

เอกสารประกอบการสอนวิชา
110 206 Human Anatomy and Physiology

เรื่องกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของระบบย่อยอาหารมนุษย์
(Human Anatomy and Physiology of Digestive System)

ผศ.ดร.รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์
สาขาวิชาชีววิทยา
สำนักวิทยาศาสตร์

ระบบทางเดินอาหาร (Digestive system)

ผศ. ดร. รุ่งฤดี ศรีสวัสดิ์
110 206 Human Anatomy and Physiology

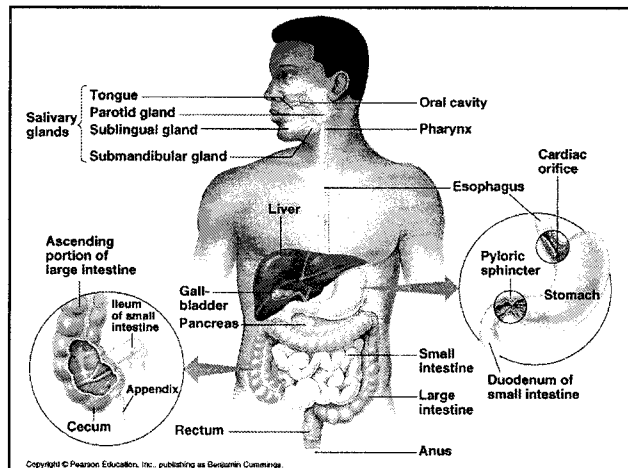
อวัยวะต่างๆของระบบทางเดินอาหารถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ทางเดินอาหาร (The alimentary canal)

- ปาก (Mouth), คอหอย (pharynx) และ หลอดอาหาร (esophagus)
- กระเพาะอาหาร (Stomach) ลำไส้เล็ก (small intestine) และ ลำไส้ใหญ่ (large intestine หรือ colon)

2. อวัยวะเสริมที่เกี่ยวข้องการย่อย (Accessory digestive organs)

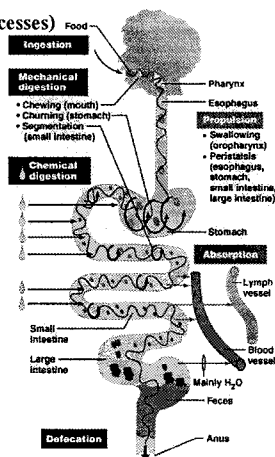
- ฟัน (Teeth) และ ลิ้น (tongue)
- ถุงน้ำดี (Gallbladder) ต่อม้ำลาย (salivary glands) ตับ (liver) และ ตับอ่อน (pancreas)



• ขบวนการในการย่อย (Digestive processes)

มี 6 ขั้นตอนที่เป็นคือ

- การกินอาหาร (Ingestion)
- การขับเคลื่อน (Propulsion)
- การย่อยด้วยพลังงานกล (Mechanical digestion)
- การย่อยด้วยสารเคมี (Chemical digestion)
- การดูดซึม (Absorption)
- การถ่ายอุจจาระ (Defecation)



• การกินอาหาร (Ingestion)

- การนำอาหารเข้าสู่ที่ทางเดินอาหาร (digestive tract) ทางปาก

• การขับเคลื่อน (Propulsion)

- การกลืน (swallowing) พบที่ oropharynx
- การบีบตัวแบบ peristalsis ซึ่งเป็นคลื่นของการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อในผนังของอวัยวะ พบที่หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่

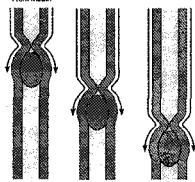
• การย่อยด้วยพลังงานกล (Mechanical digestion)

- การเคี้ยวอาหาร (chewing) พบที่ปาก
- การผสมอาหาร (mixing) เป็นการเคลื่อนไหวแบบ segmentation พบที่ ลำไส้เล็ก
- การกวนอาหาร (churning) พบที่กระเพาะอาหาร

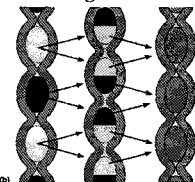
- การย่อยด้วยสารเคมี (Chemical digestion)
 - เป็นการย่อยอาหารให้เล็กลง (catabolic breakdown) ที่กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก
- การดูดซึม (Absorption)
 - การเคลื่อนที่ของสารอาหารจากต่อทางเดินอาหารไปสู่เลือดหรือน้ำเหลือง พบที่ small intestine
- การถ่ายอุจจาระ (Defecation)
 - เป็นการกำจัดของแข็งที่เป็นเสียและไม่สามารถย่อยได้

การบีบตัวหรือการเคลื่อนที่ในต่อทางเดินอาหาร

Peristalsis



Segmentation

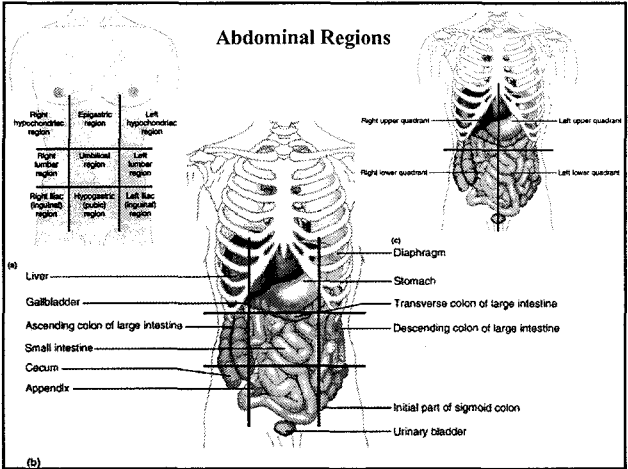


เป็นคลื่นของการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อในผนังของอวัยวะ พบที่หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่

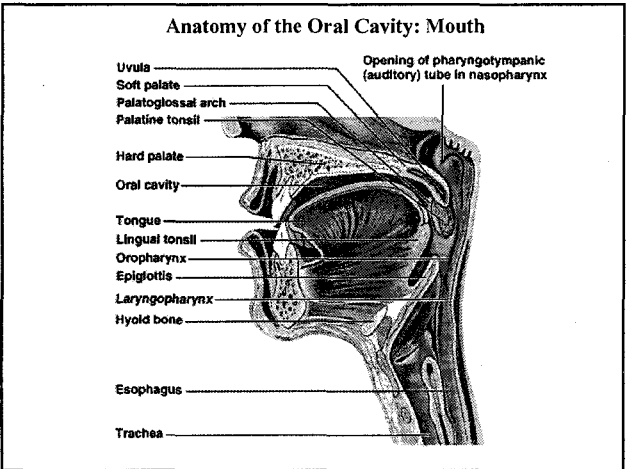
ช่วยให้อาหารเคลื่อนที่ไปอยู่ในส่วนที่ต่ำเรื่อยๆ และช่วยคลุกเคล้าอาหารกับน้ำย่อย

การหดตัวเป็นจังหวะของลำไส้เล็ก โดยจะบีบตัวเฉพาะตำแหน่งที่มีก้อนอาหาร ทำให้อาหารแบ่งเป็นส่วนๆ ท่อนๆ

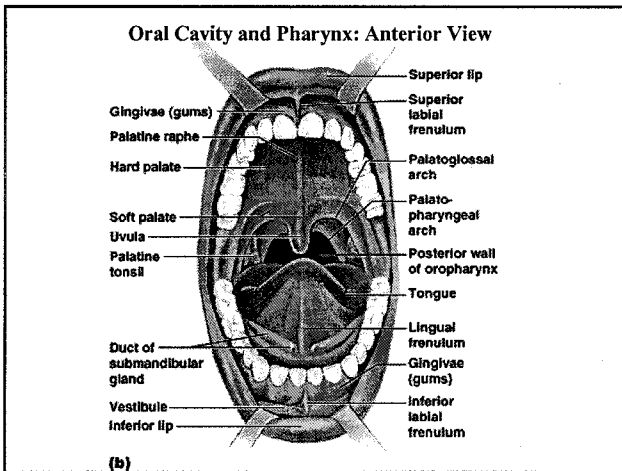
ช่วยในการคลุกเคล้าอาหารกับน้ำย่อย ช่วยให้อาหารที่ถูกย่อยแล้วสัมผัสกับผนังทำให้ออกมาดูดซึมสูงขึ้น



- โครงสร้างของทางเดินอาหาร**
- ปาก (mouth)
- ช่องปาก (Oral cavity)
 - อยู่ภายในอุ้งฟัน มีริมฝีปาก แก้ม เพดาน และลิ้นเป็นขอบเขต
 - ทางด้านหน้าจะมีช่องเปิดของปาก (oral orifice)
 - หมดเขตตรงที่มีลิ้นไก่ (uvula) โดยจะต่อเนื่องกับ oropharynx ทางด้านหลัง
 - ช่องแก้ม (Buccal cavity หรือ vestibule)
 - เป็นส่วนที่อยู่ระหว่างฟันและแก้ม รวมทั้งส่วนที่อยู่ระหว่างฟันและริมฝีปาก
 - เพื่อความทนทานต่อการถลอก (abrasions):
 - ปากถูกบุด้วย stratified squamous epithelium
 - เหงือก เพดาน และด้านบนของลิ้นจะเป็น keratinized บางๆ



- ริมฝีปากและแก้ม (Lips and Cheeks)**
- ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหลายอยู่เป็นแกนใน
 - ริมฝีปาก (Lips): orbicularis oris
 - แก้ม (Cheeks): buccinators
 - Vestibule เป็นห้องที่มีริมฝีปากและแก้มเป็นขอบเขตด้านนอกและมีฟันและเหงือกเป็นขอบเขตด้านใน
 - Oral cavity proper เป็นพื้นที่ที่บุภายในฟัน (teeth) และเหงือก (gums)
 - Labial frenulum (inferior และ posterior) เป็นสันตรงกลางที่เชื่อมด้านในของริมฝีปากแต่ละอันไปยังเหงือก



เพดานปาก (Palate)

- เพดาน (Hard palate) จะมี palatine bones และ palatine processes ของกระดูกขากรรไกร (maxillae) เป็นฐาน ช่วยฉีกในการเคี้ยว มีรอยย่นเล็กน้อยบนแต่ละข้างของ raphe (สันตรงกลางที่เป็นรอยต่อของเพดานซ้าย-ขวา)
- เพดานอ่อน (Soft palate) เป็น mobile fold ที่สร้างจากกล้ามเนื้อหลายเป็นส่วนใหญ่ จะปิด nasopharynx ขณะมีการกลืน (swallowing) ลิ้นไก่ (Uvula) ยื่นลงมาจากขอบอิสระของมัน
- Palatoglossal และ palatopharyngeal arches จากขอบของ fauces (ทางเชื่อมระหว่างปากกับคอหอย)

ลิ้น (Tongue)

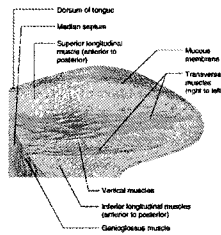
• หน้าที่

จับและเรียงตำแหน่งใหม่ของอาหารขณะเคี้ยว
 ตะล่อมอาหารให้ผสมกับน้ำลายและการสร้าง bolus
 เป็นที่เริ่มต้นสำหรับการกลืนอาหารและการพูด
 เป็นอวัยวะในการรับรส

• ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่

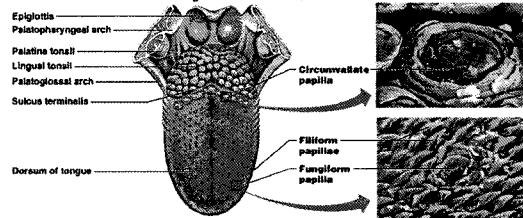
- Intrinsic muscles พบอยู่ภายในลิ้น ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างของลิ้น
- Extrinsic muscles พบอยู่นอกลิ้น ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งของลิ้น

• จะพบ Lingual frenulum ที่ยึดลิ้นไว้กับพื้นของปาก



• ผิวหน้าด้านบนของลิ้นจะพบ papillae

1. Filiform ทำให้ลิ้นสึกเกิดแรงเสียดทาน (friction)
2. Fungiform พบกระจายทั่วไปบนลิ้น
3. Circumvallate เป็นแถวรูปตัว V ทางด้านหลังของลิ้น Sulcus terminalis เป็นร่องที่ใช้แยกลิ้นออกเป็น
 - ด้านหน้า 2/3 อยู่ในช่องปาก (oral cavity)
 - ด้านหลัง 1/3 อยู่ใน oropharynx



ต่อมน้ำลาย (Salivary Glands)

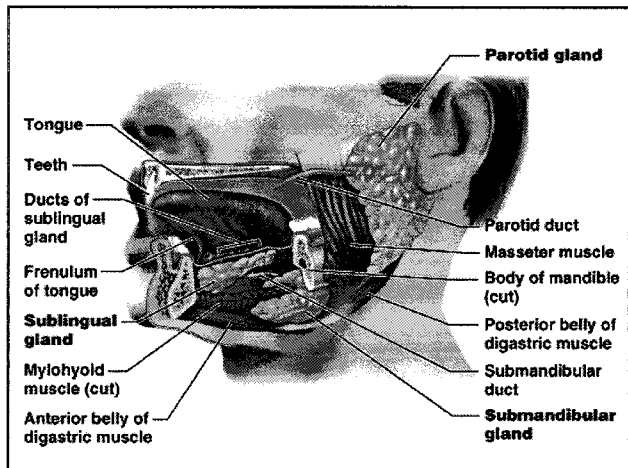
เป็นต่อมที่ทำหน้าที่สร้างและหลั่งน้ำลาย (saliva) เพื่อ

- ทำความสะอาดปาก
- ให้ความชุ่มชื้นและละลายสารอาหาร
- ช่วยในการสร้างก้อนอาหารที่ผ่านการย่อยแล้ว (bolus formation)
- มี enzymes ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายแป้ง
- Extrinsic glands 3 คู่ คือ
 - ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (sublingual gland)
 - ต่อมน้ำลายใต้หู (Parotid gland)
 - ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร (submandibular หรือ submaxillary gland)
- Intrinsic salivary glands หรือ buccal glands
- กระจายทั่ว oral mucosa

• ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น (sublingual gland)

- วางตัวอยู่หน้าต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร อยู่ใต้ต่อลิ้น
- จะเปิด 10-12 ท่อเข้าสู่ พื้นของปาก
- ประกอบด้วยเซลล์ที่ผลิตสารคัดหลั่งที่มีลักษณะเป็นเมือกข้น มีโปรตีน mucin อยู่เรียก mucous secretion
- ต่อมน้ำลายใต้หู (Parotid gland)
 - ขนาดใหญ่ที่สุด อยู่หน้าต่อหูระหว่างกล้ามเนื้อ masseter และผิวหนัง
 - ท่อจะเปิดสู่ vestibule ข้างๆ กรามหลังซี่กลาง (upper molar อันที่ 2)
 - ประกอบด้วยเซลล์ที่ผลิตสารคัดหลั่งที่มีลักษณะใสเรียก serous secretion

- ต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร (submandibular หรือ submaxillary gland)
- วางตัวอยู่มุมของกระดูกขากรรไกรล่าง (mandibular body)
- ท่อจะเปิดที่ฐานของ lingual frenulum
- ประกอบด้วยเซลล์ที่ผลิตสารคัดหลั่งแบบ serous secretion เป็นส่วนใหญ่และแบบ mucous secretion เป็นส่วนน้อย



ส่วนประกอบของน้ำลาย

- น้ำลายจะมีคุณสมบัติเป็น hypotonic และ มีความเป็นกรดเล็กน้อย
- มีน้ำ 97-99.5% ประกอบด้วย
 - Electrolytes: Na^+ , K^+ , Cl^- , PO_4^{2-} , HCO_3^-
 - Digestive enzyme: salivary amylase
 - Proteins: mucin, lysozyme, defensins และ IgA
 - Metabolic wastes: urea และ uric acid

การควบคุมการหลั่งน้ำลาย (Control of Salivation)

- Intrinsic glands จะทำให้ปากชุ่มชื้น
- Extrinsic salivary glands จะหลั่งน้ำลายที่มี enzyme สูง เพื่อตอบสนองต่อ
 - อาหารที่กินเข้าไปซึ่งจะกระตุ้น chemoreceptors และ pressoreceptors
 - การคิดถึงอาหาร
 - การกระตุ้น sympathetic อย่างแรงจะยับยั้งการหลั่งน้ำลาย และมีผลให้ปากแห้ง

ฟัน (Teeth)

ลักษณะการงอกของฟัน ทำให้ฟันของมนุษย์มี 2 ชุด เรียกว่า

Diphyodont dentition

• Primary dentition

ฟันน้ำนม (deciduous teeth) 20 ซี่โผล่ฟันขึ้นมาระหว่างอายุ 6 ถึง 24 เดือน

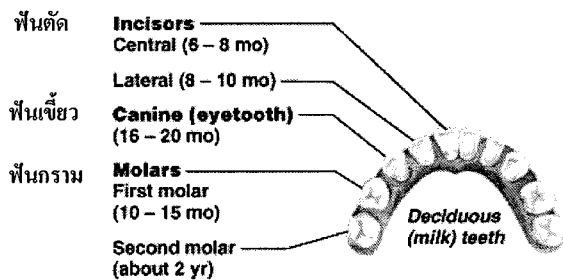
• Permanent dentition

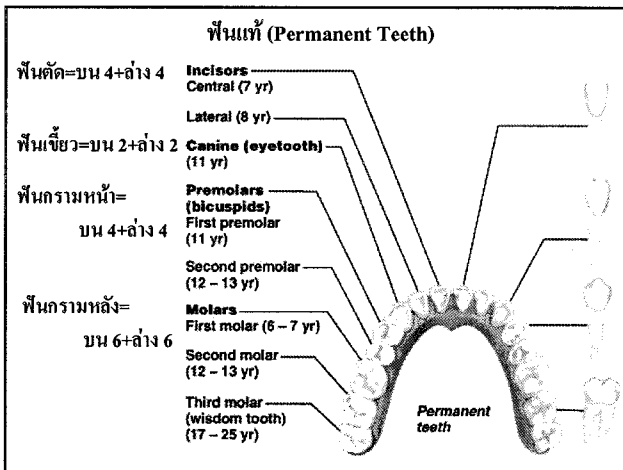
การขยายใหญ่ขึ้นและการพัฒนาการเป็นสาเหตุให้รากของฟันน้ำนมหลุดออกมาระหว่างอายุ 6 ถึง 12 ปี

ฟันแท้ (permanent teeth) เกือบทุกซี่ยกเว้นฟันกรามซี่ที่ 3 จะโผล่ฟันขึ้นมาเมื่อตอนสิ้นสุดวัยผู้ใหญ่

โดยปกติฟันแท้ จะมี 32 ซี่

ฟันน้ำนม (Deciduous Teeth หรือ milk teeth)





Dental Formula

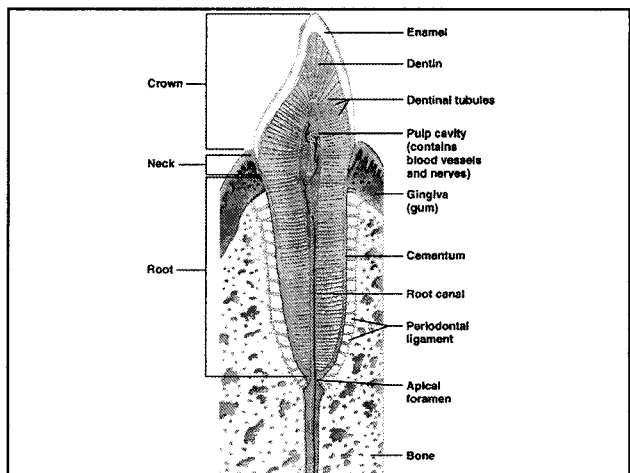
วิธีการเขียนเพื่อระบุหมายเลขตำแหน่งสัมพันธ์ของฟัน โดยการใช้อัตราส่วนระหว่างฟันด้านบนต่อฟันด้านล่าง

Primary: 2I (incisors), 1C (canine), 2M (molars)
 Permanent: 2I, 1C, 2PM (premolars), 3M

2I	1C	2PM	3M	X	2 (32 teeth)
2I	1C	2PM	3M		

โครงสร้างของฟัน (Tooth Structure)

- ตัวฟัน (Crown)** เป็นส่วนของฟันที่โผล่พ้นออกมาเหนือเหงือก (gingiva หรือ gum)
 - Enamel เป็นส่วนที่ไม่มีเซลล์ ประกอบด้วย เกล็ดแคลเซียม และ hydroxyapatite crystals
 - Enamel จะเป็นส่วนที่หุ้มรอบตัวฟัน เป็นวัตถุที่แข็งแรงที่สุด เนื้อแน่นที่สุดและทนทานที่สุดในร่างกายมนุษย์
- รากฟัน (Root)** เป็นส่วนของฟันที่ฝังตัวอยู่ในกระดูกขากรรไกร (jawbone)
- คอฟัน (Neck)** เป็นส่วนคอดที่อยู่ระหว่างตัวฟันกับรากฟัน



ส่วนที่แข็งของฟันประกอบด้วยเยื่อ 3 ชนิดคือ

1. Enamel
2. Dentin เป็นส่วนที่มีมากที่สุด จะคล้ายกับกระดูก อยู่ในคอ enamel ซึ่งจะกลายเป็นส่วนของตัวฟัน จะพบท่อ (dentinal tubules) จำนวนมาก
 Pulp cavity เป็นช่องว่างที่ล้อมรอบด้วย dentin
 Pulp ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นเลือดและเส้นประสาท
 Root canal เป็นส่วนของ pulp cavity ที่ยื่นเข้าไปสู่รากฟัน
 Apical foramen เป็นทางเปิดของ root canal
3. Cementum เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีแคลเซียมไปสะสมทำให้แข็งตัว จะปกคลุมส่วนของรากฟัน เป็นส่วนที่ติดกับ periodontal ligament ซึ่งเป็นตัวยึดเกาะฟันให้อยู่ในเบ้าฟันของกราม (alveolus of the jaw)

คอหอย (Pharynx)

- เป็นท่อที่อยู่ระหว่างด้านหลังของช่องปากและหลอดลม เป็นทางผ่านของอาหารและของเหลว ไปยังหลอดอาหาร อากาศไปยังหลอดลมใหญ่ และเป็นที่ช่วยในการทำให้เกิดเสียง
- บุด้วย stratified squamous epithelium และ mucus glands
- มี 2 ชั้นของกล้ามเนื้อลาย
 - Inner longitudinal
 - Outer pharyngeal constrictors

คอหอยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. Nasopharynx

เป็นส่วนที่อยู่ในจมูกจึงไม่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร

2. Oropharynx

เป็นส่วนที่ติดต่อกับปากโดยตรง

ด้านข้างพบ paratonsil 1 คู่ ซึ่งเป็นต่อมเนื้อเยื่อน้ำเหลือง

3. Laryngopharynx

เป็นส่วนล่างของคอหอย อยู่ระหว่างกล่องเสียงกับหลอดอาหาร

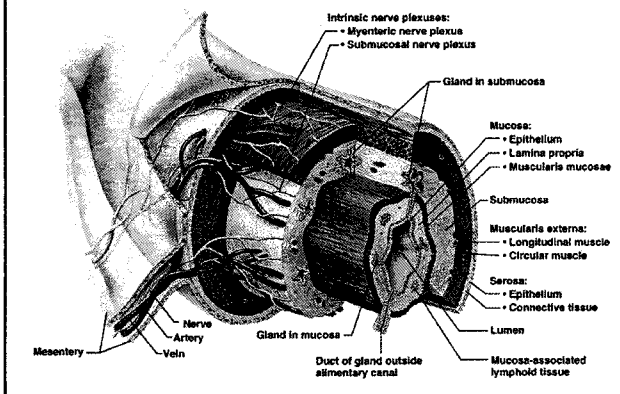
จุลกายวิภาคศาสตร์ของท่อทางเดินอาหาร

ตั้งแต่หลอดอาหารไปจนถึงช่องทวารหนัก ผนังของระบบทางเดินอาหารจะมี 4 ชั้นเหมือนกันตลอด โดยการเรียงตัวจากท่อภายใน (lumen) ออกไปข้างนอก คือ

- mucosa
- submucosa
- muscularis externa
- serosa

ซึ่งในแต่ละชั้นจะพบชนิดของเนื้อเยื่อหลักและหน้าที่เฉพาะในการย่อยอาหาร

Histology of the Alimentary Canal



Mucosa

- Moist epithelial layer บุช่องว่าง (lumen) ของ alimentary canal
- มีหน้าที่หลักคือ
 - ผลิต mucus
 - ดูดซึม end products ของการย่อย
 - ป้องกันโรคติดเชื้อ
- ประกอบด้วย 3 ชั้น:
 - lining epithelium
 - lamina propria
 - muscularis mucosae

1. Epithelial Lining

• ประกอบด้วย

- simple columnar epithelium
- mucus-secreting goblet cells

• การหลั่ง mucus เพื่อ

- ป้องกันอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อย จาก การย่อยตัวเอง
- ช่วยให้การเคลื่อนอาหารไปตามท่อทางเดินอาหารทำได้ง่ายขึ้น

• Stomach และ small intestine mucosa จะประกอบด้วย

- Enzyme-secreting cells
- Hormone-secreting cells (ทำให้เป็นทั้ง endocrine and digestive organs)

2. Lamina Propria

- เป็น Loose areolar และ reticular connective tissue
- ให้อาหาร epithelium และดูดซึมสารอาหาร
- ประกอบด้วย ต่อมมน้ำเหลืองเพื่อป้องกัน bacteria

3. Muscularis mucosae

- เป็น กล้ามเนื้อเรียบที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเฉพาะที่ของ mucosa

- **Submucosa**
 - เป็น dense connective tissue ที่ประกอบด้วย elastic fibers เส้นเลือด และเส้นน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง และเส้นประสาท
- **Muscularis externa**
 - รับผิดชอบต่อการขับเคลื่อนแบบ segmentation และ peristalsis
 - Circular muscle layer
 - Longitudinal muscle layer
- **Serosa**

ประกอบด้วย epithelium และ connective tissue

 - เป็นเยื่อช่องท้องที่ป้องกันอวัยวะภายใน
 - ใน esophagus จะพบ fibrous adventitia
 - อวัยวะที่อยู่หลังต่อเยื่อช่องท้อง (Retroperitoneal organs) จะพบทั้ง adventitia และ serosa

หลอดอาหาร (Esophagus)

- เป็นหลอดกล้ามเนื้อ (Muscular tube) ยาวประมาณ 9-10 นิ้ว อยู่หลังต่อหลอดลมใหญ่
- เริ่มตั้งแต่ laryngopharynx ไปจนถึงกระเพาะอาหาร โดยจะวิ่งทะลุเยื่อที่กั้นกลางช่องอก (mediastinum) และเจาะทะลุผ่านกระบังลม (diaphragm) เพื่อที่จะไปเปิดเข้าสู่กระเพาะอาหาร
- หลอดอาหารทำหน้าที่รับอาหารจากคอหอยให้ผ่านลงไปกระเพาะอาหาร

ลักษณะพิเศษของ Esophageal

- Esophageal mucosa เป็น nonkeratinized stratified squamous epithelium
- เมื่อ esophagus ว่างจะพับในแนวตามยาว แต่เมื่อมีอาหารเข้ามา esophagus จะแบนเรียบ
- การหลั่ง mucus ของต่อม จะหลั่งเป็น bolus แล้วเคลื่อนที่เข้าสู่ esophagus
- กล้ามเนื้อที่เป็นผนังของหลอดอาหารมี 3 ลักษณะคือ
 - ส่วนแรก (superiorly) เป็นกล้ามเนื้อลาย
 - ส่วนกลาง เป็นทั้งกล้ามเนื้อลายและเรียบ
 - ส่วนสุดท้าย (inferiorly) เป็นกล้ามเนื้อเรียบ

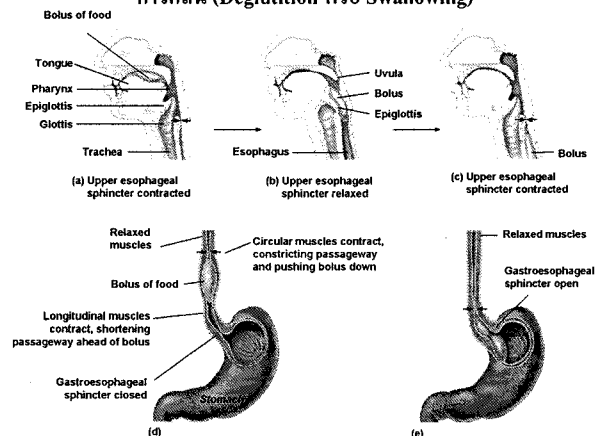
ขบวนการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในปาก

- อาหารถูกกินเข้ามา
- เริ่มมีการย่อยการเคี้ยว (chewing) เป็นการอาศัยพลังงานกล
- การขับเคลื่อนอาหาร (Propulsion) ถูกเริ่มต้นขึ้นโดยการกลืน (swallowing)
- เอนไซม์ amylase จากน้ำลายเริ่มมีการย่อยสลายแป้ง
- คอหอย (pharynx) และหลอดอาหาร (esophagus) ทำหน้าที่เป็นทางนำอาหารจากปากสู่กระเพาะอาหาร

การกลืน (Deglutition หรือ Swallowing)

- สัมพันธ์กับการทำงานประสานกันระหว่างลิ้น เพดานอ่อน คอหอย หลอดอาหาร และกล้ามเนื้อที่แยกกัน 22 กลุ่ม
- Buccal phase ก่อนอาหารจะถูกผลักเข้าไปสู่ oropharynx
- Pharyngeal-esophageal phase ถูกควบคุมโดย medulla และส่วนล่างของ pons
- ทุกทางยกเว้นท่อทางเดินอาหารจะถูกปิด
- Peristalsis จะขับเคลื่อนอาหารทะลุผ่าน คอหอย (pharynx) ไปยังหลอดอาหาร (esophagus)

การกลืน (Deglutition หรือ Swallowing)



กระเพาะอาหาร (Stomach)

- เป็นส่วนของทางเดินอาหารที่ใหญ่ที่สุด มีลักษณะเป็นถุง ทอดยาวตามแนวขวางของลำตัว ยาวประมาณ 10 นิ้ว กว้างประมาณ 5 นิ้ว ข้างในเป็นรอยพับ ของ mucosa เรียกว่า Rugae of mucosa
- เริ่มมีการย่อยสลายของโปรตีน
- อาหารจะถูกกวน (churned) คลุกเคล้ากับน้ำย่อยจนมีลักษณะกึ่งของเหลว (chyme)
- มีการหลั่ง pepsin ที่ทำงานได้ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด

• แบ่งเป็นส่วน ดังนี้

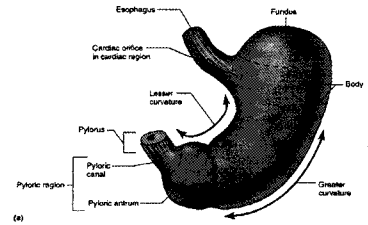
- Cardiac region (Cardius) ล้อมรอบ cardiac orifice รูเปิดที่ต่อจากหลอดอาหาร

- Fundus ลักษณะรูปโดม

อยู่ใต้กระบังลม

- Body ส่วนที่อยู่ตรงกลาง

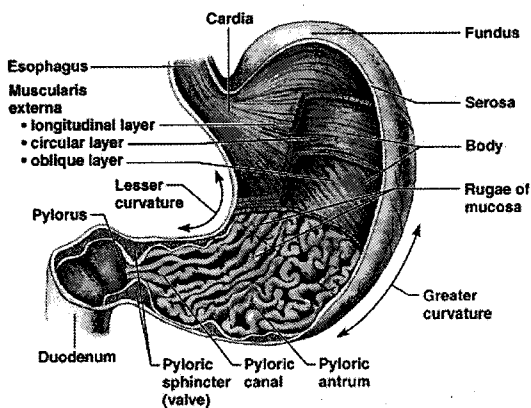
- Pyloric region (Pylorus) มี 2 ส่วนคือ pyloric antrum และ pyloric canal โดยจะสิ้นสุดที่ pylorus ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อเนื่องกับ duodenum ของลำไส้เล็กผ่านทางกล้ามเนื้อหูรูด pyloric sphincter



- ส่วนโค้งของกระเพาะอาหาร
- Greater curvature เป็นส่วนโค้งวงนอก ทางด้าน lateral surface
- Lesser curvature เป็นส่วนโค้งวงใน ทางด้าน medial surface
- เส้นประสาทที่มาเลี้ยง
- sympathetic และ parasympathetic fibers
- เส้นเลือดที่มาเลี้ยง
- celiac trunk และ เส้นเลือดดำที่สัมพันธ์กัน (ส่วนของ hepatic portal system)

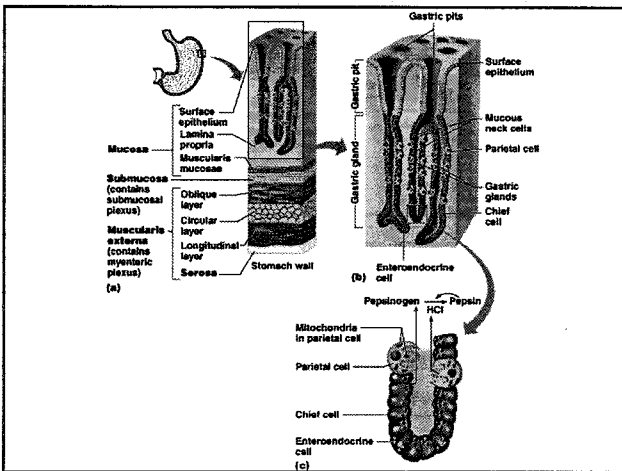
ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระเพาะอาหาร

- Epithelial lining ของ mucosa ที่ประกอบด้วย
 - Goblet cells ที่สร้าง alkaline mucus มาเคลือบ mucous surface layer จะจับของเหลวข้างล่างต่อมันซึ่งมี bicarbonate สูงมาก
 - Gastric pits ประกอบด้วย gastric glands ที่หลั่ง gastric juice, mucus และ gastrin
- Muscularis externa จากปกติ 2 ชั้นคือ Circular และ Longitudinal muscle layer กระเพาะอาหารจะพบ 3 ชั้นคือมี oblique muscle layer เพิ่มขึ้นมาอีกเพื่อ
 - ทำให้ กระเพาะอาหารสามารถที่จะกวน (churn) ผสม (mix) และทุบตี (pummel) เป็นการกระทำต่ออาหารในทางกายภาพ
 - ย่อยสลายอาหารให้ได้เป็นส่วนเล็กๆ



ต่อมของ Stomach Fundus และ Body

- Gastric glands ของ Stomach Fundus และ Body มีความหลากหลายในเซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่งสาร (secretory cells)
 - Mucous neck cells: หลั่ง mucus ที่เป็นกรด
 - Parietal cells: หลั่ง Hydrochloric acid (HCl) และ intrinsic factor
 - Chief cells (Zymogenic cells): ผลิต pepsinogen
 - Pepsinogen ถูกกระตุ้นให้เปลี่ยนเป็น pepsin โดย
 - HCl ในกระเพาะอาหาร
 - ตัว Pepsin เองผ่านทาง positive feedback mechanism
 - Enteroendocrine cells: หลั่ง gastrin, histamine, endorphins, serotonin, cholecystokinin (CCK) และ somatostatin ไปสู่ lamina propria



การบุผนังกระเพาะอาหาร (Stomach Lining)

- กระเพาะอาหารจะต้องเผชิญกับสภาวะที่หยาบที่สุดในทางเดินอาหาร
- ในการที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยตัวมันเอง กระเพาะอาหารจะมี mucosal barrier ด้วย
 - ผนังกระเพาะอาหารจะมีการเคลือบอย่างหนาด้วย mucus ที่มี bicarbonate สูง
 - เซลล์บุผิวจะยึดติดกันด้วย tight junctions
 - Gastric glands ที่มีเซลล์ที่ไม่อนุญาตให้ HCl ผ่าน
- เซลล์บุผิวที่ถูกทำลายจะถูกแทนที่อย่างรวดเร็ว

การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร

- เก็บอาหารที่กินเข้ามา
- ย่อยอาหารเหล่านี้ด้วยวิธีทั้งทางกายภาพและเคมี
- ขนส่ง chyme ไปสู่ลำไส้เล็ก
- การย่อยโปรตีนด้วยการใช้เอนไซม์ pepsinogen
- หลัง intrinsic factor ที่ต้องการสำหรับการดูดซึมของ vitamin B₁₂

การควบคุมการหลั่งของ gastric glands

- กระบวนการของระบบประสาทและฮอร์โมนจะควบคุมการหลั่งของ gastric juice
- การกระตุ้น (Stimulatory) หรือยับยั้ง (inhibitory) จะเกิดขึ้นใน 3 ระยะคือ
 - Cephalic (reflex) phase: เกิดก่อนที่อาหารจะเข้ามา
 - Gastric phase: เริ่มตั้งแต่อาหารเข้ามาในกระเพาะอาหาร
 - Intestinal phase: เริ่มตั้งแต่อาหารที่ถูกย่อยบางส่วนเข้าสู่ duodenum ของลำไส้เล็ก

Cephalic Phase

- เหตุการณ์ที่จะกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง:
 - การมองเห็นหรือเมื่อคิดถึงอาหาร
 - การกระตุ้นตัวรับรู้เกี่ยวกับรสหรือกลิ่น (taste หรือ smell receptors)
- เหตุการณ์ที่จะยับยั้งการหลั่ง:
 - สูญเสียความอยากอาหารหรือความรู้สึกหิว
 - การลดลงของการกระตุ้นด้วย parasympathetic division

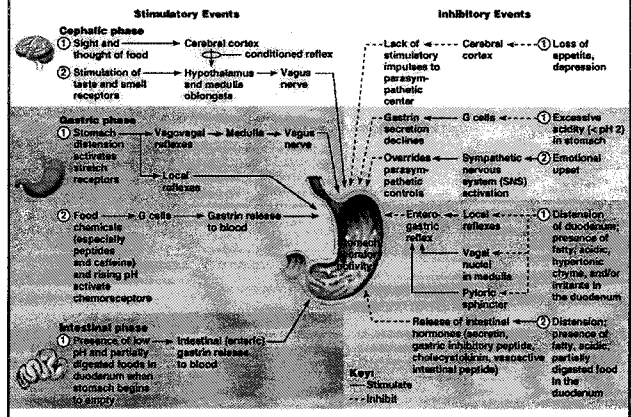
Gastric Phase

- เหตุการณ์ที่จะกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง:
 - การยืดของกระเพาะอาหาร
 - การกระตุ้น ตัวรับรู้เกี่ยวกับการยืด (stretch receptors) ซึ่งเป็นการกระตุ้นผ่านระบบประสาท (neural activation)
 - การกระตุ้น ตัวรับรู้เกี่ยวกับสารเคมี โดย peptides, caffeine และการเพิ่มขึ้นของ pH
 - การหลั่ง gastrin สูกระแสโลหิต
- เหตุการณ์ที่จะยับยั้งการหลั่ง:
 - pH ต่ำกว่า 2
 - สภาวะอารมณ์ที่รู้สึกหดหู่จะบดบังการกระตุ้นจาก parasympathetic division

Intestinal Phase

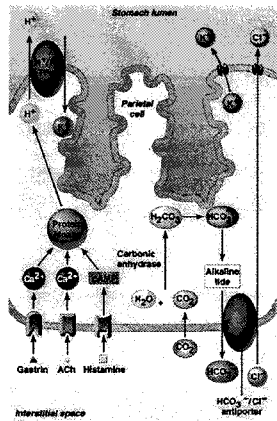
- ระยะกระตุ้น (Excitatory phase): pH ต่ำ อาหารที่ย่อยแล้ว บางส่วนจะเข้าสู่ duodenum และส่งเสริมการทำงานของ gastric gland
- ระยะยับยั้ง (Inhibitory phase): การยืดของ duodenum การที่ chyme มีลักษณะ fatty, acidic หรือ hypertonic และ/หรือการระคายเคืองใน duodenum
 - เริ่มการยับยั้งของ local reflexes และ vagal nuclei
 - ปิด pyloric sphincter
 - การหลั่งของ enterogastrones ที่ยับยั้งการหลั่งของ gastric glands

การควบคุมการหลั่งของ Gastric Juice



การควบคุมและขบวนการในการหลั่ง HCl

- การหลั่ง HCl ถูกกระตุ้นโดย Acetylcholine (ACh), histamine และ gastrin ผ่าน second-messenger systems
- การหลั่ง HCl:
 - จะตำน้ำ 1 ligand จับกับ parietal cells
 - จะสูงถ้า ทั้ง 3 ligands จับกับ parietal cells
- Antihistamines ยับยั้ง H_2 receptors และลดการหลั่ง HCl

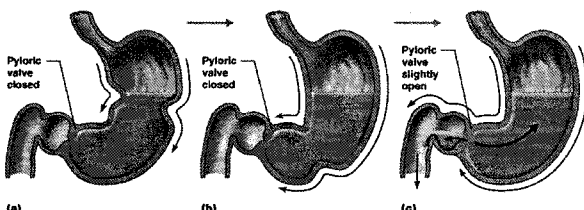


การตอบสนองของกระเพาะอาหารต่อการเติมให้เต็ม (Response of the Stomach to Filling)

- ความดันในกระเพาะอาหารจะคงที่จนกระทั่งอาหารถูกกินเข้าไปประมาณ 1 ลิตร
- การที่ความดันไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงนั้นมีสาเหตุเนื่องจาก
 1. Reflex ที่ทำให้เกิดการผ่อนคลาย (Reflex-mediated relaxation) :
 - Receptive relaxation: กล้ามเนื้อในกระเพาะอาหารจะผ่อนคลายเมื่ออาหารเคลื่อนที่ในหลอดอาหาร (esophagus)
 - Adaptive relaxation: กระเพาะอาหารขยายในการตอบสนองต่อการเติมกระเพาะอาหารให้เต็ม
 2. ความสามารถในการปรับตัว (Plasticity) :
 - ความสามารถของกล้ามเนื้อเรียบที่จะทำให้เกิดการตอบสนองแบบ "stress-relaxation response"

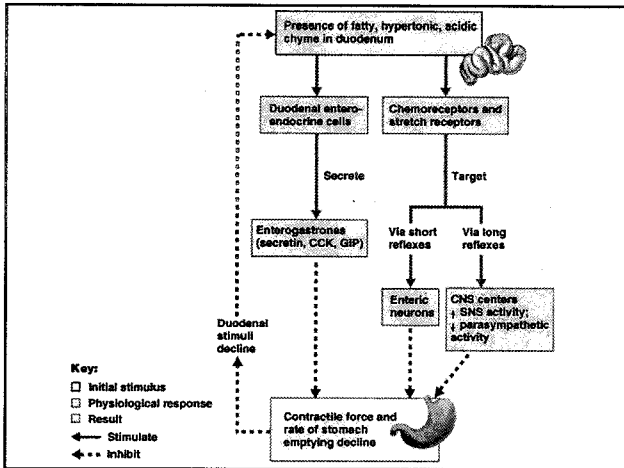
การหดตัวของกระเพาะอาหาร

- คลื่น Peristaltic เคลื่อนที่ไปยัง pylorus ด้วยความเร็ว 3 ครั้งต่อนาที
- จังหวะการเคลื่อนที่เริ่มต้นโดย pacemaker cells (cells of Cajal)
- peristalsis ที่รุนแรงที่สุด และการผสมจะเกิดขึ้นใกล้ pylorus
- Chyme จะถูกขนส่งในจำนวนน้อยๆไปยัง duodenum เนื่องจาก pyloric valve เปิดเล็กน้อย หรือ ถูกบังคับให้ย้อนกลับเข้าไปยังกระเพาะอาหารเพื่อการผสมมากขึ้น



การควบคุมการทำให้กระเพาะอาหารว่าง (Regulation of Gastric Emptying)

- ควบคุมโดย
 - The neural enterogastric reflex
 - Hormonal (enterogastrone) mechanisms
- ขบวนการเหล่านี้จะยับยั้งการหลั่งในกระเพาะอาหารและการเติมเต็มให้กับ duodenum
- Chyme ที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง จะเคลื่อนที่ไปยังผ่าน duodenum ได้อย่างรวดเร็ว
- Chyme ที่มีไขมันสูงจะย่อยได้ช้าทำให้อาหารค้างอยู่ในกระเพาะอาหารนาน



ลำไส้เล็ก (Small Intestine)

- เป็นส่วนที่ยาวที่สุดในท่อทางเดินอาหาร โดยเริ่มต้นตั้งแต่ pyloric sphincter ไปจนถึง ileocecal valve
- เป็นบริเวณที่มีการย่อยสลายโดยเอนไซม์และการดูดซึมเกิดขึ้นส่วนใหญ่
- แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ
 - duodenum
 - jejunum
 - ileum

- duodenum เป็นส่วนที่ต่อมาจากกระเพาะอาหาร สั้นกว่าส่วนอื่น ความยาวประมาณ 10-12 นิ้ว
- ได้รับเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อย และน้ำดี มาจาก ท่อน้ำดี (bile duct) และท่อหลักที่มาจากตับอ่อน (main pancreatic duct) จะมาเปิดเข้าที่ duodenum ที่ตำแหน่งของ hepatopancreatic ampulla ซึ่งถูกควบคุมโดยหูรูด sphincter of Oddi

Jejunum

- เป็นส่วนต่อจาก duodenum ความยาวประมาณ 8-9 ฟุต

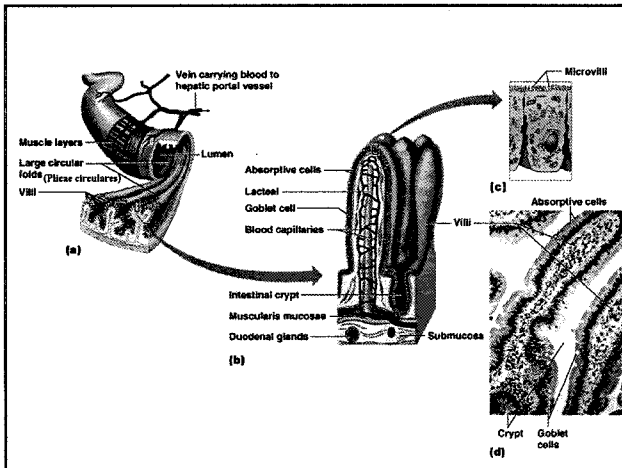
Ileum

- ยาวที่สุดประมาณ 12-13 ฟุต มีผนังบางกว่า มีเส้นเลือดมาเลี้ยงมาก
- จะเป็นส่วนของลำไส้เล็กที่มีการย่อย และการดูดซึมอาหารมากที่สุด ileum จะเชื่อมต่อกับลำไส้ใหญ่ที่ ileocecal valve

ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของลำไส้เล็ก
 จะพบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังลำไส้เล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว

- Plicae circulares (large circular folds)
 รอยย่นตามขวางลึกๆ อยู่ในชั้น mucosa และ submucosa ทำให้อาหารผ่านลงได้ช้าลงเล็กน้อยและเพิ่มเนื้อที่ในการดูดซึม
- Villi
 ส่วนที่ยื่นคล้ายนิ้วของ mucosa เป็นการเพิ่มเนื้อที่สำหรับการดูดซึมอาหารเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้น
 ปกคลุมด้วย simple columnar epithelium
- Microvilli
 ส่วนยื่นเล็กๆของเยื่อเซลล์ของ mucosal cells และเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการดูดซึม เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว

- เยื่อผิวของ mucosa ประกอบด้วย
 - Absorptive cells เซลล์ที่ทำหน้าที่ในการดูดซึมสารอาหาร
 - goblet cells หลั่ง mucus เพื่อหล่อลื่น chyme
 - Enteroendocrine cells หลั่งฮอร์โมน
 - Interspersed T cells ที่เรียกว่า intraepithelial lymphocytes (IELs)
 IELs จะหลั่ง cytokines เพื่อที่จะต่อสู้กับ Antigen (Ag)
- เซลล์บุผิวของ intestinal crypts จะสร้าง intestinal juice
- Peyer's patches พบได้ใน submucosa
- Brunner's glands ใน duodenum หลั่ง alkaline mucus

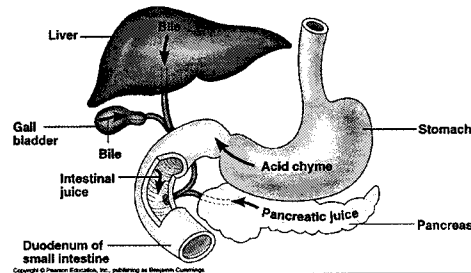


Intestinal Juice

- หลั่งออกมาจาก intestinal glands ในการตอบสนองต่อการยืดหรือระคายเคืองของ mucosa
- เป็นด่างเล็กน้อยและเป็น isotonic ต่อน้ำเลือด
- มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก มีเอนไซม์น้อย แต่มี mucus

Intestinal secretion

- เป็นสารคัดหลั่งที่อยู่ในลำไส้เล็กซึ่งได้มาจาก ตับอ่อน ตับ และลำไส้เล็ก ประกอบด้วย - Pancreatic juice
- Bile
- Intestinal juice



การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก

- เมื่อ chyme เข้าสู่ duodenum
 - Carbohydrates และ proteins บางส่วนเท่านั้นที่ถูกย่อย
 - ไม่พบการย่อยไขมัน
- การย่อยจะต่อเนื่องไปในลำไส้เล็ก
 - Chyme ถูกปล่อยอย่างช้าๆ เข้าสู่ duodenum
 - เพราะ chyme เป็น hypertonic และมี pH ต่ำ ดังนั้นจึงต้องการการผสมกัน (mixing) สำหรับการย่อยที่เหมาะสม
 - สารที่ต้องการนั้น ได้มาจากตับ
 - สารอาหารเกือบทั้งหมดถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก

การเคลื่อนไหวของลำไส้เล็ก

- การเคลื่อนไหวที่ปกติจะพบได้ในลำไส้เล็กคือ segmentation
 - จะเริ่มต้นโดย intrinsic pacemaker cells (Cajal cells)
 - เคลื่อนสิ่งที่บรรจุอยู่ลงไปยัง ileocecal valve
- หลังจากที่สารอาหารถูกดูดซึม:
 - Peristalsis จะเริ่มต้นโดยที่แต่ละคลื่นจะเริ่มต้นจากส่วนปลายของคลื่นที่แล้ว
 - อาหารที่เหลืออยู่, bacteria, mucosal cells และเศษขยะจะถูกเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้ใหญ่

การควบคุมการเคลื่อนไหวของลำไส้เล็ก

- Local enteric neurons ของ GI tract จะทำงานประสานกันในการเคลื่อนไหวของลำไส้เล็ก
- Cholinergic neurons ทำให้เกิด
 - การหดตัว และสั้นลงของชั้นกล้ามเนื้อ circular muscle layer
 - การสั้นลงของ longitudinal muscle
 - การขยายตัวของลำไส้เล็ก
- สัญญาณประสาทอื่นจะคลาย circular muscle
- gastroileal reflex และ gastrin:
 - ileocecal sphincter คลายตัว
 - อนุญาตให้ chyme ผ่านเข้าสู่ลำไส้ใหญ่

ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

- เป็นที่รับกากอาหารโดยที่ของที่เหลือจากการย่อยจะมีสารอาหารน้อยมาก
- พบการย่อยเล็กน้อยจากการทำงานของแบคทีเรีย
- หน้าที่หลักคือ การดูดซึมน้ำและ electrolytes ที่หลงเหลือในกากอาหารกลับเข้าสู่กระแสเลือด ดังนั้นจะทำให้กากอาหารข้นจนแข็งเป็นก้อน
- การขับเคลื่อนแบบ peristaltic จะดันกากอาหารไปยังไส้ตรง (rectum) กากอาหารในช่วงนี้จะเรียกว่าอุจจาระ (feces) พบต่อมเมือกเพื่อที่ขับสารออกมาช่วยให้อุจจาระเคลื่อนที่ได้สะดวก
- ยาวประมาณ 5 ฟุต กว้าง 2.5 นิ้ว

ลำไส้ใหญ่จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. Cecum มีขนาดเพียง 1 นิ้วเท่านั้น

- ส่วนโคนของ cecum ที่ติดกับ ileum จะพบช่องติดต่อกันและมีเยื่อบางๆ ทำหน้าที่ปิด-เปิด เรียกว่า ileocecal valve หรือ ileocolic valve ทำหน้าที่กั้นไม่ให้อาหารย้อนกลับไปยังลำไส้เล็กอีก
- ส่วนปลายทางขวาของท้องน้อยจะพบไส้ติ่ง (Vermiform appendix) ลักษณะเป็นเนื้อเยื่อน้ำเหลือง ทำหน้าที่ในการลบล้างพิษของสิ่งที่ทำให้เกิดโรค (Neutralizes pathogens)

2. Colon

มีแถบกล้ามเนื้อแคบๆอยู่ตามความยาวของ colon 3 แถบ เรียกว่า Taenia coli ซึ่งจะพบ epiploic appendages (ถุงบรรจุไขมัน) ติดอยู่ ระหว่างแถบนั้น colon จะพองเป็นกระเปาะเล็กๆ ตลอดแนวความยาวของ colon เรียกว่า Haustra

Colon สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนๆ คือ

- ส่วนขึ้น (ascending)
- Hepatic flexure
- ส่วนขวาง (transverse)
- Splenic flexure
- ส่วนลง (descending)
- ส่วนที่ทอดโค้งเป็นรูปตัว S (sigmoid colon) เชื่อม rectum

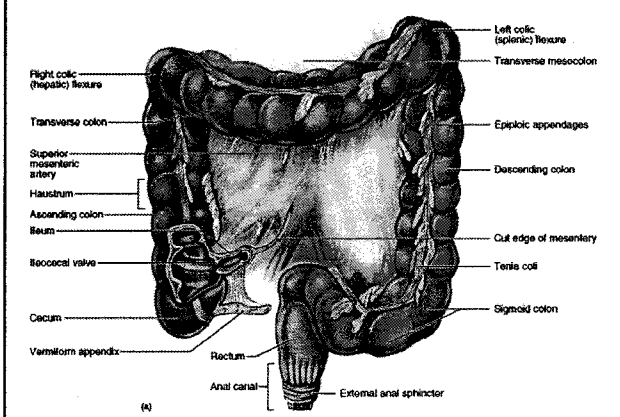
3. ไส้ตรง (Rectum)

เป็นส่วนที่ทอดลงมาตาม ครึ่งล่างของกระดูกก้นกบ (sacrum)

4. ช่องทวาร (Anal Canal)

ยาวประมาณ 1-1.5 นิ้ว โดยที่ส่วนปลายสุดที่เปิดออกสู่ภายนอกร่างกายทางทวารหนัก (Anus) ซึ่งรอบทวารหนักจะพบกล้ามเนื้อหูรูด หุ้ม 2 ชั้น โดยที่ชั้นในเป็นกล้ามเนื้อเรียบและชั้นนอกเป็นกล้ามเนื้อลาย

ลำไส้ใหญ่ (large intestine)

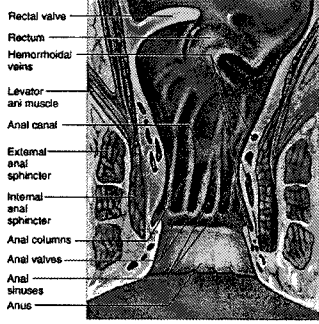


ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของลำไส้ใหญ่

- จะไม่พบ Villi
- ประกอบด้วย goblet cells จำนวนมาก
- Intestinal crypts เป็น simple tubular glands
- บุด้วย simple columnar epithelium
- เนื้อเยื่อบุผิวจะเปลี่ยนไปเป็น stratified squamous epithelium ที่ anal canal

ลิ้นเปิด-ปิด (Valves) และหูรูด (Sphincters) ของ Rectum และ Anus

- 3 valves ของ rectum จะหยุดอุจจาระ (feces) จากการถูกผ่านด้วย แกส
- Anus มี 2 sphincters:
 - Internal anal sphincter ประกอบด้วย กล้ามเนื้อเรียบ
 - External anal sphincter ประกอบด้วย กล้ามเนื้อลาย
- sphincters เหล่านี้จะปิด ยกเว้นระหว่างกำลังอุจจาระ (defecation)



Bacterial Flora

- bacterial flora ของลำไส้ใหญ่ ประกอบด้วย Bacteria ที่รอดมาจากลำไส้เล็กโดยเข้ามาทาง cecum และแบคทีเรียที่เข้ามาทาง anus
- Bacteria เหล่านี้จะ
 - อยู่ใน colon
 - หมัก (Ferment) carbohydrates ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้
 - ปล่อยกรดที่ระคายเคือง และ gases (flatus)
 - สังเคราะห์ vitamin B complex และ vitamin K

หน้าที่ของลำไส้ใหญ่

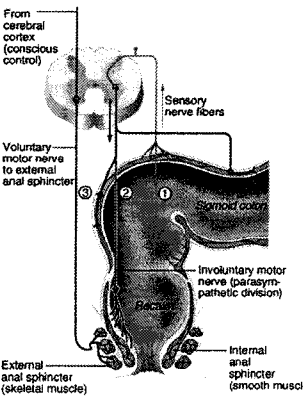
- นอกเหนือจากการย่อยของ bacteria ที่อยู่ภายในจะไม่มีกรย่อย นอกเหนือจากนั้นเกิดขึ้น
- Vitamins น้ำและ electrolytes จะถูกดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์
- หน้าที่หลักคือการขับเคลื่อนอุจจาระไปยัง anus
- ดังนั้นลำไส้ใหญ่มีความจำเป็นมากในการทำให้เกิดความสบายต่อไม่จำเป็นต่อชีวิต

การเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่

- Haustral contractions
 - การเคลื่อนไหวเป็นช่วงๆ อย่างช้าๆ ของ (Slow segmenting movements) เพื่อเคลื่อนสิ่งที่ยังบรรจุอยู่ใน colon
 - Haustra จะหดตัวตามมา เมื่อถูกกระตุ้นด้วยการยืด (distension)
- การมีอาหารในกระเพาะอาหาร:
 - จะกระตุ้น gastrocolic reflex
 - จะเริ่มการขับเคลื่อนแบบ peristalsis เพื่อที่จะดันสิ่งที่ยังบรรจุอยู่ไปยัง rectum

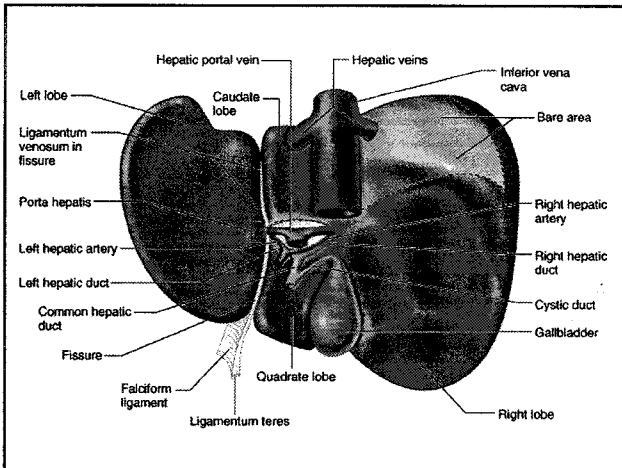
การขับอุจจาระ (Defecation)

- การขยายตัวของผนังของ rectum เนื่องจากอุจจาระ (feces) กระตุ้นการหดตัวของ ผนัง rectum และคลายตัว internal anal sphincter ผ่านทาง involuntary parasympathetic division
- Voluntary signals กระตุ้นการคลายตัวของ external anal sphincter และเกิดการขับอุจจาระ (defecation)



อวัยวะที่เปลี่ยนแปลงมาจากลำไส้

1. ตับ (Liver)
 - เป็นต่อมที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย
 - มีมากกว่า 500 หน้าที่ ซึ่งจะรวมถึงหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ metabolism ด้วย ส่วนหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารคือ การสร้างน้ำดี (bile production)
 - ตับจะแบ่งออกได้เป็นพู (lobe): right, left, caudate และ quadrate
 - falciform ligament (suspensory ligament) จะแยก right lobe ออกจาก left lobes ทางด้านหน้า และทำหน้าที่แขวนตับให้ยึดติดกับกระบังลมและผนังท้องด้านหน้า
 - The ligamentum teres เป็นส่วนที่เหลืออยู่ของ fetal umbilical vein จะวิ่งตามขอบที่อิสระของ falciform ligament

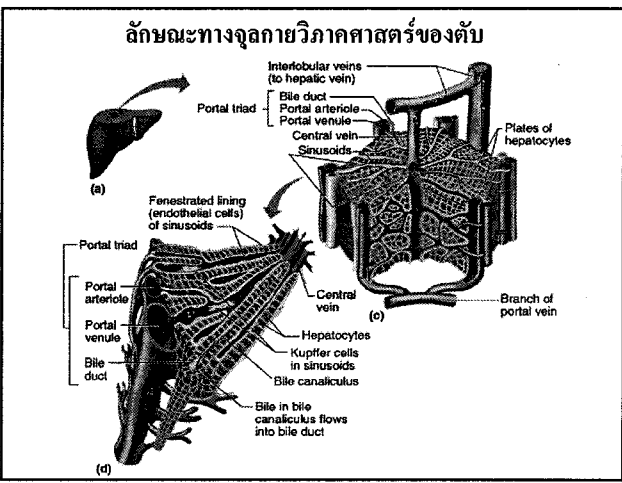


โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับตับ

- lesser omentum จะยึดเกาะตับกับกระเพาะ
- hepatic blood vessels จะเข้าสู่ตับที่ porta hepatis
- ถุงน้ำดีจะอยู่ในโพรงบนผิวหน้าด้านล่างของ right lobe
- น้ำดีจะออกจากตับทาง left และ right hepatic duct รวมกันเป็นท่อ common hepatic duct ซึ่งจะเชื่อมกับท่อ cystic duct ที่ออกจากถุงน้ำดีกลายเป็นท่อน้ำดี (Bile ducts)

- liver lobules รูปร่างหกเหลี่ยม (Hexagonal-shaped liver lobules) เป็นหน่วยโครงสร้างและหน่วยทำงานของตับ ประกอบด้วย แถวของ เซลล์ตับ (hepatic plates) ที่แผ่ออกจาก central vein
- Portal triads จะพบในทุกๆ มุม (6 มุม) ของแต่ละ liver lobule ประกอบด้วย
 - bile duct
 - Hepatic arteriole ส่งเลือดที่มีออกซิเจนสูงไปยังตับ
 - Hepatic portal venule ขนส่ง เลือดดำพร้อม สารอาหาร (nutrients) ออกจาก digestive viscera
- Liver sinusoids: เป็นช่องว่างระหว่าง hepatic plates ขยายกว้าง มี เส้นเลือดฝอยอยู่แทรกอยู่
- Kupffer cells: เป็น hepatic macrophages พบใน liver sinusoids

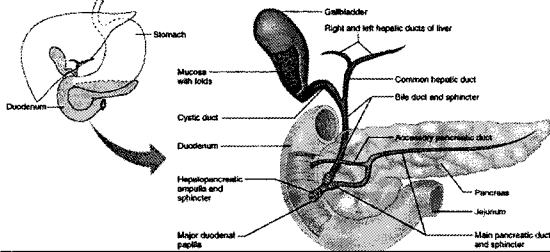
- หน้าทีของเซลล์ตับ (Hepatocytes):
 - ผลิตน้ำดี
 - เก็บสะสมวิตามินที่ละลายในไขมัน
 - ลดพิษ (Detoxification)
- น้ำดีที่ถูกผลิตจะไหลลงสู่ bile canaliculi ที่แทรกอยู่ภายในแถวของเซลล์ตับ (hepatic plates) ซึ่งจะเทลงสู่ bile ducts ใน portal triads



- ### ส่วนประกอบในน้ำดี
- สารละลายสีเหลืองเขียวและมีลักษณะเป็นด่าง (alkaline solution) ประกอบด้วย bile salts, bile pigments, cholesterol, neutral fats, phospholipids และ electrolytes
 - Bile salts เป็น cholesterol derivatives ที่ทำหน้าที่
 - Emulsify fat
 - เร่งการดูดซึมของไขมันและ cholesterol
 - ช่วยละลาย cholesterol
 - ระบบไหลเวียนโลหิต Enterohepatic circulation จะนำเอา bile salts มาใช้อีกครั้ง
 - เม็ดสีของน้ำดีคือ bilirubin ซึ่งเป็นของเสียจาก heme

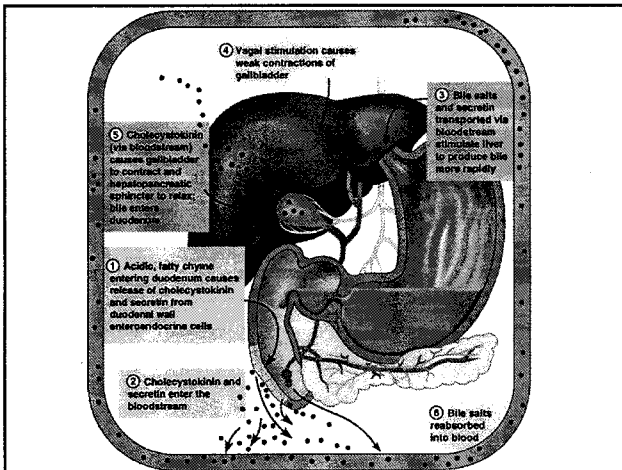
2. ถุงน้ำดี (Gallbladder)

- เป็นถุงกล้ำมนเนื้อสีเขียว ผมนึ่งบางบนผิวหน้าด้านล่างของตับ
- เก็บและทำให้น้ำดีเข้มข้นขึ้นโดยการดูดซึมน้ำและ ions
- หลังน้ำดีทาง cystic duct ซึ่งจะไหลเข้าสู่ bile duct ก่อนที่จะเทลงสู่ duodenum ของลำไส้เล็ก



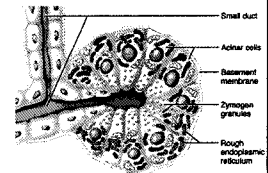
การควบคุมการหลั่งน้ำดี

- Acidic, fatty chyme เป็นสาเหตุให้ duodenum หลั่ง Cholecystikinin (CCK) และ secretin เข้าสู่กระแสโลหิต
- Bile salts และ secretin ที่ถูกขนส่งในกระแสโลหิตจะกระตุ้นให้ตับสร้างน้ำดี
- การกระตุ้นเส้นประสาท Vagus ทำให้ถุงน้ำดีหดตัวและเกิดการคลายตัวของ hepatopancreatic sphincter ทำให้น้ำดีหลั่งสู่ duodenum
- Cholecystikinin ทำให้
 - ถุงน้ำดีหดตัว
 - เกิดการคลายตัวของ hepatopancreatic sphincter
 → ส่งผลให้น้ำดีเข้าสู่ duodenum



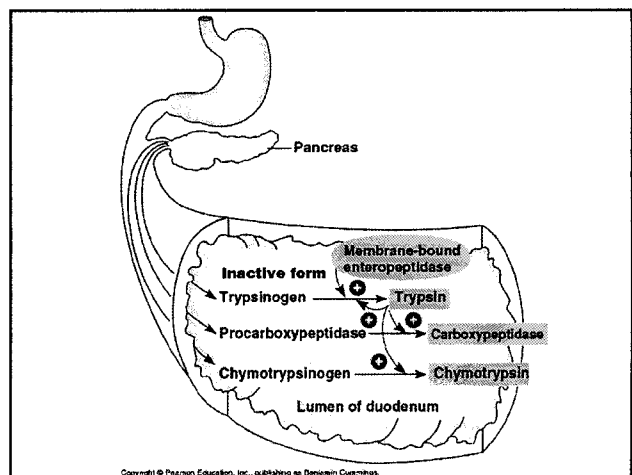
ตับอ่อน (Pancreas)

- อยู่ติดต่อ greater curvature ของกระเพาะอาหาร ส่วนหัวจะล้อมรอบด้วย duodenum และส่วนหางจะชิดกับม้าม
- หน้าที่
 - Exocrine Function
 - หลั่ง pancreatic juice ซึ่งจะย่อยสลายอาหารทุกประเภท
 - Acini (กลุ่มของเซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่ง) ประกอบด้วย zymogen granules กับ digestive enzymes
 - Endocrine function
 - หลั่ง insulin และ glucagon



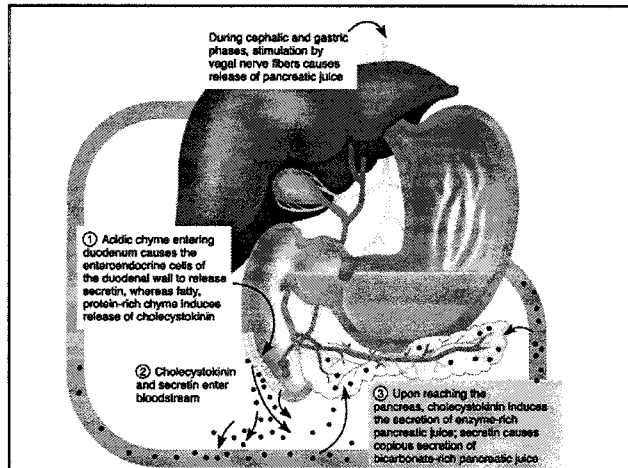
ส่วนประกอบและหน้าที่ของ Pancreatic Juice

- เป็นสารละลายของ enzymes และ electrolytes ซึ่งส่วนใหญ่คือ bicarbonate (HCO_3^-)
 - ทำให้ acid chyme เป็นกลาง
 - ให้สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับ pancreatic enzymes
- Enzymes ถูกหลั่งออกมาในรูป inactive form และถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ใน duodenum ตัวอย่างเช่น
 - Trypsinogen ถูกเปลี่ยนเป็น trypsin
 - Procarboxypeptidase ถูกเปลี่ยนเป็น carboxypeptidase
- Active enzymes ที่ถูกหลั่งคือ Amylase, lipases และ nucleases
 - enzymes เหล่านี้ต้องการ ions หรือน้ำดีเพื่อการทำงานที่เหมาะสม



การควบคุมการหลั่ง Pancreatic Secretion

- เมื่อ fatty หรือ acidic chyme เข้าสู่ duodenum จะกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของ CCK และ Secretin เข้าสู่กระแสโลหิตตามลำดับ
 - Fatty chyme กระตุ้นการหลั่ง CCK
 - acidic chyme กระตุ้นการหลั่ง secretin
- เมื่อมาถึงตับอ่อน:
 - CCK จะเหนี่ยวนำให้หลั่ง pancreatic juice ที่มี enzyme สูง
 - Secretin ทำให้เกิดการหลั่งของ pancreatic juice ที่มี bicarbonate สูง
- ระหว่าง cephalic และ gastric phase การกระตุ้นเส้นประสาท Vagus จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหลั่งของ pancreatic juice



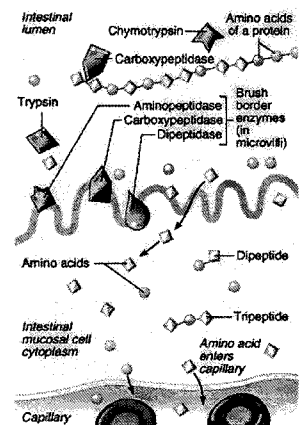
การย่อยและการดูดซึมในทางเดินอาหาร

การย่อย Carbohydrates

- การดูดซึม (Absorption) ผ่าน: cotransport กับ Na^+ และ facilitated diffusion
 - เข้าสู่ capillary bed ใน villi
 - ขนส่งไปยังตับผ่านทาง hepatic portal vein
- Enzymes ที่ใช้คือ salivary amylase, pancreatic amylase และ brush border enzymes

การย่อย Proteins

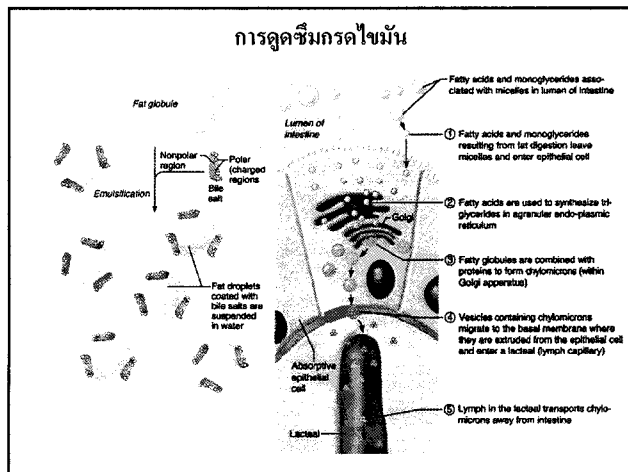
- การดูดซึมเหมือน carbohydrates
- Enzymes ที่ใช้คือ pepsin ในกระเพาะอาหาร
- Enzymes ที่ทำงานในลำไส้เล็ก
 - Pancreatic enzymes: trypsin, chymotrypsin, และ carboxypeptidase
 - Brush border enzymes: aminopeptidases, carboxypeptidases และ dipeptidases



การย่อยไขมัน

- การดูดซึม: Diffusion เข้าสู่ intestinal cells บริเวณที่
 - ไขมัน (Fatty acids และ monoglycerides) ทำปฏิกิริยารวมกันกับ proteins และ ขับ chylomicrons ออกมา
 - เข้าสู่ lacteals (หลอดน้ำเหลืองของลำไส้เล็กที่จะนำ chyme เข้าสู่ระบบน้ำเหลือง) และถูกขนส่งไปยังกระแสโลหิตผ่านทางน้ำเหลือง
 - Glycerol และ short chain fatty acids
 - ถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือดฝอยใน villi
 - ถูกขนส่งผ่านทาง hepatic portal vein
- Enzymes หรือ สารเคมีที่ใช้คือ bile salts และ pancreatic lipase

การดูดซึมกรดไขมัน



การย่อย nucleic acids

- การดูดซึม: active transport อาศัย membrane carriers
- ถูกดูดซึมใน villi และขนส่งไปสู่ตับทาง hepatic portal vein
- Enzymes ที่ใช้: pancreatic ribonucleases และ deoxyribonuclease ในลำไส้เล็ก

การดูดซึมของ Electrolyte

- ions เกือบทั้งหมดถูกดูดซึม แบบ active ไปตลอดความยาวของลำไส้เล็ก
 - Na^+ จะควบคู่ไปกับการดูดซึมของกลูโคส และ amino acids
 - Ionic iron ถูกขนส่งเข้าสู่ mucosal cells บริเวณที่จับกับ ferritin
- Anions จะดูดซึมแบบ passive ตามความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดย Na^+
- K^+ จะแพร่ผ่าน intestinal mucosa ในการตอบสนองต่อ osmotic gradients
- การดูดซึม Ca^{2+}
 - สัมพันธ์กับระดับ ionic calcium ในเลือด
 - ถูกควบคุมโดย Vitamin D และ parathyroid hormone (PTH)

การดูดซึมของน้ำ

- 95% ของน้ำจะถูกดูดซึมในลำไส้เล็กด้วยการ osmosis
- น้ำเคลื่อนที่ทั้งสองทิศทางผ่าน intestinal mucosa
- Net osmosis เกิดขึ้นเมื่อ concentration gradient เกิดขึ้นโดย active transport ของสารละลายเข้าสู่ mucosal cells
- Water uptake นั้นควบคู่ไปกับ solute uptake เมื่อ ไห้ที่น้ำเคลื่อนเข้าสู่ mucosal cells สารละลายก็จะตามไปด้วยตาม concentration gradients

การย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหาร

	(a) Carbohydrate digestion	(b) Protein digestion	(c) Nucleic acid digestion	(d) Fat digestion
Oral cavity, pharynx, esophagus	Polysaccharides (starch, glycogen) ↓ Salivary amylase Smaller polysaccharides, maltose			
Stomach		Proteins ↓ Pepsin Small polypeptides		
Lumen of small intestine	Polysaccharides ↓ Pancreatic amylase Maltose and other disaccharides	Polypeptides ↓ Trypsin, Chymotrypsin Smaller polypeptides ↓ Aminopeptidase, Carboxypeptidase Amino acids	DNA, RNA ↓ Nucleases Nucleotides	Fat globules ↓ Bile salts Fat droplets (emulsified) ↓ Lipase Glycerol, fatty acids, glycerides
Epithelium of small intestine (brush border)	Disaccharidases ↓ Monosaccharides	Small peptides ↓ Dipeptidases Amino acids	Nucleotidases ↓ Nucleosides ↓ Nucleosidases Nitrogenous bases, sugars, phosphates	

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

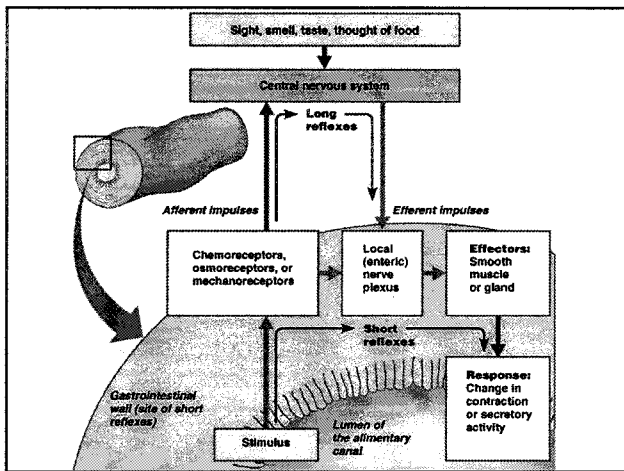
ระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของระบบทางเดินอาหาร

“Enteric Nervous System”

- ประกอบด้วย two major intrinsic nerve plexuses
 - Submucosal nerve plexus: ควบคุมต่อมและกล้ามเนื้อเรียบใน mucosa
 - Myenteric nerve plexus: เป็นเส้นประสาทหลักที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของท่อทางเดินอาหาร
- Segmentation และ peristalsis เป็น automatic ที่เกี่ยวข้องกับ local reflex arcs
- จะเชื่อมโยงกับ CNS ทาง long autonomic reflex arc

การควบคุมการย่อยอาหารเกี่ยวข้องกับ:

- สิ่งกระตุ้นสำหรับ Mechanoreceptors และ chemoreceptors จะตอบสนองต่อ - การยืด (Stretch) osmolarity และ pH
 - การมีสารและผลผลิตของการย่อยอาหารปรากฏอยู่ในโพรง
- ตัวรับเหล่านี้จะเริ่มให้เกิด reflexes ที่
 - กระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของ digestive glands
 - ผสมสิ่งที่บรรจุอยู่ในโพรงและเคลื่อนที่ไปตามทางเดินอาหาร
- Intrinsic controls โดย local centers
 - Nerve plexuses ใกล้เคียงกับ GI tract กระตุ้นให้เกิด Short reflexes ซึ่งนำโดย local enteric plexuses (gut brain)
- Extrinsic controls โดยศูนย์กลางใน CNS
 - Long reflexes เกิดขึ้นภายในและภายนอก GI tract
 - เกี่ยวข้องกับ CNS centers และ extrinsic autonomic nerves



เส้นเลือดที่มาเลี้ยง: Splanchnic Circulation

- เส้นเลือดแดงและอวัยวะที่เกี่ยวข้อง:
 - hepatic, splenic และ left gastric arteries:
 - ม้าม (spleen) ตับ (liver) และ กระเพาะอาหาร (stomach)
 - Inferior และ superior mesenteric arteries:
 - ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่
- Hepatic portal circulation:
 - รวบรวมที่มีสารอาหารสูงจากทางเดินอาหาร
 - ขนส่งเลือดเหล่านี้ไปยังตับเพื่อกระบวนการ metabolism และ เก็บสะสม