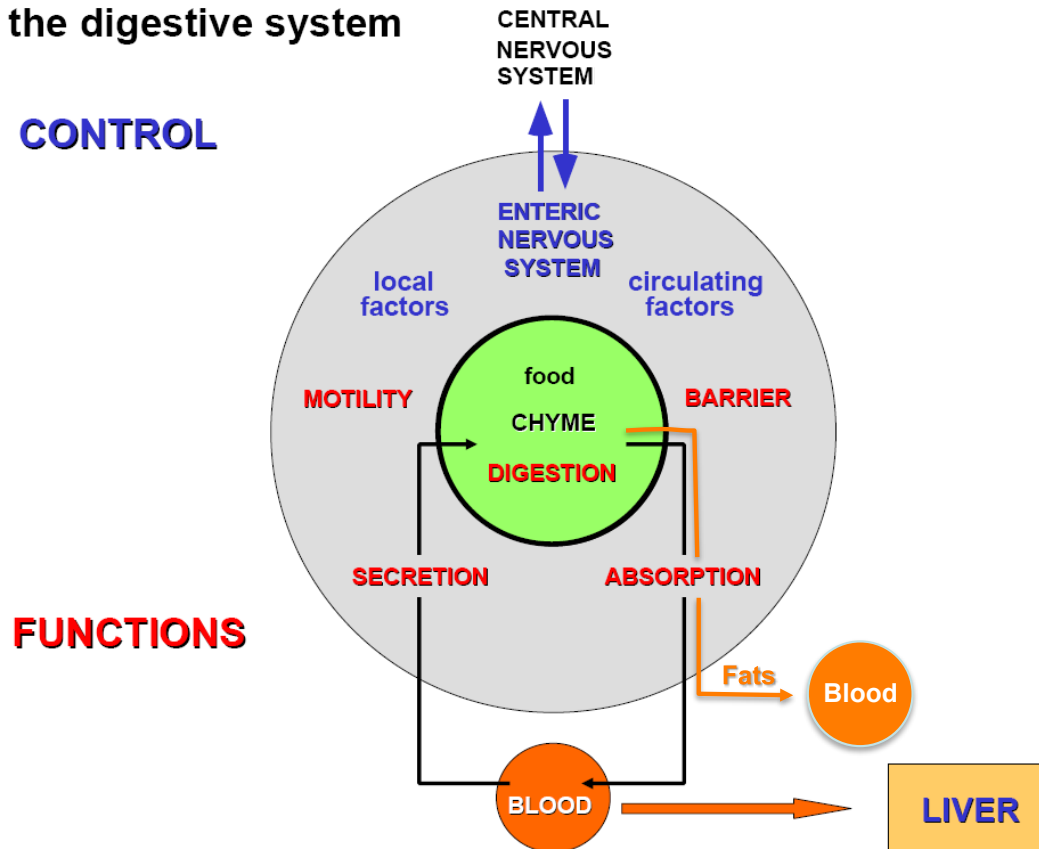


## Système digestif Relations fonctionnelles du système digestif

### Contrôle des fonction digestives

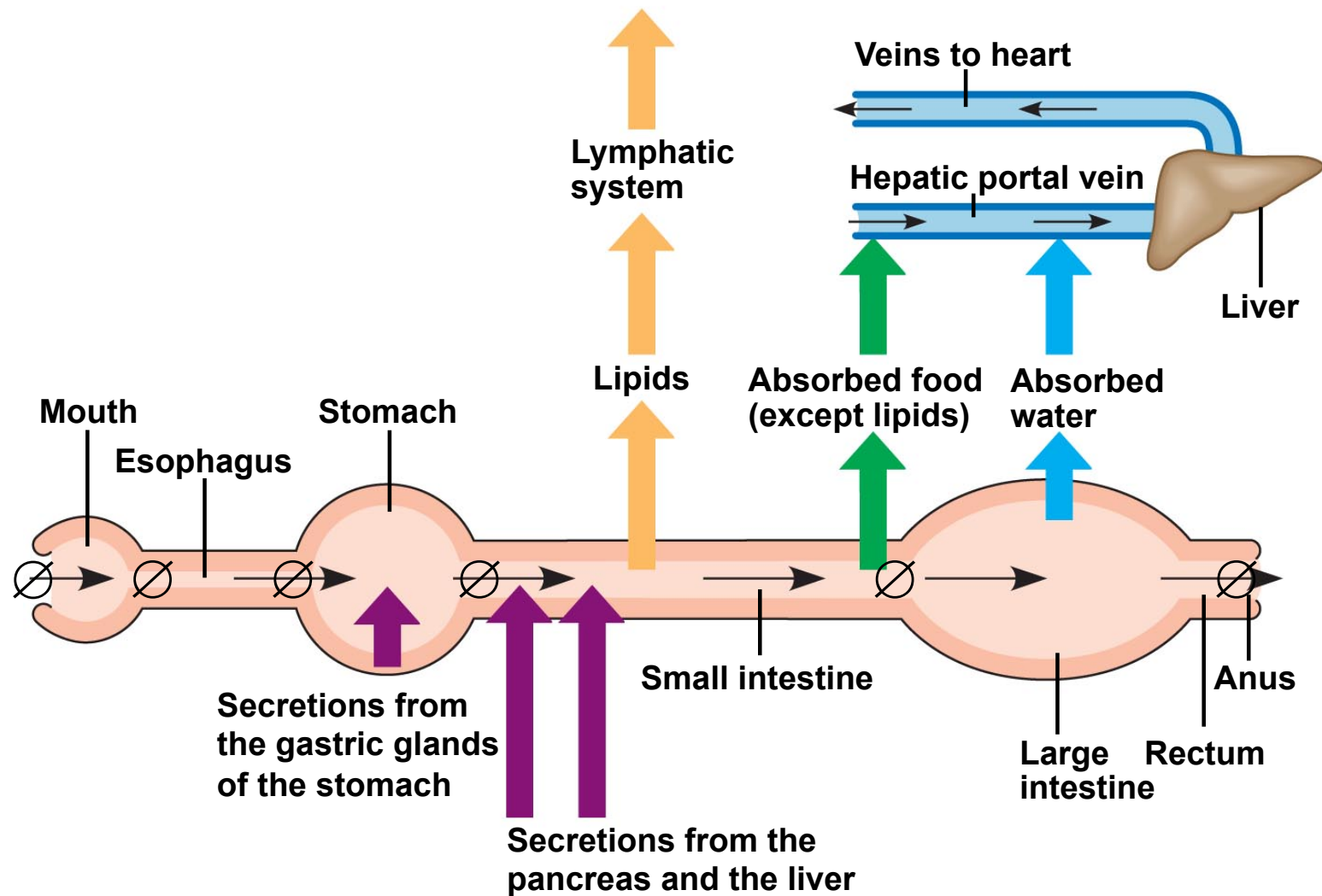
Functional relationships  
within the digestive system



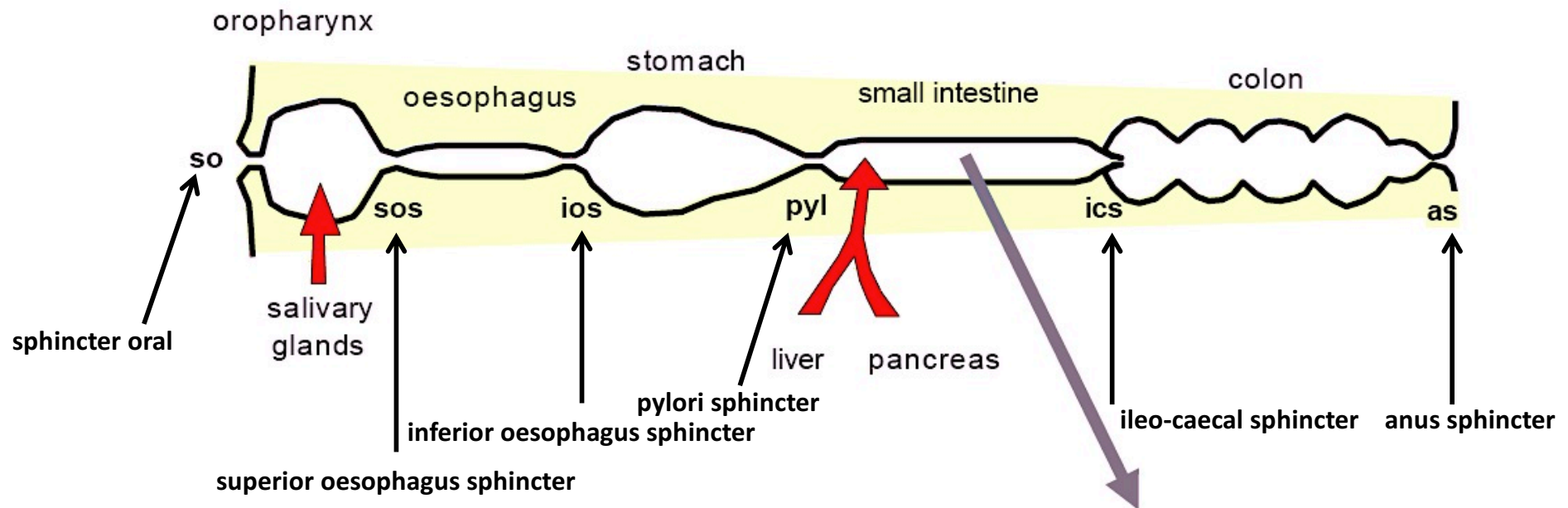
## Système digestif Schéma de fonction du système digestif

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

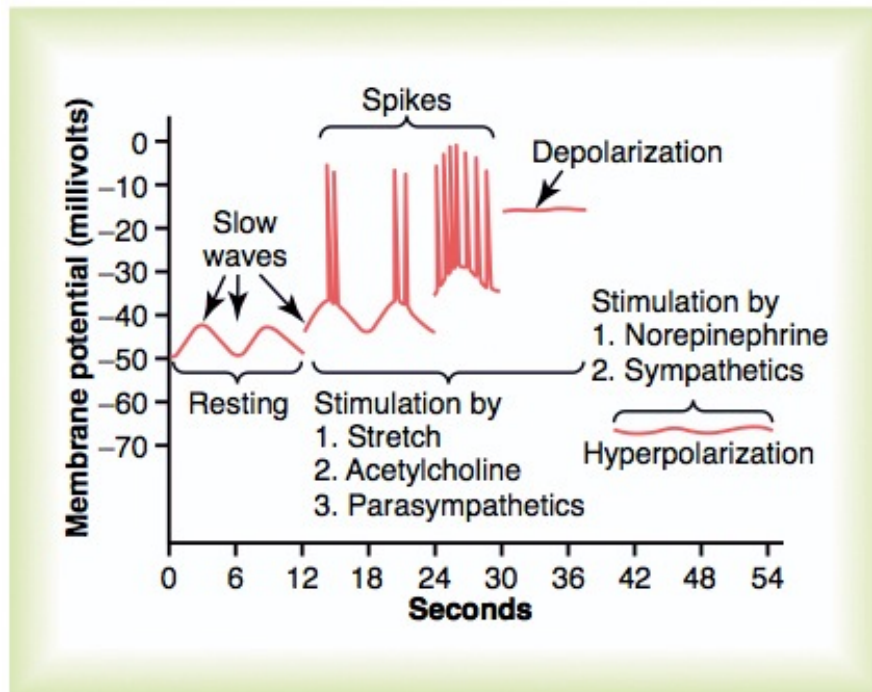


Figure 62-3

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  $\text{Ca}^{2+}$ )
- pics (entrée de  $\text{Ca}^{2+}$ )

#### 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*
- varient 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

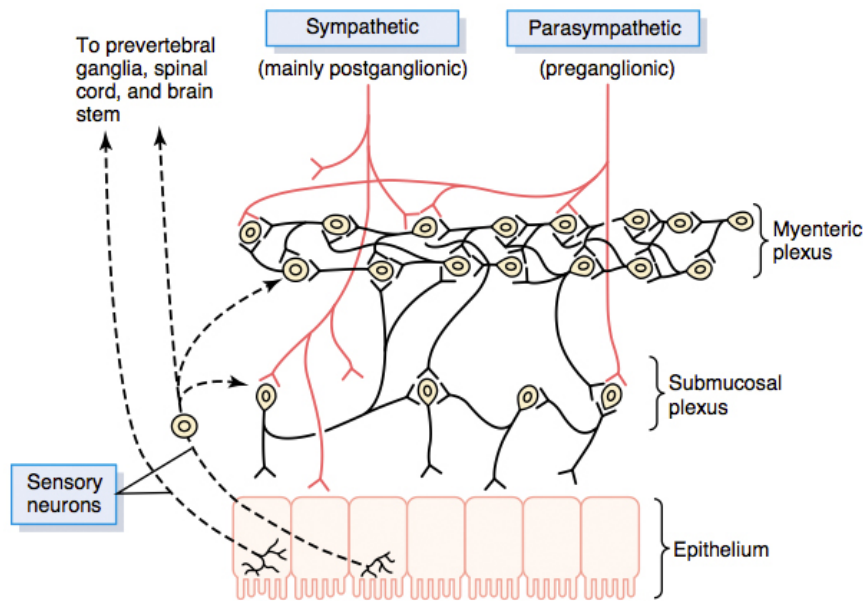
#### Les pics stimulent la contraction musculaire

- seuil de -40 mV, fréquence (1-10 s/sec)
- conduit par des canaux  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^{+}$ , 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 ( $100 \times 10^6$  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

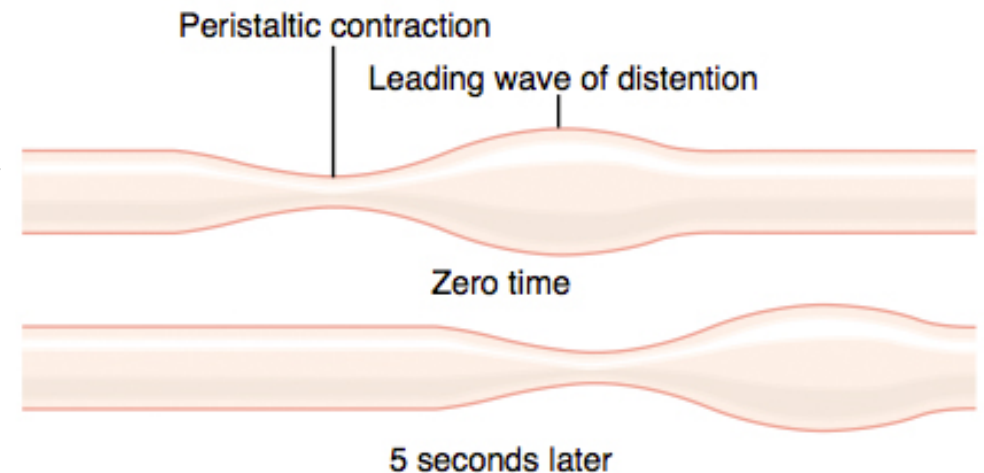
## Types de mouvements fonctionnels dans le tube digestif

### 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*

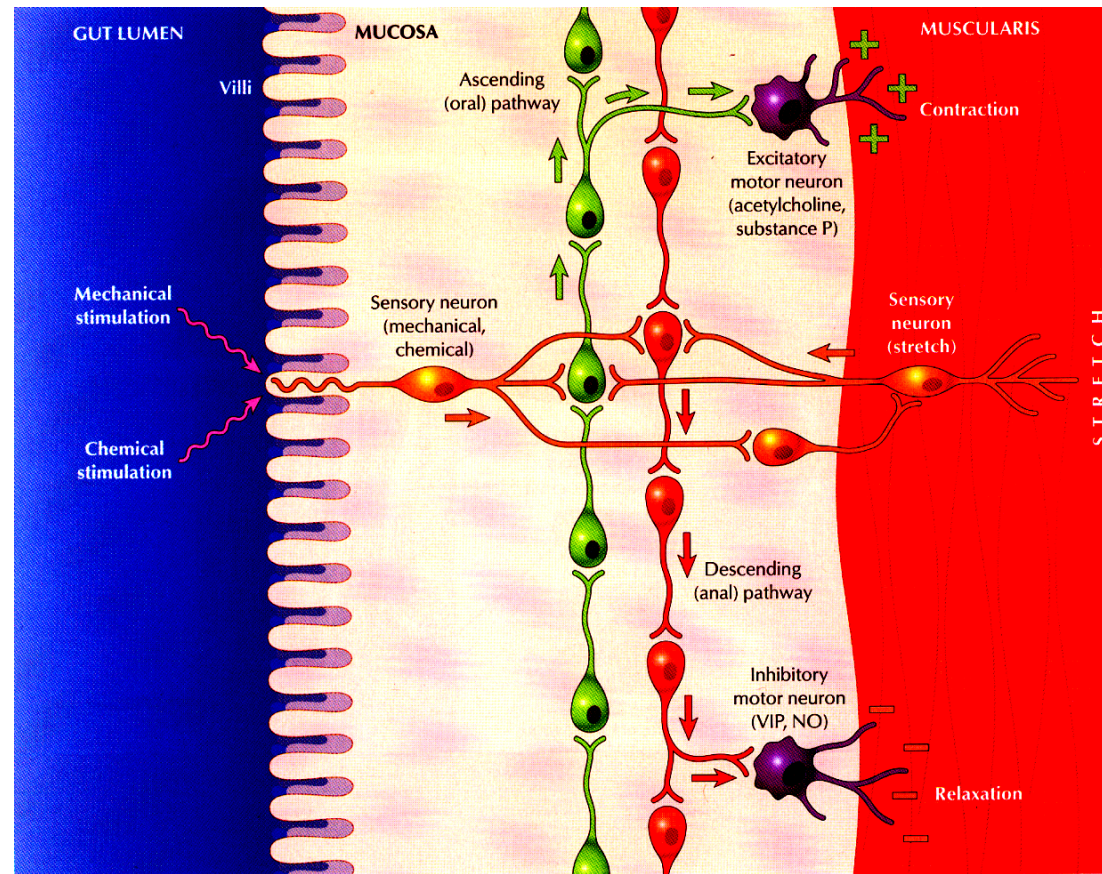
- changent suivant la localisation le long du tube gastro-intestinal
- provoqués en partie par le péristaltisme (lors de blocage par les sphincters!)
- contraction intermittente locale constrictive tous les 3-5 cm durant 5-30 sec

## Système digestif Contrôle du péristaltisme gastro-intestinal

Oral (Crânial)



Anal (Caudal)



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

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

Voie descendante anale  
inhibition (VIP, NO)  
→ relaxation

J. Perkins  
MS, MFA  
© IEN  
1000021

VIP= vasoactive intestinal peptide

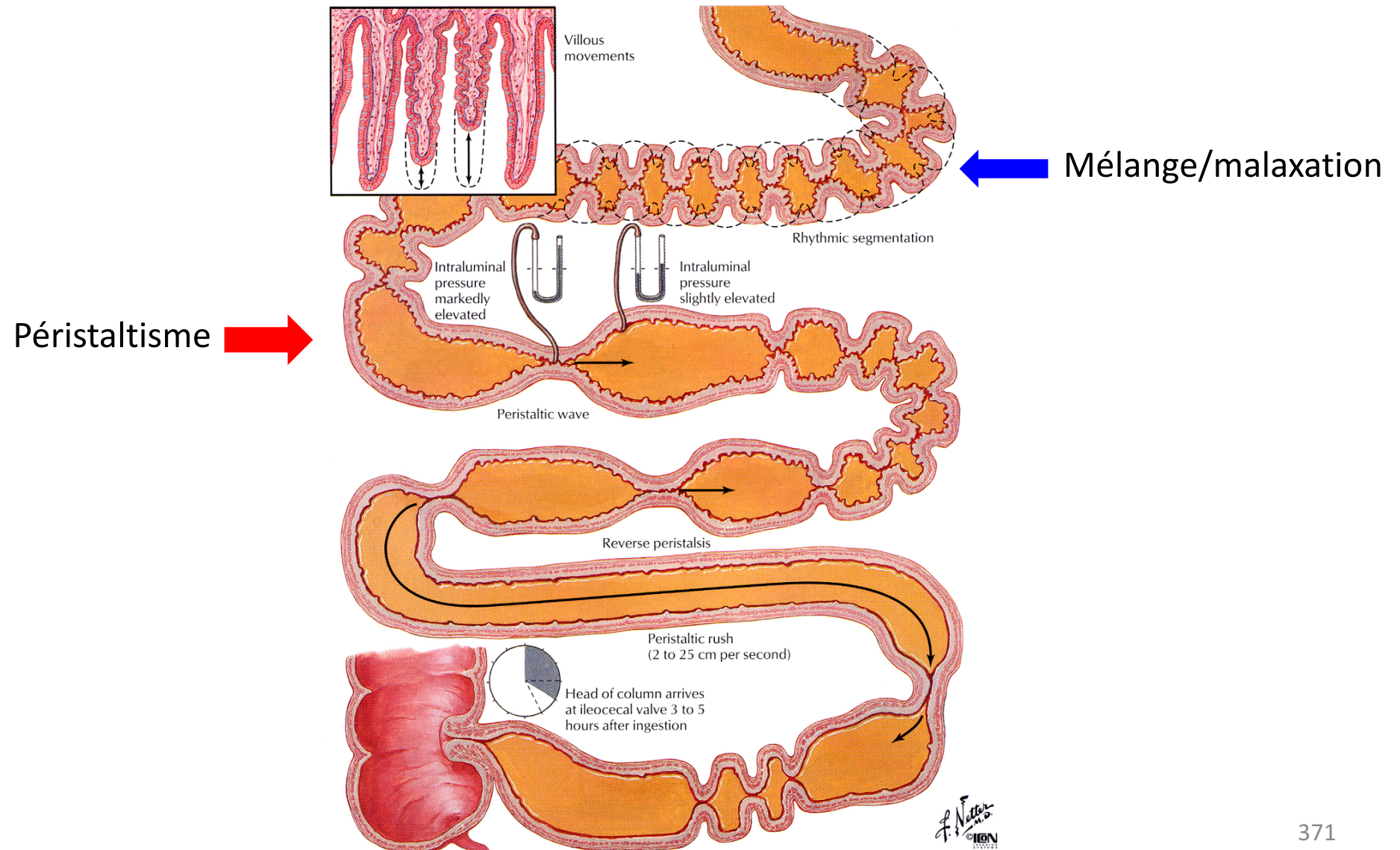
### CONTROL OF PERISTALSIS

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.



## 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 gastro-intestinal*

**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

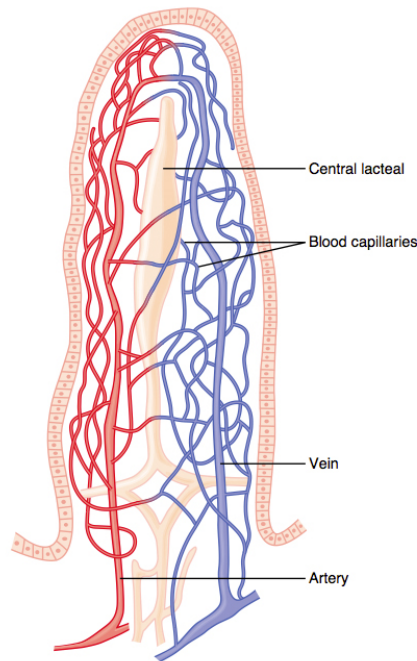


Figure 62-8

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' O<sub>2</sub>** : 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 hiérarchiquement <= 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**

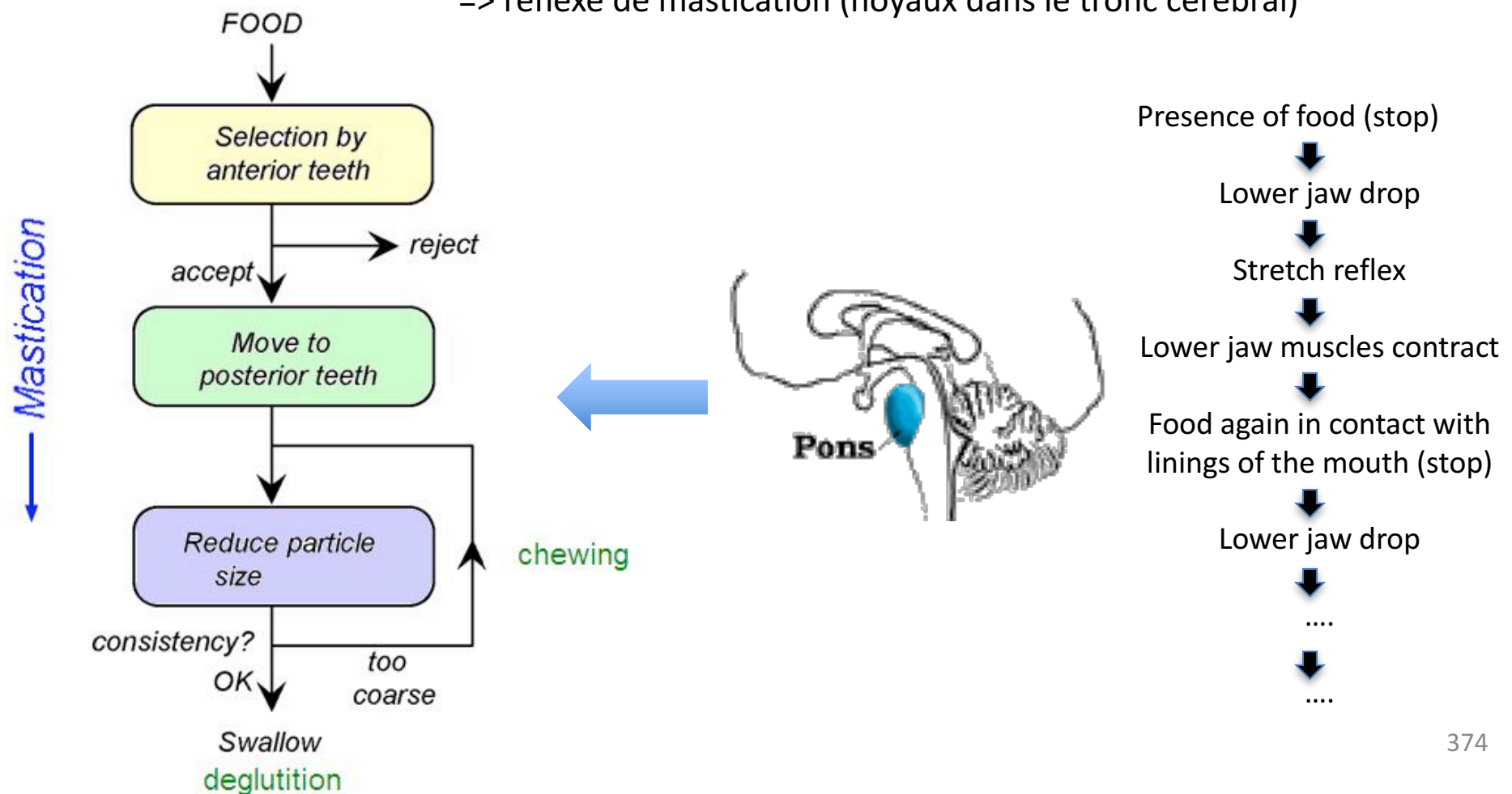
## Système digestif Propulsion et mélange du bol alimentaire dans le tube digestif

**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

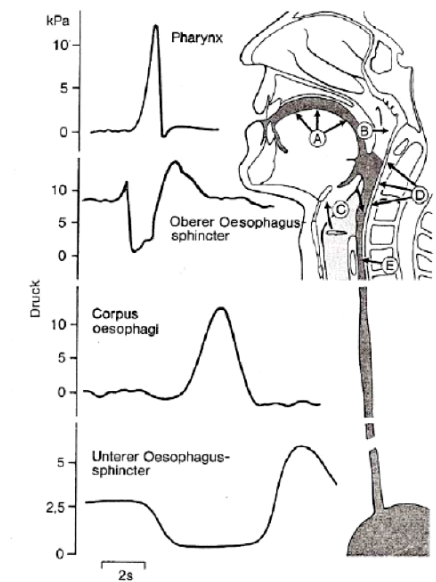
1) étape volontaire

2) étape pharyngée

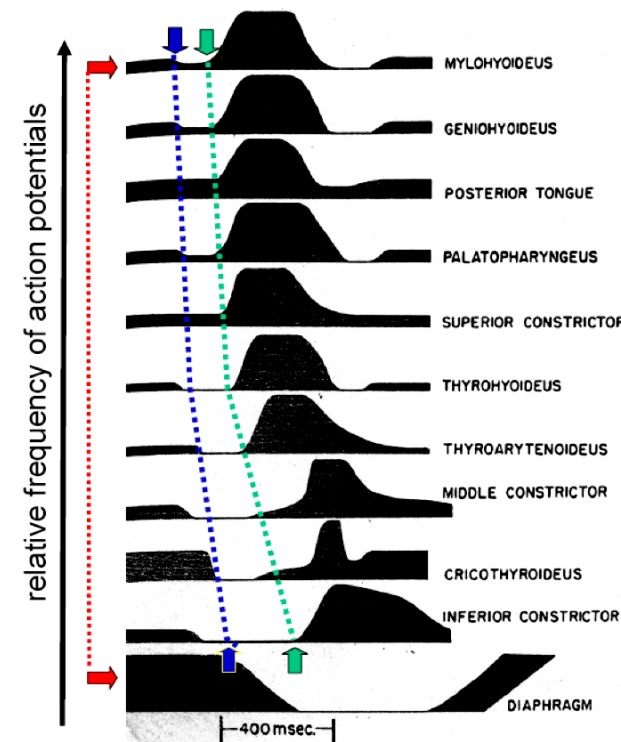
=> décision d'avaler

=> stimule une zone de récepteurs => automatique

=> inhibe la respiration



Precise spatio-temporal coordination of muscles is provided by  
brain swallowing center and peripheral nerves



resting tonus

relaxation

contraction

## 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

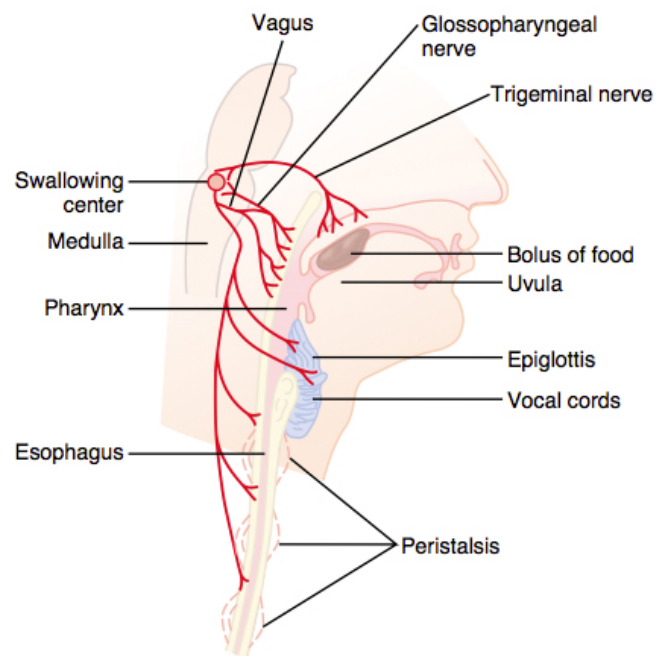
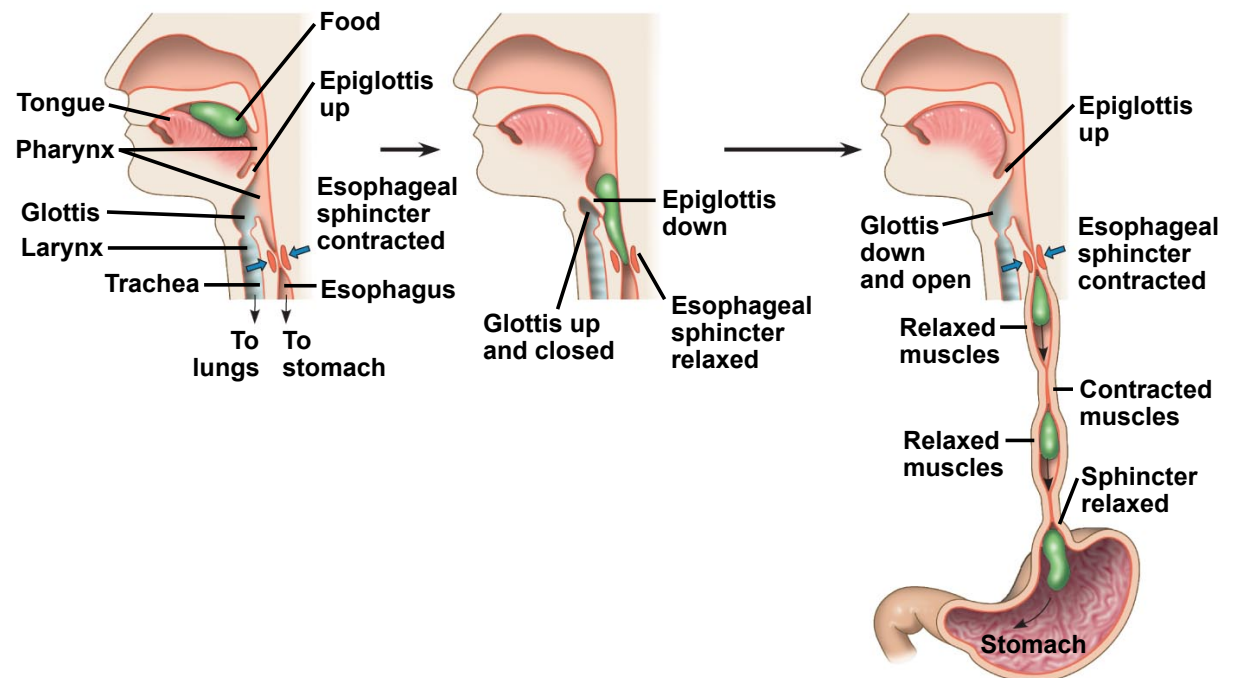


Figure 63-1

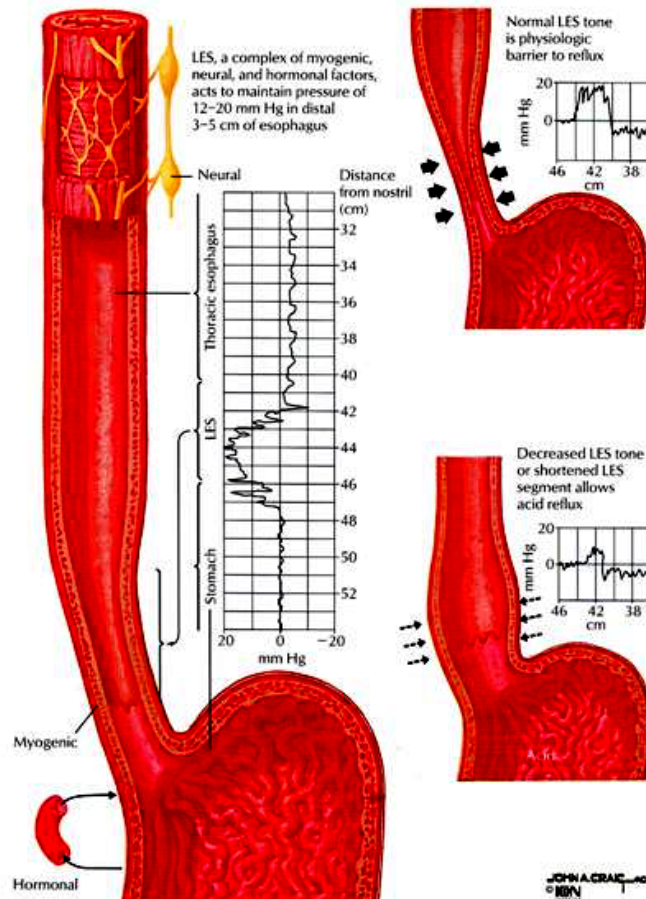
Swallowing mechanism.



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



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

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.

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

### **Fonction motrice de l'estomac**

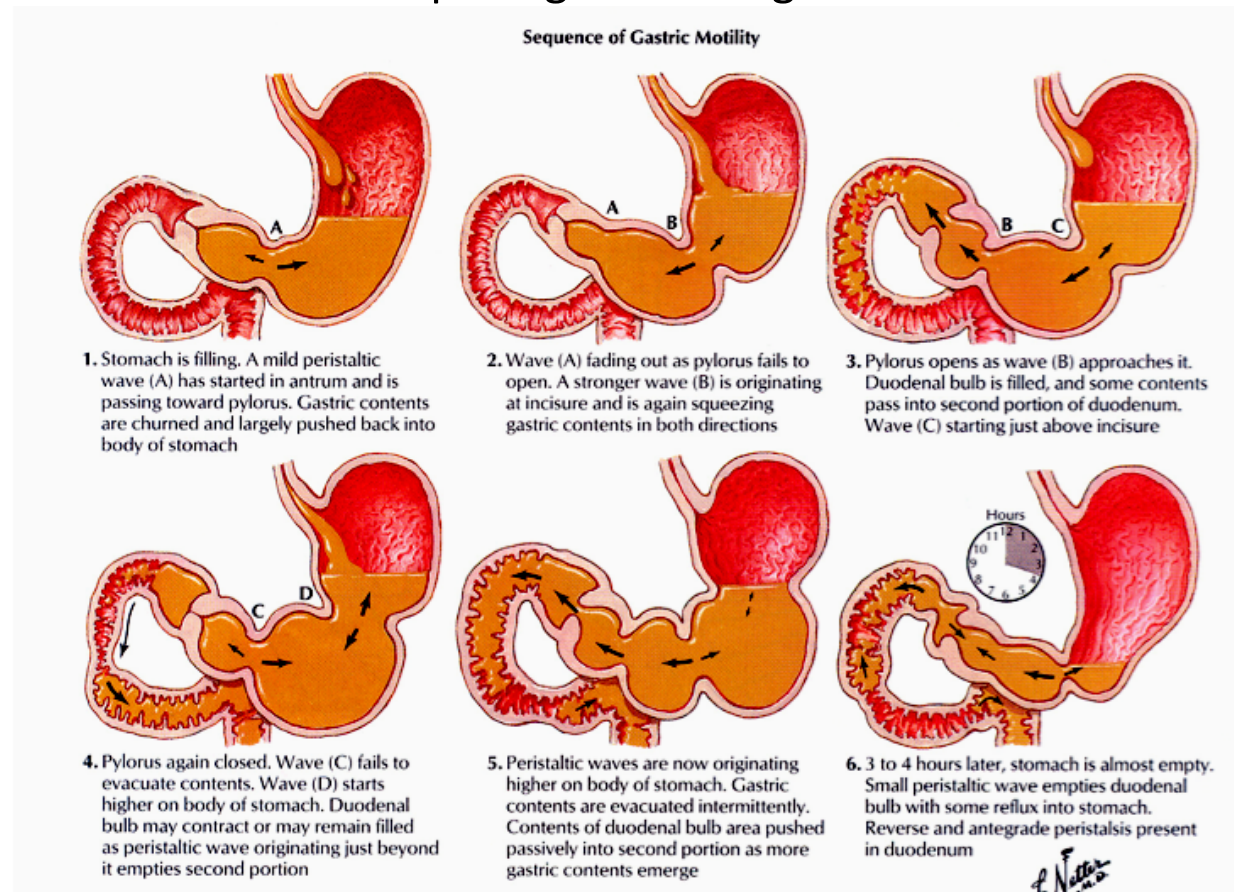
- 1) stockage d'une grande quantité d'aliments avant traitement ( 0.8 – 1.5 litres)
- 2) mélange de ces aliments avec la sécrétion gastrique => formation du chyme
- 3) vidange contrôlée du chyme afin d'assurer une bonne digestion => intestins

### **Mélange et propulsion des aliments dans l'estomac**

- 1) mélange des aliments avec les sucs digestifs de l'estomac => glandes gastriques
- 2) ondes péristaltiques 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'antré par rapport au corps
- 5) très intense dans la région de l'antré 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  
Rôle du sphincter pylorique dans la vidange gastrique

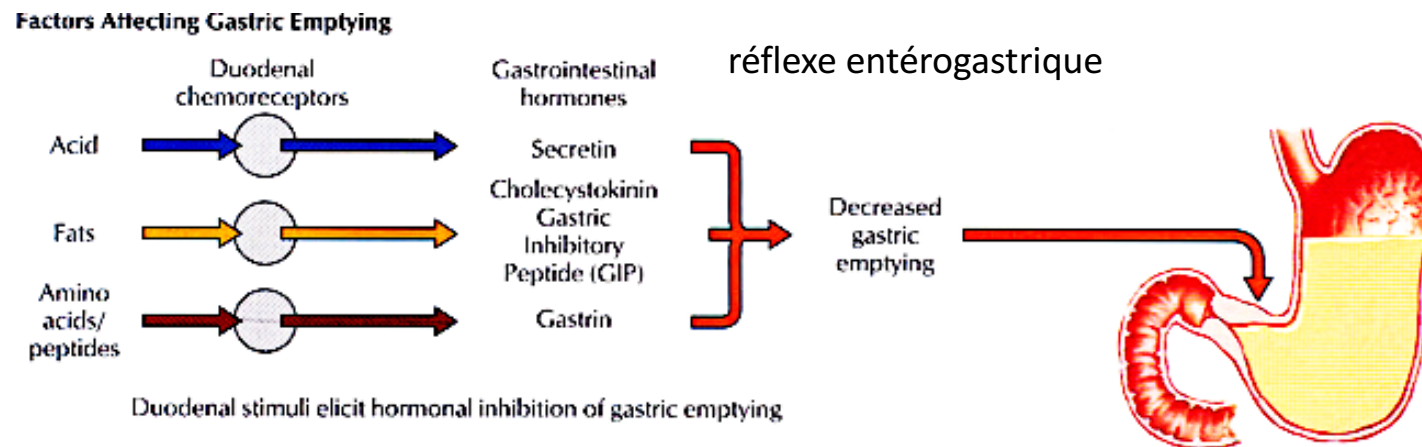
## Vidange gastrique

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

La pompe pylorique  
(P= 50-70 cmH<sub>2</sub>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

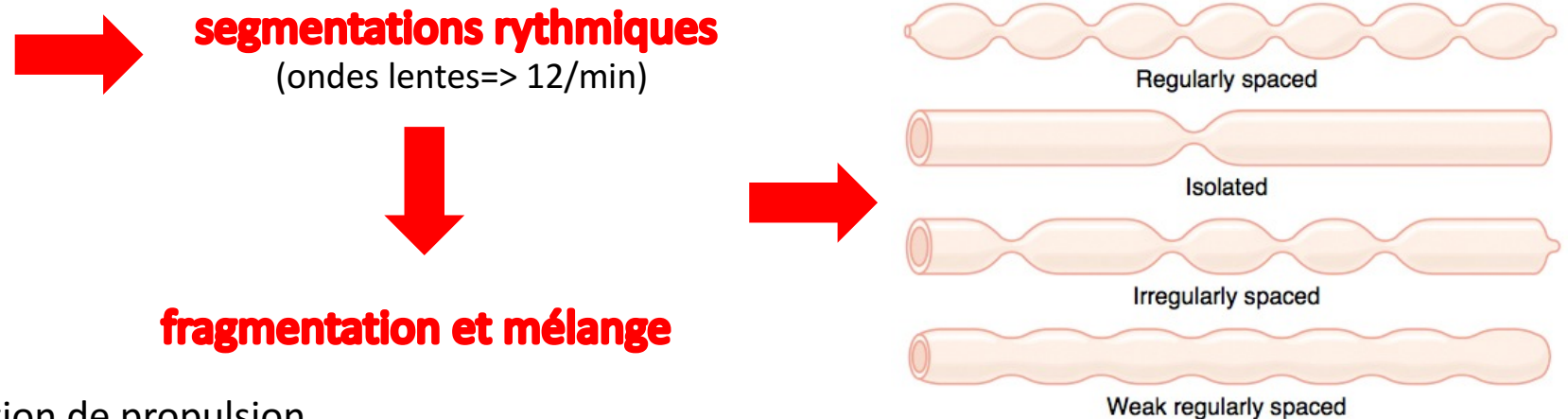


Figure 63-3

Segmentation movements of the small intestine.

#### 2) Contraction de propulsion

- a) ondes péristaltiques = 0.5 – 2 cm/s
- b) avance de 3 – 5 cm => moyenne 1 cm/ min => 3-5 hrs pour atteindre le caecum
- c) contrôlé initialement par les aliments entrant dans le duodénum => lois de l'intestin (élongation)
- d) réflexe gastroentérique (système nerveux myentérique)
- e) facteurs hormonaux relâchés de l'estomac (gastrine) et du duodénum (CCK)
- f) 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 vraie valve (protrusion + sphincter)
- d) résiste à des pressions jusqu'à 50-60 cm H<sub>2</sub>O

#### 2) Contrôle du sphincter iléo-caecal

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

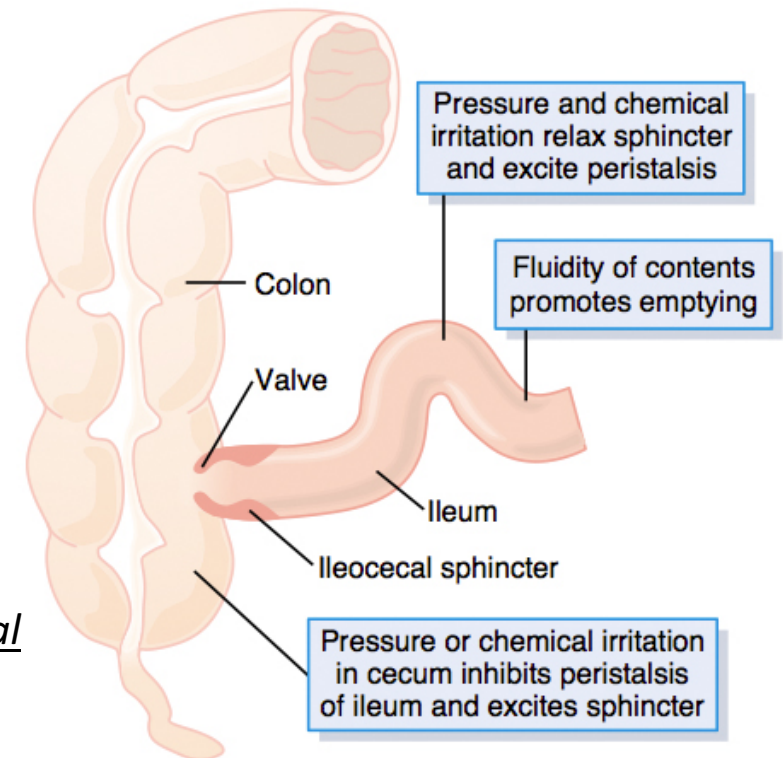


Figure 63-4

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

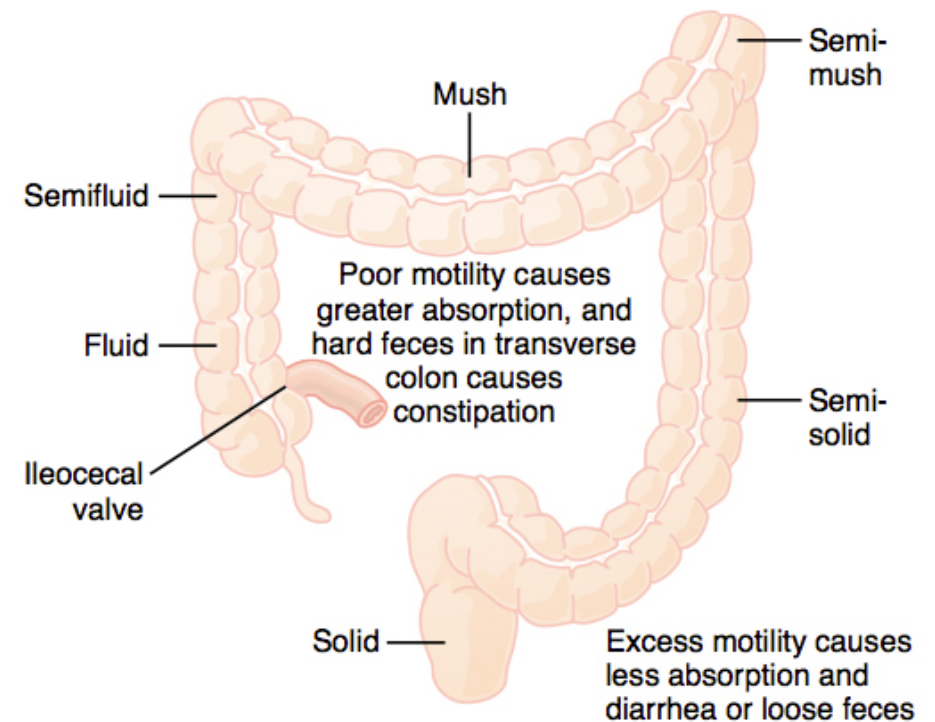
#### 2) Mouvements de propulsion

- 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

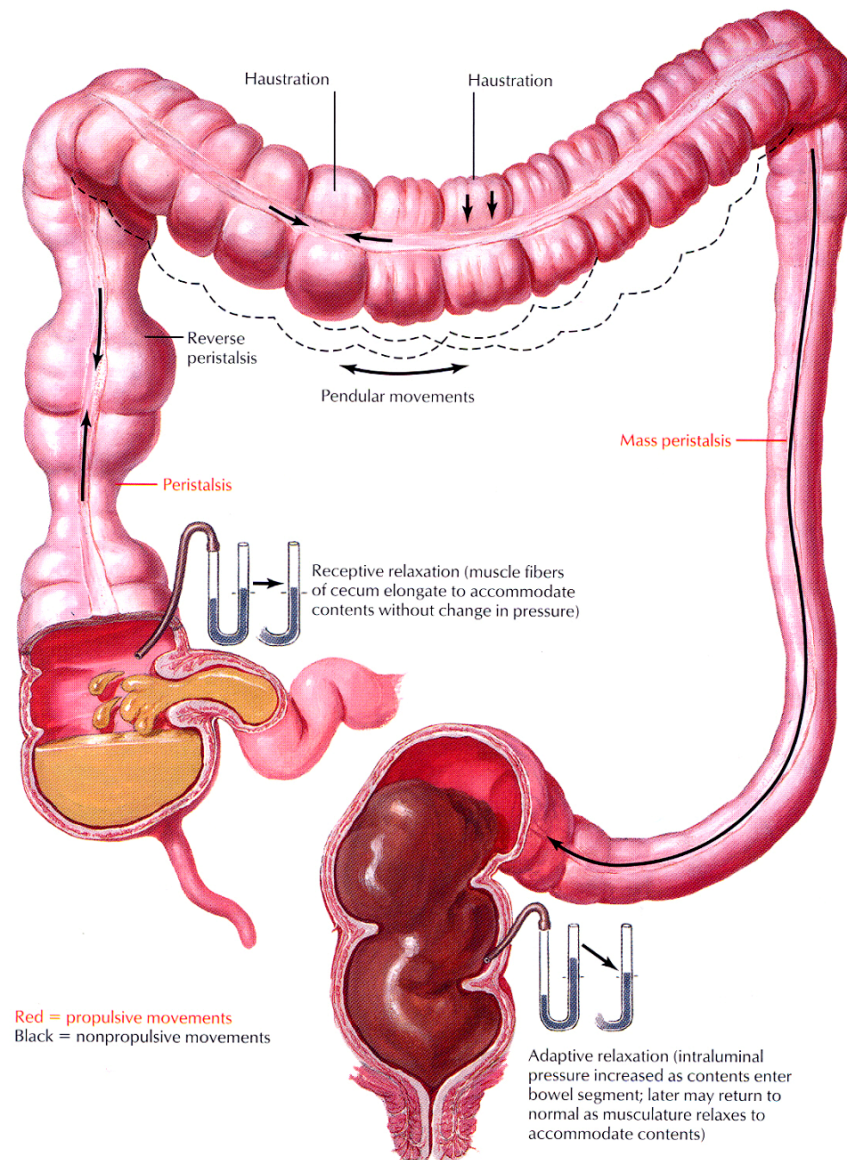
#### 4) Mouvements de masse contrôlés par les réflexes gastrocolique et duodénocolique



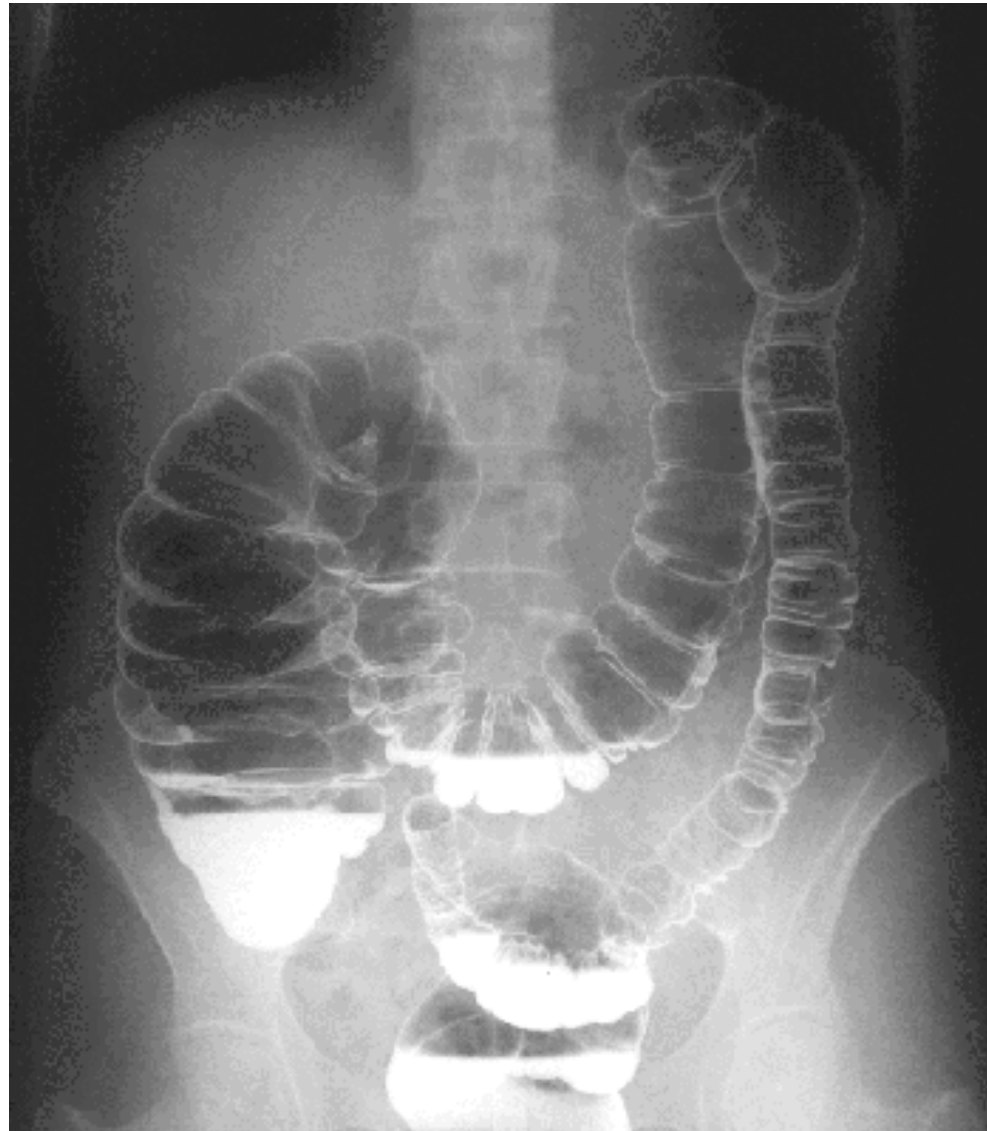
**Figure 63-5**

Absorptive and storage functions of the large intestine.

## Système digestif Mouvements du colon





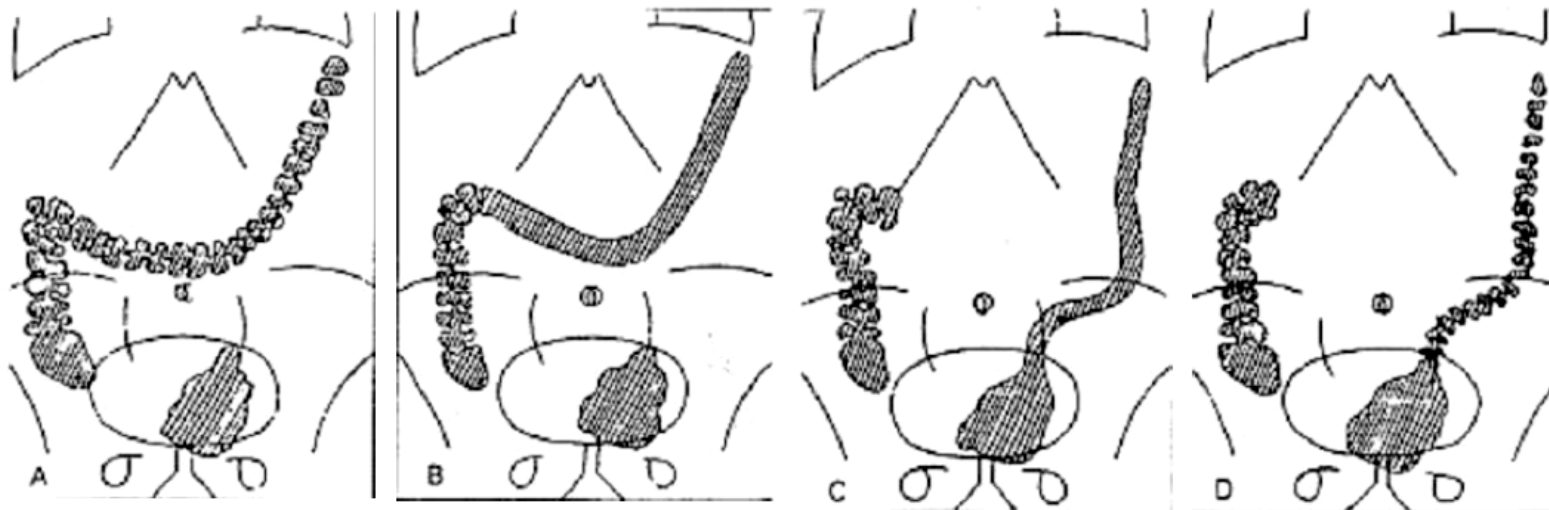
**Système digestif** Mouvements du colon exemple clinique



## Système digestif Mouvements de propulsion/malaxation du colon

### Colon

- segmentation (haustrations)
- 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

*systeme nerveux local myentérique* => déclenche les ondes péristaltiques 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

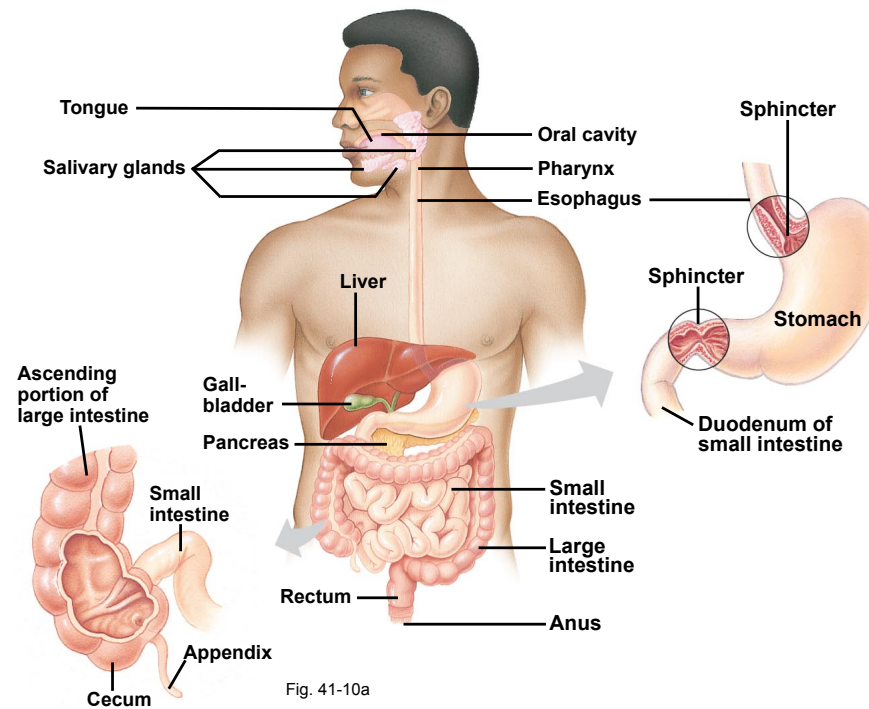
réflexes moelle épinière => blocage de la respiration et contraction de la paroi abdominale

## 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 (trypsine, amylase, lipase)
- e) foie+vésicule biliaire => sels biliaires
- f) cellules sécrétoires => H<sub>2</sub>O, ions, mucus  
dans les intestins

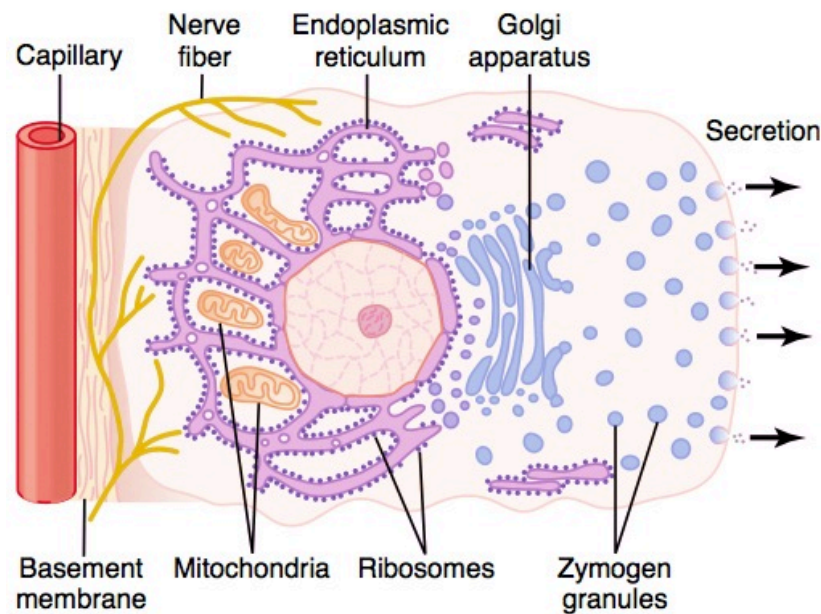


## Système digestif Fonction sécrétoire du tube digestif

### Principes généraux

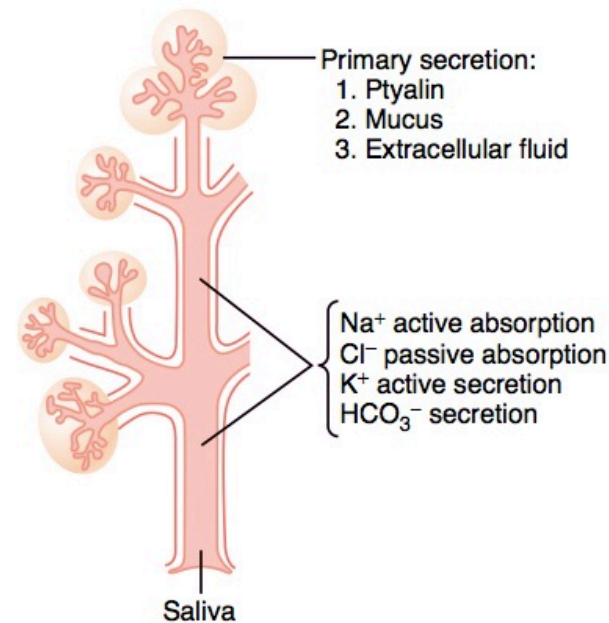
#### 1) Les sécrétions sont régulées par

- 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**

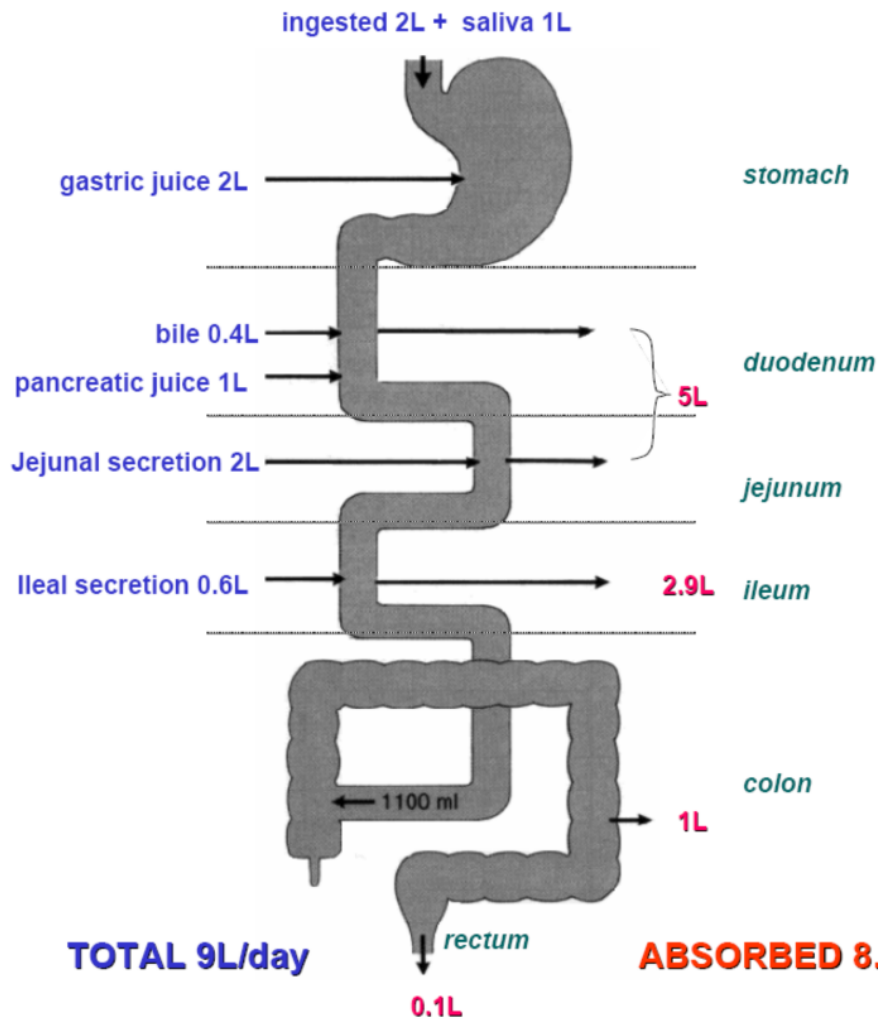
Typical function of a glandular cell for formation and secretion of enzymes and other secretory substances.



**Figure 64-2**

Formation and secretion of saliva by a submandibular salivary gland.

## Système digestif Equilibre des fluides dans le tube digestif



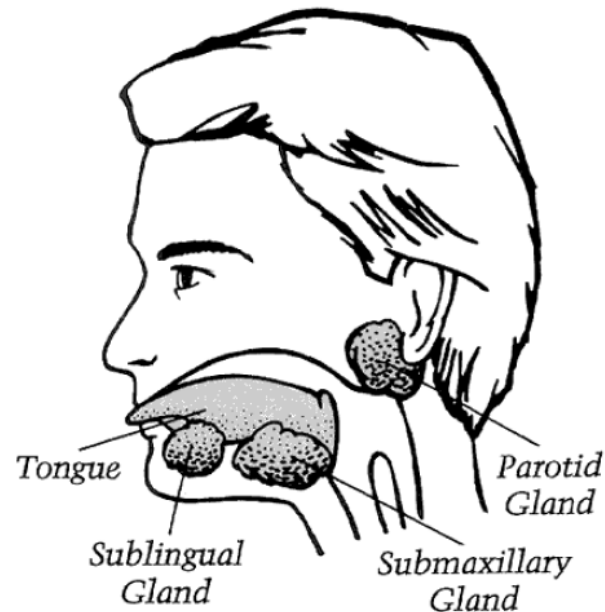
**Table 64-1**

**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 |
| <b>Total</b>               | <b>6700</b>       |         |

## Système digestif   Fonction sécrétoire du tube digestif

### Salivary glands



#### Secretion of:

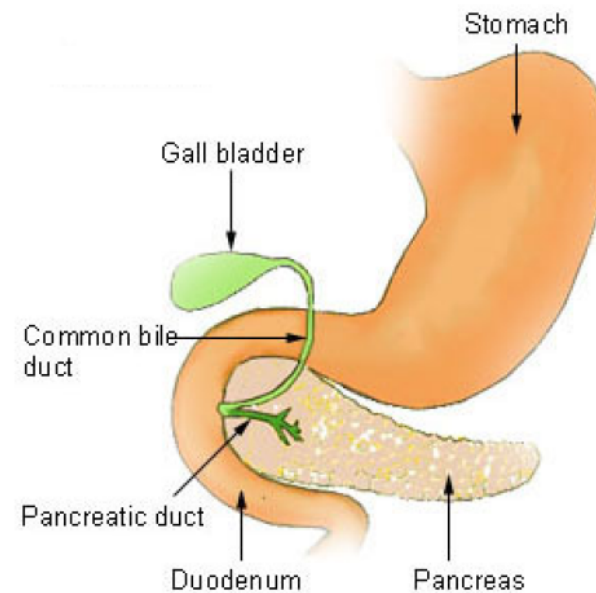
mucus: lubrication and binding of masticated bolus

electrolytes: solubilize dry food: tasted

$\alpha$ -amylase: initiates starch digestion

factors protecting against bacteria and caries

### Pancreas



#### Secretion of:

#### Endocrine

hormones that regulate blood glucose levels: Insuline, Glucagon

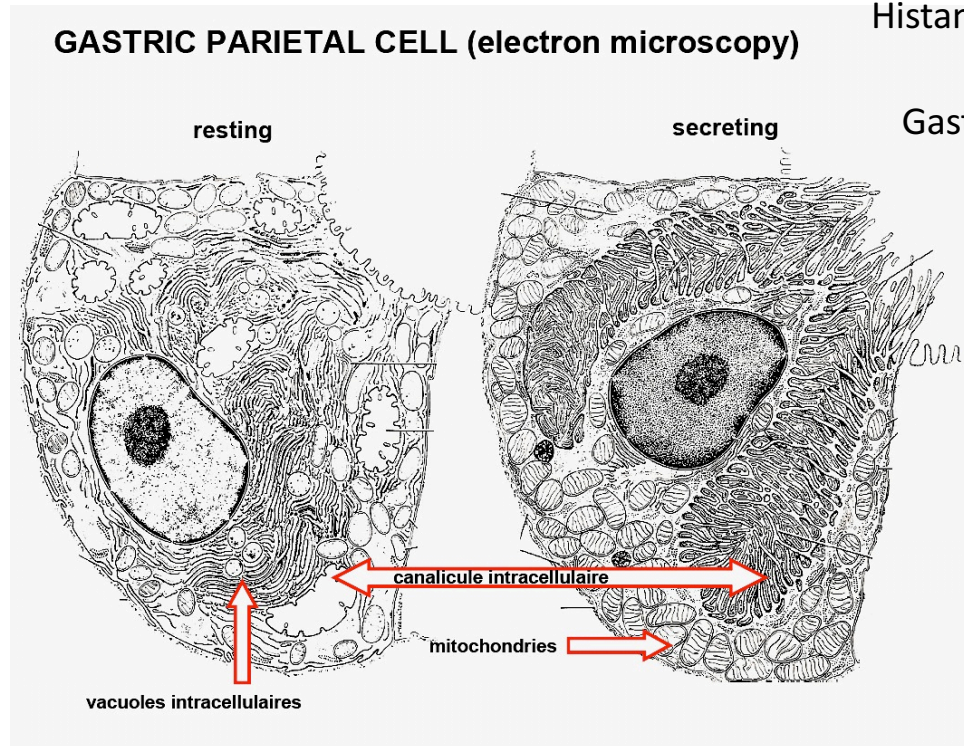
#### Exocrine

bicarbonate that neutralises acid chyme coming from stomach

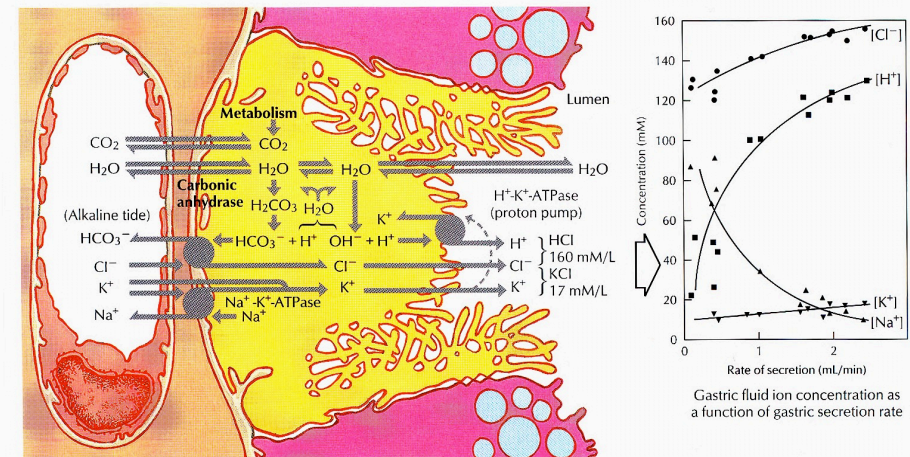
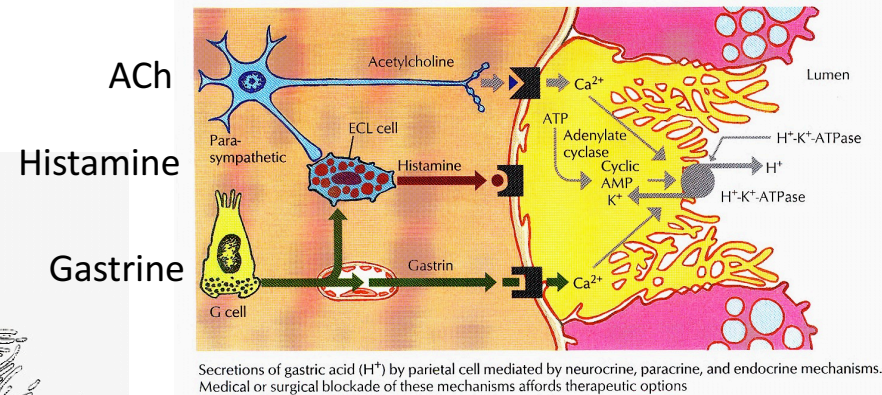
enzymes that break down digestible foods: trypsinogen, amylase, lipase



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



Somatostatine: inhibe cellules G  
 $\downarrow$  gastrine  $\downarrow$  HCl



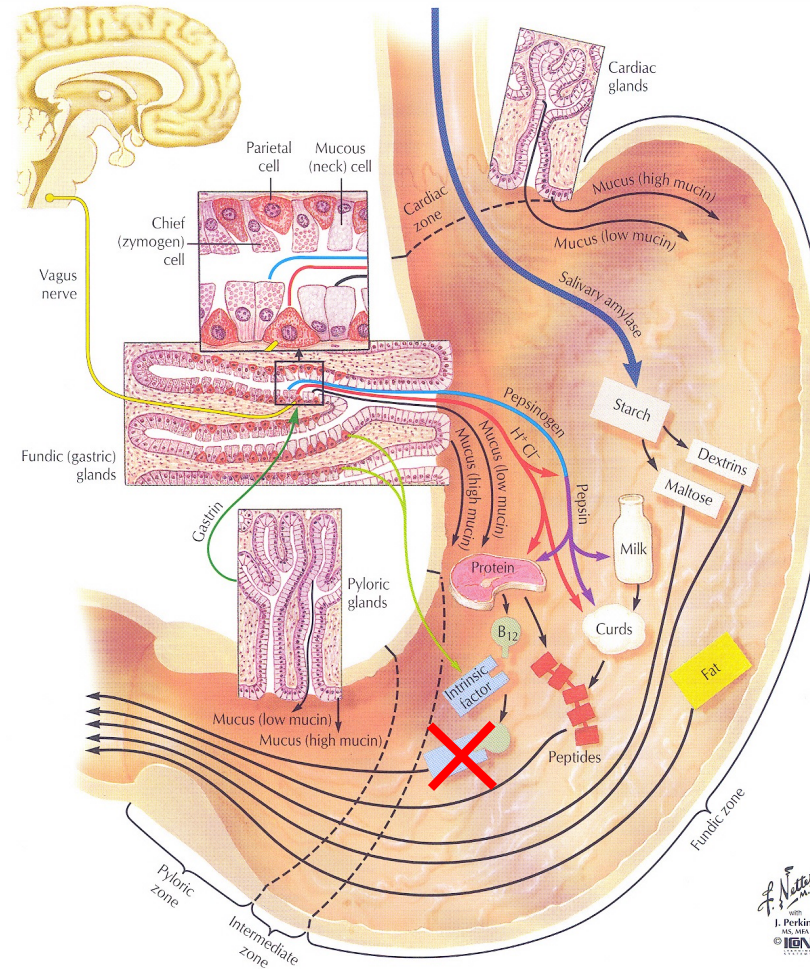
**FIGURE 7.14 REGULATION OF PARIETAL CELL FUNCTION**

The parietal cells secrete HCl via an  $H^+-K^+-ATPase$  ( $H^+$  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



cellules mucus  
→ mucus

cellules pariétales  
→ HCl  
facteur intrinsèque

cellules peptiques  
→ pepsinogène

Action digestion enzymatique

- sucres ( $\alpha$ -amylase)
- protéines (pepsine, HCL)
- ! pas d'action sur les lipides!

Correction: le facteur intrinsèque ne se lie pas dans l'estomac à la vitamine B<sub>12</sub>

FIGURE 7.12 GASTRIC DIGESTIVE FUNCTION

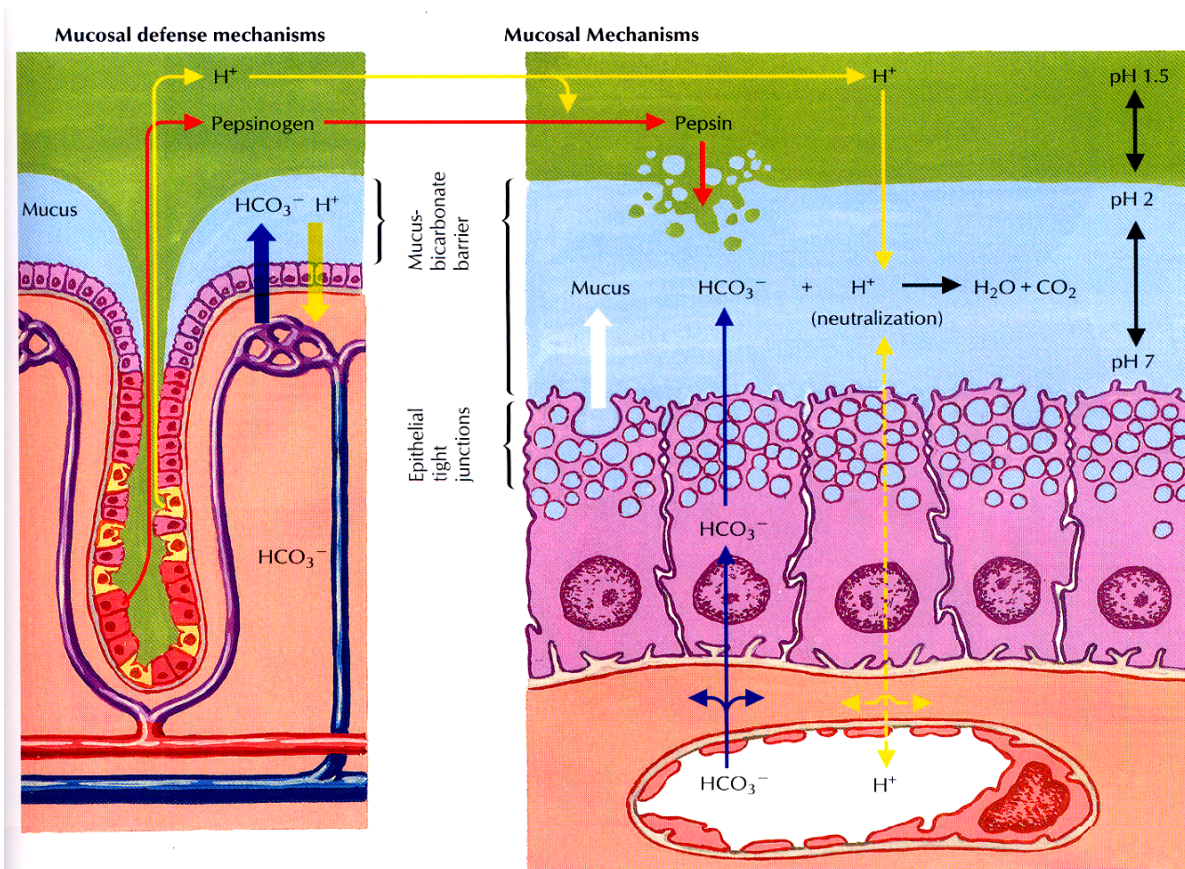
The stomach serves to break food in to small, more easily digestible fragments. In addition, it begins the enzymatic digestion of proteins through the action of pepsin and HCl. Ingested starches continue to be broken down by salivary amylase. There is little or

no breakdown of fat. The parietal cells also secrete intrinsic factor, which complexes vitamin B<sub>12</sub>. Absorption of B<sub>12</sub> then occurs in the terminal portion of the ileum.

## Système digestif Mécanismes de défense de la muqueuse

### MUCOSAL DEFENSE MECHANISMS

The high-mucin-containing mucus produced by the surface epithelial cells protects the stomach from abrasion and provides a relatively alkaline environment for the epithelial cells.



Gastric mucosa and submucosa protected from chemical injury by mucus-bicarbonate surface barrier that neutralizes gastric  $\text{H}^+$  and by epithelial "tight junctions" that prevent  $\text{H}^+$  access to subepithelial tissue

JOHN A. CRAIG, MD  
© IGIN

## **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