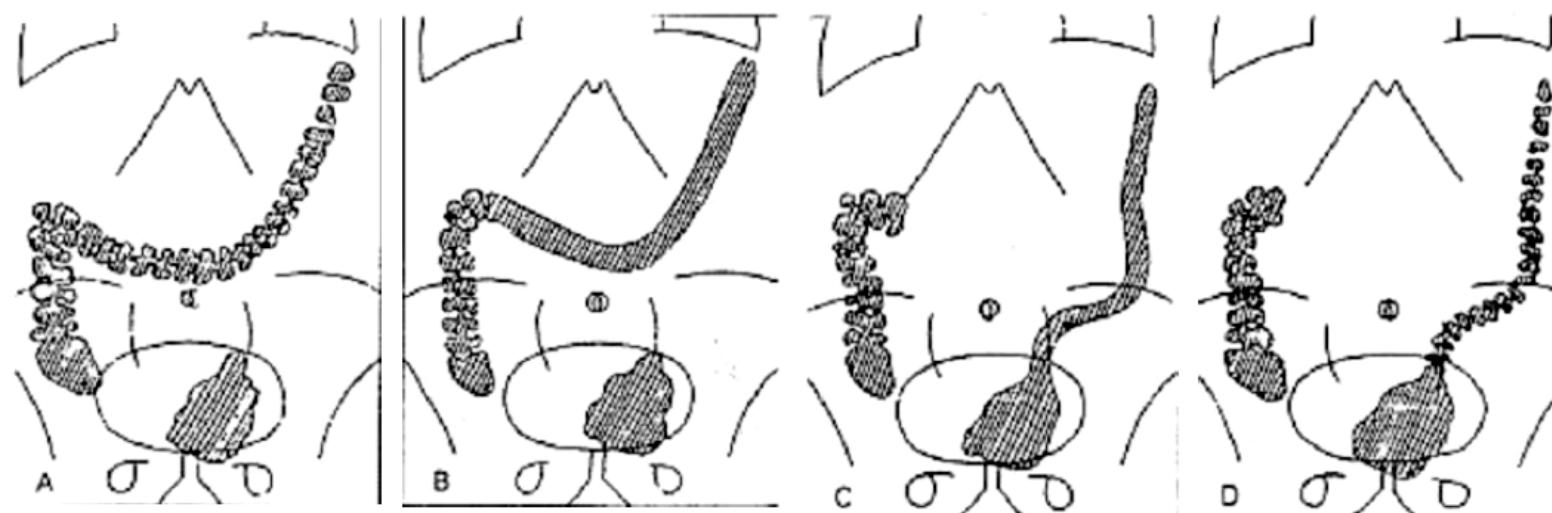


Système digestif Mouvements de propulsion/malaxation du colon

Colon

- segmentation (hastrations)

- mass movements,



Rectum

- continence: storage of faeces: 100-200 g,
25% de solids

- defecation: reflex action / voluntary : 1x /day (0.3-3x /day)

- control: Enteric & Central NS: learning (! paraplegia)

Système digestif Défécation

La plupart du temps le rectum est vide: les mouvements de masse remplissent le rectum déclenchant le réflexe de défécation => sensation perceptible => soumise à la volonté

1) Sphincter anal => 2 sphincters

- a) interne => cellules musculaires lisses => automatique
- b) externe => cellules musculaires striées => volontaire => doit être appris!

2) Réflexes de défécation initient le processus

système nerveux local myentérique => déclenche les ondes péristatiques dans la dernière portion du colon

les ondes péristaltiques provoquent la relaxation du sphincter interne

le réflexe parasympathique de défécation potentialise l'action du plexus myentérique

génération de puissantes ondes péristaltiques

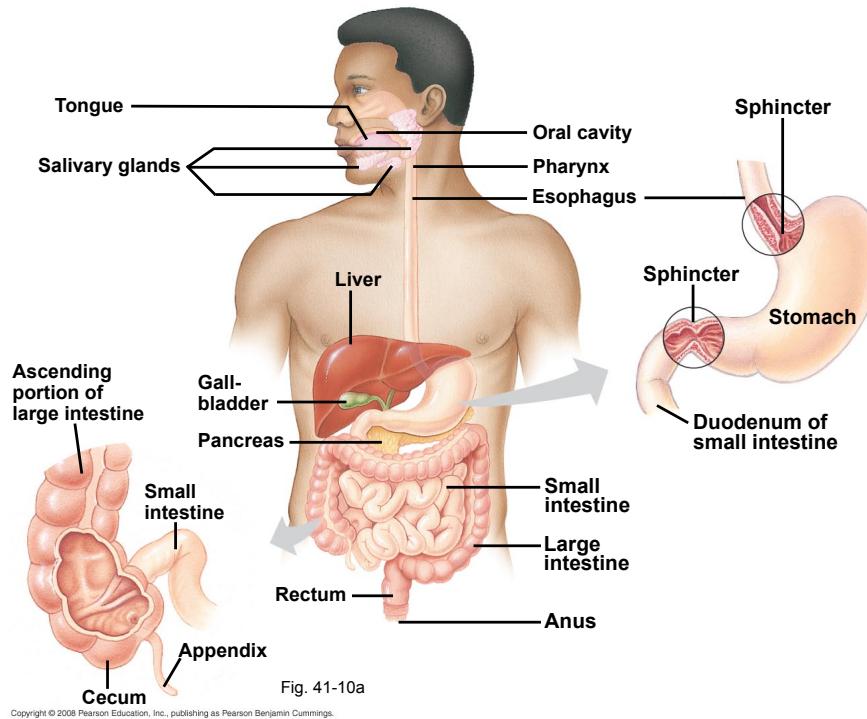
réflexes moelle épinière => blocage de la respiration et contraction de la paroi abdominale

Système digestif Fonction sécrétoire du tube digestif

Principes généraux

1) Les sécrétions sont produites par les glandes

- a) glandes salivaires => hydratation + enzymes digestives (amylase)
- b) glandes muqueuses => mucus => lubrifiant
- c) glandes tubulaires => estomac => pH acide + enzymes digestives (pepsinogen)
- d) pancréas => duodénum => pH basique + enzymes digestives (trypsin, amylase, lipase)
- e) foie+vésicule biliaire => sels biliaires
- f) cellules sécrétoires => H₂O, ions, mucus
dans les intestins



Système digestif Fonction sécrétoire du tube digestif

Principes généraux

1) Les sécrétions sont régulées par

- a) vision, goût => détecteurs dans la bouche => stimulation du nerf vague
- b) parasympathique => tube supérieur => salive, glandes oesophagiennes, estomac, pancréas
- c) reste du tube digestif => essentiellement le contact avec les aliments
- d) régulation hormonale => en fonction des détecteurs le long du tube digestif

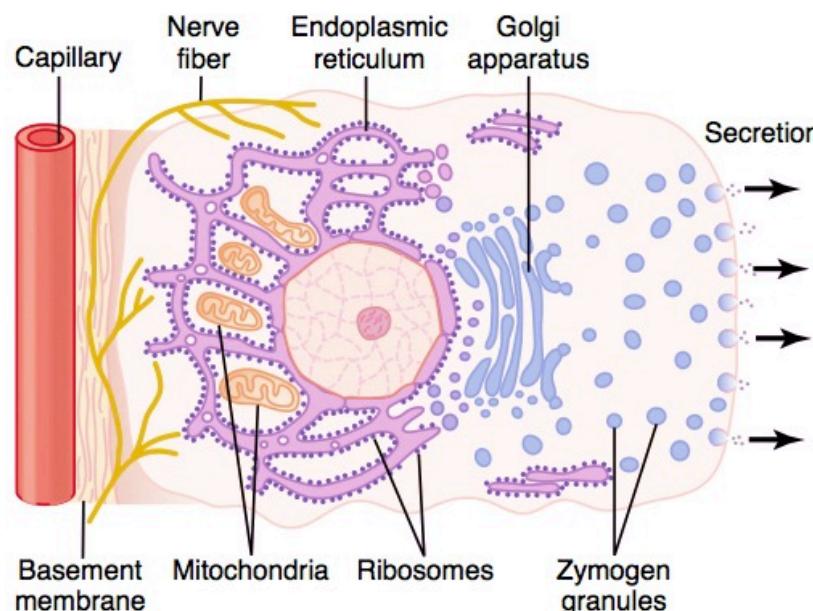


Figure 64-1

Typical function of a glandular cell for formation and secretion of enzymes and other secretory substances.

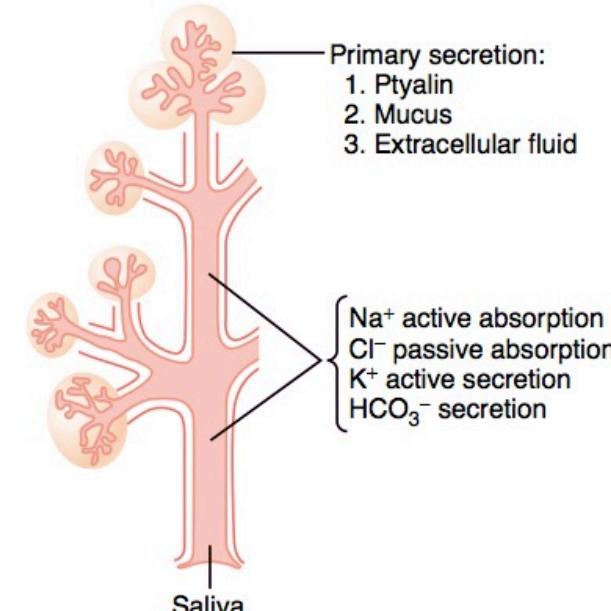


Figure 64-2

Formation and secretion of saliva by a submandibular salivary gland.

Guyton et Hall Medical Physiology

390

Système digestif Equilibre des fluides dans le tube digestif

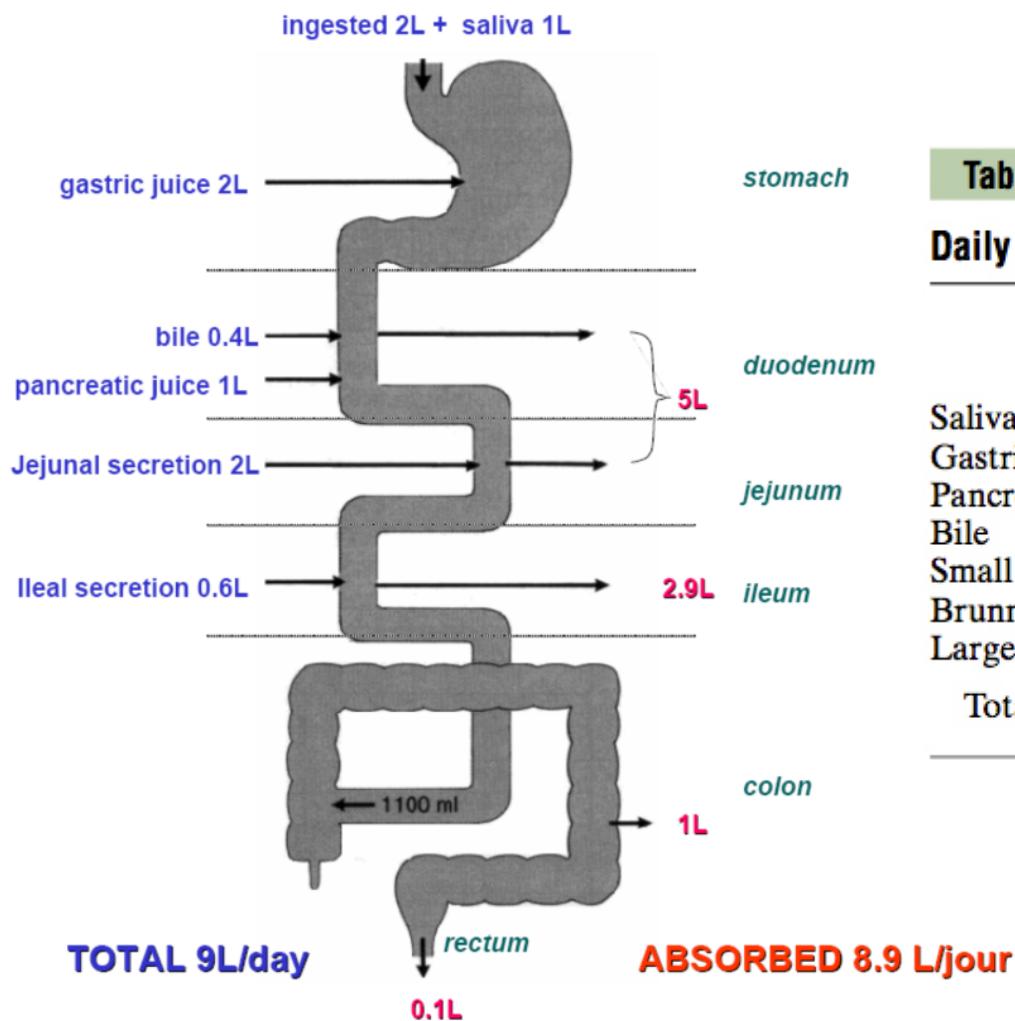


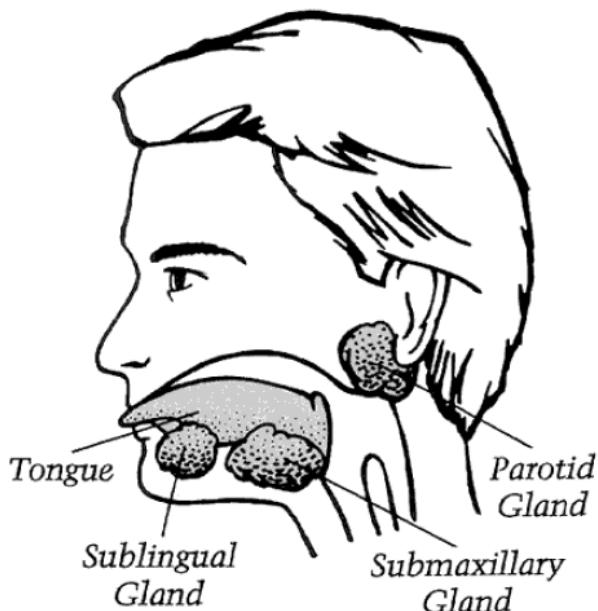
Table 64-1

Daily Secretion of Intestinal Juices

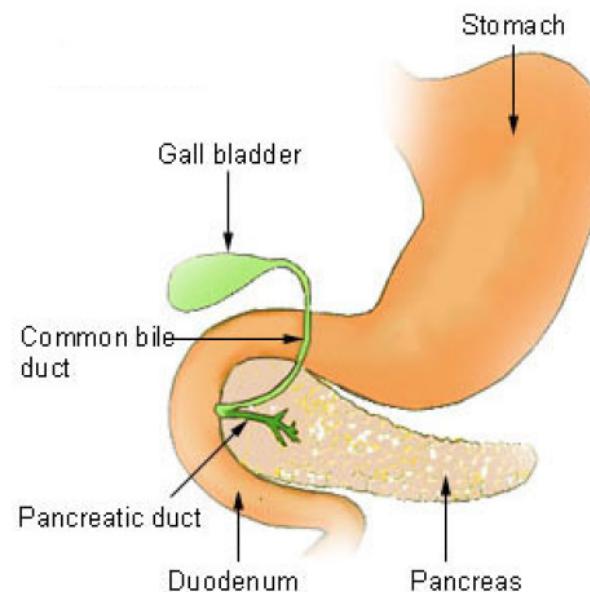
	Daily Volume (ml)	pH
Saliva	1000	6.0–7.0
Gastric secretion	1500	1.0–3.5
Pancreatic secretion	1000	8.0–8.3
Bile	1000	7.8
Small intestine secretion	1800	7.5–8.0
Brunner's gland secretion	200	8.0–8.9
Large intestinal secretion	200	7.5–8.0
Total	6700	

Système digestif Fonction sécrétoire du tube digestif

Salivary glands



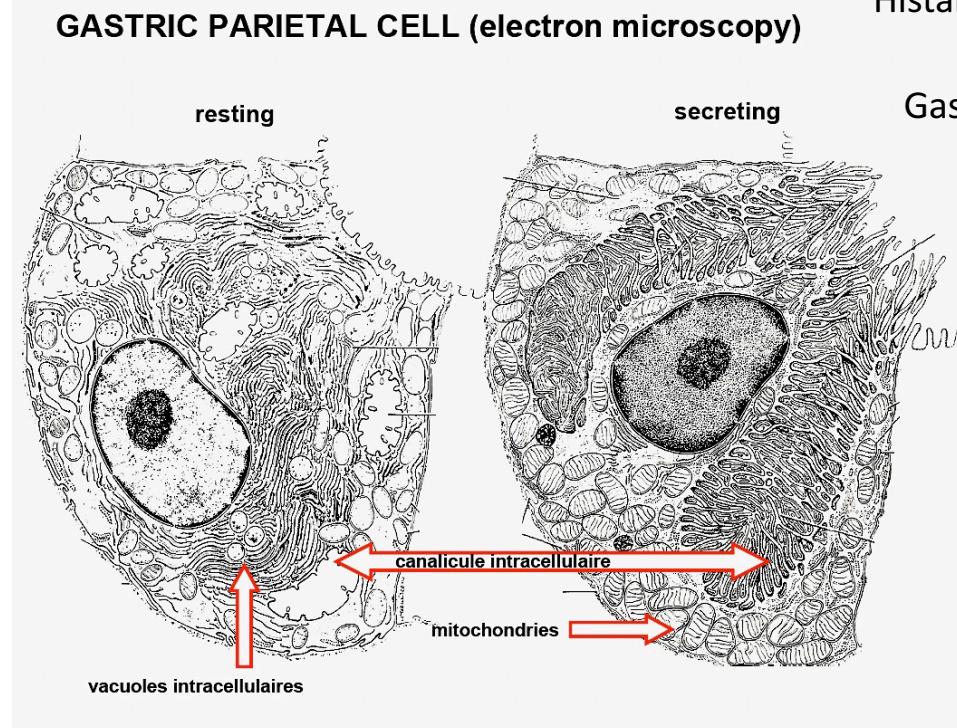
Pancreas



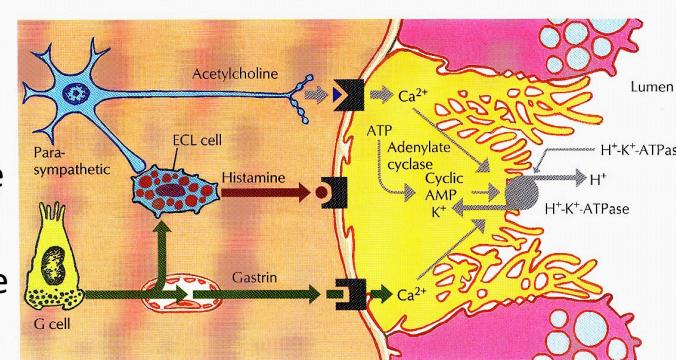
Secretion of:
mucus: lubrication and binding of masticated bolus
electrolytes: solubilize dry food: tasted
α -amylase: initiates starch digestion
factors protecting against bacteria and caries

	Secretion of:
Endocrine	hormones that regulate blood glucose levels: Insuline, Glucagon
Exocrine	bicarbonate that neutralises acid chyme coming from stomach enzymes that break down digestible foods: trypsinogen, amylase, lipase

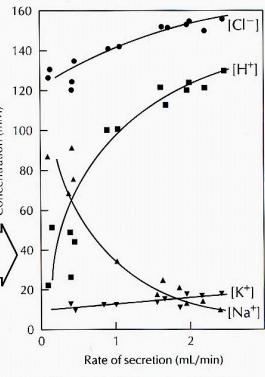
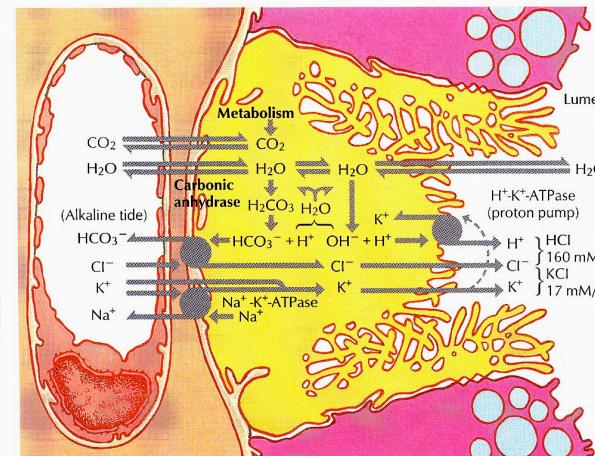
Système digestif Production d'acide par les cellules pariétales de l'estomac



ACh
Histamine
Gastrine



Secretions of gastric acid (H^{+}) by parietal cell mediated by neurocrine, paracrine, and endocrine mechanisms.
Medical or surgical blockade of these mechanisms affords therapeutic options.



Gastric fluid ion concentration as a function of gastric secretion rate

JOHN A CRAIG © ION

Somatostatine: inhibe cellules G
 \downarrow gastrine \downarrow HCl

FIGURE 7.14 REGULATION OF PARIENTAL CELL FUNCTION

The parietal cells secrete HCl via an $\text{H}^{+}\text{-K}^{+}$ -ATPase (H^{+} pump). Carbonic anhydrase within the parietal cells catalyzes the hydration of CO_2 and ultimately the production of H^{+} . The parietal cell is stimulated to secrete HCl by vagal efferent fibers (parasympathetic), gastrin, and histamine. Gastrin is produced and released

from neuroendocrine G cells. The enterochromaffin-like cells (ECL cells) release histamine, which acts synergistically with acetylcholine and gastrin to stimulate secretion. Somatostatin produced by neuroendocrine D cells (not shown) acts on the G cell to inhibit gastrin release.

Système digestif Sécrétions de l'estomac pour initier la digestion

Correction: le facteur intrinsèque ne se lie pas dans l'estomac à la vitamine B₁₂

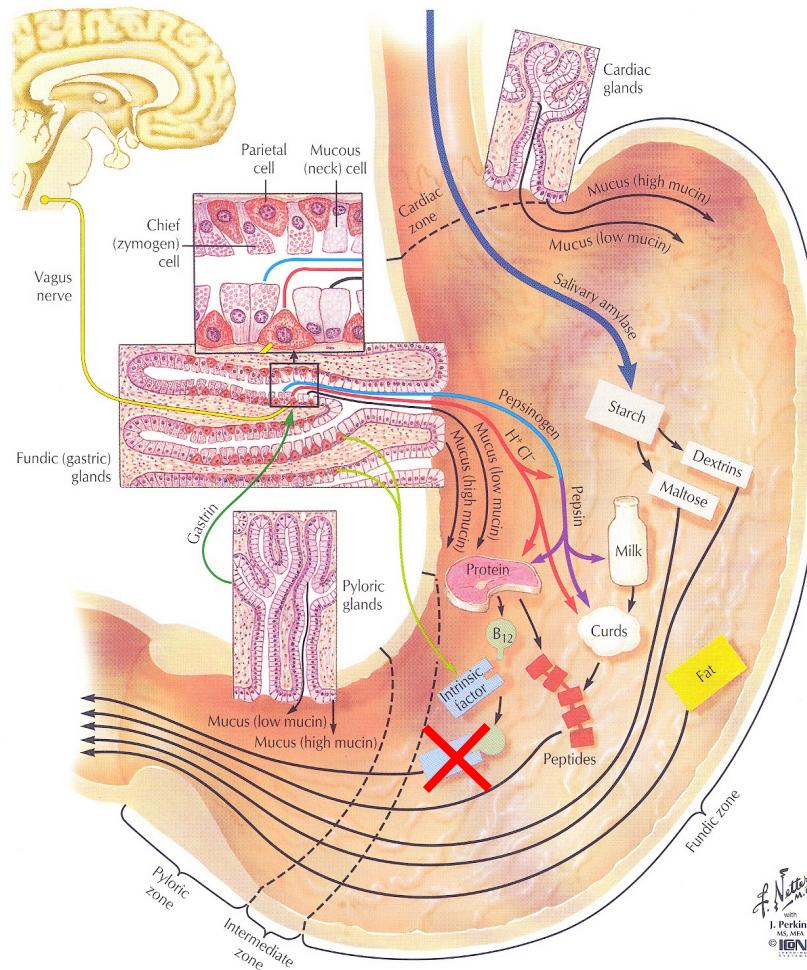


FIGURE 7.12 GASTRIC DIGESTIVE FUNCTION

The stomach serves to break food in to small, more easily digestible fragments. In addition, it begins the enzymatic digestion of proteins through the action of pepsin and HCl. Ingested starches continue to be broken down by salivary amylase. There is little or

no breakdown of fat. The parietal cells also secrete intrinsic factor, which complexes vitamin B₁₂. Absorption of B₁₂ then occurs in the terminal portion of the ileum.

cellules mucus
→ mucus

cellules pariétales
→ HCl
facteur intrinsèque

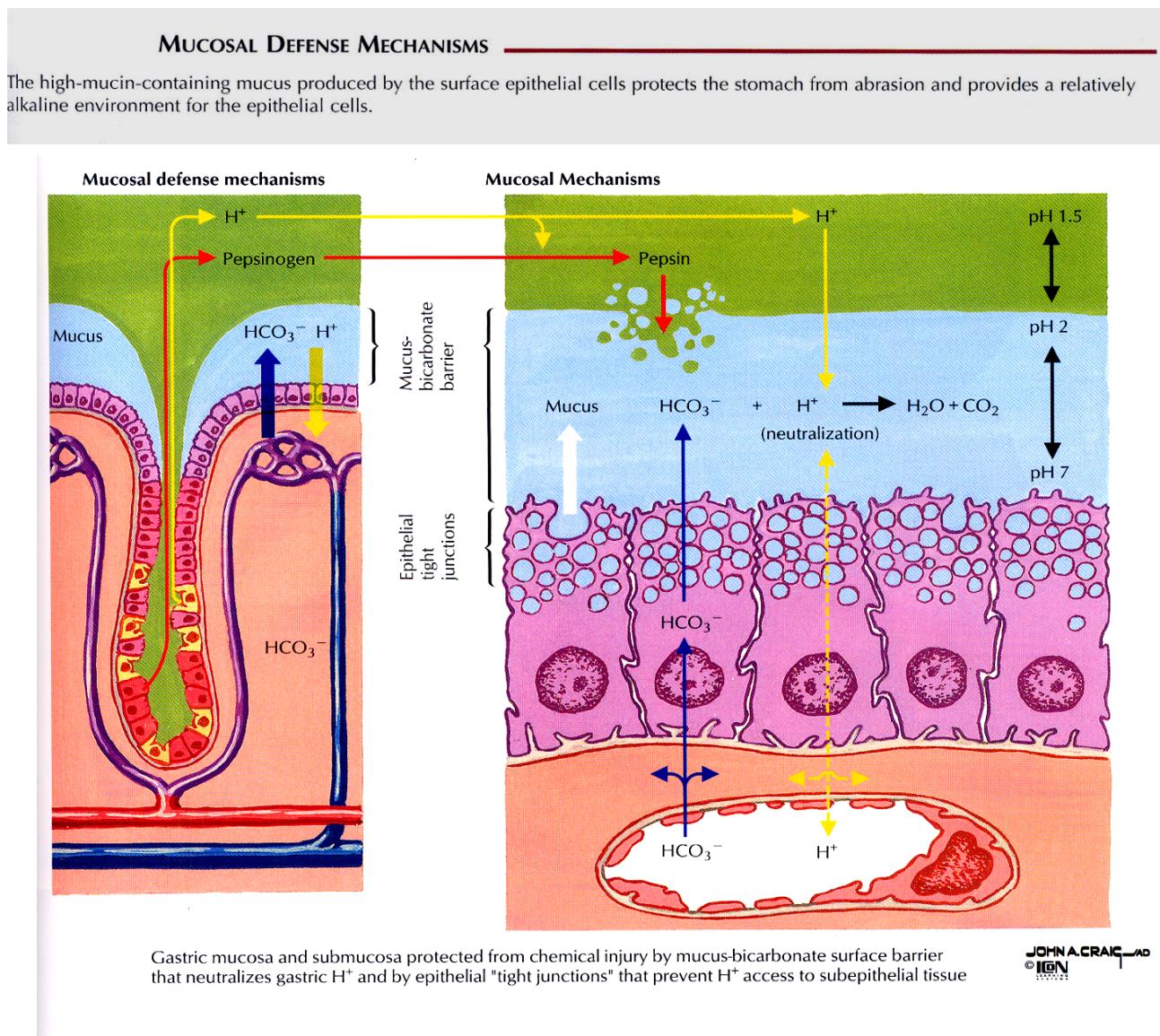
cellules peptiques
→ pepsinogène

Action digestion enzymatique

- sucres (α -amylase)
- protéines (pepsine, HCl)

⚠ pas d'action sur les lipides!

Système digestif Mécanismes de défense de la muqueuse



Système digestif Fonction sécrétoire du tube digestif

Sécrétion de l'intestin grêle

- a) Sécrétion de mucus dans le duodénum => protection
- b) Sécrétion de sucs digestifs intestinaux => H_2O , ions + HCO_3^- , enzymes digestifs
- c) Régulation par => stimuli locaux => contact du chyme (pH, osmolarité)

Sécrétion du colon

- a) Sécrétion de mucus => protection
- b) Sécrétion de sucs digestifs intestinaux => H_2O , ions + HCO_3^- , enzymes digestifs