

Ruuansulatus

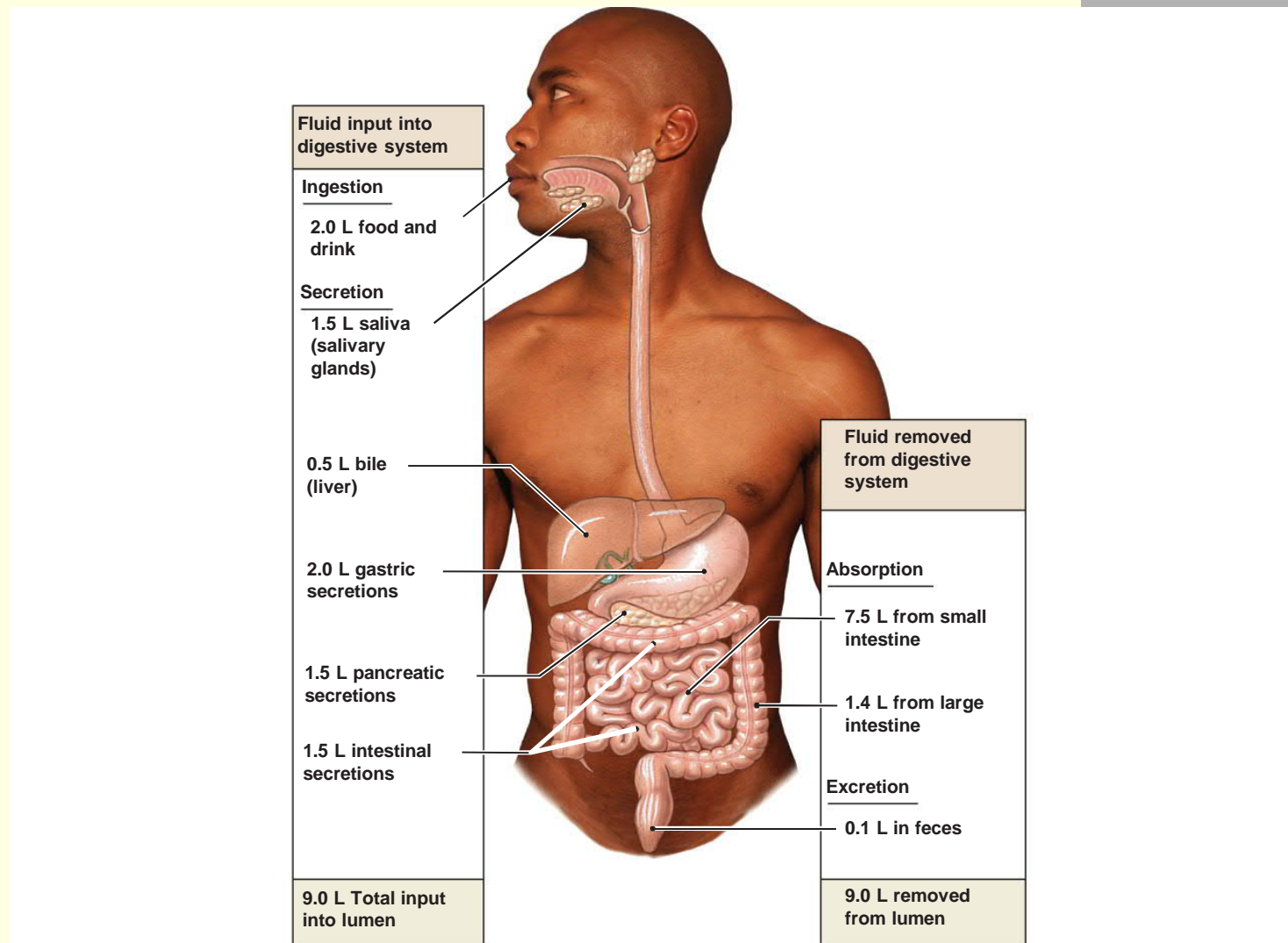


Kappale 24 ja osittain 25
Tortora 12ed

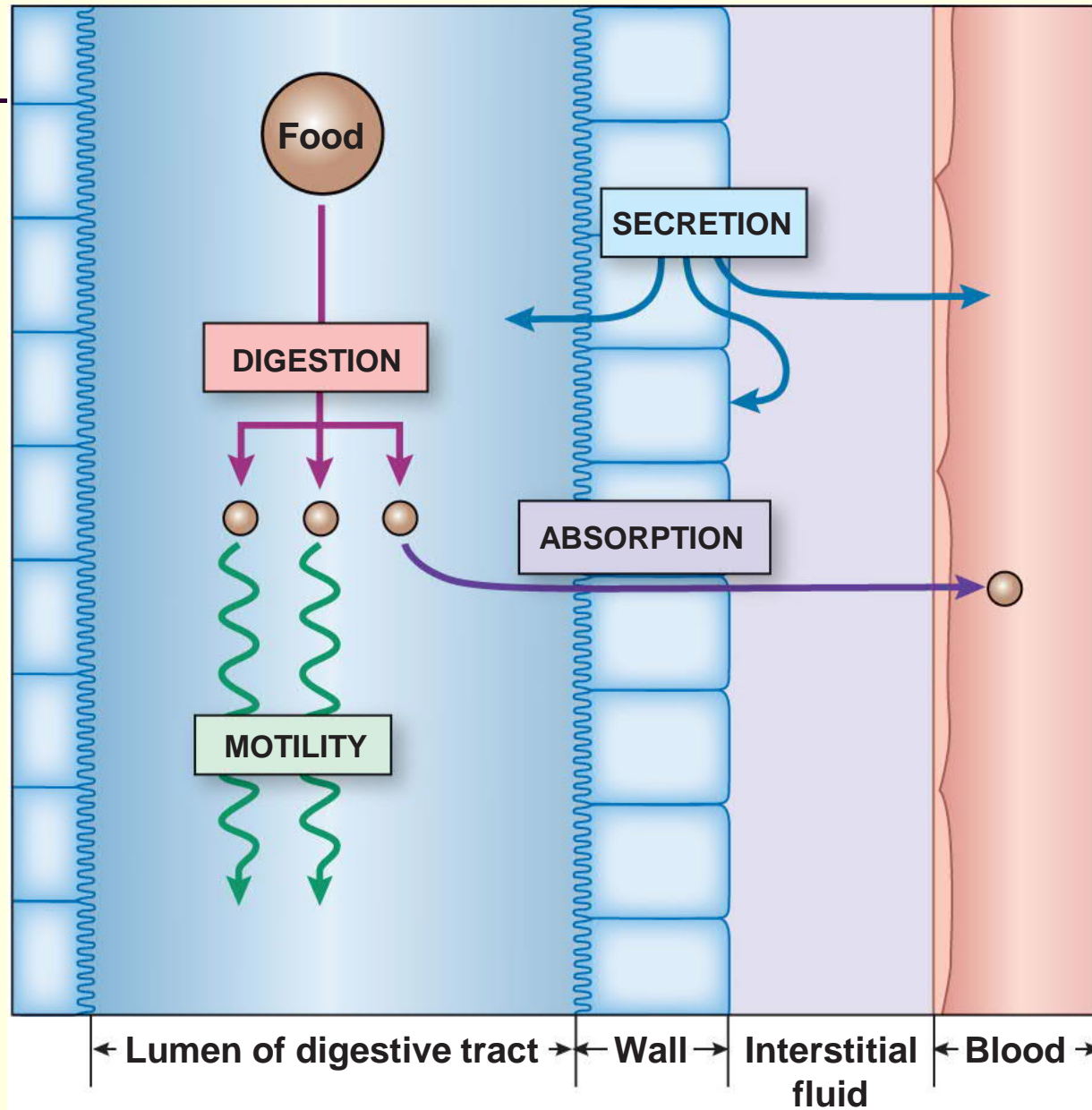
Yleiskatsaus

- Mekaaniset toiminnot
- Entsyymejä sisältävien ruuansulatusnesteiden erityys
- Ravintoaineiden entsyymaattinen pilkkoutuminen
- Imeytyminen ruuansulatuskanavassa
- Mitä elimistö tarvitsee toimiakseen ja miten ravinnonottoa säädellään?

Yleiskatsaus ja mekaaniset toiminnot



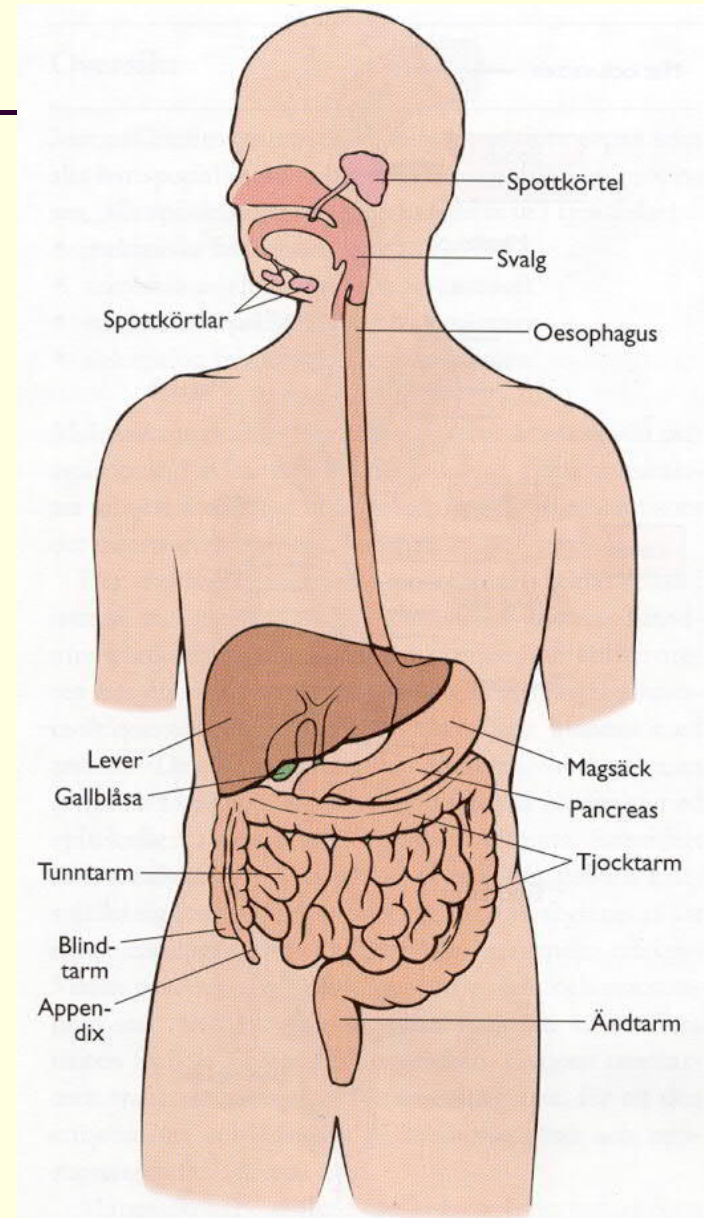
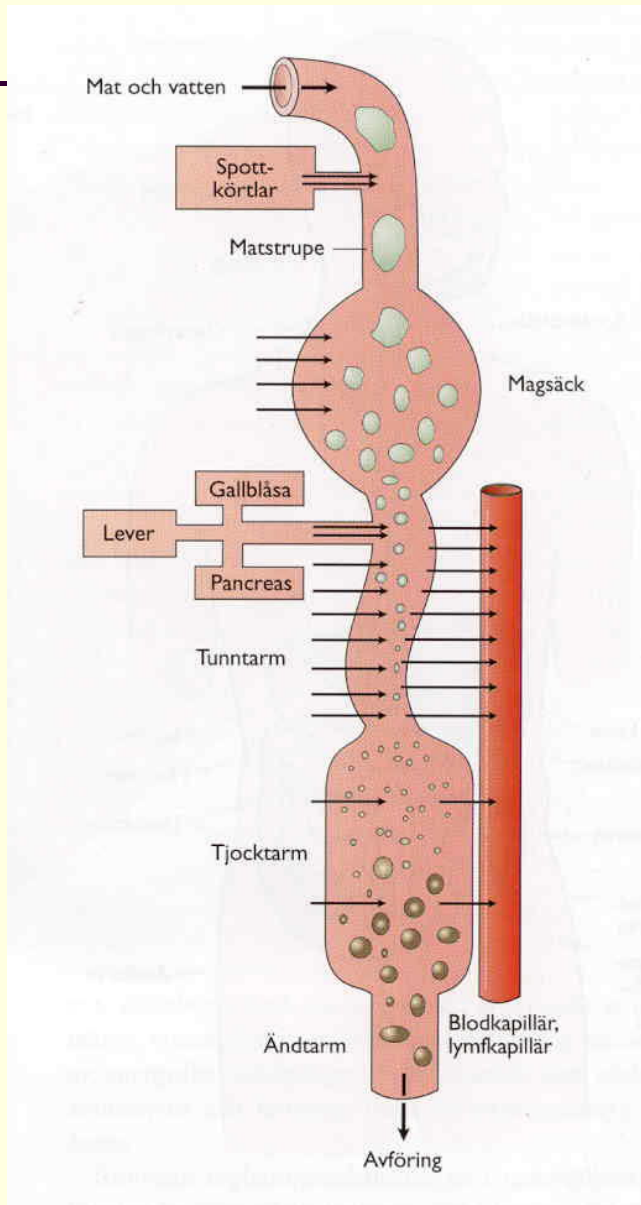
Ruuansulatuskanavan 4 perustoimintoa



Ruuansulatuselimistö

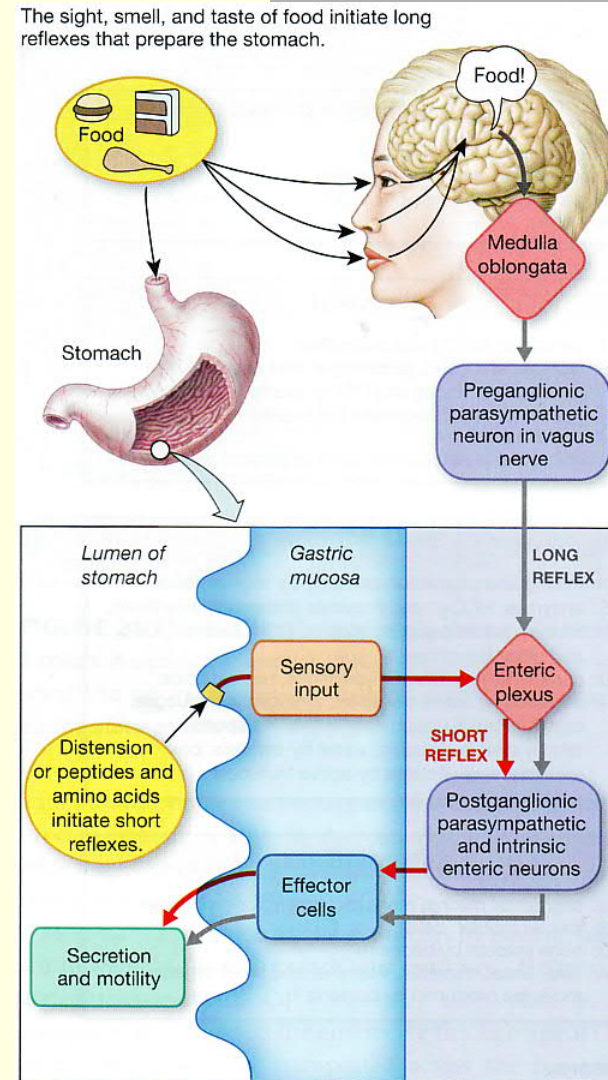
- Suuontelo *cavum oris*
- Nielu *pharynx*
- Ruokatorvi *oesophagus*
- Mahalaukku *ventriculus, gaster*
- Haima *pancreas*
- Maksa *hepar*
- Ohutsuoli *intestinum tenue*
- Paksusuoli *intestinum crassum, colon*
- Peräsuoli *rectum*

Ruuansulatuselimistön rakenne

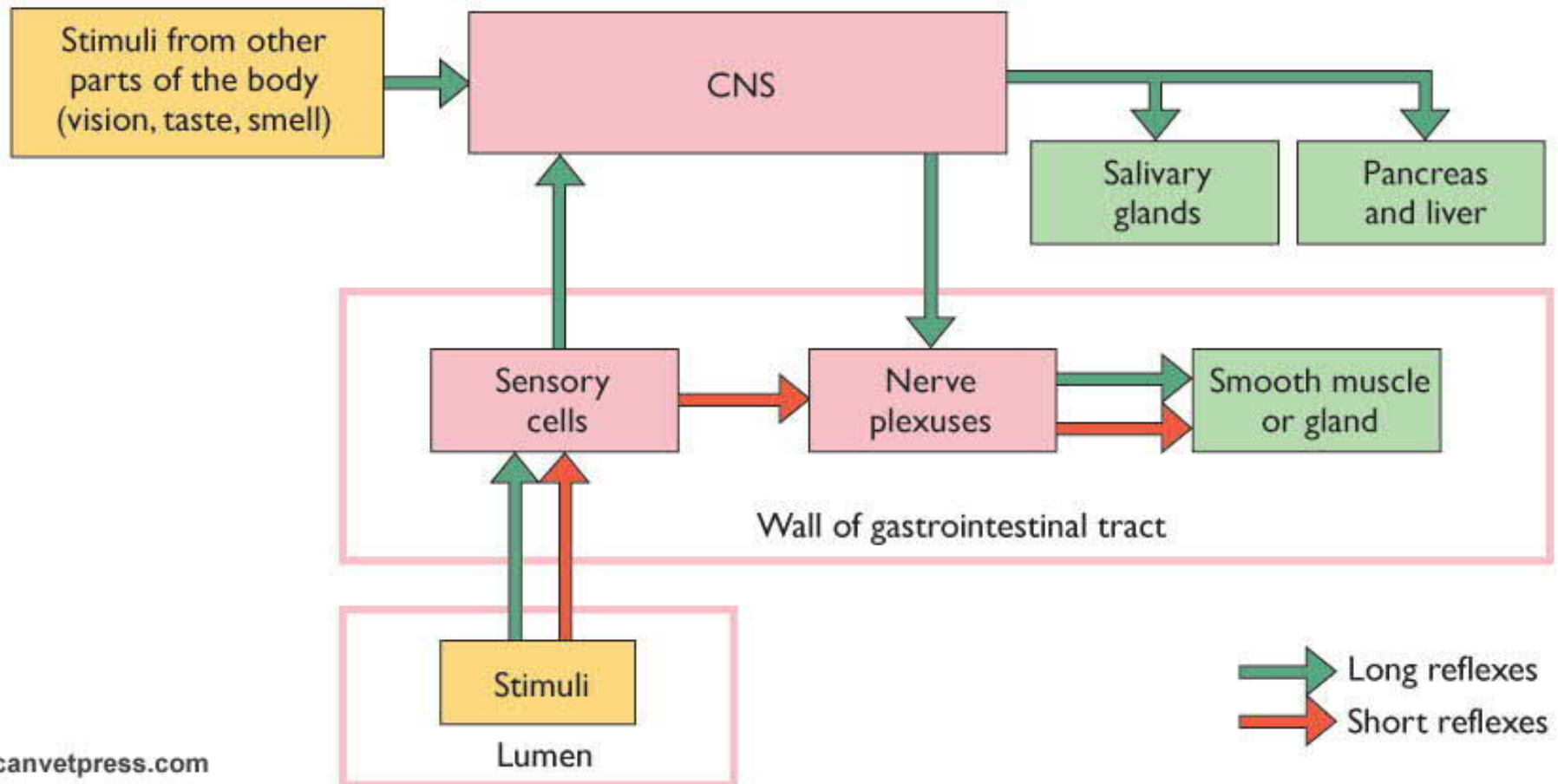


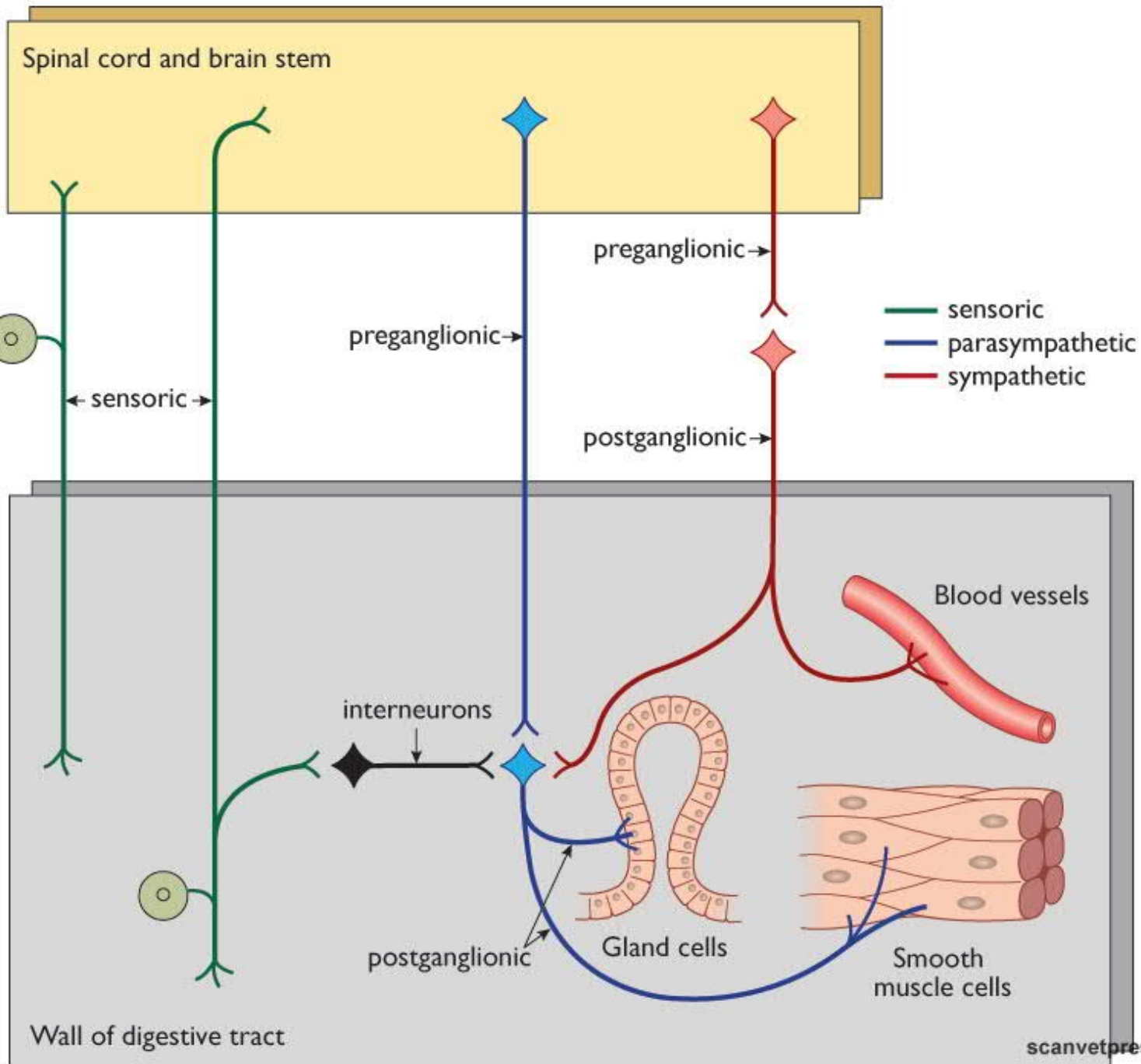
Ruuansulatuskanavan toiminnan säätely

- Hermostollinen säätely
 - paikalliset refleksit
 - pitkät refleksikaaret
- Hormonaalinen säätely
 - gastriini, kolekystokinini, sekretiini, GIP ym.
- Eritystoiminnan ja liikkeiden säätelyn vaiheet
 - kefaalinen vaihe
 - gastrinen vaihe
 - intestinaalinen vaihe



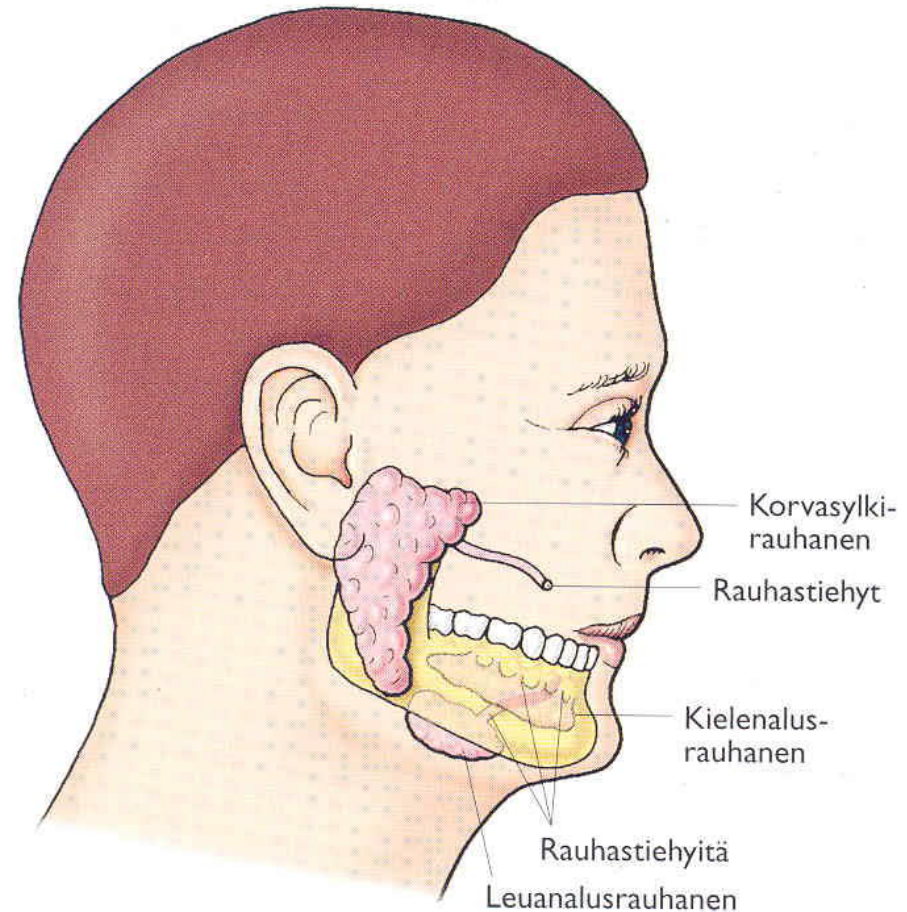
Pitkät ja paikalliset refleksi-kaaret





Suuontelo

- ruoan hienontaminen
- Syljen eritys
 - musiini, amylaasi, lysotsyymi, bikarbonaati
 - sekä symapikus että parasymptatiku stimuloi
 - ruoan liukastaminen
 - hiilihydraattien pilkkomisen aloitus **amylaasi**-entsyymillä
 - entsyymitoiminta bakteerikasvun estämiseksi
- kolme parillista suurta sylkirauhasta
 - korvasylkirauhanen (*glandula parotis*)
 - leuanalussylkirauhanen (*glandula submandibularis*)
 - kielenalussylkirauhanen (*glandula sublingualis*)

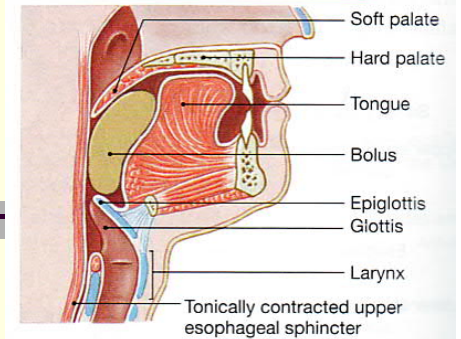


Kuva 10.15 Sylkirauhasten sijainti.

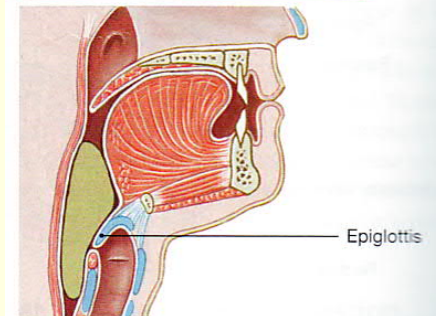
Nieleminen

- Nielemisrefleksin avulla ruoka ohjautuu ruokatorveen; (samalla kurkunkansi sulkee henkitorven)
- Paineherkät aistinsolut käynnistävät nielemisrefleksin.

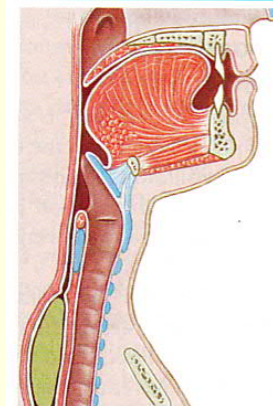
1 Tongue pushes bolus against soft palate and back of mouth, triggering swallowing reflex.



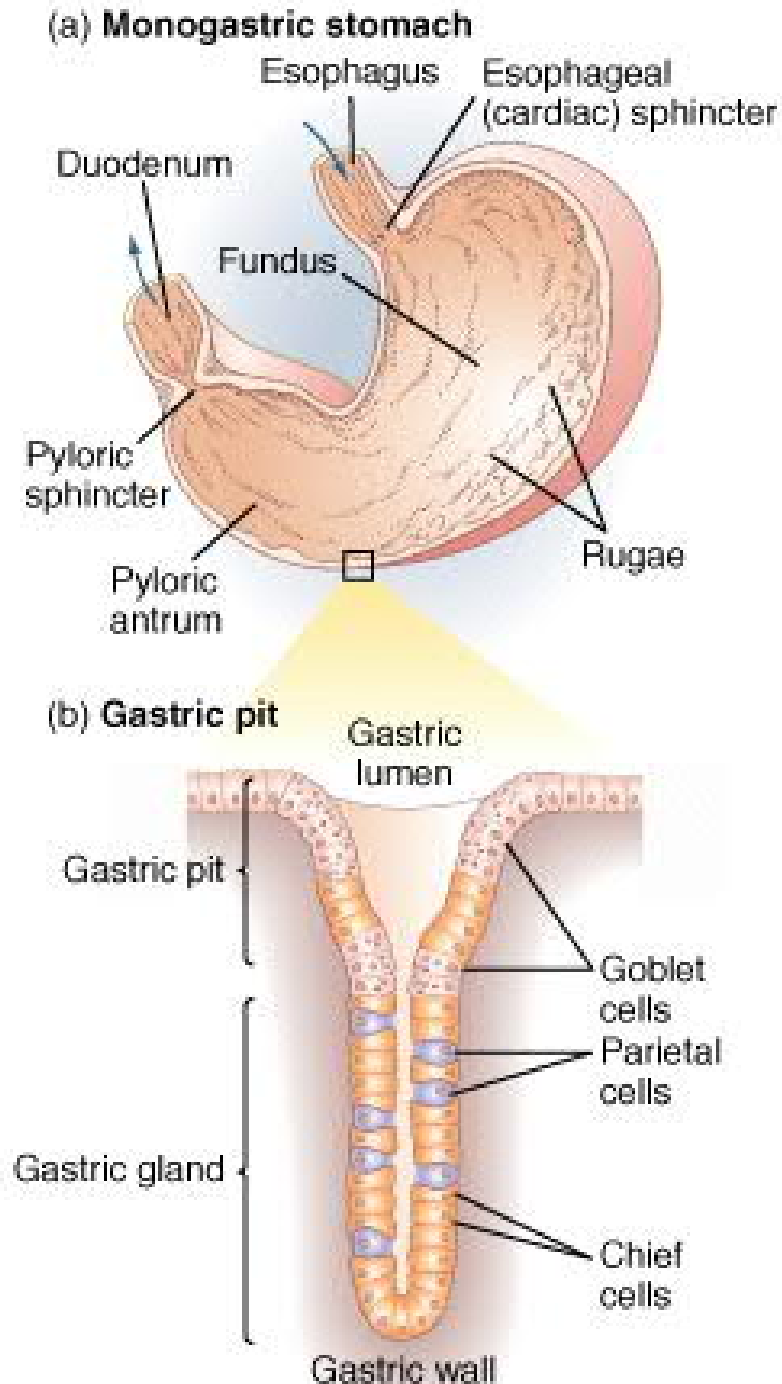
2 Upper esophageal sphincter relaxes while epiglottis closes to keep swallowed material out of the airways:



3 Food moves downward into the esophagus, propelled by peristaltic waves and aided by gravity.



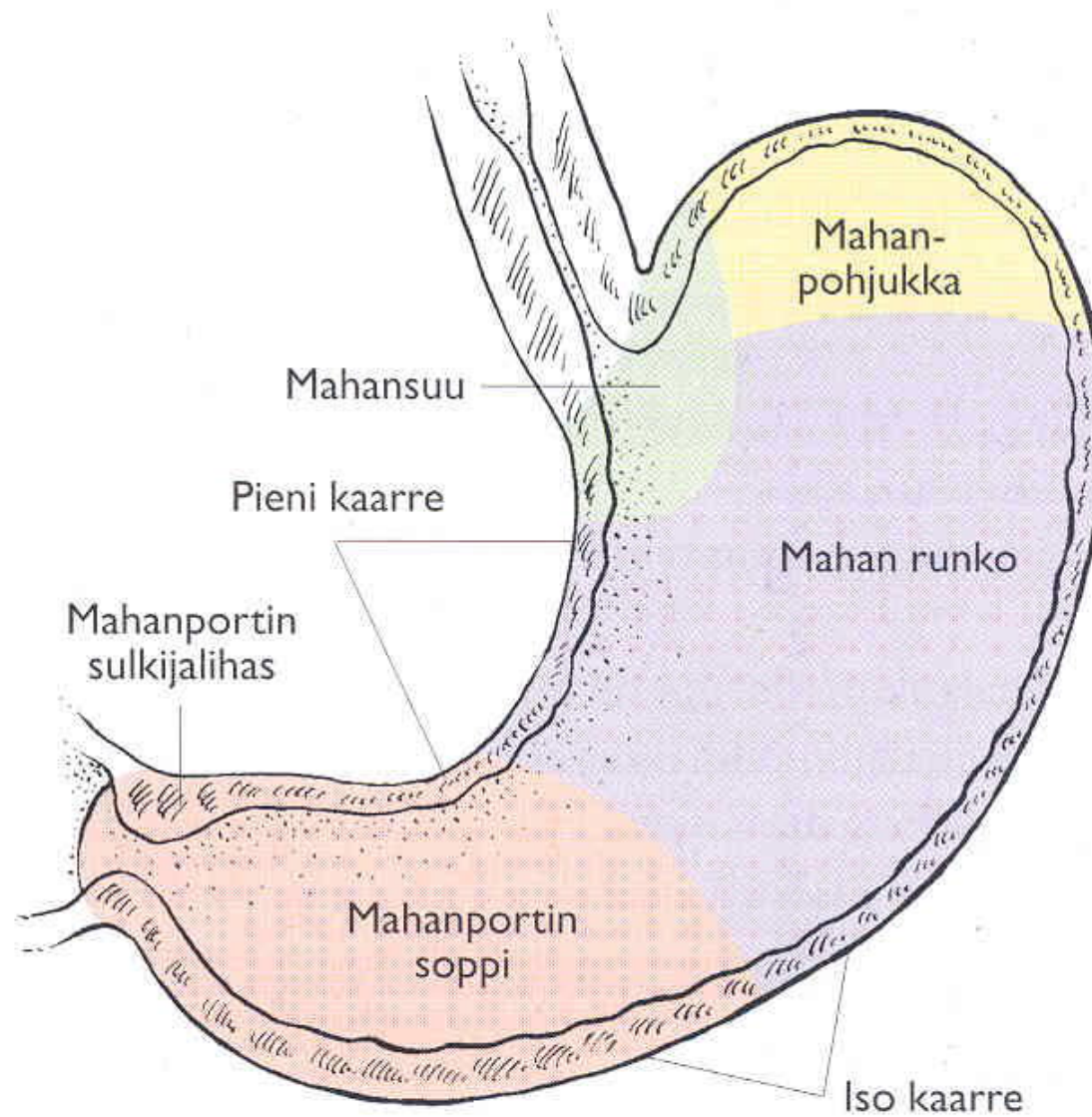
Mahalaukku



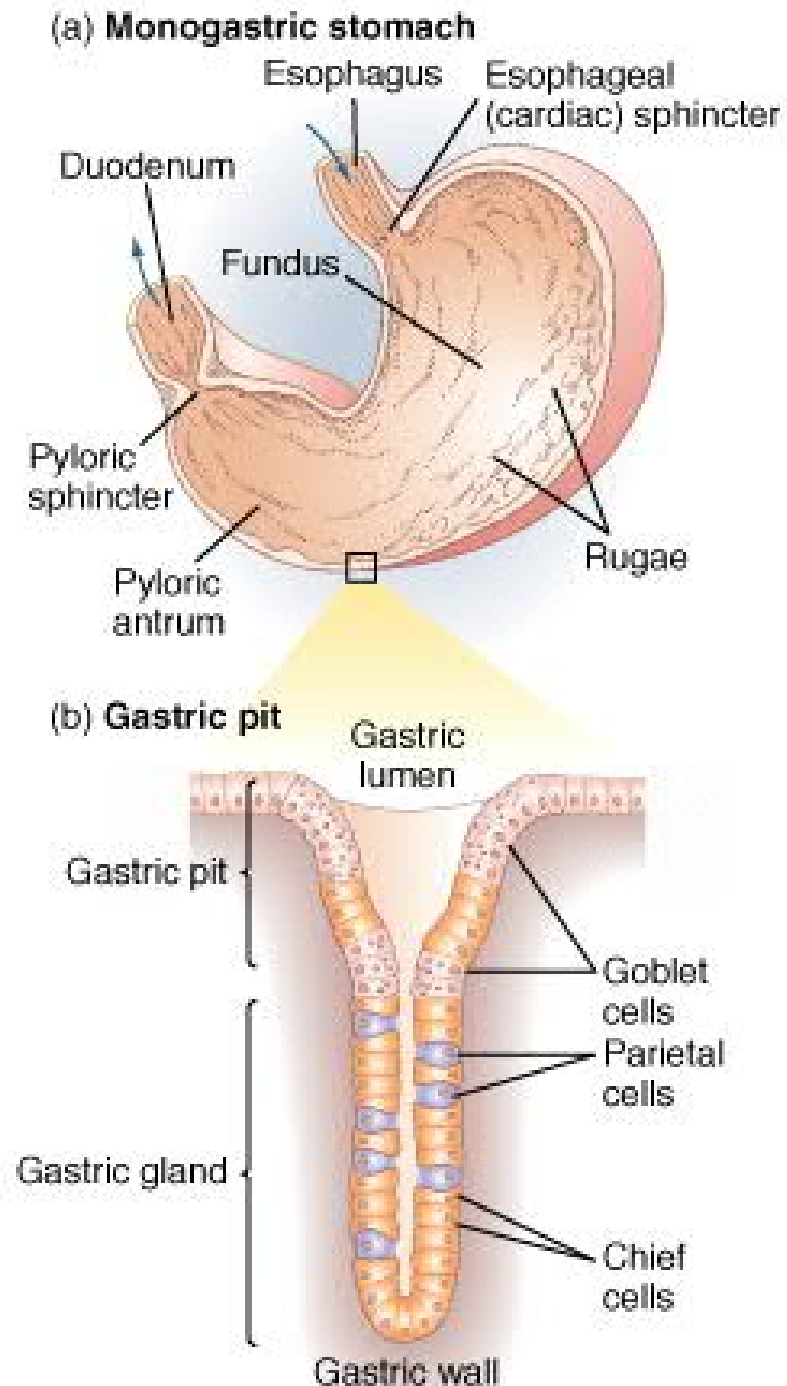
neljä osaa:

- * mahansuu (*cardia*)
 - * mahanpohjukka (*fundus*)
 - * mahan runko (*corpus*)
 - * mahanportin soppi (*antrum*)
 - * mahanportti (*pylorus*)
- mahalaukun epiteelin rauhassolut tuottavat limaa, suolahappoa (HCl), sisäistä tekijää ja pepsinogeenia, jotka yhdessä muodostavat mahanesteen
- lima suojaa mahalaukun seinämää suolahapon syövyttävältä vaikutukselta (jos suojaus pettää → mahahaava)
- pepsinogeeni on ravinnon valkuaisaineita pilkkovan *pepsiinin* esiaste

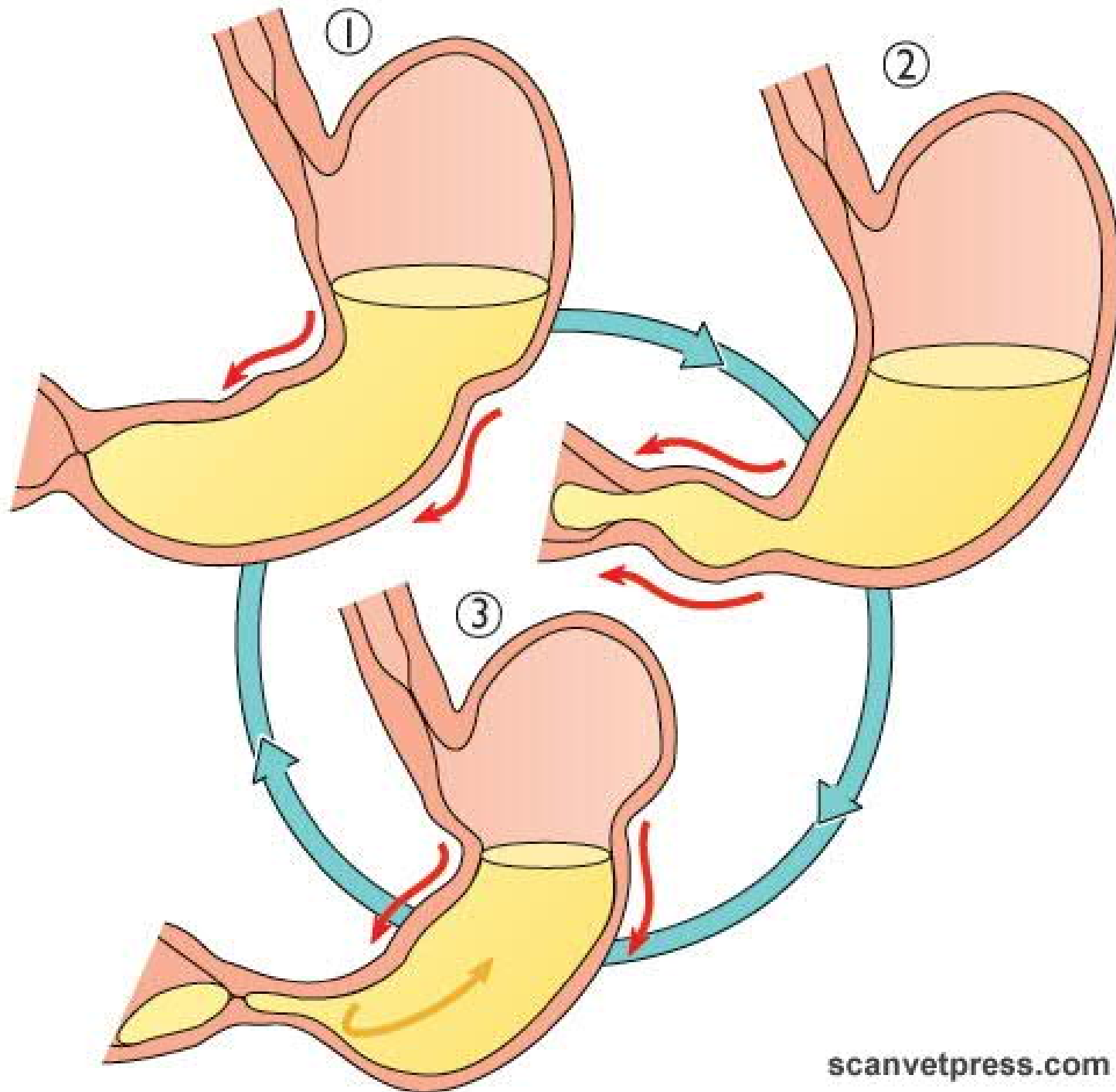
Kuva 10.18 Mahalaukun osat. Huomaa, että mahalaukun ja ohutsuolen välillä on sulkijalihas.



Mahalaukku



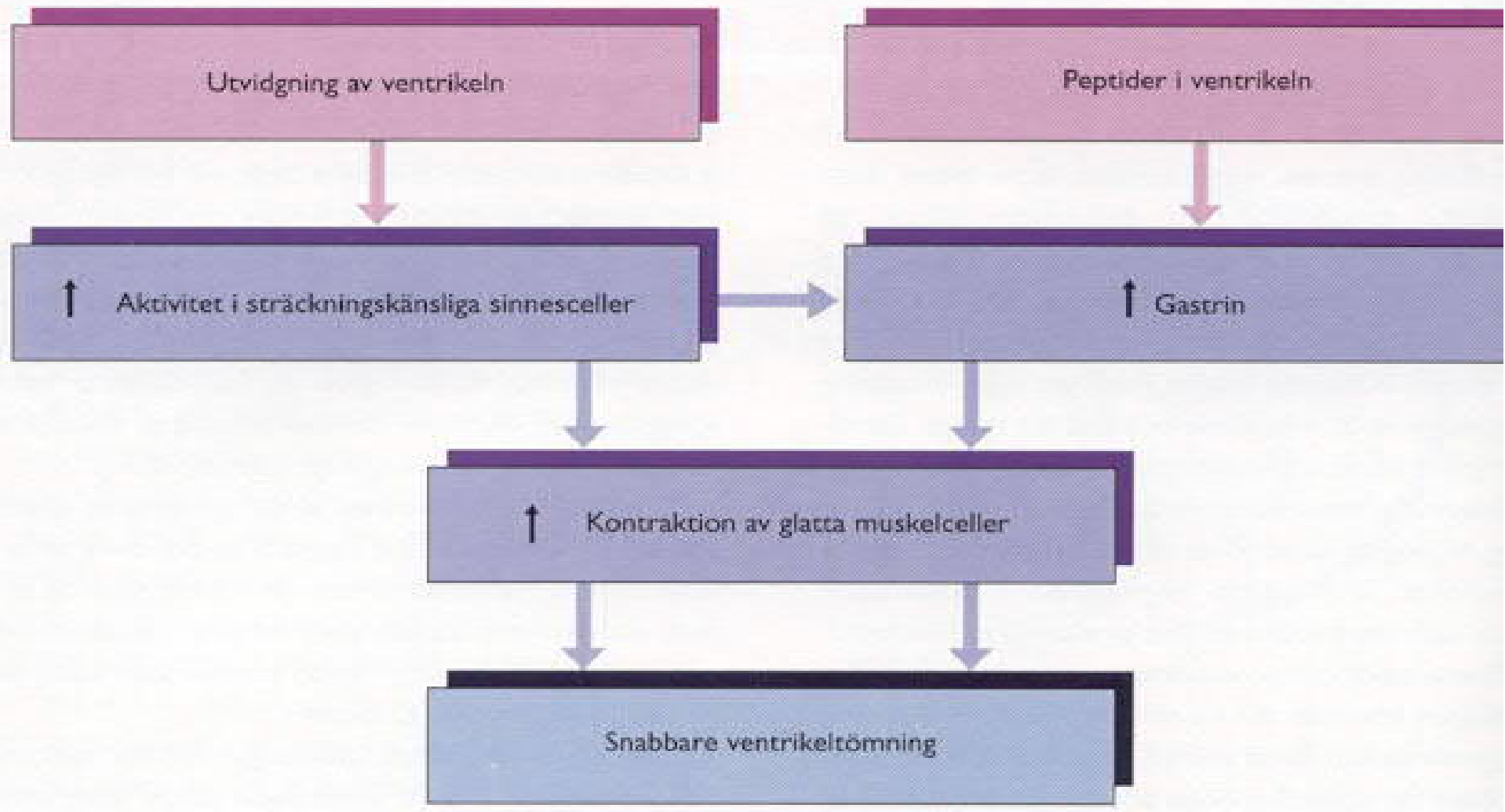
- mahalaukun tehtävät:
 - * toimii ruokavarastona
 - * pepsini hajottaa valkuaisaineita ja syljen mukana tullut amylaasi tärkkelystä kunnes se inaktivoituu HCl vaikutuksesta
 - * taudinaiheuttajien tappaminen (HCl)
 - * ruokasulan muodostus ja sen annostelu ohutsuoleen
- mahan lihaseinämän supistelu sekoittaa ruokaa
 - mahanesteeseen ja työntää ruokasulaa ohutsuoleen



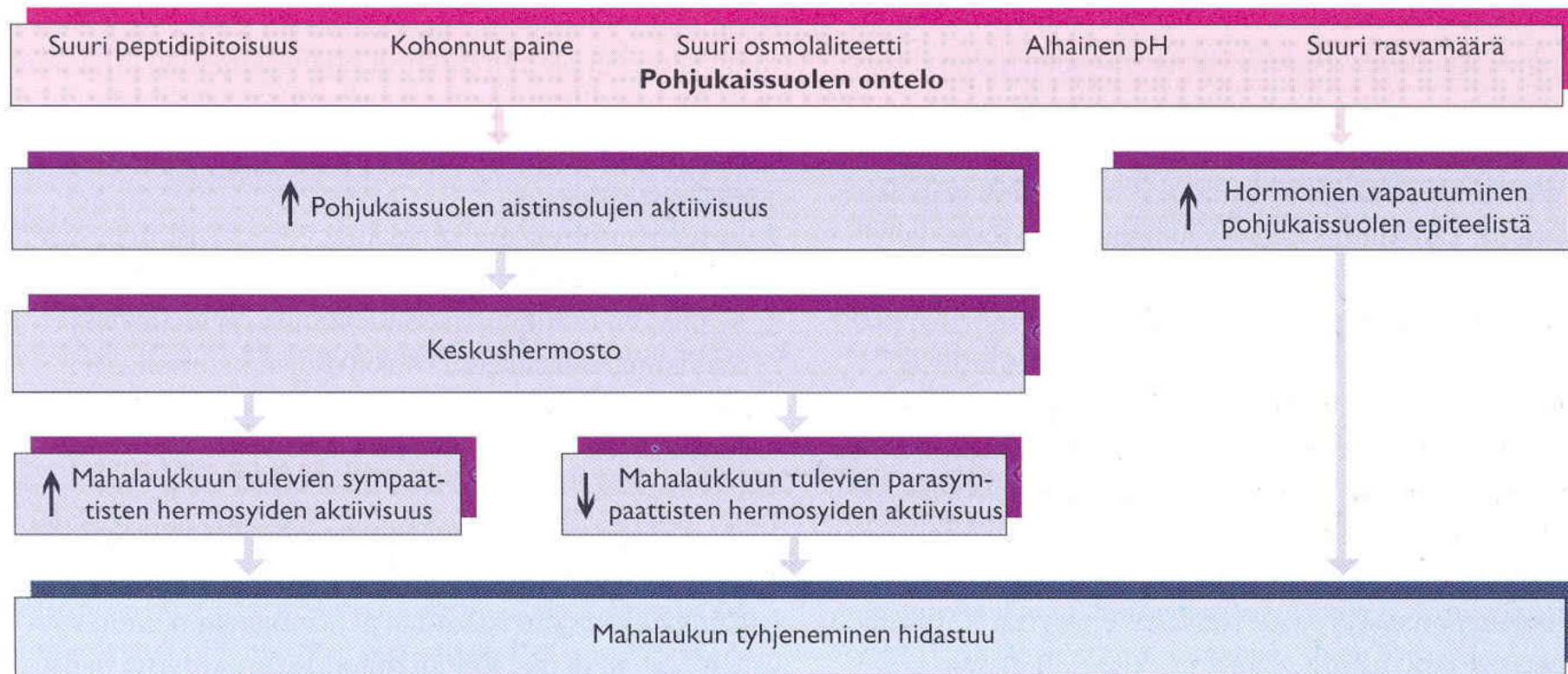
Mahalaukun tyhjenemisen säätely

- Asioita jotka edistävät mahalaukun tyhjenemistä:
 - Mahalaukun venyminen
 - Peptidejä mahalaukussa
 - GASTRIINI
- Asioita jotka vähentävät mahalaukun tyhjenemistä
 - Pohjukaissuolen:
 - Venyminen
 - Korkea rasvapitoisuus
 - Matala pH
 - Korkea peptidipitoisuus
 - Korkea osmolariteetti

Mahalaukun tyhjenemisen säätely, mahalaukku

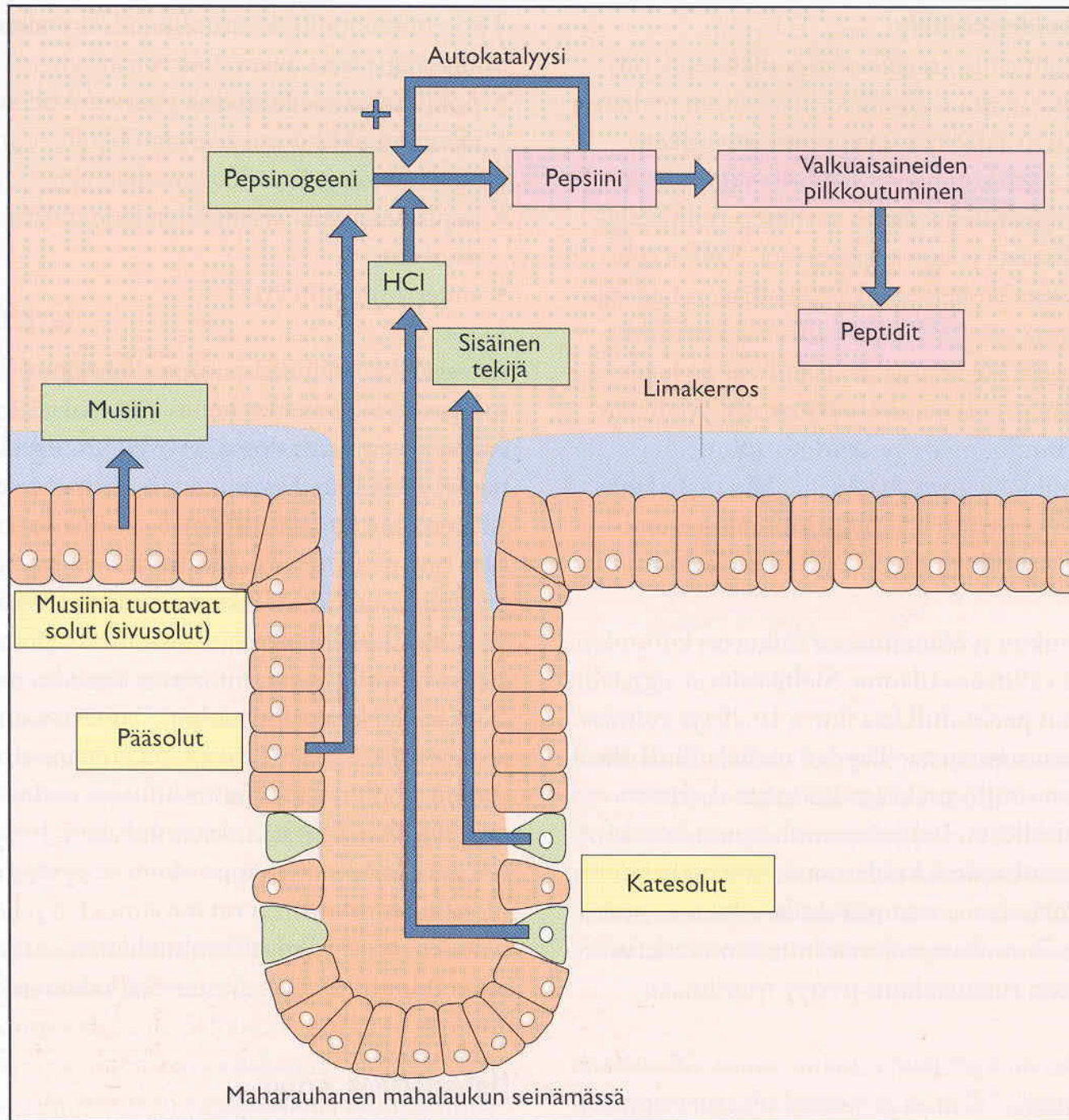


Mahalaukun tyhjenemisen säätely, pohjukaissuoli



Mahanesteen erityys

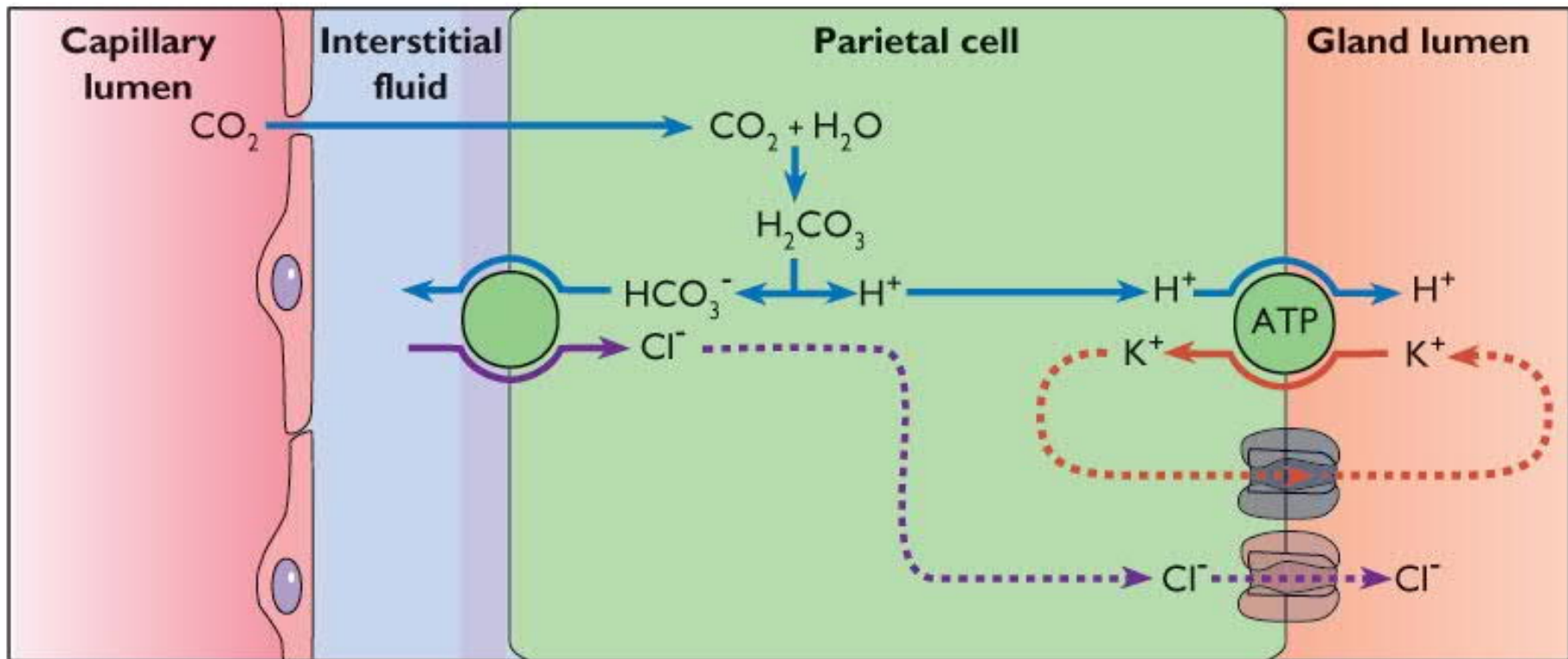
- Aikuinen ihminen erittää n 2l / päivä
- Muodostuu mahalaukun corpus ja fundus osissa
- Maharauhasissa kolmen tyyppin soluja
 - Musiinia tuottavat solut
 - musiini
 - Katesolut
 - Suolahappo, intinsic factor
 - Pääsolut
 - pepsinogeeni



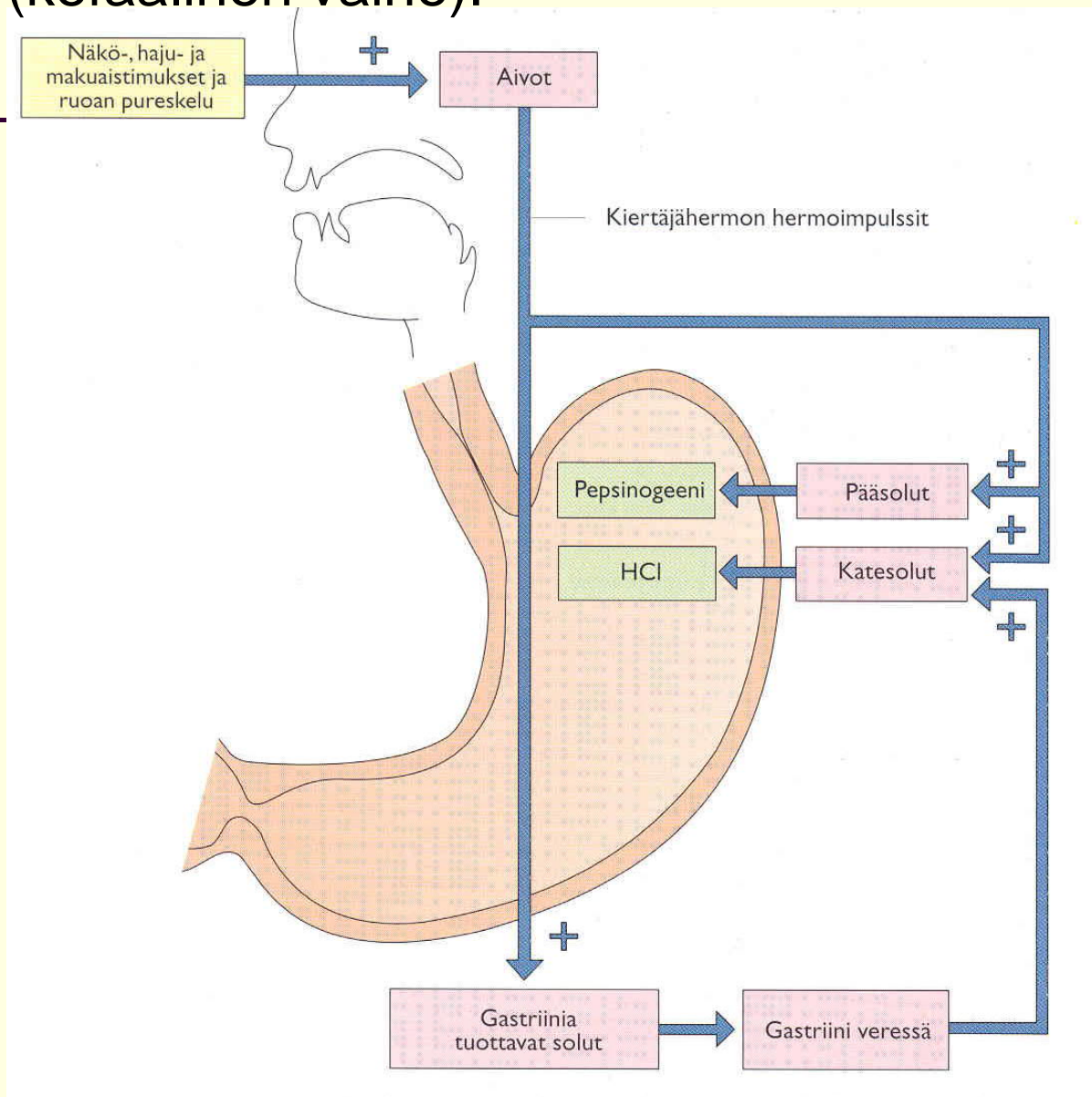
Mahanesteen erityksen paikallinen säätely

Gastric mucosa	Cell Types	Substance Secreted	Stimulus for Release	Function of Secretion
Opening of gastric gland	Mucous neck cell	Mucus	Tonic secretion; with irritation of mucosa	Physical barrier between lumen and epithelium
		Bicarbonate	Secreted with mucus	Buffers gastric acid to prevent damage to epithelium
	Parietal cells	Gastric acid (HCl)	Acetylcholine, gastrin, histamine	Activates pepsin; kills bacteria
		Intrinsic factor		Complexes with vitamin B ₁₂ to permit absorption
	Enterochromaffin-like cell	Histamine	Acetylcholine, gastrin	Stimulates gastric acid secretion
	Chief cells	Pepsin(ogen)	Acetylcholine; acid, secretin	Digests proteins
		Gastric lipase		Digests fats
	D cells	Somatostatin	Acid in the stomach	Inhibits gastric acid secretion
	G cells	Gastrin	Acetylcholine, peptides and amino acids	Stimulates gastric acid secretion

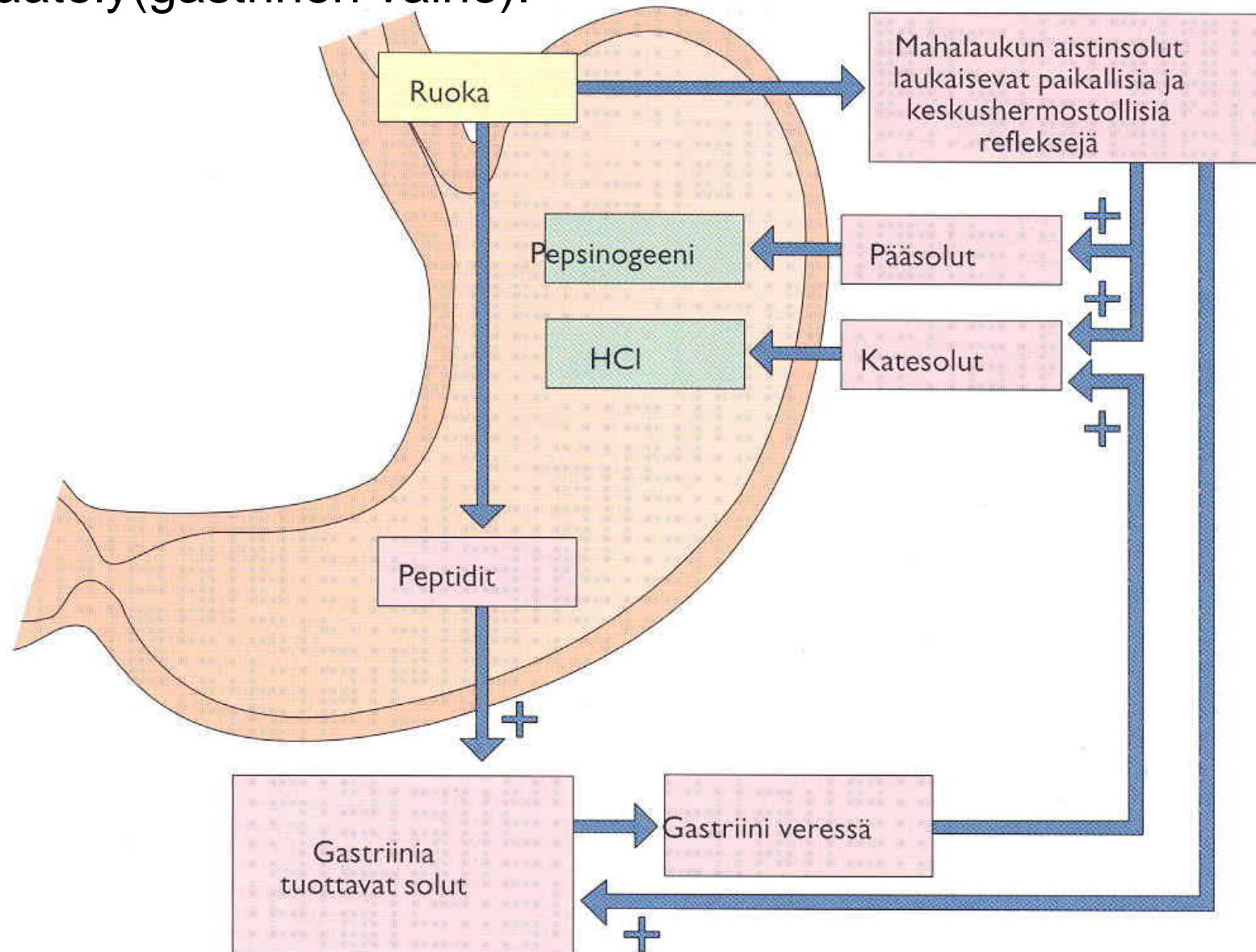
Suolahapon muodostumisen mekanismit

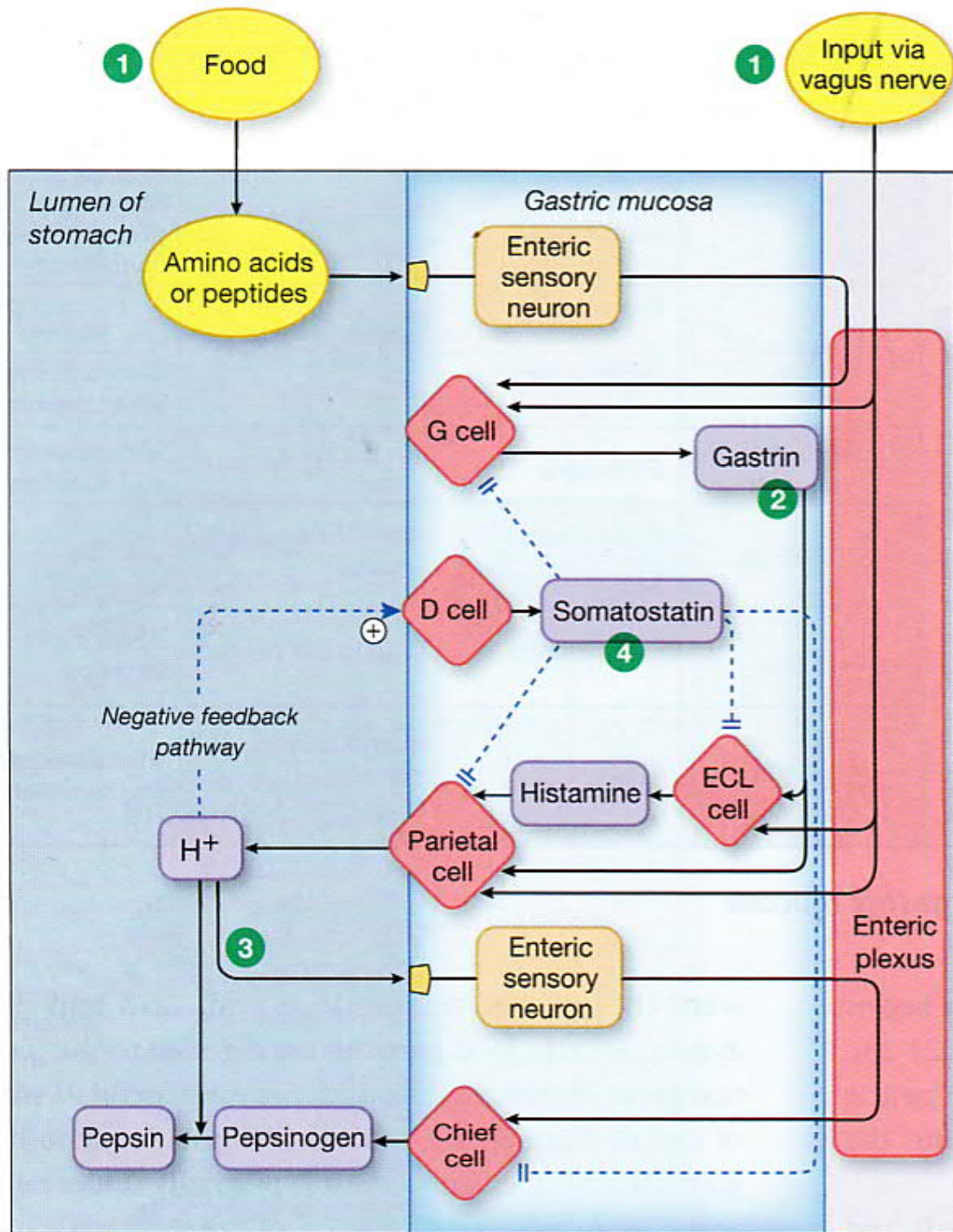


Mahanesteen erityksen ja mahalaukun liikkuvuuden säätely (kefaalinen vaihe):



Mahanesteen erityksen ja mahalaukun liikkuvuuden säätely(gastrinen vaihe):





- 1 Food or cephalic reflexes initiate gastric secretion.
- 2 Gastrin stimulates acid secretion by direct action on parietal cells or indirectly through histamine.
- 3 Acid stimulates short reflex secretion of pepsinogen.
- 4 Somatostatin release by H⁺ is the negative feedback signal that modulates acid and pepsin release.

FIGURE QUESTIONS

- Is the autonomic vagal sympathetic or parasympathetic?
- What are the neurotransmitter and receptor for this input?

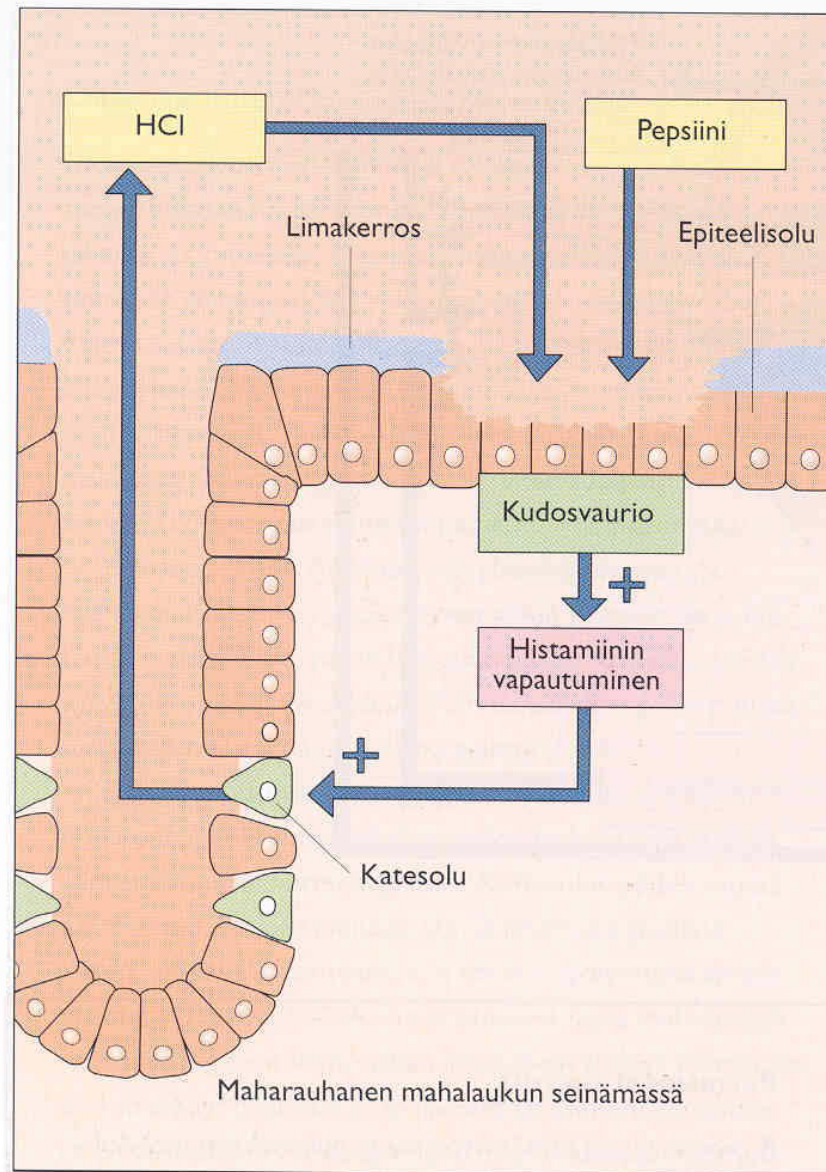
Maha- ja pohjukaissuolihaava

- mahalaukun limakalvoesteen suojausmekanismit suolahapon ja pepsiinin syövyttävää vaikutusta vastaan:

- * epiteelisolujen tuottama suojaava lima
- * epiteelisolujen solukalvo ei läpäise normaalisti juuri lainkaan vetyioneja
- * epiteelisolujen väliset tiiviit liitokset estävät vetyioneja kulkemasta solujen välistä

- toisinaan suojaus pettää esim. helico-bakteeri-infektion seurauksena, jolloin mahalaukun tai ohutsuolen alkuosan pohjukaissuolen seinämään syöpyy haavauma

- myös alkoholi ja asetyylisalisyylihappo heikentävät limakalvoesteen tehoa



Kuva 10.24 Mahahaavan kehittyminen. Histamiinia vapautuu vaurioituneista epiteelisoluista. Vapautunut histamiini stimuloi rauhas-soluja, jotka alkavat tuottaa enemmän suolahappoa ja pepsinogeenia. Tämä pahentaa soluvauriota edelleen.

**Tupakointi
Ravinto
Perintötekijät
Stressi**

**Tulehduskipu-
lääkkeet**

**Helicobacter
Pylori**



**Mahahappo
Pepsiini**



**Heikentyneet limakalvon
suojamekanismit**



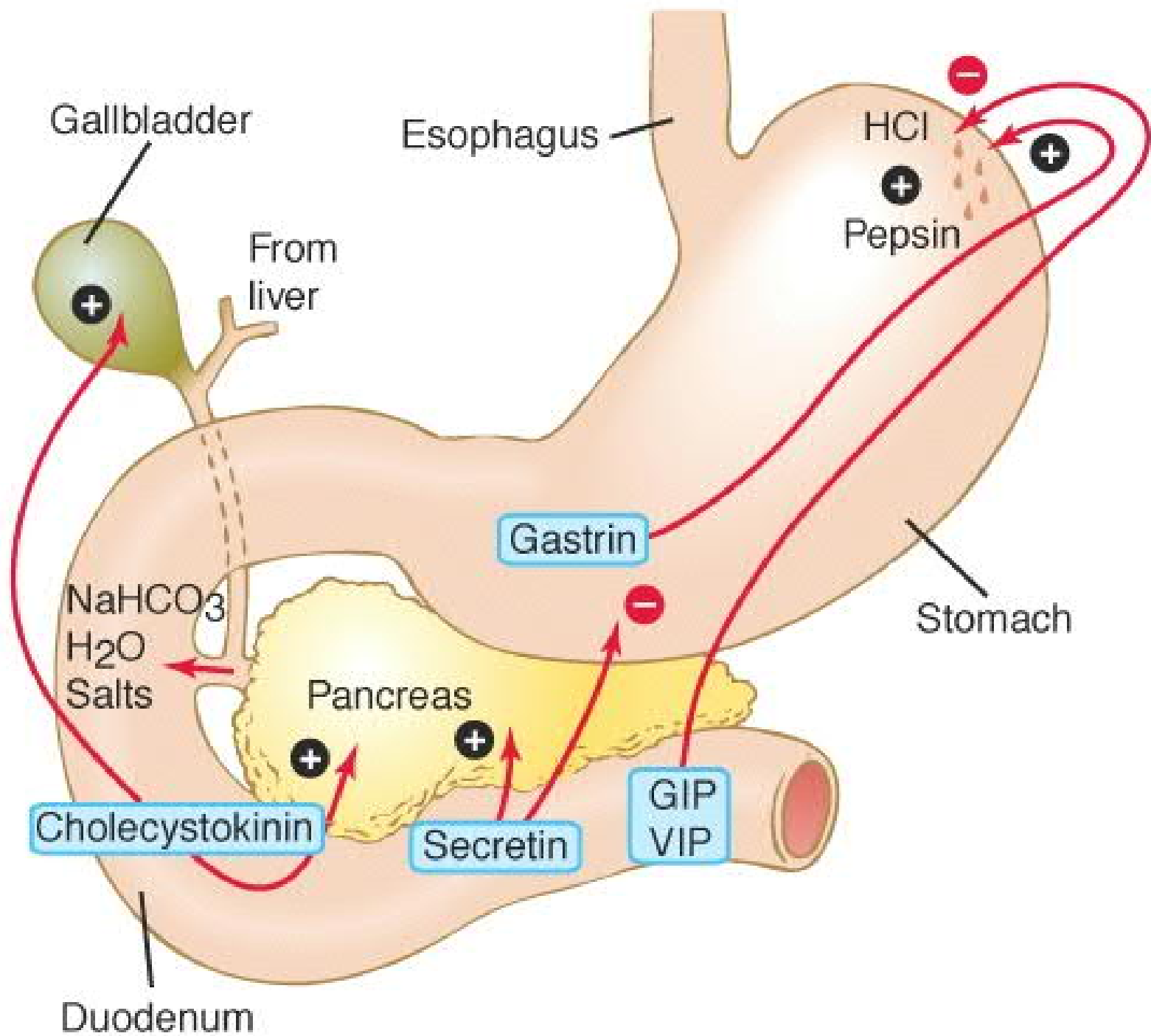
Ulkus

Ulkuslääkkeet

- Lääkehoidolla pyritään pienentämään vaurioita
 - nostamalla mahanesteen pH:ta
 - estämällä pepsiinin proteolyttinen vaikutus pintaa peittävän suojakalvon avulla
 - lisäämällä limakalvon omaa suojakapasiteettia peptistä digestiota vastaan

Lääkehoito

- **1 Mahahapon eritystä vähentävät lääkeaineet**
 - protonipumpun estäjät
 - histamiini H₂-reseptorin salpaajat
 - Prostaglandiiniainalogit
- **2 Mahahappoa neutraloivat lääkeaineet**
 - Antasidit
- **3 Limakalvon suoja-aineet**
 - sukralfaatti, vismuttisuolat



Mahanesteen erityksen ja mahalaukun liikkuvuuden säätely (intestinaalinen vaihe)

- pohjukaissuolen signaalit vaikuttavat estävästi mahalaukun toimintaan -> mahalaukun liikkeiden- ja mahanesteen erityksen pieneneminen
 - sekretiini, GIP
- Mutta edistävät
 - haiman toimintaa -> sekretiini, CCK
 - sapen tuottoa -> sekretiini, ja eritystä -> CCK
 - ohutsuolen verenkiertoa -> VIP

TABLE 21-1
The Digestive Hormones

	STIMULUS FOR RELEASE	PRIMARY TARGET(S)	PRIMARY EFFECT(S)	OTHER INFORMATION
STOMACH				
Gastrin	Peptides and amino acids; neural reflexes	ECL cells and parietal cells	Stimulates gastric acid secretion and mucosal growth.	Somatostatin inhibits release.
INTESTINE				
Cholecystokinin (CCK)	Fatty acids and some amino acids	Gallbladder, pancreas, stomach	Stimulates gallbladder contraction and pancreatic enzyme secretion. Inhibits gastric emptying and acid secretion.	Promotes satiety. Some effects may be due to CCK as a neurotransmitter.
Secretin	Acid in small intestine	Pancreas, stomach	Stimulates bicarbonate secretion. Inhibits gastric emptying and acid secretion.	
Motilin	Fasting: periodic release every 1.5–2 hours	Gastric and intestinal smooth muscle	Stimulates migrating motor complex.	Inhibited by eating a meal.
Gastric inhibitory peptide (GIP)	Glucose, fatty acids, and amino acids in small intestine	Beta cells of pancreas	Stimulates insulin release (feedforward mechanism). Inhibits gastric emptying and acid secretion.	
Glucagon-like peptide 1 (GLP-1)	Mixed meal that includes carbohydrates or fats in the lumen	Endocrine pancreas	Stimulates insulin release. Inhibits glucagon release and gastric function.	Promotes satiety.

The Intestinal Phase

- Chyme in the small intestine inhibits gastric motility and secretion

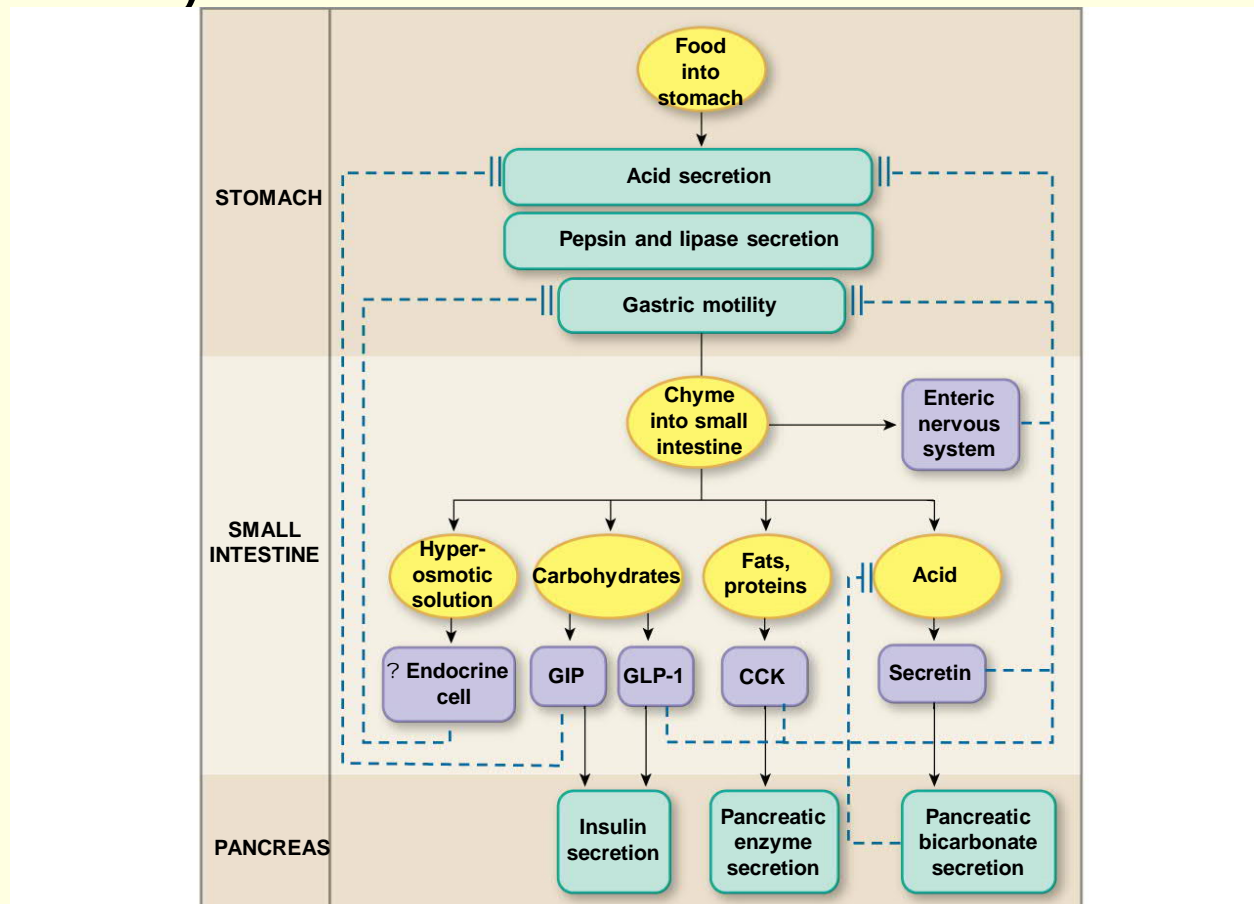


Figure 21-28

Haima (*Pancreas*)

- Endokriininen osa (insuliini, glukagoni, somatostatiini)
- Exokriininen osa
 - proentsyymejä
 - Aktivoituvat ohutsuolessa
 - HCO_3^-
 - Neutraloi suolahapon syövyttävää ominaisuutta
 - Optimaalinen pH entsyymien toiminnan kannalta
 - Tuottaa noin 1.5l / vuorokausi
- haimatiehyellä ja sapenjohtimella on yhteinen laskukohta pohjukaissuoleen, joten joskus sappikivi voi tukkia myös haimanesteen reitin suoleen

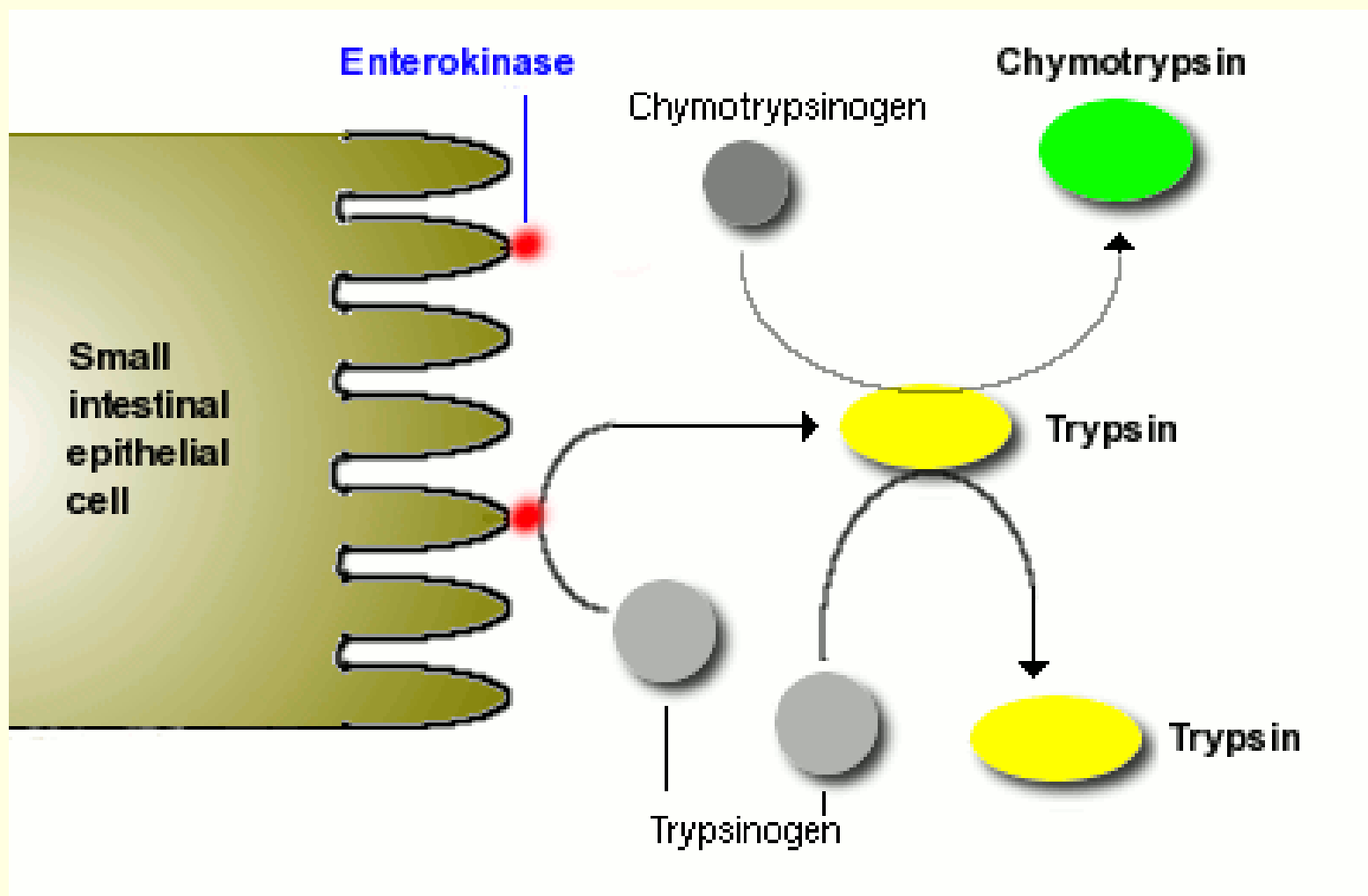
Haiman ulkoerityksen säätely

- N. vagus ja gastriini (kefalinen ja gastrinen vaihe)
- Intestinaalinen vaihe tärkein, pohjukaissuolen sisältö ohjaa:
 - Suolahappo -> sekretiini -> HCO₃- erityys
 - Rasva, peptidit -> kolekystokiniini -> entsyymit

Haima

- haimanesteessä on runsaasti bikarbonaattia HCO_3^- , joka:
 - * neutraloi mahalaukusta pohjukaissuoleen tulevaa suolahappoa (HCl) suojaten suolen limakalvoa hapon syövyttävältä vaikutukselta
 - * muuttaa pH-tason ihanteelliseksi haiman ruoansulatusentsyymien toiminnan kannalta
- haimanesteen ruoansulatusentsyymit:
 - * *lipaasi* hajottaa rasvat glyseroliksi ja rasvahapoiksi
 - * *amylaasi* pilkkoo tärkkelyksen maltoosiksi
 - * *proteinaasit* hajottaa valkuaisaineita peptideiksi ja aminohapoiksi.
 - Erittävät proenzymeinä ja aktivoituvat enterokinaasin vaikutuksesta

Trypsiini ja kymotrypsiini



Maksa

- sijaitsee pallean alla oikealla puolella, painaa 1,5 kg
- jakautuu oikeaan ja vasempaan päälohkoon
- maksan alapinnalla on maksanportti, jonka kautta kulkevat sappitiehyet sekä maksaan menevät verisuonet ja hermot
- maksaan tulee valtimoverta maksavaltimosta (a. hepatica) sekä laskimoverta porttilaskimon (v. portae) kautta mahalaukusta ja suolistosta
- sekä valtimo- että laskimoveri kulkeutuvat maksasolujen välisiin onteloihin, hiussuonipoukamisiin eli sinusoideihin, jotka vastaavat muiden elimien hiussuonia

Maksa

- sinusoidien seinämien aukkojen kautta maksasolut ovat suoraan kosketuksessa vereen → suuret molekyylit, kuten ravintoaineet ja plasman valkuaisaineet voivat siirtyä suoraan maksasoluista vereen ja päinvastoin
- sinusoidien seinämissä on makrofageja, joita nimitetään Kupfferin soluiksi
- sinusoideista veri virtaa pieniin keskuslaskimoihin, joista edelleen maksalaskimoihin
- maksasolut tuottavat **sappea** pieniin maksasolurivistöjen väleissä oleviin **sappitiehyisiin**, joista sappi joutuu edelleen yhä suurempiin tiehyisiin ja lopuksi **sapenjohtimen ductus choledochus**) kautta pohjukaissuoleen
- sapenjohtimesta erkanee haara myös **sappirakkoon** (*vesica fellea, vesica biliaris*), joka on maksan alapinnalla oleva pieni lihasseinämäinen sappea varastoiva pussi

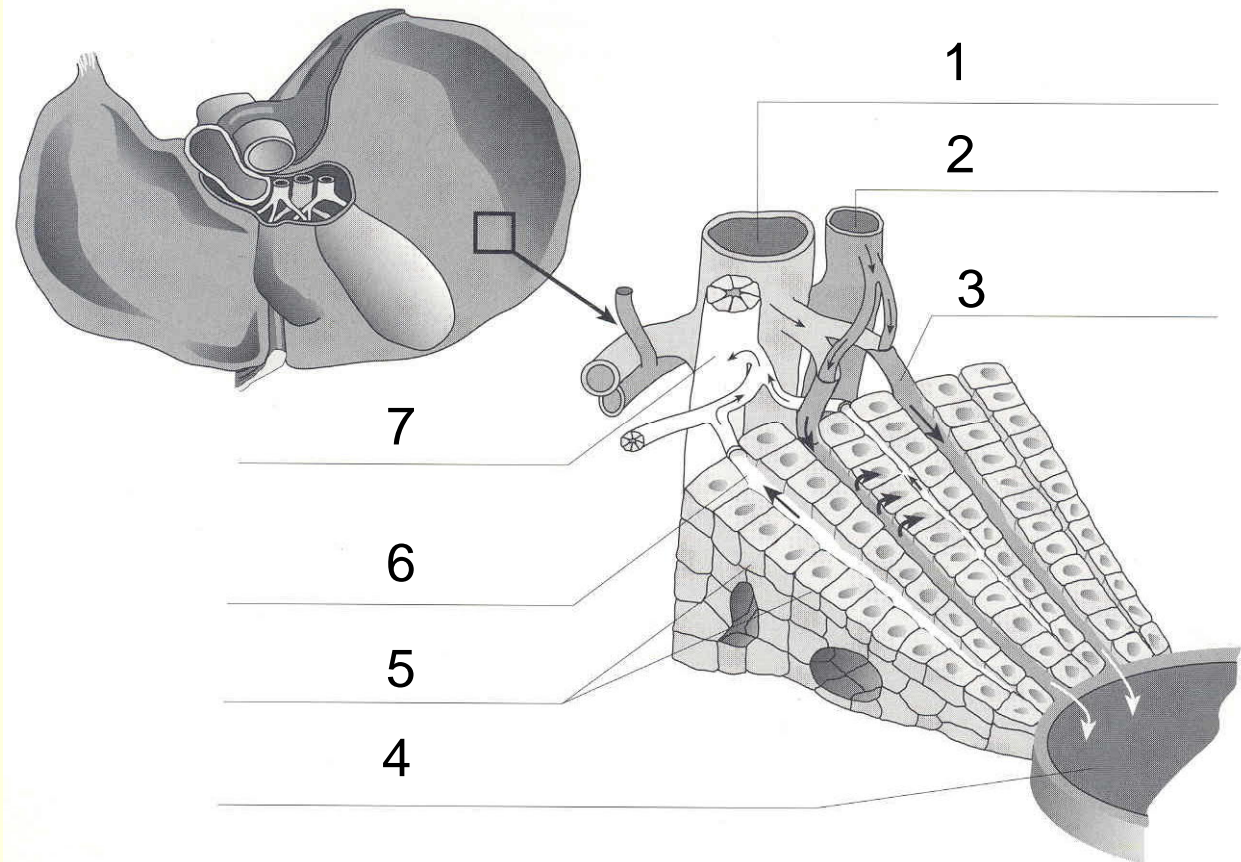
Maksan toiminnot

- sapsen erityis ravinnon rasvojen pilkkomiseksi ja imeyttämiseksi sekä kuona-aineiden poistamiseksi
- ruuansulatuskanavasta imeytyneiden ravintoaineiden käsittely; esim. glukoosin varastointi ja vapautus verenkiertoon siten, että vältytään veren glukoosiarvon suurilta heilahduksilta
- monien aineiden kemiallinen muuntaminen; esim. hormonien inaktivointi ja joidenkin myrkkyjen detoksikaatio (= myrkkyjen muuttaminen myrkyttömiksi tai niiden elimistöstä poistumisen helpottaminen)
- elimistön omien ja vieraiden aineiden erityis sappeen (esim. bilirubiini)
- sappiväriaineiden (= kuona-aineita) erityis
- hyytymistekijöiden tuotto
- plasman valkuaisaineiden tuotto
- kolesterolin tuotto

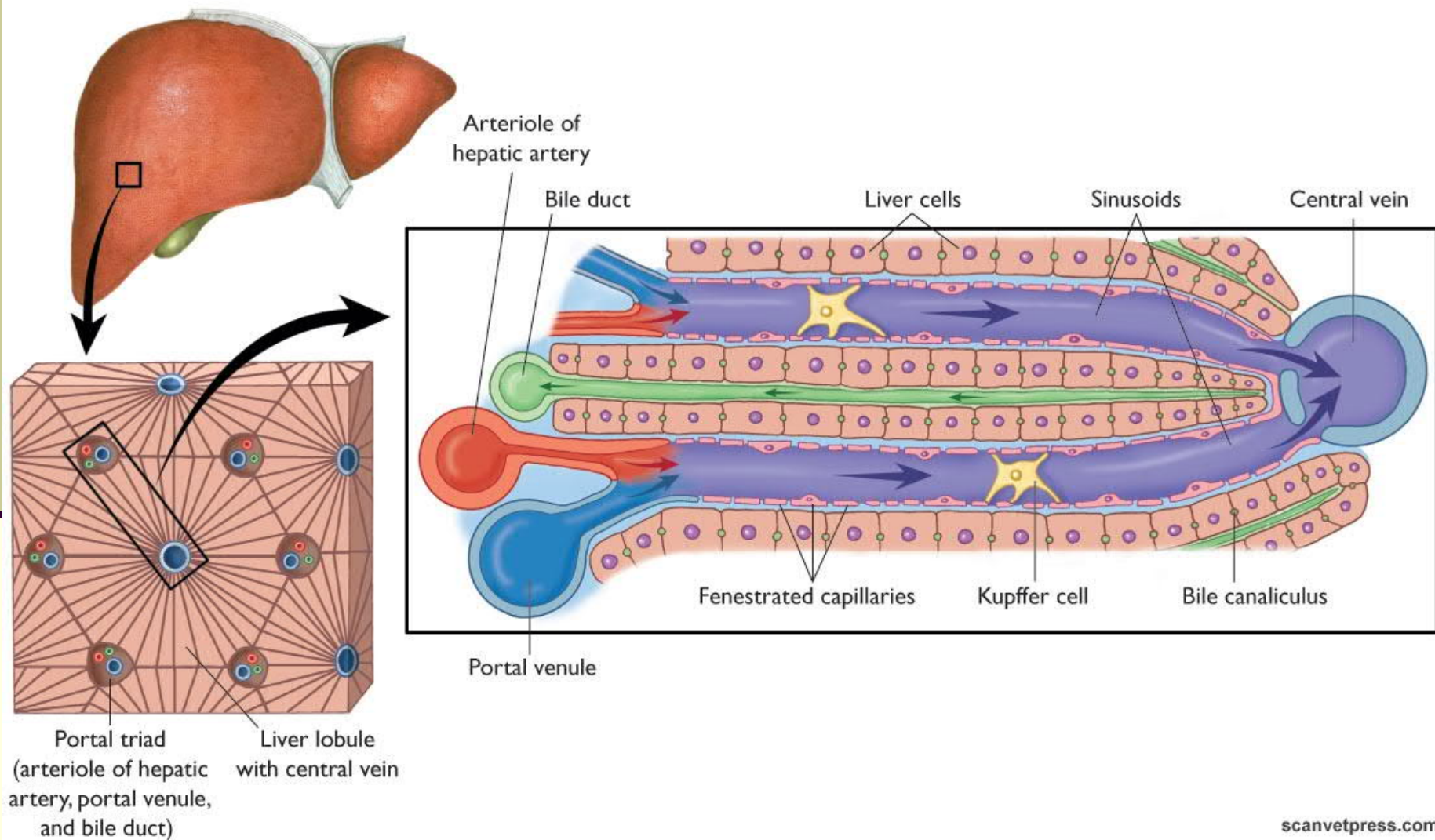
Maksa

Maksaliuska:

1. Porttilaskimo
2. Maksavaltimo
3. Sinusoidi
4. Keskuslaskimo
5. Maksasolut
6. Pieni sappitiehyt = sappihiussuoni
7. Sappitiehyt



Maksaliuska



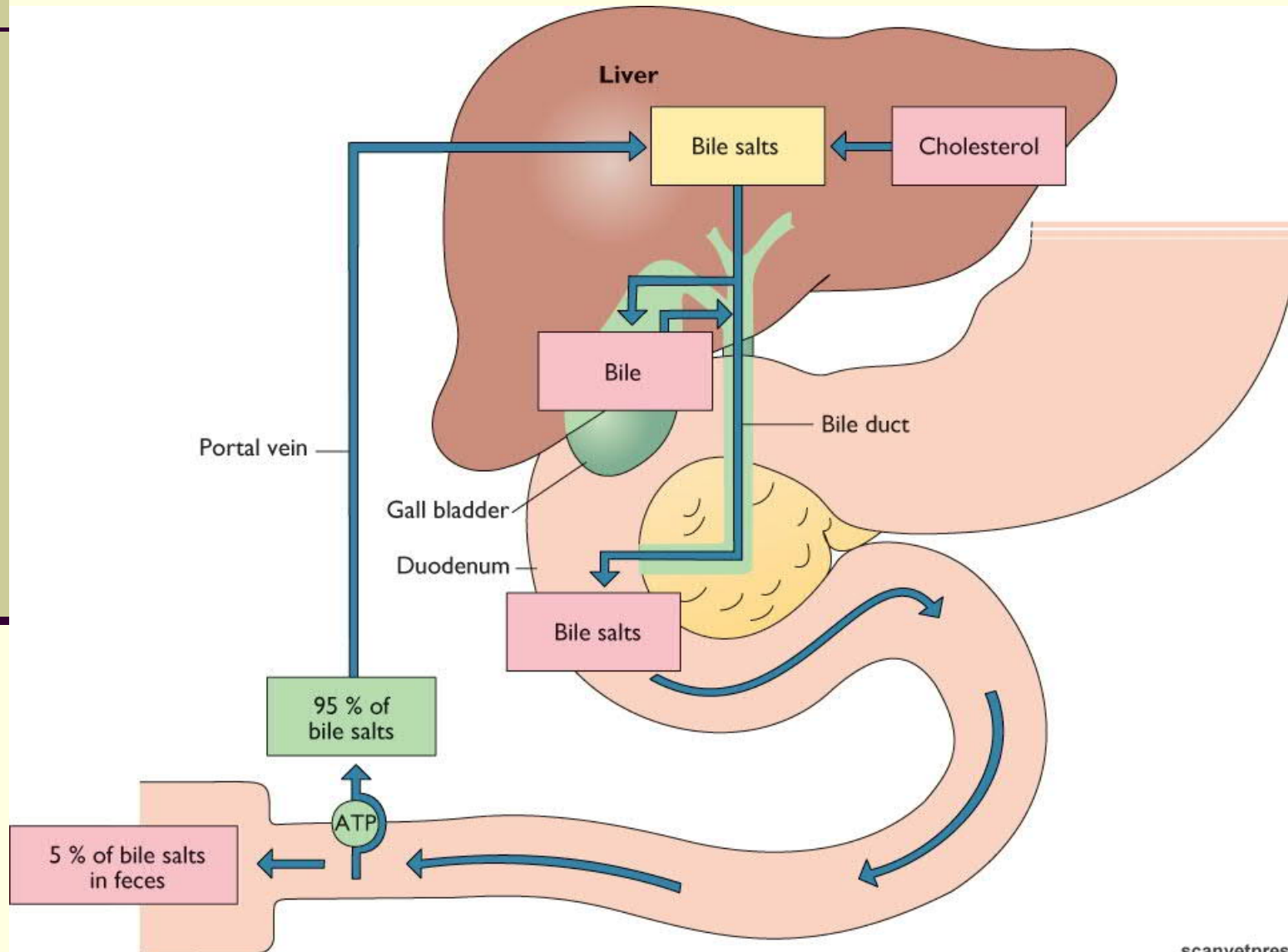
Sapen muodostus

- Muodostetaan maksassa, varastoidaan sappirakossa
 - Sisältää sappihappoja (muodostuvat kolesterolista) sitoutuvat aminohappoihin -> sappisuolat, HCO_3^- , bilirubiini ym.
 - Sekretiini edistää HCO_3^- muodostusta
 - Kolekystokiniini saa sappirakon tyhjenemään

Sappinesteen toiminta

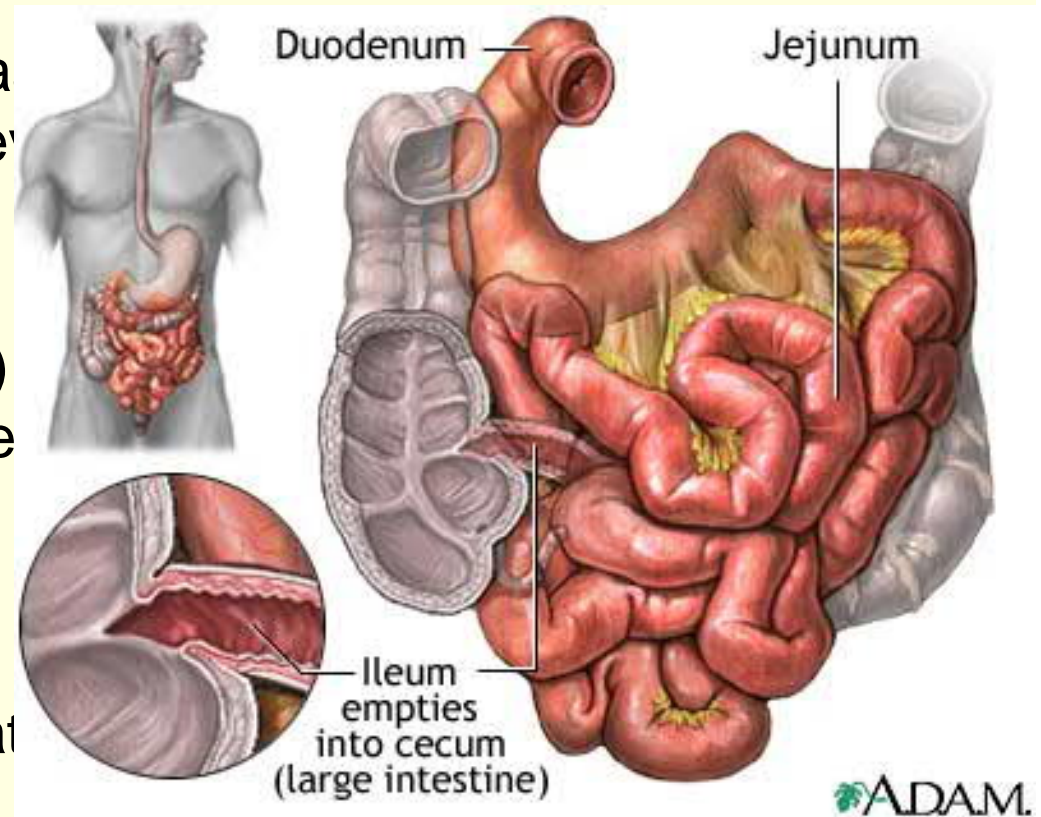
- Auttaa happaman vatsansisällön neutralisoinnissa
- Osallistuu rasvojen pilkkomiseen ja imeytymiseen.
- Kuljettaa ulos aineita joita on varastoitunut maksaan (bilirubiini ym.)

Sappisuolojen kierto

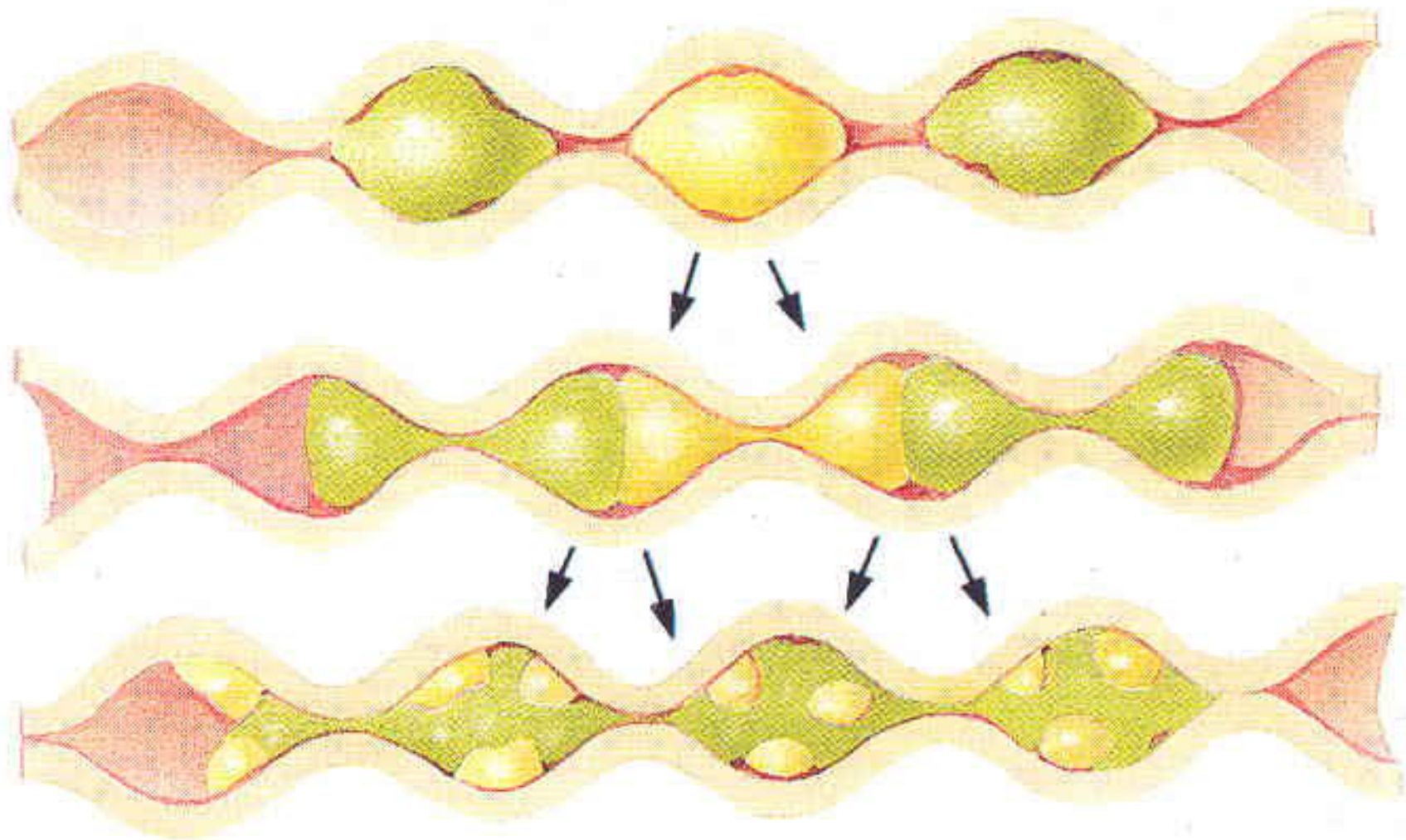


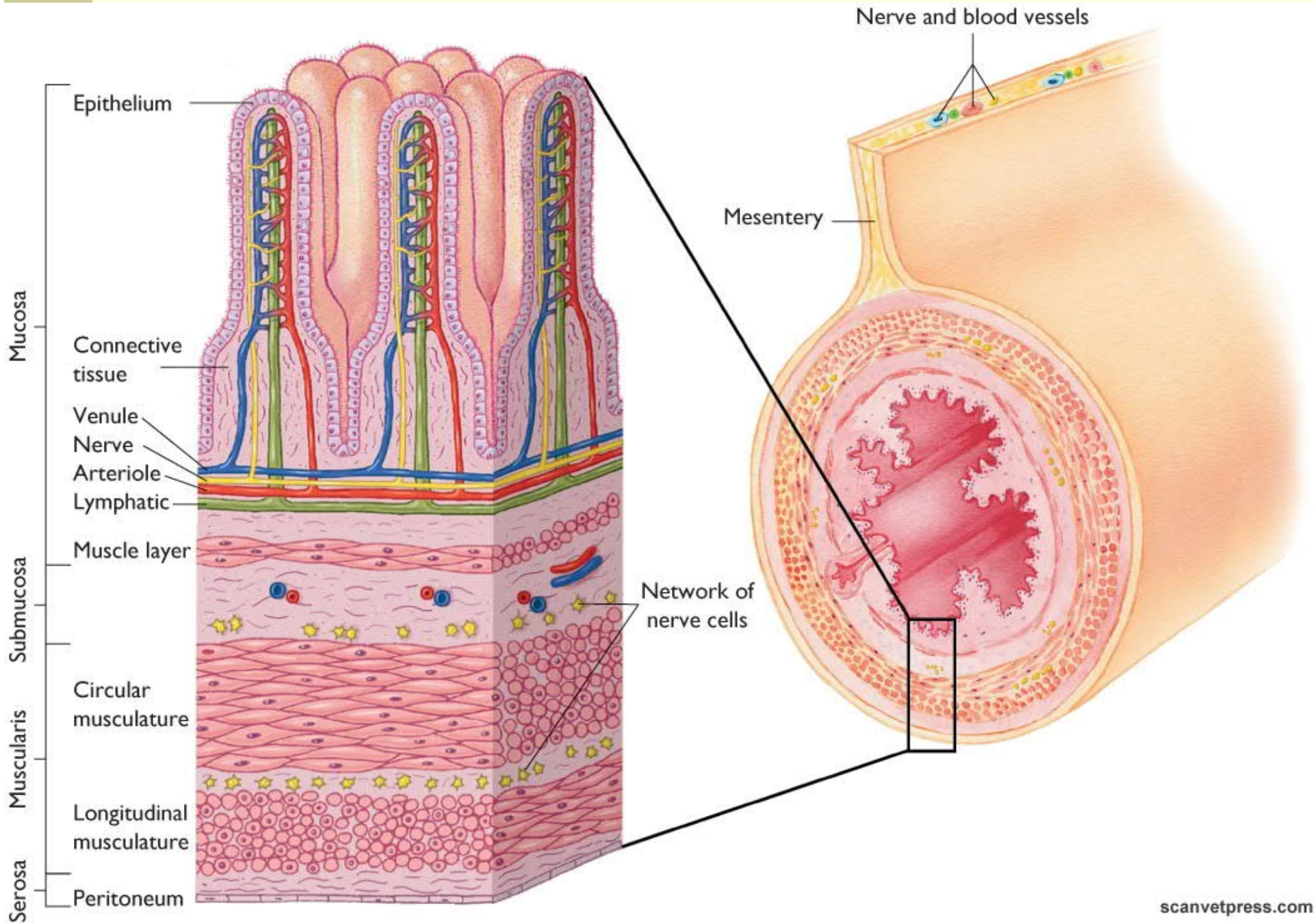
Ohutsuoli

- Pohjukaissuoli (duodenum) – tuottaa limaa, tänne tyhjenevät myös haiman ja maksan eritteet.
- Tyhjäsuoli (jejunum) aineiden imeytymiseen
- Ileum – aineiden imeytyminen (erityisesti B12 vitamiini, sappisuola)



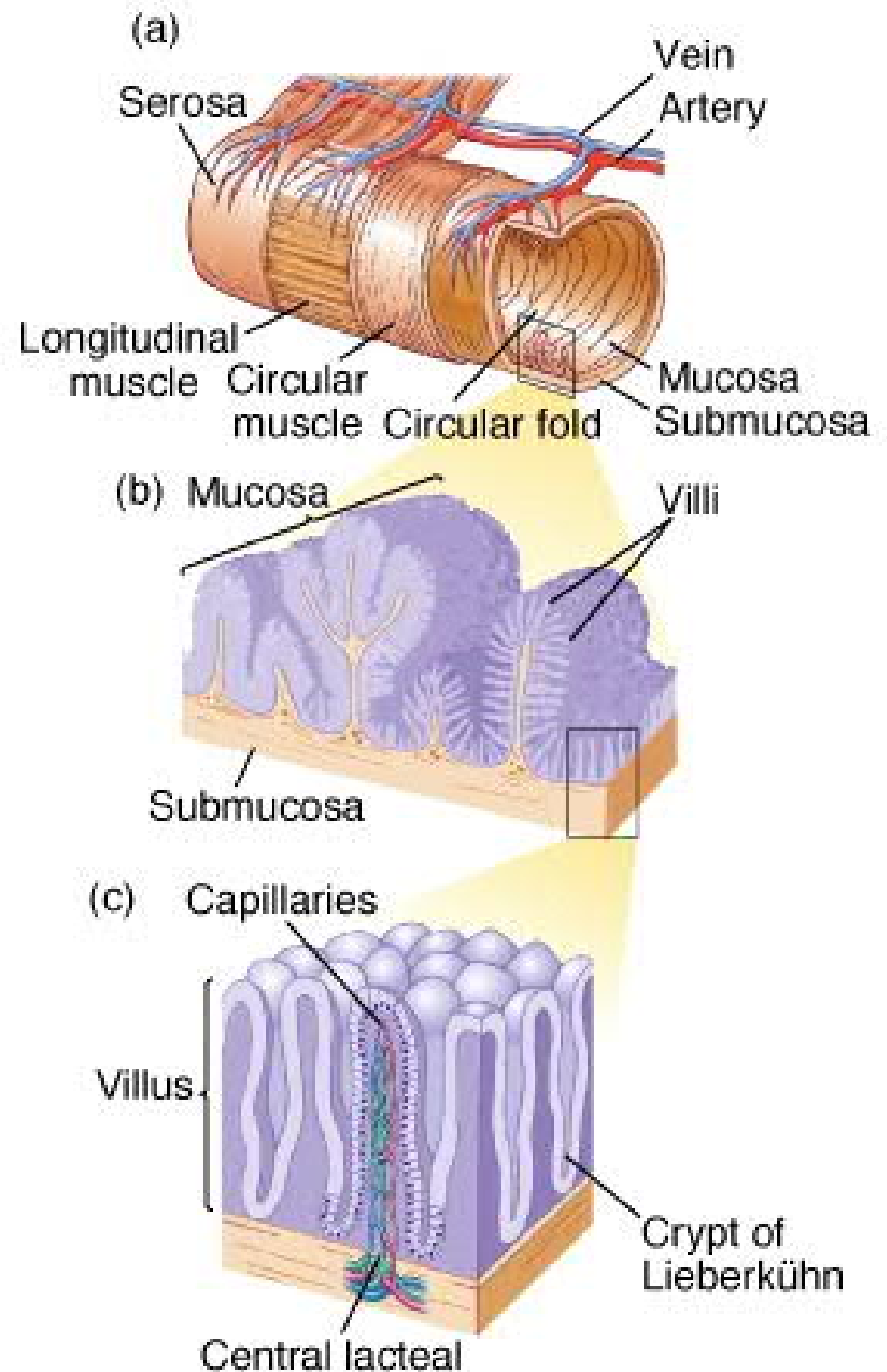
Kuva 10.30 Ohutsuolen sekoitusliikkeet. Rytmiset segmentaatioliikkeet sekoittavat suolensisällön perusteellisesti.

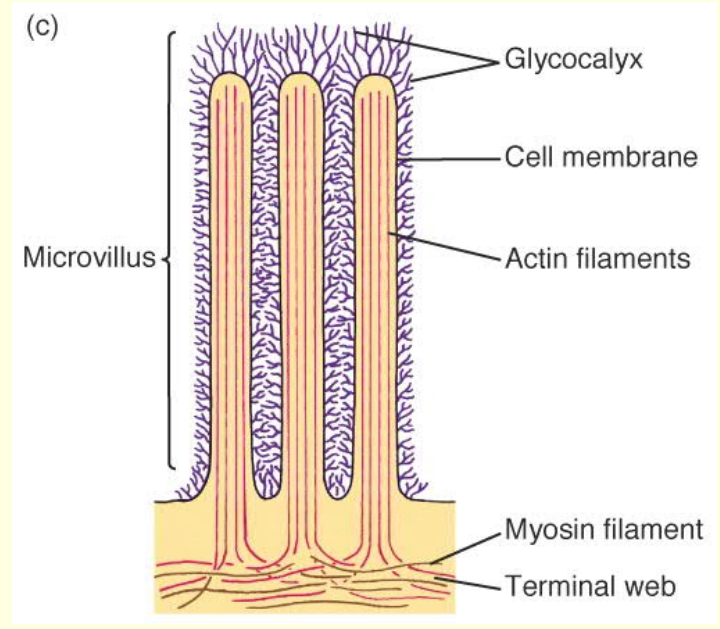
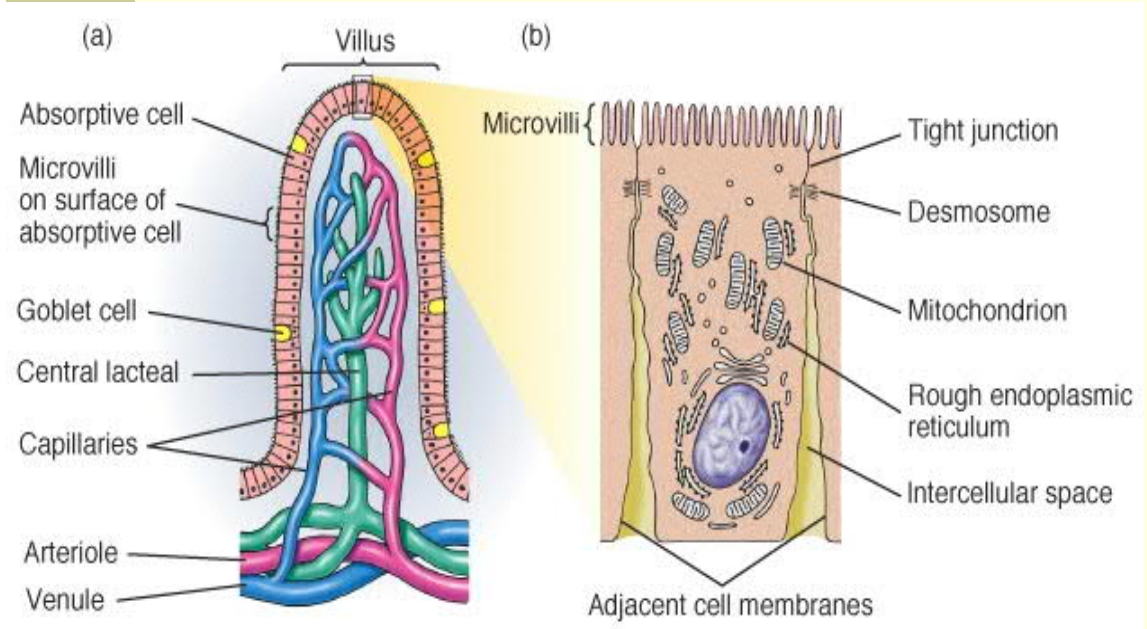
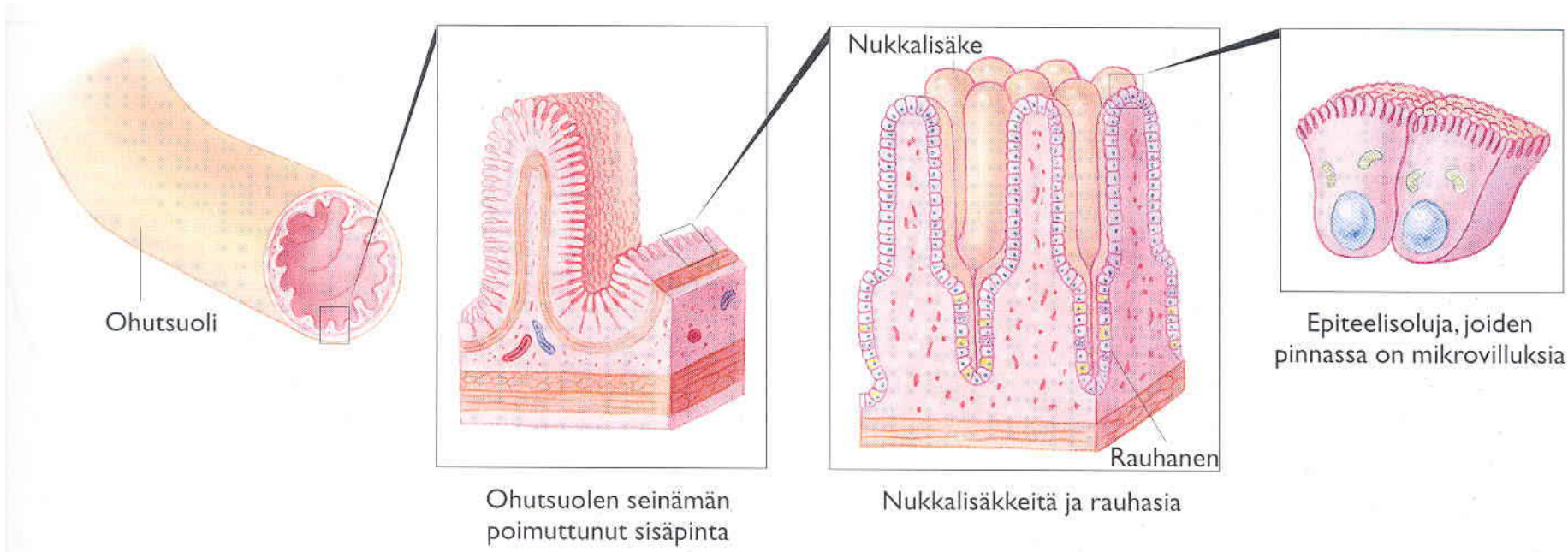




Ohutsuoli

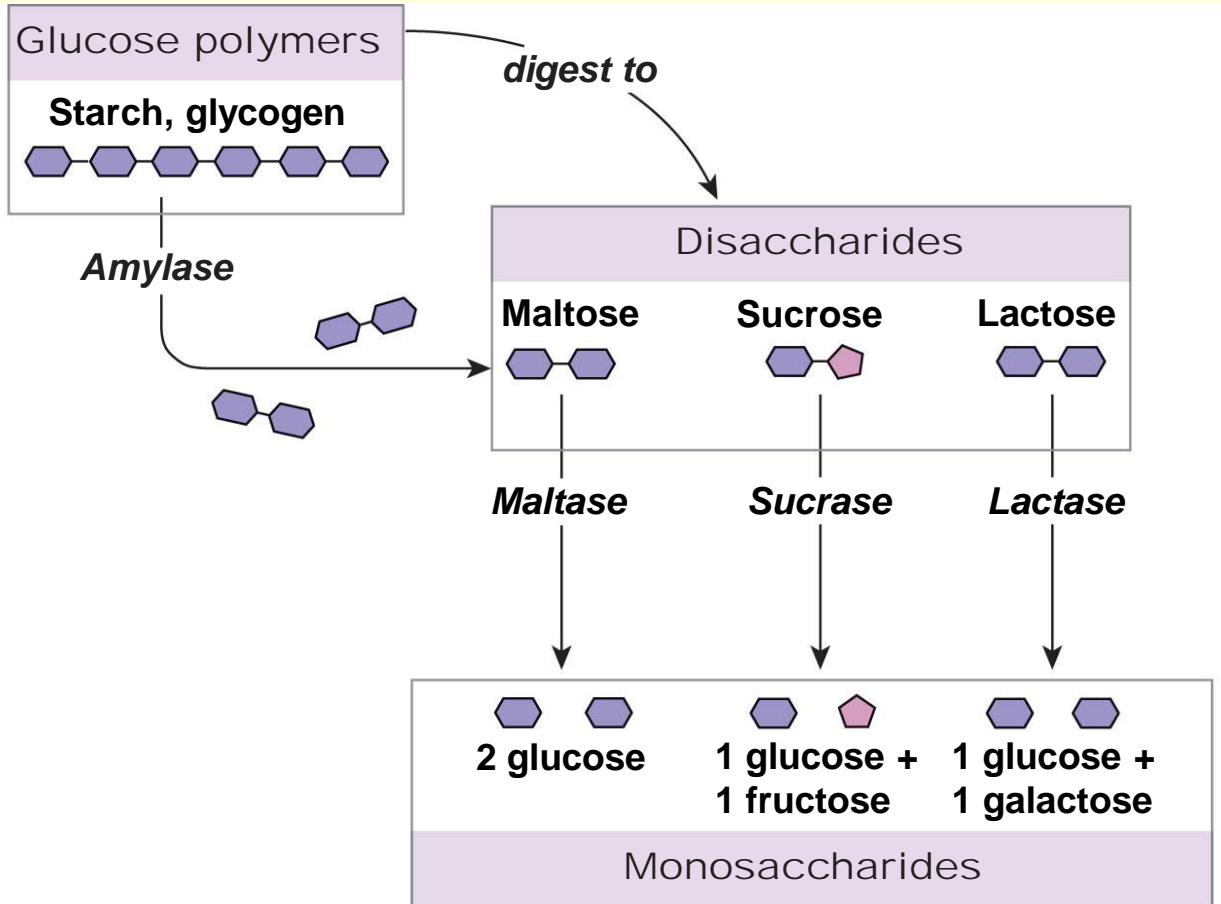
- Siirtää ravintoa eteenpäin (peristaltiikka)
- Paikalliset heijasteet
- Ravintoaineiden imeytyminen
- Erittää ruuansulatukseen tarvittavia entsyymejä (esim. enterokinaasi)
- Tyhjenee paksusuoleen (sulkijalihas)
- Ohutsuolessa erittyy nestettä succus entericus joka sisältää monia entsyymejä (sukraasi, maltaasi, isomaltaasi, lipaasi, laktaasi)





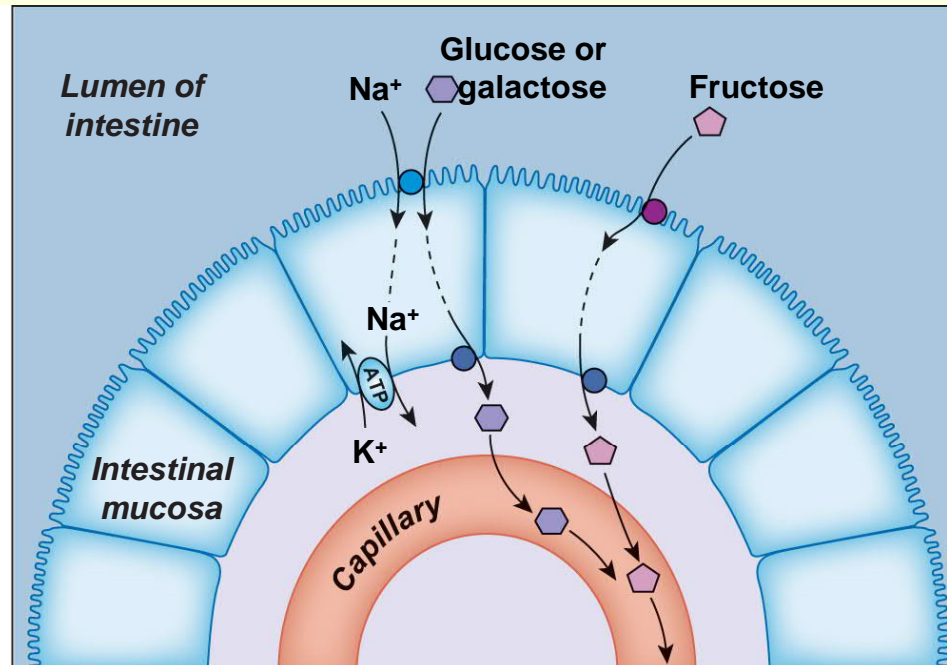
Hiilihydraattien pilkkominen ja imeytyminen I

- Hiilihydraatit imeytyvät lopuksi monosakkaridi muodossa
- syljen ja haimaeritteen amylaasi pilkkoo disakkarideiksi
- Ohutsuolen entsyymit (succus entericus) pilkkovat monosakkarideiksi
 - Esimerkiksi tärkkelys pilkkoutuu disakkarideiksi (maltoosi). Suoliepiteelin pinnalla maltoosi pilkkoutuu kahdeksi glukoosi molekyyliseksi (maltaasin avulla).



Hiilihydraattien pilkkominen ja imeytyminen II

- Pilkkominen alkaa suussa (amylaasi) ja inaktivoituu taas mahalaukussa.
- Haiman amylaasi jatkaa pilkkomista disakkarideiksi ohutsuolessa.
- Mikroviillusten entsyymit pilkkovat edelleen monosakkarideiksi (sukraasi, isomaltaasi, laktaasi ym.).
- Imeytyminen tapahtuu sekundaarisesti aktiivisen kuljetuksen avulla.
- GIP (Glucose-dependent Insulinotropic Peptide) lisää insuliinieritystä ja stimuloi lipoproteiinilipaasin toimintaa (adiposyytit)

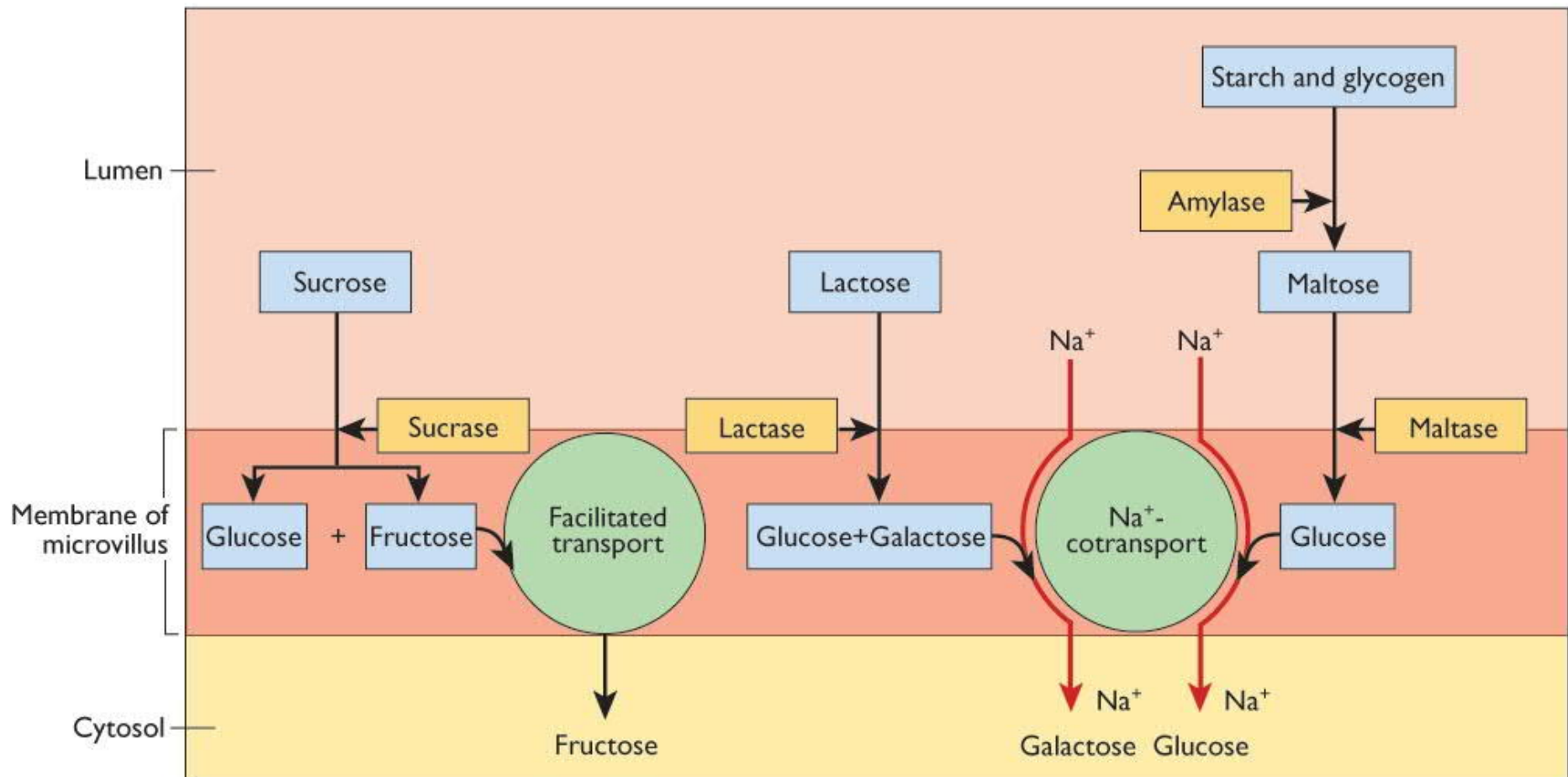


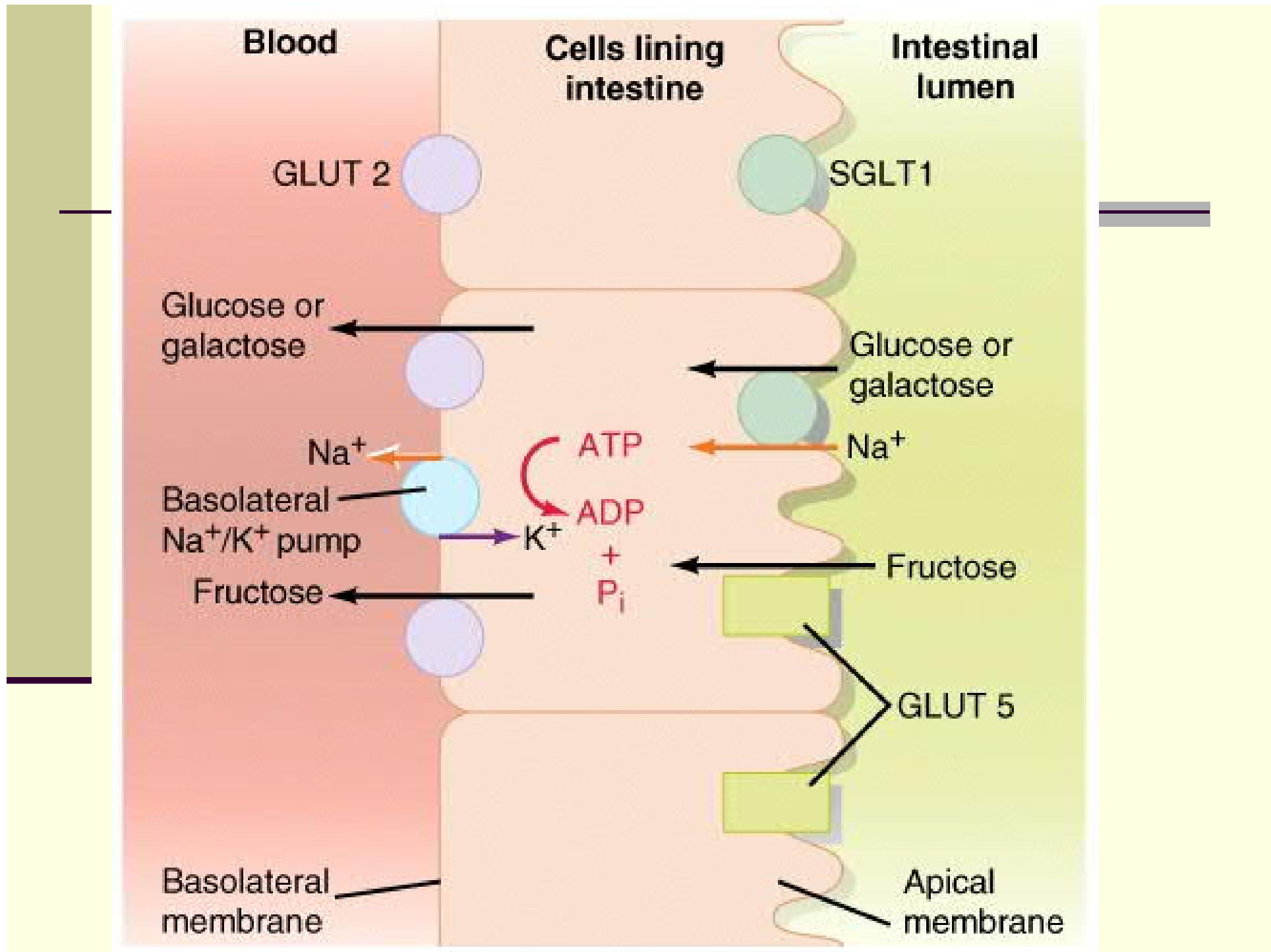
Glucose enters the cell with Na⁺ on the SGLT symporter and exits on GLUT2. Fructose enters on GLUT5 and exits on GLUT2.

KEY

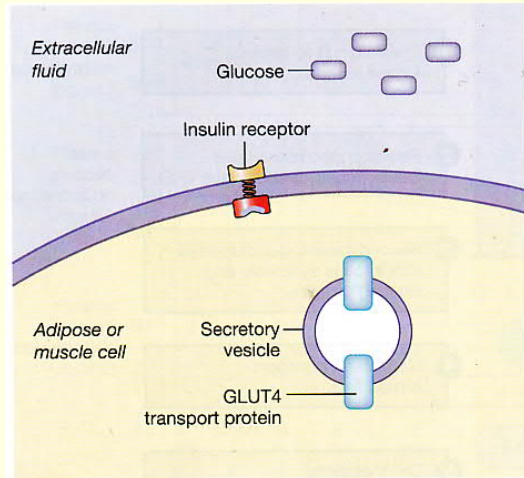
- SGLT
- GLUT2
- GLUT5

Hiilihydraattien imeytyminen

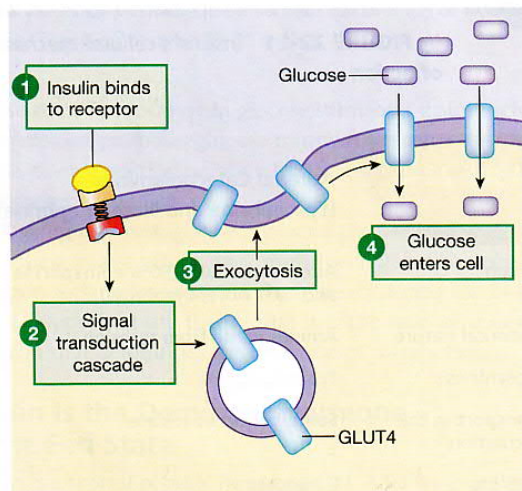




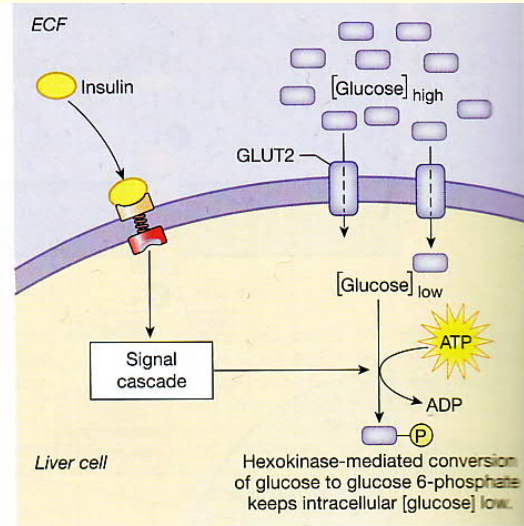
Insuliinin toiminta



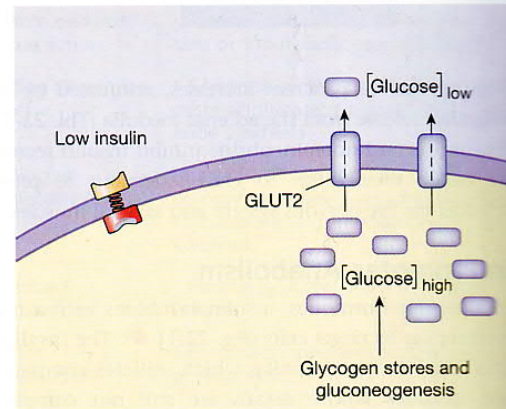
(a) In the absence of insulin, glucose cannot enter the cell.



(b) Insulin signals the cell to insert GLUT4 transporters into the membrane, allowing glucose to enter cell.



(a) Hepatocyte. In fed state, liver cell takes up glucose.

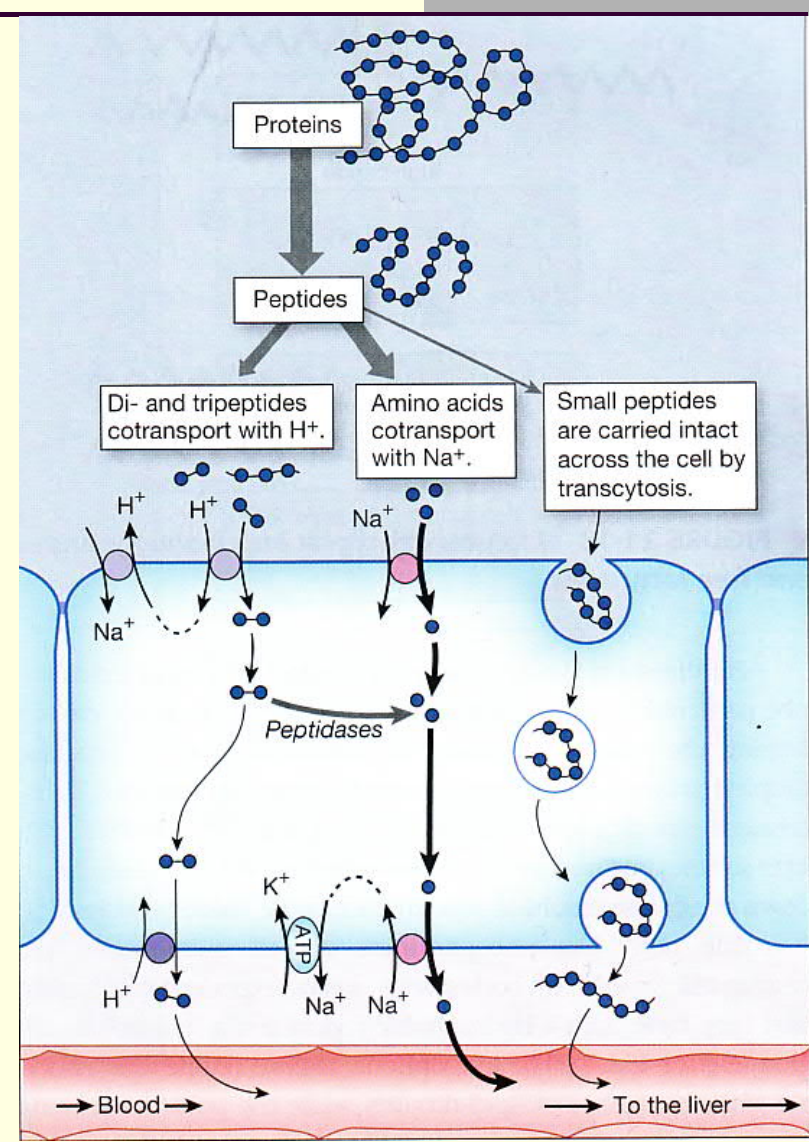
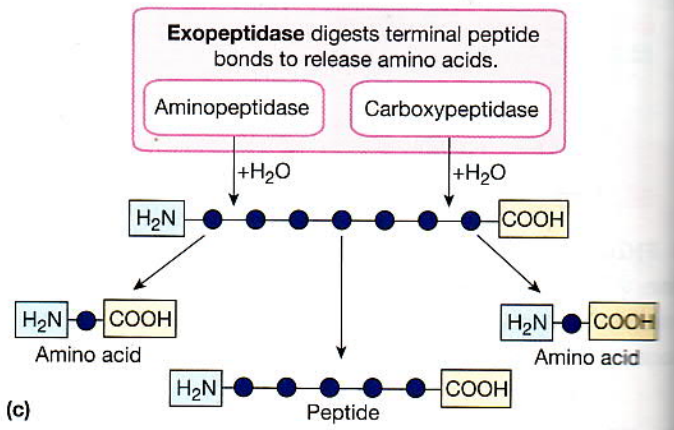
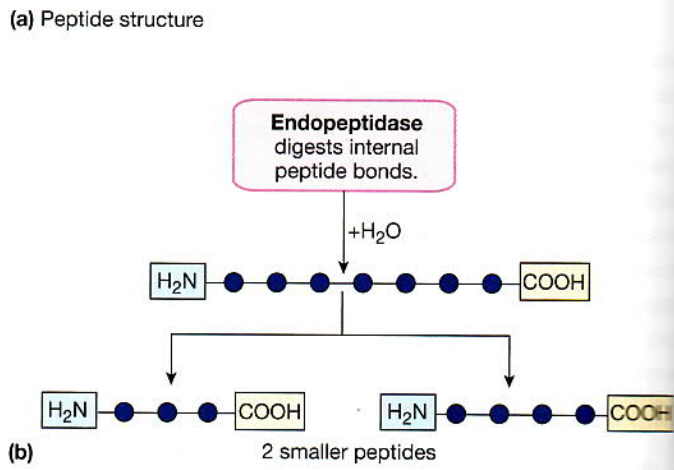
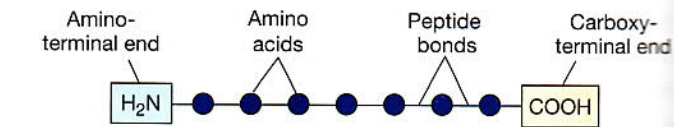


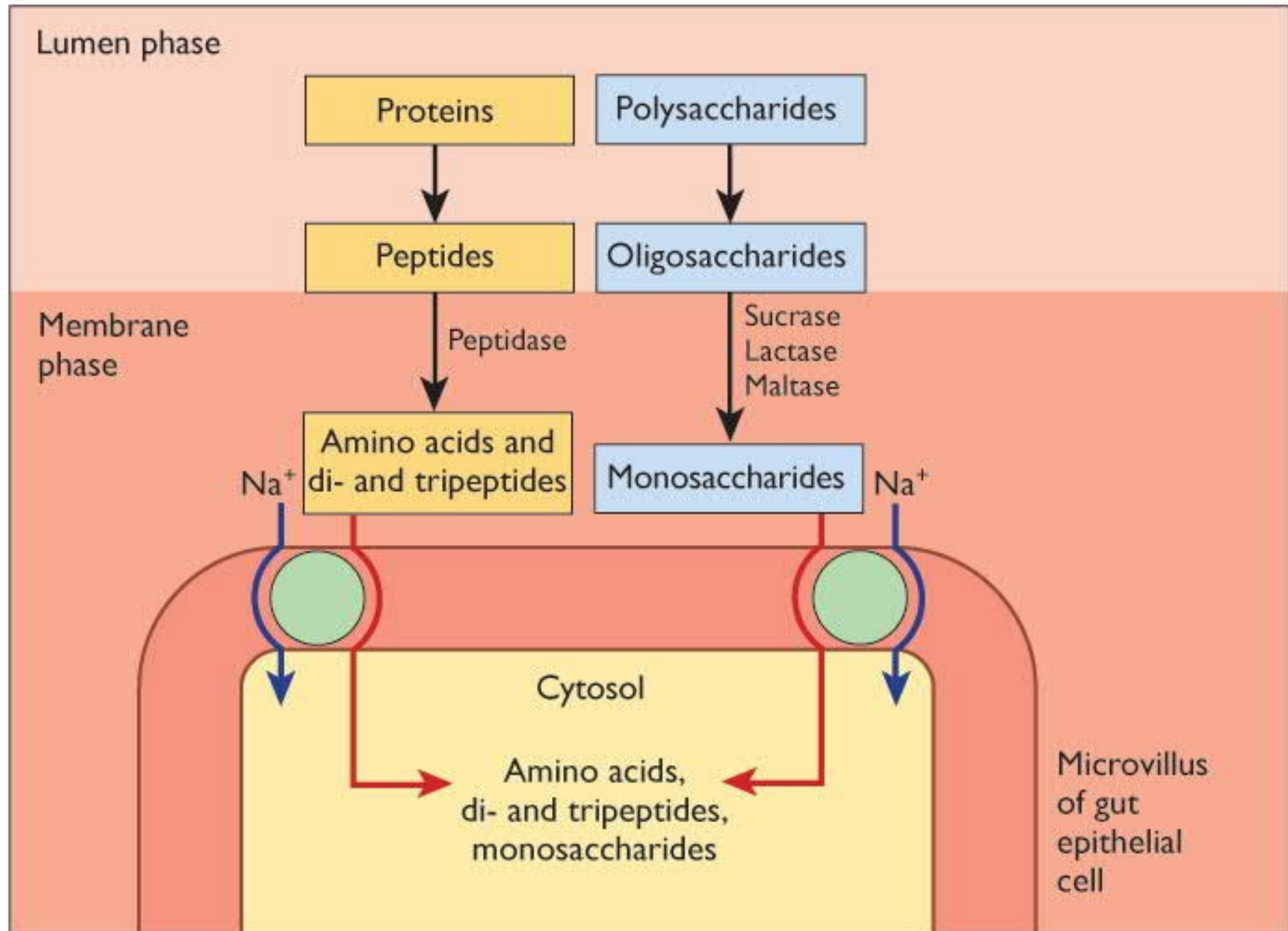
(b) Hepatocyte. In fasted state, liver cell makes glucose and transports it out into the blood.

Pilkkominen ja imeytyminen proteiinit

- Proteiineja ruuasta sekä ruuansulatuskäytävästä (kuolleita epiteelisoluja)
- Pepsini pilkkoo 10-15% proteiineista lyhyemmiksi peptideiksi.
- Haiman proteaasit pilkkovat loput, mutta vain pieni määrä aminohappoja muodostuu.
- Eksopeptidaasit mikrovillien pinnalla pilkkovat peptidit 2-3 aminohapon ketjuiksi ja vapaiksi aminohapoiksi.
- Nämä imeytyvät Na⁺ kytketyn kuljetuksen avulla epiteelisoluihin ja epiteelisoluista edelleen vereen konsentraatiogradientin ajamina.

Pilkkominen ja imeytyminen proteiinit





Pilkkominen ja imeytyminen rasvat I

- Pohjukaissuloi säätelee rasvaisen ruokasulan eritystä mahalaukusta (rasvaa ei käsitellä vatsalaukussa!).
- Sappisuolat emulsifioivat rasvat niin että haiman lipaasi (vesiliukoinen) voi toimia tehokkaasti (suurempi pinta-ala). Suolen sekoitusliikkeet auttavat.
- Lipaasi pilkkoo triasyyliglyserolit vapaiksi rasvahapoiksi ja monoglyserideiksi.

Pilkkominen ja imeytyminen rasvat II

- Sappisuolat ympäröivät rasvapisarat ja estävät niiden yhteensulamisen uudelleen. Näitä sappisuolojen ympäröimiä tippoja kutsutaan miselleiksi.
- Lipaasin pilkkomistuotteet siirtyvät misellin sisään
- Miselli tyhjentää sisältönsä epiteelisolujen sisään
- Epiteelisolut muuttavat rasvahapot ja monoglyseridit triglyserideiksi endoplasmaattisessa kalvostossa.

Pilkkominen ja imeytyminen rasvat III

- Muodostuu kylomikroneita (näitä ympäröi valkuaisainekalvo). Kylomikroneissa myös kolesterolia ja fosfolidpidejä.
- Kylomikronit kuljetetaan golginlaitteiston jossa ne pakataan rakkuloiin ja lähetetään kudostenesteeseen.
- Kylomikroni liian isoja mahtuakseen hiussuonten epiteelin läpi -> imusuoniin!
- Verisuonistossa kylomikronit siirtävät sisältönsä rasvakudokseen, maksaan, lihaksiin (lipoproteiinilipaasin avulla)

Digestion and Absorption

- Triglycerides digest into monoglycerides and free fatty acids

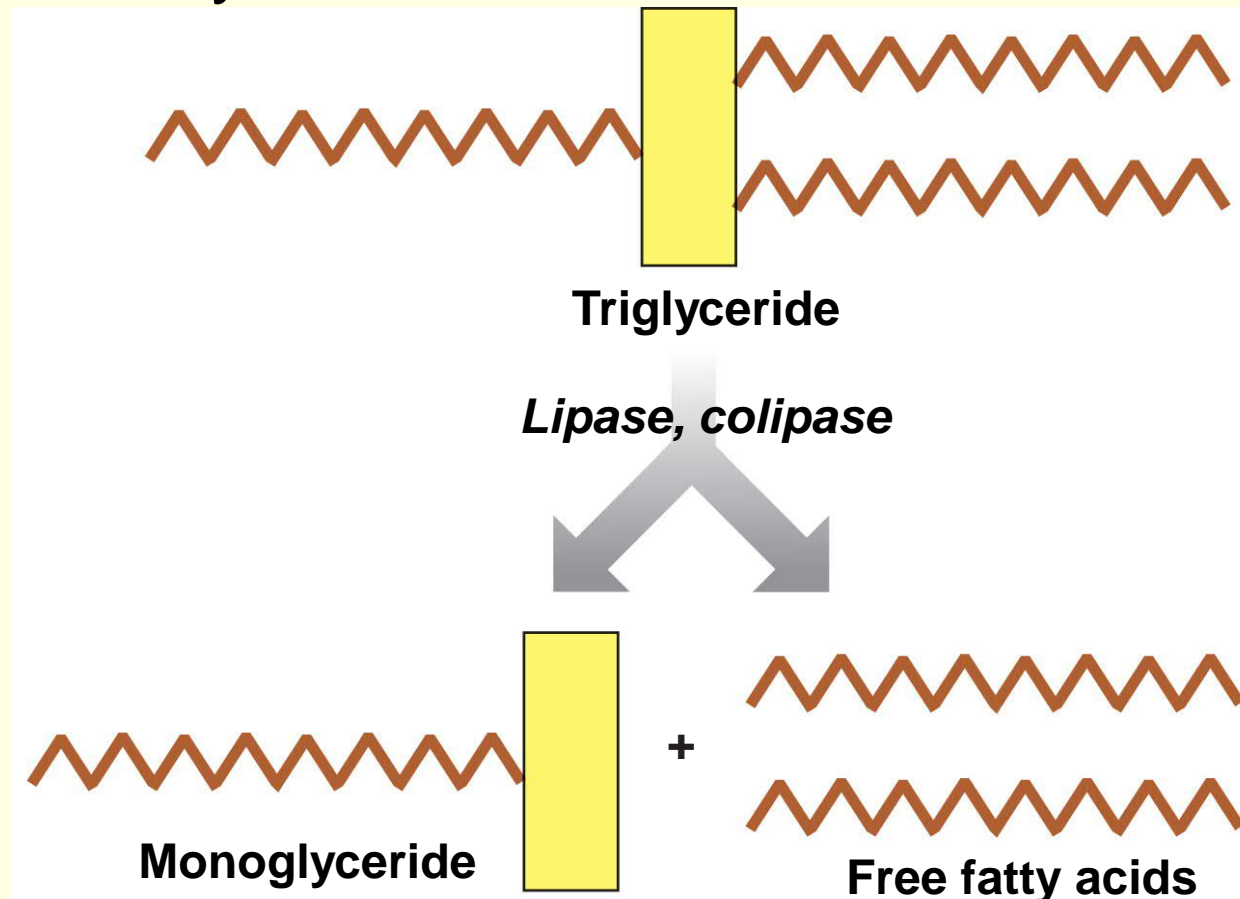


Figure 21-18

Digestion and Absorption

■ Bile salts emulsify fats

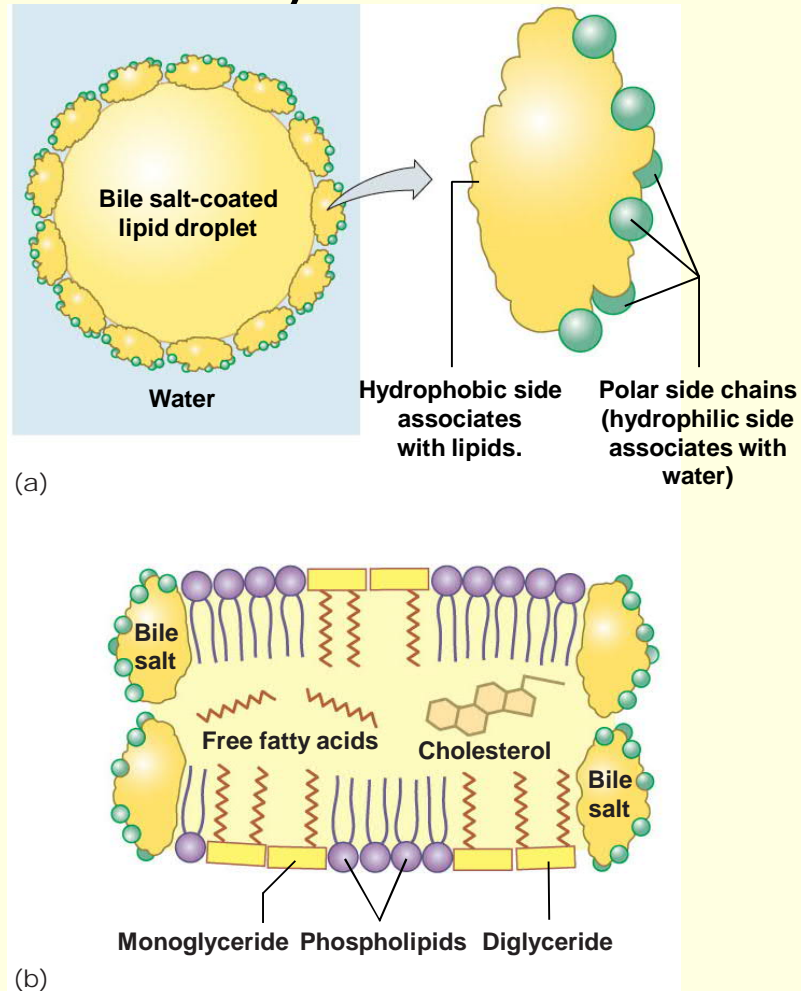
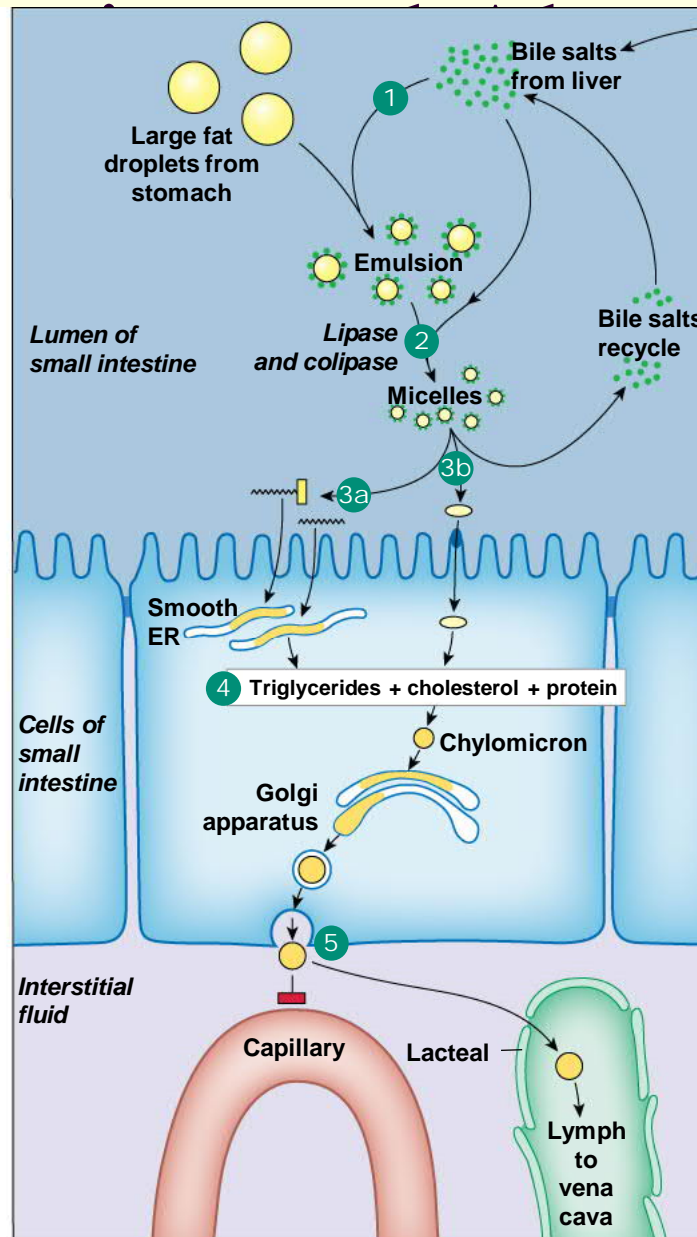


Figure 21-19



- 1 Bile salts from liver coat fat droplets.
- 2 Pancreatic lipase and colipase break down fats into monoglycerides and fatty acids stored in micelles.
- 3a Monoglycerides and fatty acids move out of micelles and enter cells by diffusion.
- 3b Cholesterol is transported into cells by a membrane transporter.
- 4 Absorbed fats combine with cholesterol and proteins in the intestinal cells to form chylomicrons.
- 5 Chylomicrons are released into the lymphatic system.

Figure 21-20

Pilkkominen ja imeytyminen rasvat IV

- Maksa muodostaa lipoproteiineja: VLDL (pääasiassa triglyseridejä), HDL (kolesterolia)
- Hiussuonen seinämien lipoproteiinilipaasi muodostaa VLD- lipoproteiineista LD- lipoproteiineja (LDL)
- HDL kuljettaa kolesterolia soluista maksaan (hyvä, koska maksa voi erittää sapen kautta)
- LDL kuljettaa kolesterolia maksasta soluihin (huono, edistää ateroskleroosia)

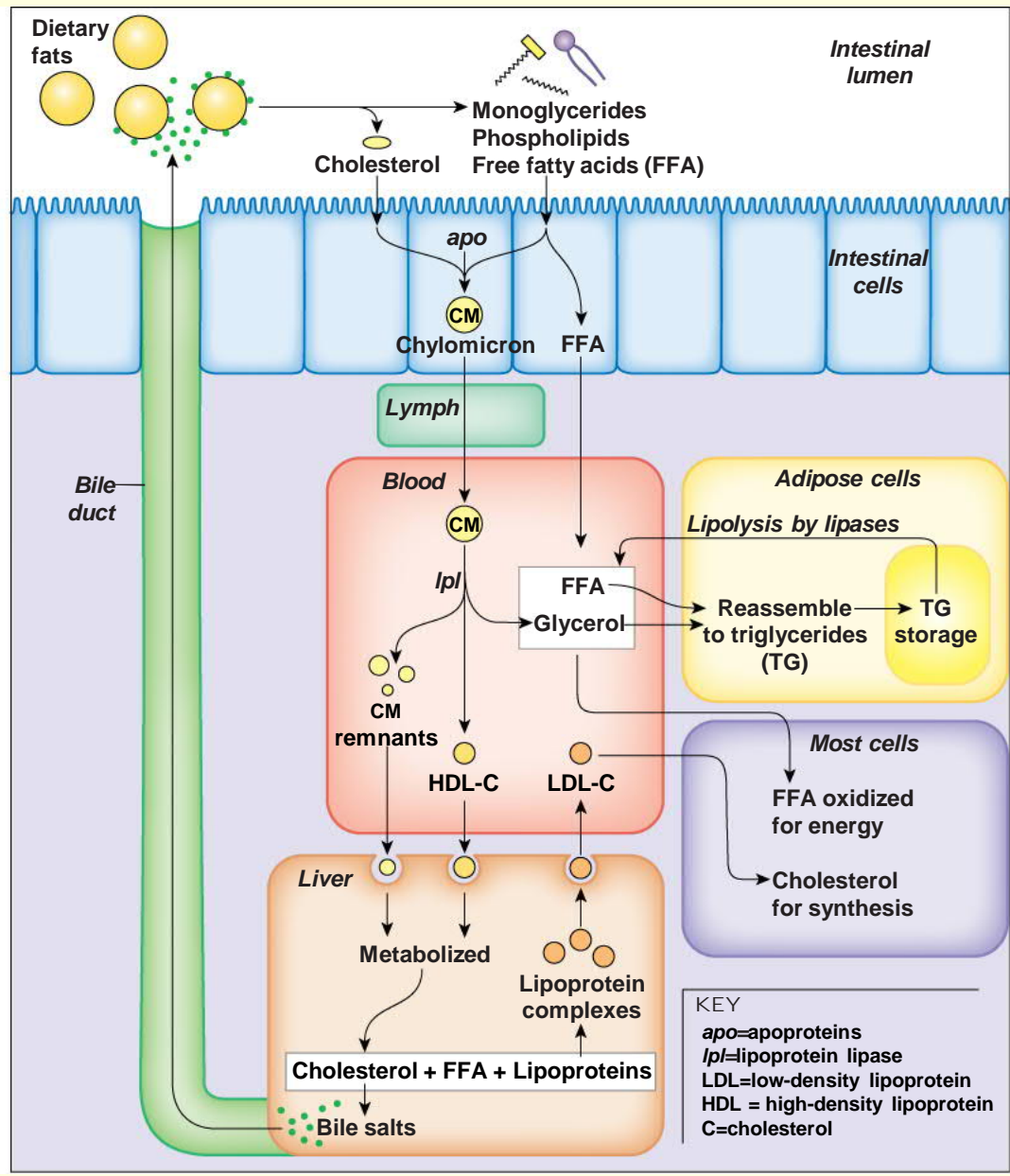
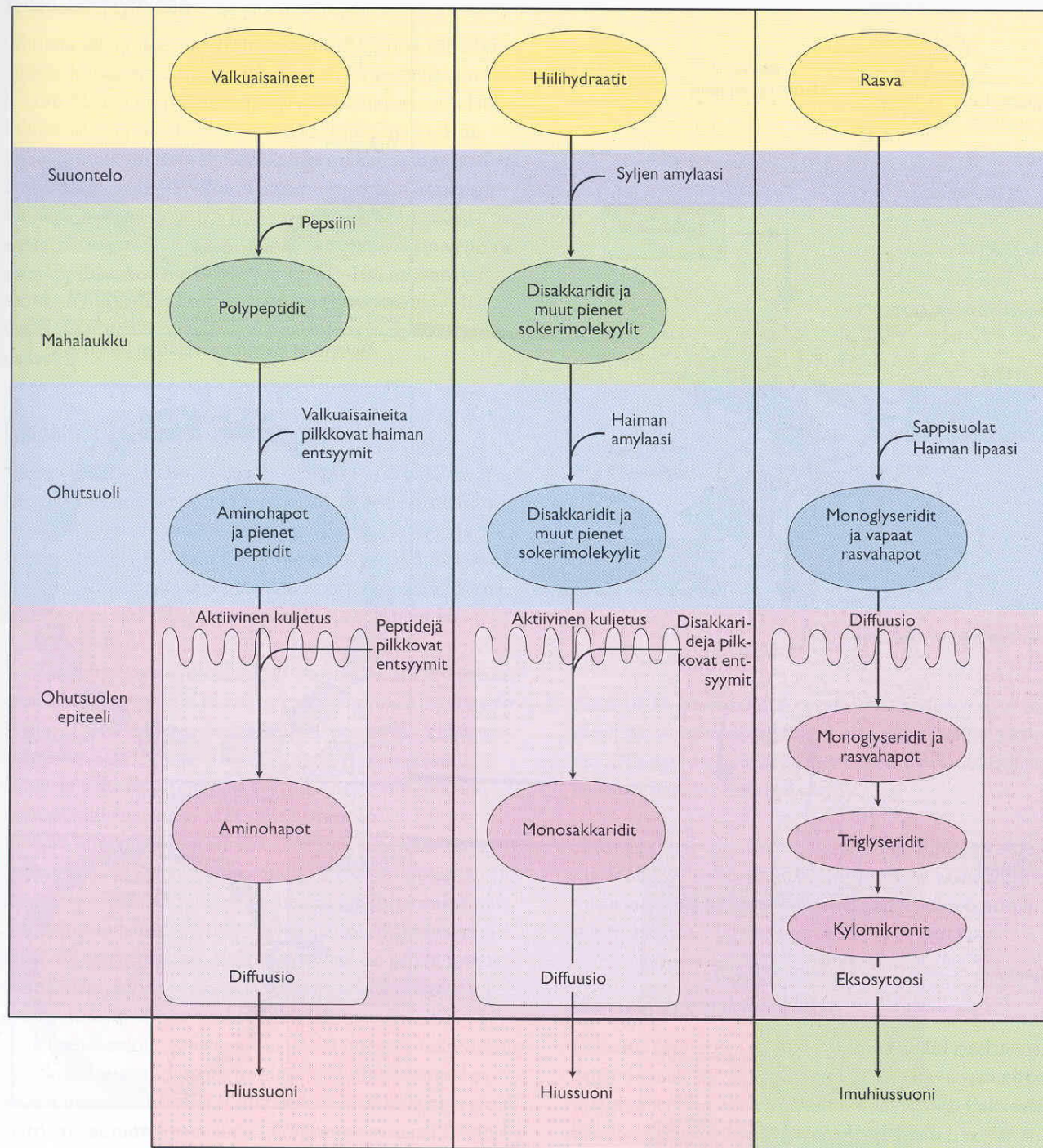
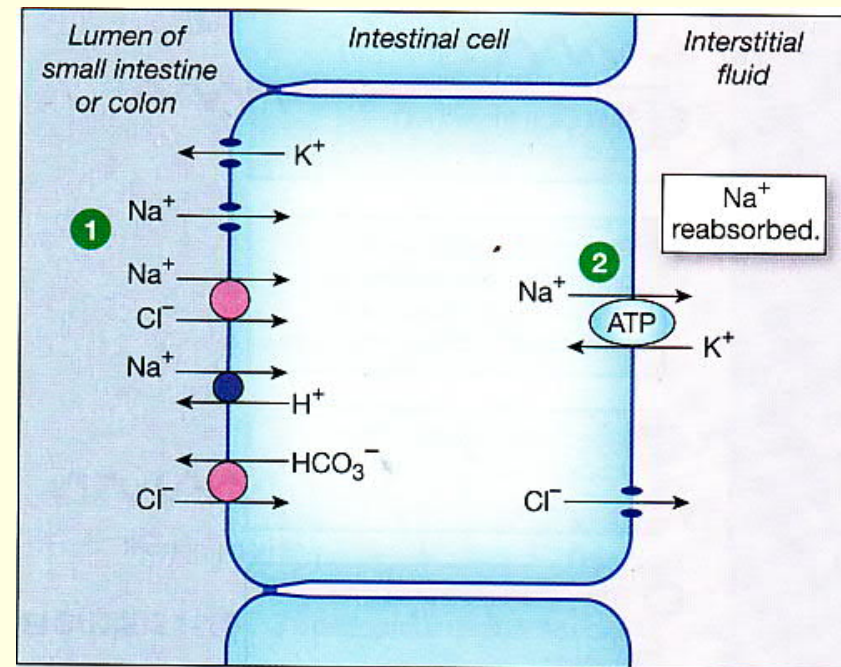


Figure 22-5



Veden imeytyminen

- Noin 2l vettä tulee juomasta ja ruuasta, noin 7l tulee ruuansulatuskanavan eritteistä (yhteensä 9l)
- 95% nesteestä imeytyy ohutsuolessa
- Noin 4% imeytyy paksusuolella
- Vain 1% vedestä poistuu ulosteen mukana

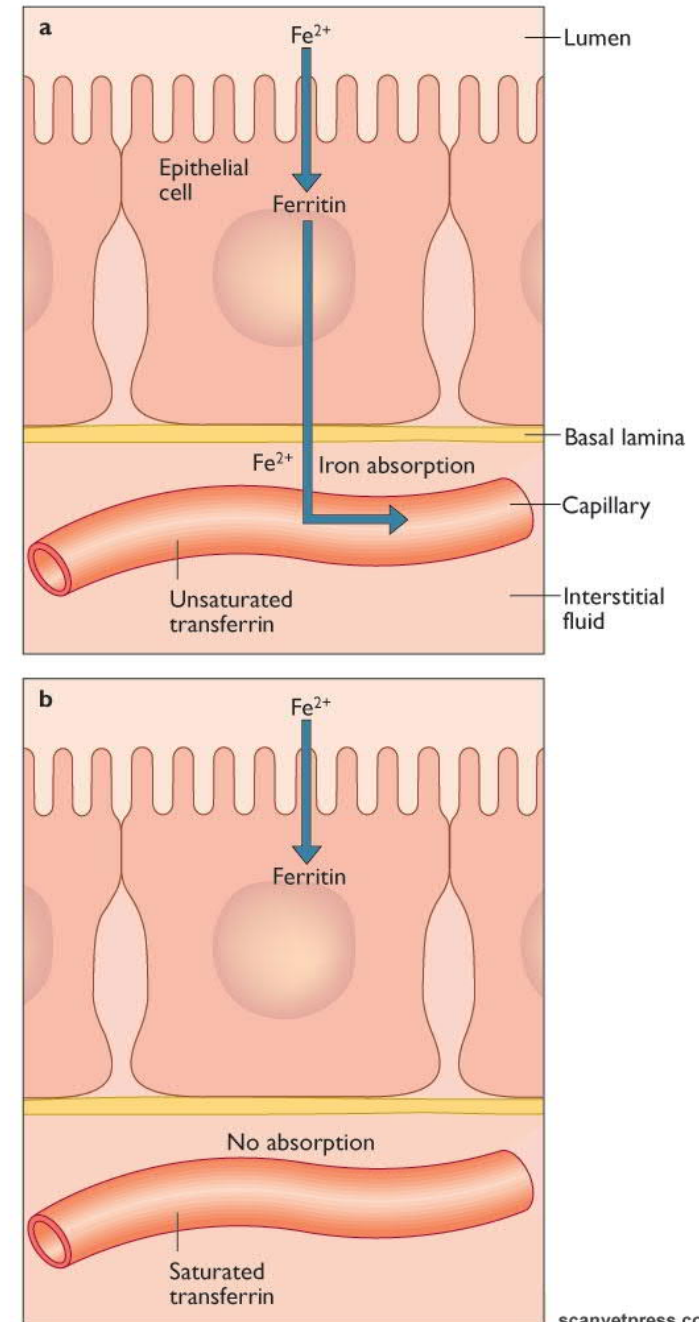


1 Na⁺ enters cells by multiple pathways.

2 The Na⁺-K⁺-ATPase pumps Na⁺ into the ECF.

Raudan ja kalsiumin imeytyminen

- Imeytyvät **tarpeen** mukaan
- Rautaa imeytetään aktiivisesti. Sitoutuu transferriniin ja ferritiiniin.
 - (fosfaatti ja oksalaatti pienentävät raudan imeytymistä, C-vitamiini lisää)
- Kalsium imeytyy passiivisesti ja aktiivisesti vitamiini-D:n (kalsitrioli) avulla



Paksusuoli (*colon*)

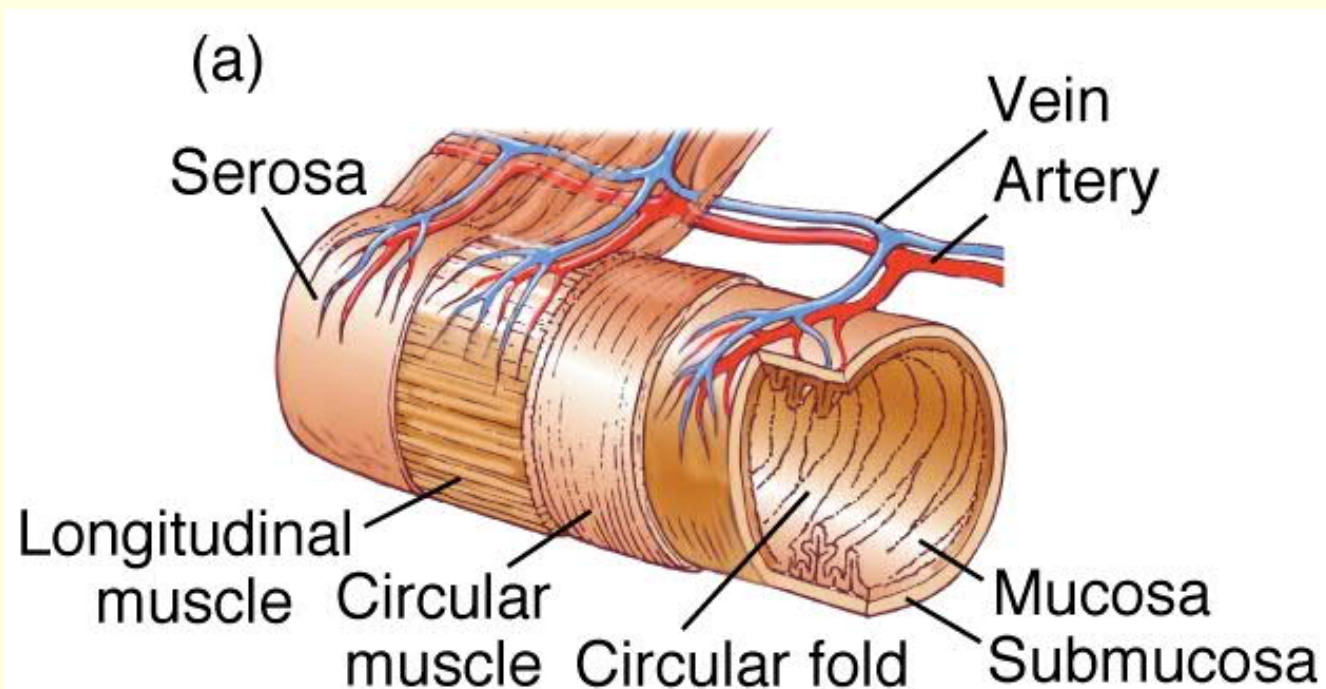
- Caecum, appendix, colon ascendens, transversum, -descendens -
- Muodostaa limaa, ei nukkalisäkkeitä
- Na⁺ otetaan talteen (aldosteroni), vettä seuraa mukana.
- Paksusuolen bakteerit käyttävät lähinnä hiilihydraatteja energianlähteenä, muodostavat vitamiineja ja rasvahappoja (imeytyvät paksusuolella)

Peräsuoli (rectum)

- Varasto
- Paineherkät reseptorit saavat peräsuolen seinän lihakset supistumaan.
- Sisempi sulkijalihas viestii venyessään ulostamisen tarpeesta
- Ulompi sulkijalihas on tahdonalaisesti säädelty

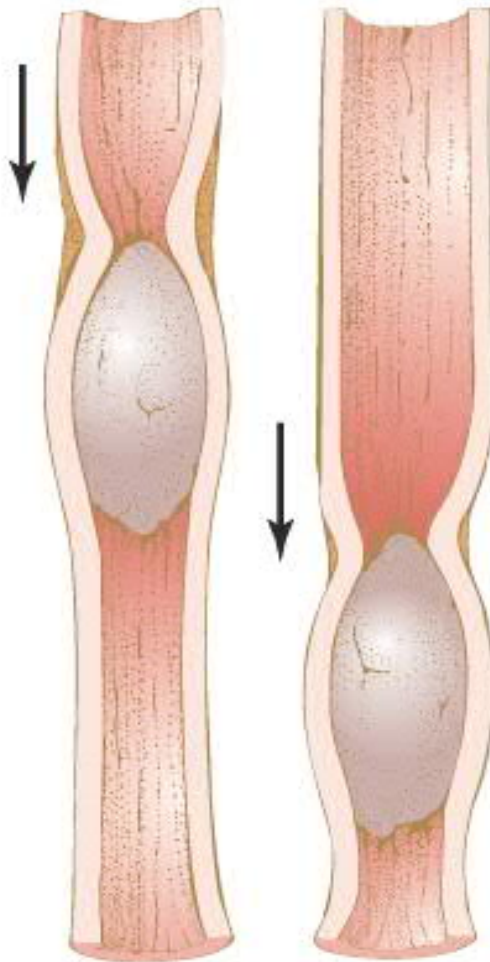
Suolen liikkeet

- 1) Ravinnon kuljetus ja ulostaminen
- 2) Mekaaninen sekoitus -> entsyymit voivat toimia tehokkaammin.
- 3) Mekaaninen sekoitus -> imeytyminen tehokkaampaa.

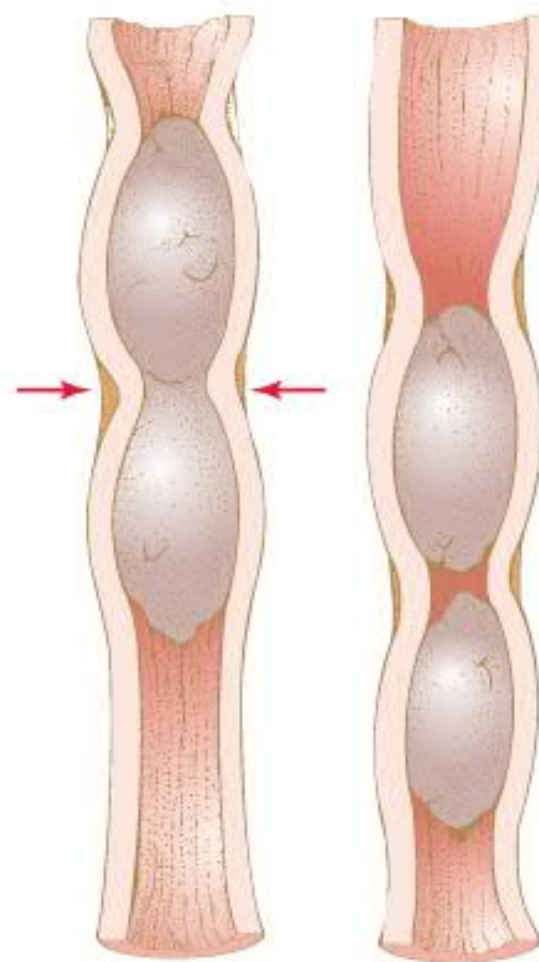


Peristaltiikka ja segmentaatio

(a) Peristalsis

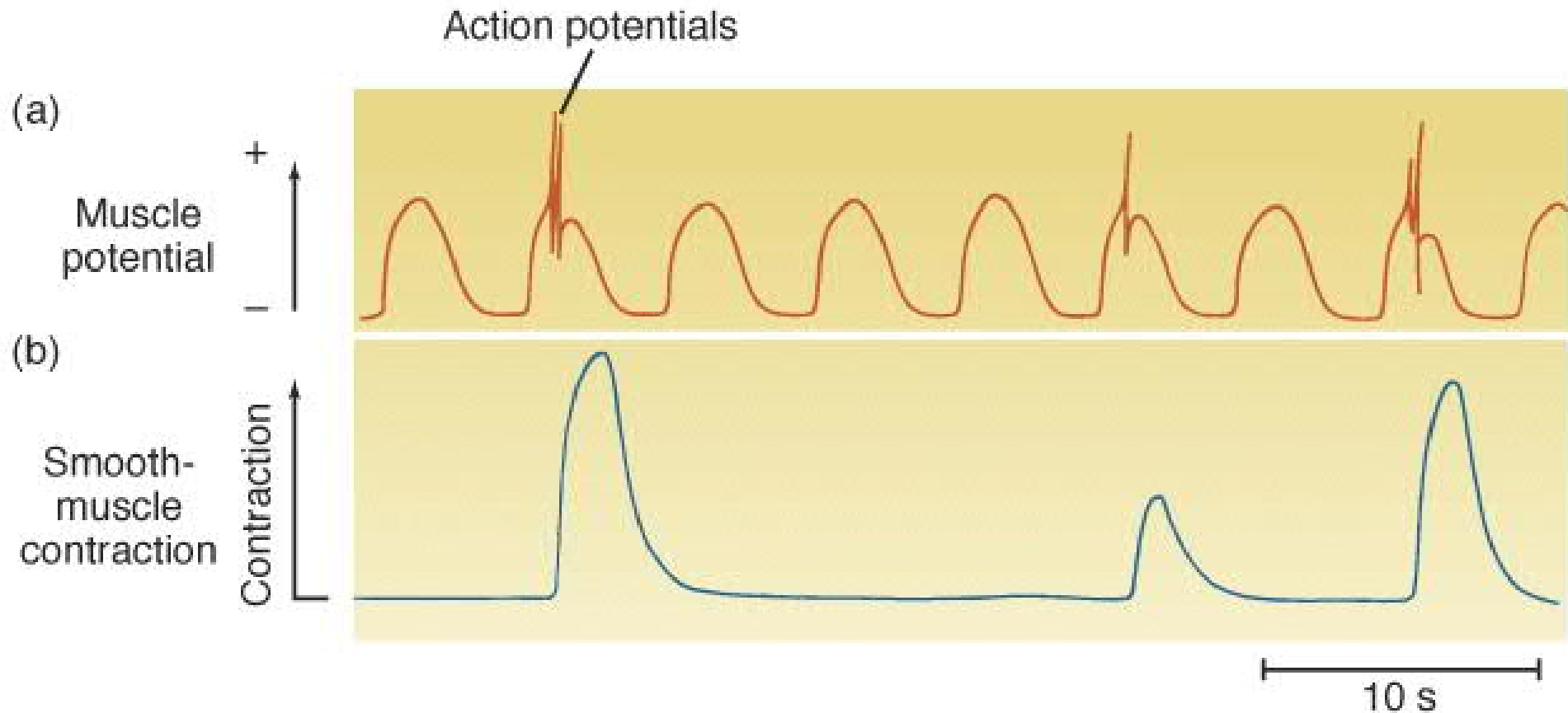


(b) Segmentation

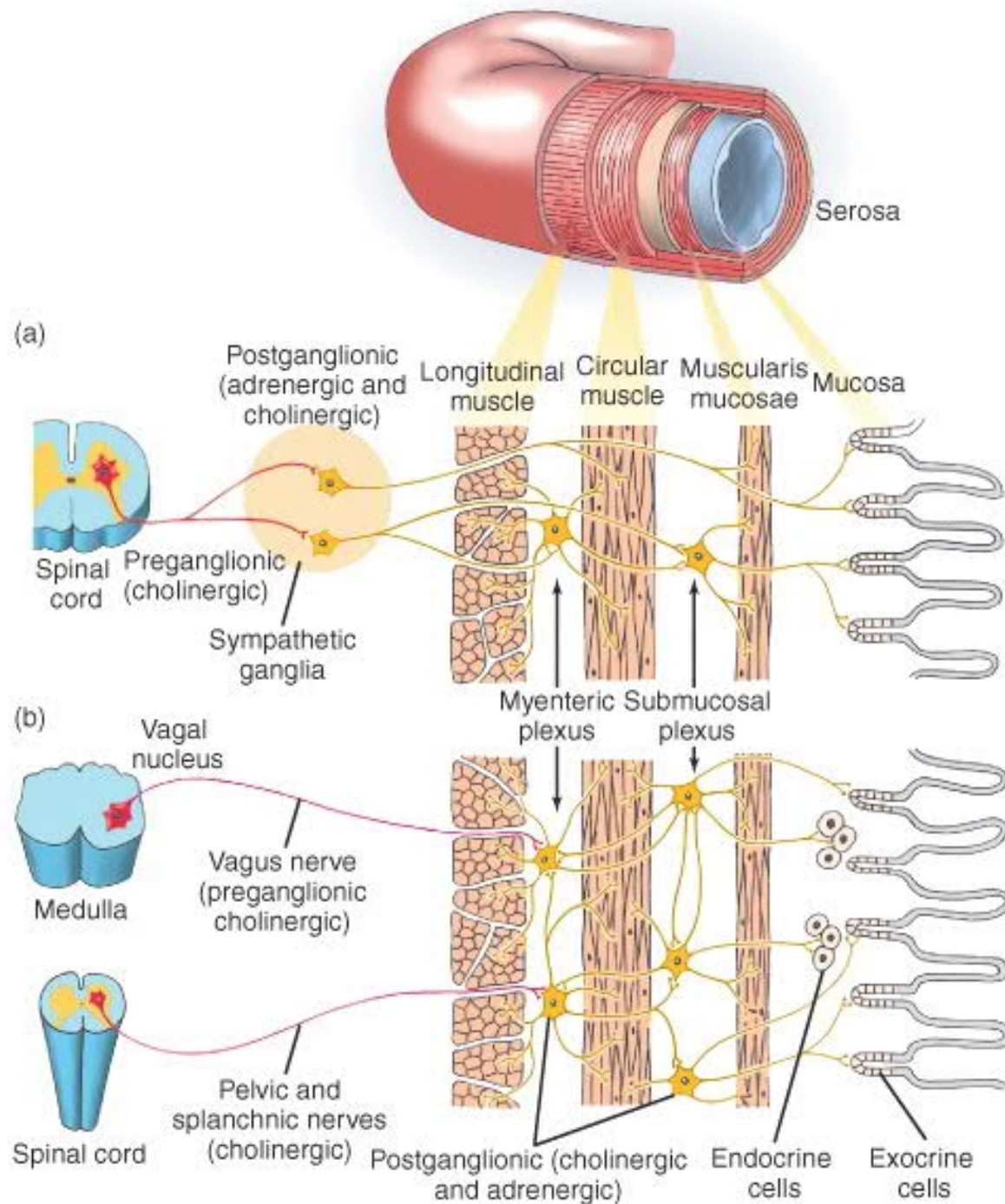


Paikallinen säätely (lihassolujen kalvojännitteen oskilloinnit)

- Suolen venyminen lisää aktiivisuutta
- Rasvainen ruokasula hidastaa aktiivisuutta

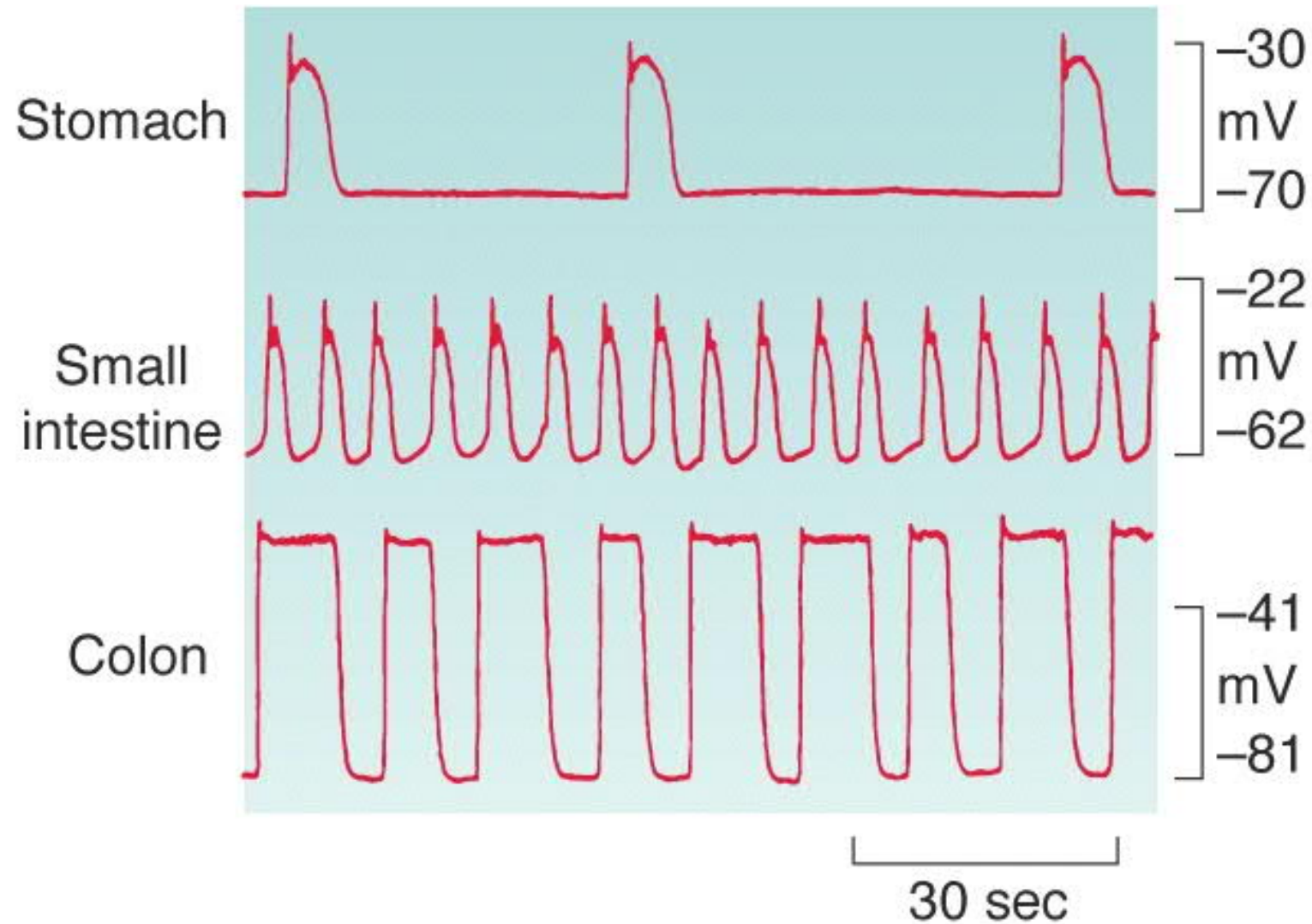


Ulkoisen säätely



- Sympatikus
 - Adrenerginen
 - Vähentää liikkuvuutta
- Parasympatikus
 - kolinerginen
 - Lisää liikkuvuutta ja eritystoimintaa

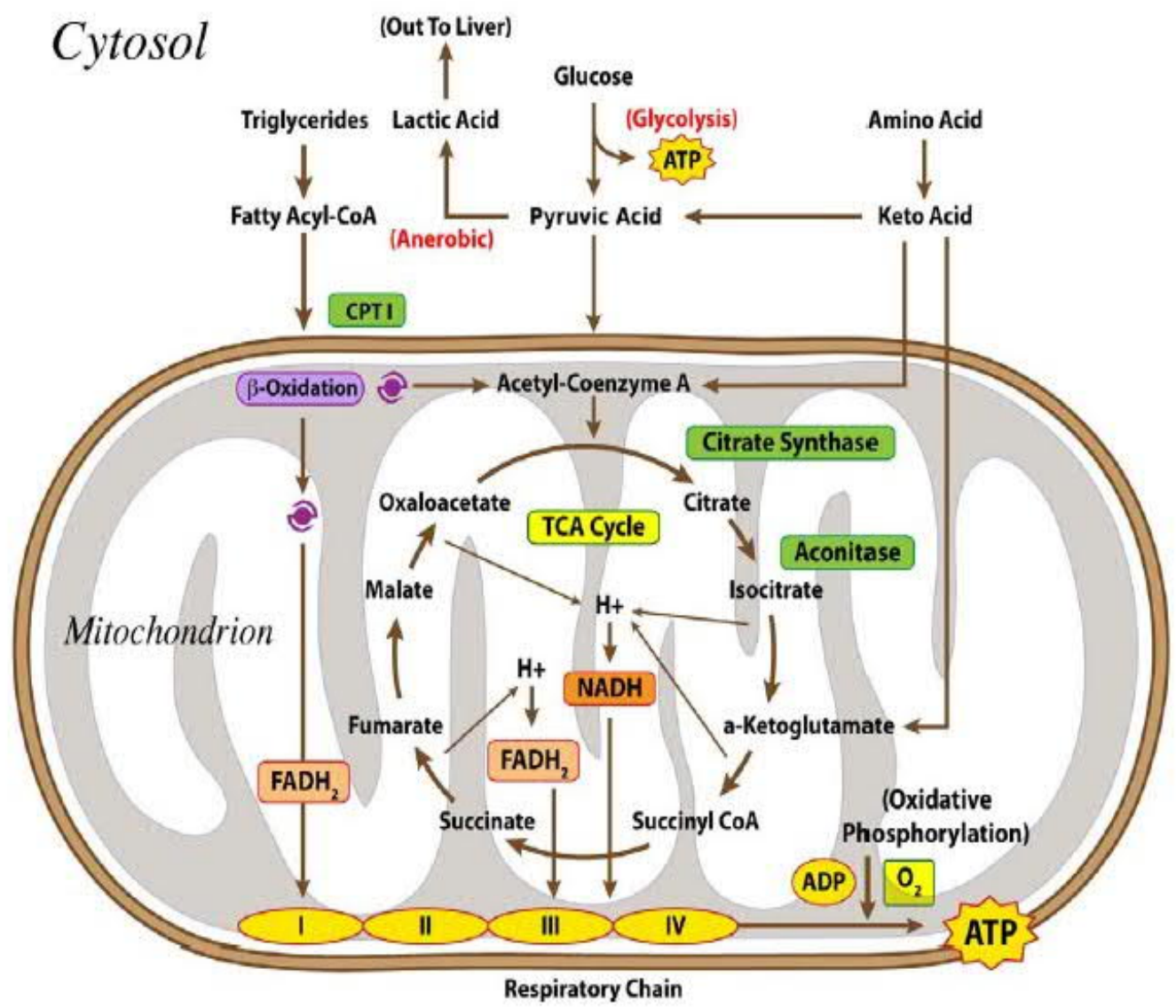
Sekoitus erilaista eri osissa ruuansulatusjärjestelmää



Mitä elimistö tarvitsee toimiakseen?

- Rasvat: rasvahapot
- Proteiinit:
Aminohapot
- Hiilihydraatit:
monosakkaridit
 - ---→ ATP
- Välttämättömät ravintoaineet:
 - Välttämättömät aminohapot
 - Välttämättömät rasvahapot
 - Vitamiinit
 - Mineraalit

Cytosol

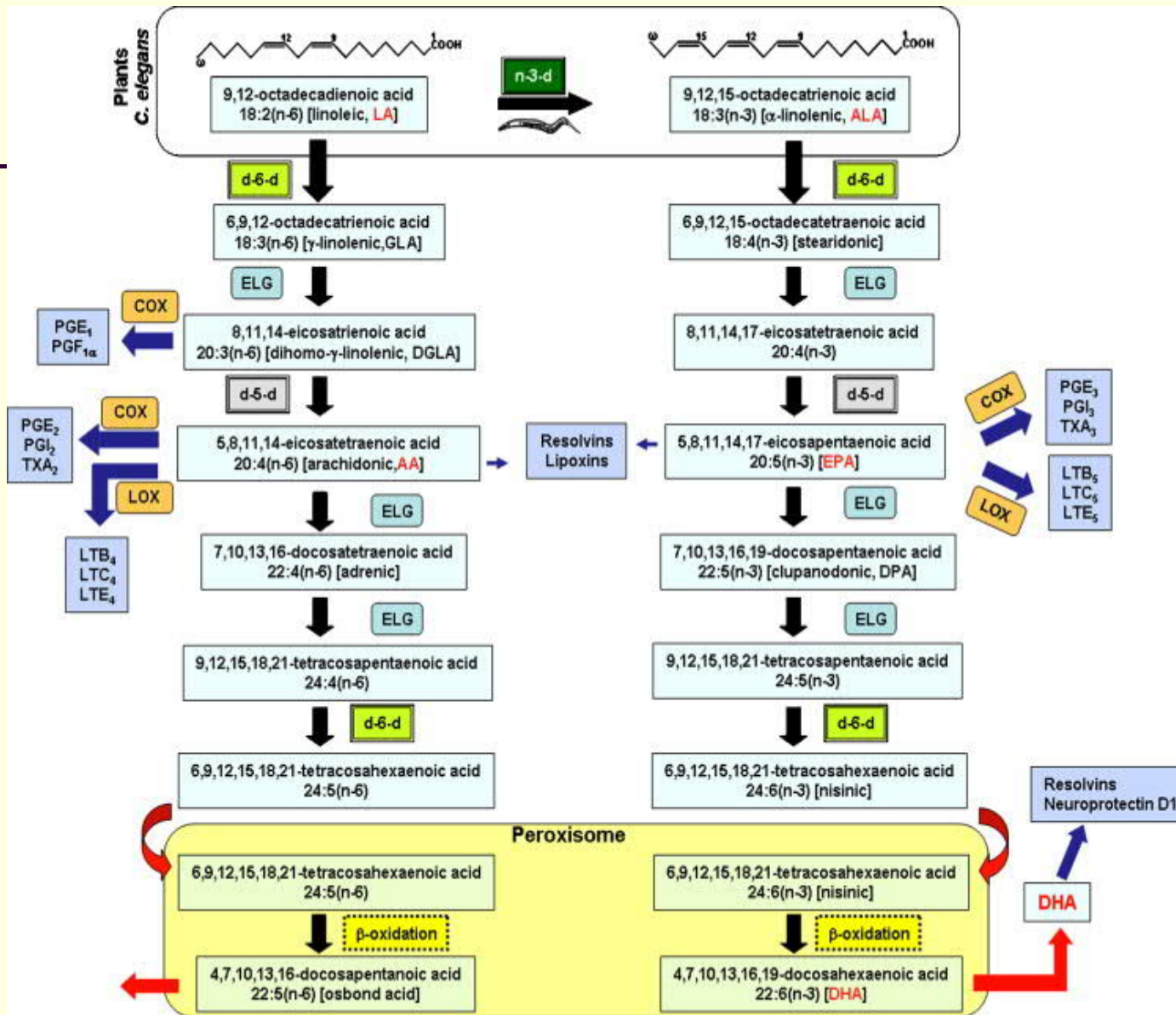


Energiaravintoainesten suositukset

- Rasvat 25-35 prosenttia energiansaannista
 - **Tyydyttyneiden ja transrasvahappojen saanti 10 E%**
 - **Cis-kertatyydyttymättömien rasvahappojen osuus 10-15E%**
 - **Monityydyttymättömien rasvahappojen osuus 5–10 E%, josta n-3 -rasvahappojen suositeltava osuus on 1 E%.**
- Proteiinit 10-20 prosenttia energiansaannista
- Hiilihydraatit 50-60 % energiansaannista
 - Ravintokuitu 25-35g
 - Puhdistetut sokerit korkeintaan 10E%

Välttämättömät rasvahapot

- Linolihappo ja alfa-linoleenihappo
 - Elimistö ei pysty itse tuottamaan -> saatava ravinnosta
 - Välttämättömiä solukalvon toiminnan kannalta
- Linolihaposta muodostuu elimistössä arakidonihappoa (omega-6)
 - Etenkin lasten kasvu, hermoston ja verisuonten kehitys
 - Eikosanoidien lähtöaine
- Alfa-linoleenihaposta (ALA) muodostuu elimistössä EPA:a ja DHA:a (omega-3)
 - Keskushermosto, silmän verkkokalvo, kivesten solukalvo
 - Eikosanoidien lähtöaine



Proteiinit

- Koostuvat aminohapoista
- Elimistö ei pysty valmistamaan kaikkia aminohappoja joten välttämättömiä aminohappoja ovat
 - Tryptofaani, lysiini, metioniini, fenyyialaniini, treoniini, valiini, leusiini, isoleusiini. Histidini ja arginiini ovat välttämättömiä vain lapsille, eli lapsilla välttämättömiä aminohappoja on kymmenen
- Proteiinin suositeltava saanti on 10–20 E%.

Hiilihydraatit ravintona



Hiilihydraatit, suositukset

- 50-60% energiansaannista
- Puhdistetut sokerit 10 E%
- Ravintokuidut 25-35g
- Ei liukenevia (selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini)
 - Eivät imeydy, parantavat suoliston toimintaa
- liukenevia (betaglukaani, kasvikumit ja pektiini)
 - Fermentoidaan suolistossa
 - Rasvahappojen lähde

Vitamiinit ja kivennäisaineet

- **Vitamiinien ja kivennäisaineiden saanti on keskimäärin riittävää lukuunottamatta D-vitamiinia, folaattia ja rautaa. Monipuoliset ruokavalinnat takaavat parhaiten vitamiinien ja kivennäisaineiden riittävän saannin.**

Table 41.1 Vitamin Requirements of Humans

Vitamin	Major Dietary Sources	Major Functions in the Body	Symptoms of Deficiency or Extreme Excess
Water-Soluble Vitamins			
Vitamin B ₁ (thiamine)	Pork, legumes, peanuts, whole grains	Coenzyme used in removing CO ₂ from organic compounds	Beriberi (nerve disorders, emaciation, anemia)
Vitamin B ₂ (riboflavin)	Dairy products, meats, enriched grains, vegetables	Component of coenzymes FAD and FMN	Skin lesions such as cracks at corners of mouth
Niacin (B ₃)	Nuts, meats, grains	Component of coenzymes NAD ⁺ and NADP ⁺	Skin and gastrointestinal lesions, nervous disorders Liver damage
Vitamin B ₆ (pyridoxine)	Meats, vegetables, whole grains	Coenzyme used in amino acid metabolism	Irritability, convulsions, muscular twitching, anemia Unstable gait, numb feet, poor coordination
Pantothenic acid (B ₅)	Most foods: meats, dairy products, whole grains, etc.	Component of coenzyme A	Fatigue, numbness, tingling of hands and feet
Folic acid (folacin) (B ₉)	Green vegetables, oranges, nuts, legumes, whole grains	Coenzyme in nucleic acid and amino acid metabolism	Anemia, birth defects May mask deficiency of vitamin B₁₂
Vitamin B ₁₂	Meats, eggs, dairy products	Coenzyme in nucleic acid metabolism; maturation of red blood cells	Anemia, nervous system disorders
Biotin	Legumes, other vegetables, meats	Coenzyme in synthesis of fat, glycogen, and amino acids	Scaly skin inflammation, neuromuscular disorders
Vitamin C (ascorbic acid)	Fruits and vegetables, especially citrus fruits, broccoli, cabbage, tomatoes, green peppers	Used in collagen synthesis (such as for bone, cartilage, gums); antioxidant; aids in detoxification; improves iron absorption	Scurvy (degeneration of skin, teeth, blood vessels), weakness, delayed wound healing, impaired immunity Gastrointestinal upset
Fat-Soluble Vitamins			
Vitamin A (retinol)	Provitamin A (beta-carotene) in deep green and orange vegetables and fruits; retinal in dairy products	Component of visual pigments; maintenance of epithelial tissues; antioxidant; helps prevent damage to cell membranes	Blindness and increased death rate Headache, irritability, vomiting, hair loss, blurred vision, liver and bone damage
Vitamin D	Dairy products, egg yolk; also made in human skin in presence of sunlight	Aids in absorption and use of calcium and phosphorus; promotes bone growth	Rickets (bone deformities) in children, bone softening in adults Brain, cardiovascular, and kidney damage
Vitamin E (tocopherol)	Vegetable oils, nuts, seeds	Antioxidant; helps prevent damage to cell membranes	Degeneration of the nervous system
Vitamin K (phylloquinone)	Green vegetables, tea; also made by colon bacteria	Important in blood clotting	Defective blood clotting Liver damage and anemia

Tähän jäätiiin

Table 41.2 Mineral Requirements of Humans

Mineral	Major Dietary Sources	Major Functions in the Body	Symptoms of Deficiency*	
Greater than 200 mg per day required	Calcium (Ca)	Dairy products, dark green vegetables, legumes	Bone and tooth formation, blood clotting, nerve and muscle function	Retarded growth, possibly loss of bone mass
	Phosphorus (P)	Dairy products, meats, grains	Bone and tooth formation, acid-base balance, nucleotide synthesis	Weakness, loss of minerals from bone, calcium loss
	Sulfur (S)	Proteins from many sources	Component of certain amino acids	Symptoms of protein deficiency
	Potassium (K)	Meats, dairy products, many fruits and vegetables, grains	Acid-base balance, water balance, nerve function	Muscular weakness, paralysis, nausea, heart failure
	Chlorine (Cl)	Table salt	Acid-base balance, formation of gastric juice, nerve function, osmotic balance	Muscle cramps, reduced appetite
	Sodium (Na)	Table salt	Acid-base balance, water balance, nerve function	Muscle cramps, reduced appetite
	Magnesium (Mg)	Whole grains, green leafy vegetables	Cofactor; ATP bioenergetics	Nervous system disturbances
Iron (Fe)	Meats, eggs, legumes, whole grains, green leafy vegetables	Component of hemoglobin and of electron carriers in energy metabolism; enzyme cofactor	Iron-deficiency anemia, weakness, impaired immunity	
Fluorine (F)	Drinking water, tea, seafood	Maintenance of tooth (and probably bone) structure	Higher frequency of tooth decay	
Zinc (Zn)	Meats, seafood, grains	Component of certain digestive enzymes and other proteins	Growth failure, skin abnormalities, reproductive failure, impaired immunity	
Copper (Cu)	Seafood, nuts, legumes, organ meats	Enzyme cofactor in iron metabolism, melanin synthesis, electron transport	Anemia, cardiovascular abnormalities	
Manganese (Mn)	Nuts, grains, vegetables, fruits, tea	Enzyme cofactor	Abnormal bone and cartilage	
Iodine (I)	Seafood, dairy products, iodized salt	Component of thyroid hormones	Goiter (enlarged thyroid)	
Cobalt (Co)	Meats and dairy products	Component of vitamin B ₁₂	None, except as B ₁₂ deficiency	
Selenium (Se)	Seafood, meats, whole grains	Enzyme cofactor; antioxidant functioning in close association with vitamin E	Muscle pain, possibly heart muscle deterioration	
Chromium (Cr)	Brewer's yeast, liver, seafood, meats, some vegetables	Involved in glucose and energy metabolism	Impaired glucose metabolism	
Molybdenum (Mo)	Legumes, grains, some vegetables	Enzyme cofactor	Disorder in excretion of nitrogen-containing compounds	

19.2.2020

*All of these minerals are also harmful when consumed in excess.

hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien varastointi ja käyttöönotto

- Ruuan pilkkoutumiseen ja imeytymiseen kuluu noin 4 tuntia
- Energia voidaan varastoida glykokeenina ja rasvana
- Ravintoaineista muodostetaan ATP:tä mitokondrioissa CO₂, H₂O vapautuu
- Umpieritysjärjestelmä säätelee energian varastoitumista ja käyttöä
- Imeytymisvaihe -> ravintoaineet suolistosta
- Postabsorptiovaihe -> energia varastoista

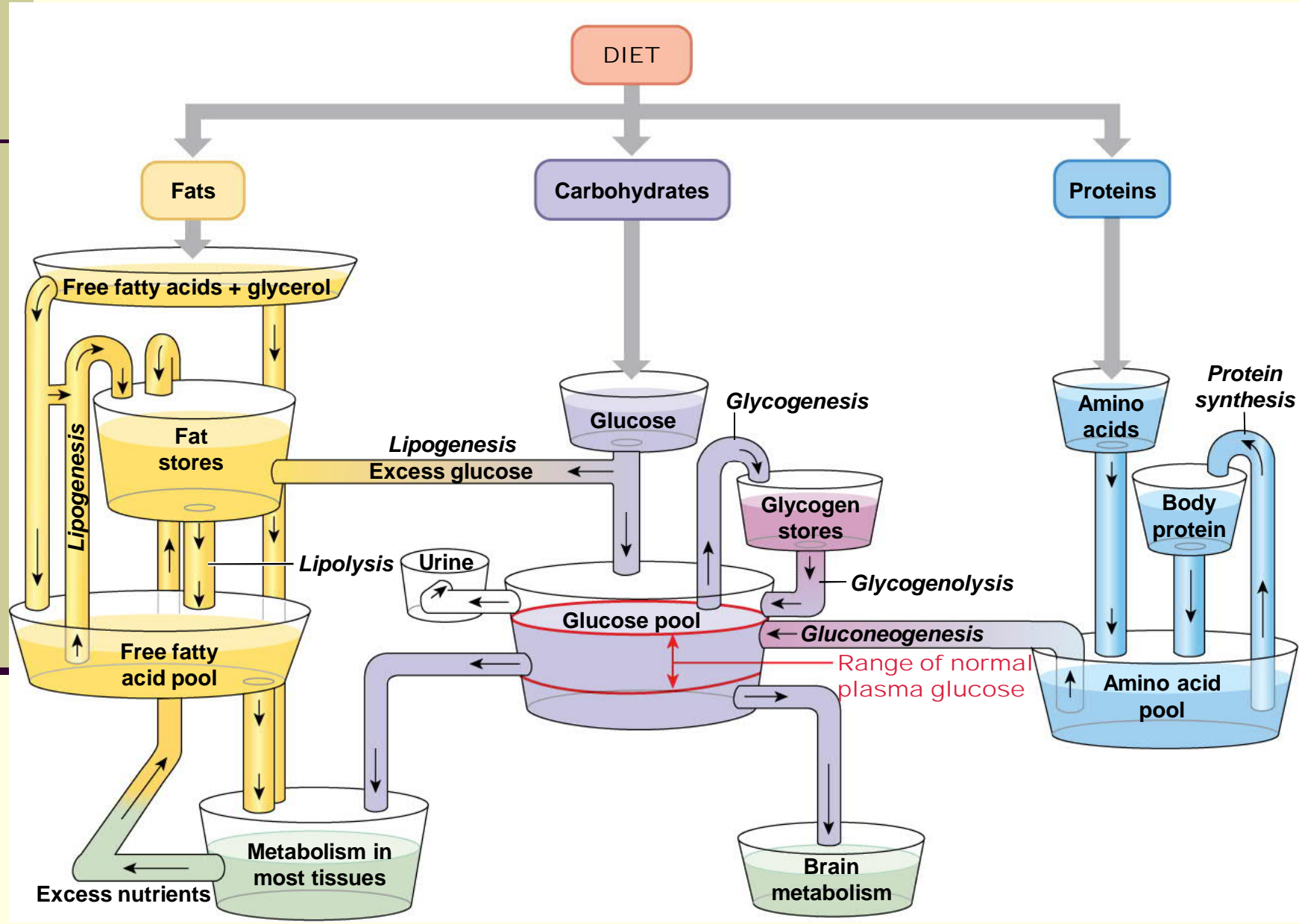


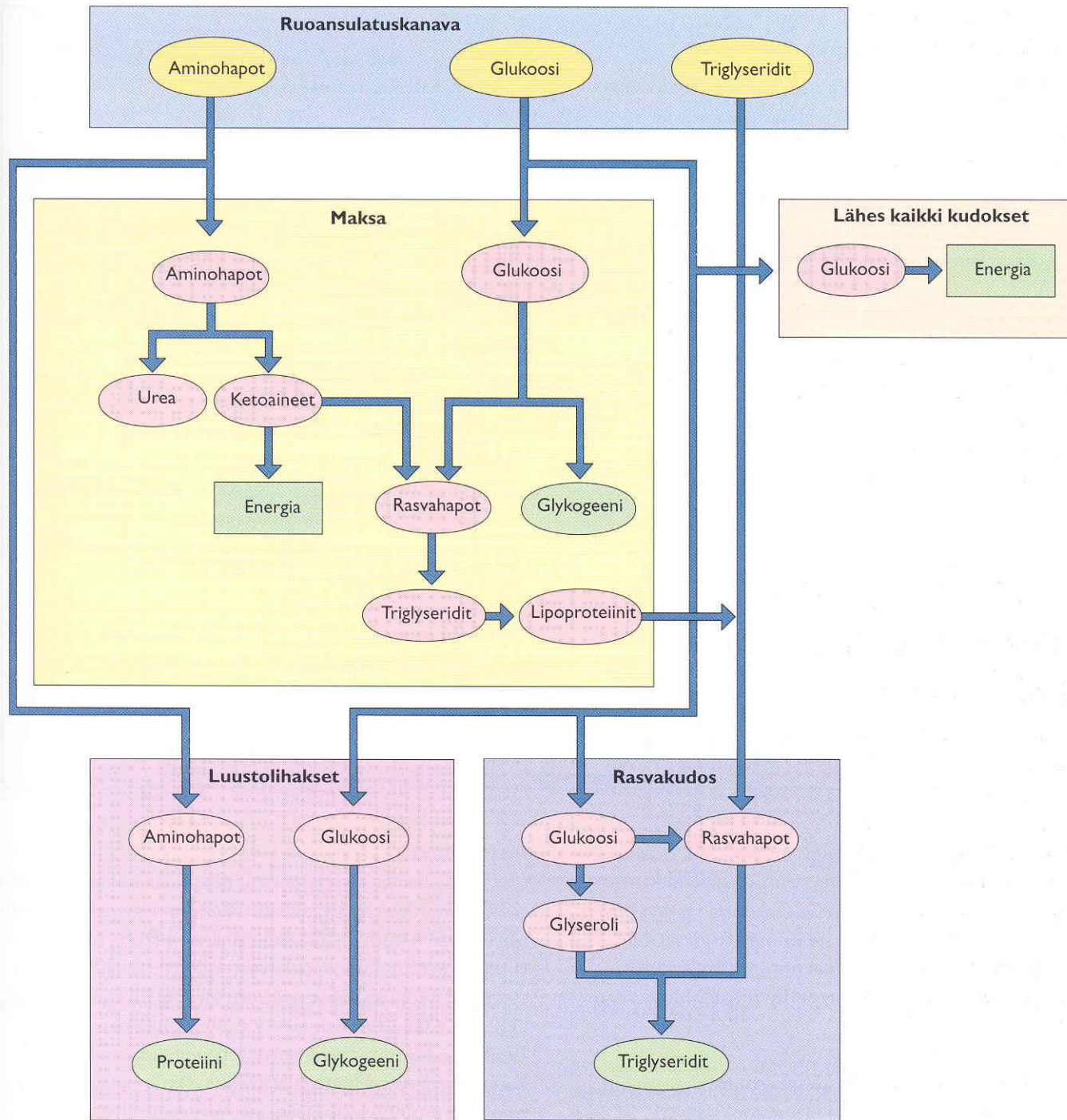
Figure 22-2

Imeytymisvaihe

- Maksa ottaa verestä glukoosia ja muuntaa sen glykokeeniksi. Jos glykokeenivarastot täyttyvä (5% maksan painosta) niin maksa muodostaa glukoosista triglyseridejä.
- Rasvasolut ottavat triglyseridejä kylomikroneista ja lipoproteiineista ja muodostavat niistä rasvoja.
- Kaikki solutyypit tarvitsevat aminohappoja. Maksasolut voivat muodostaa ylimääräisistä aminohapoista glukoosia (glukoneogeneesi) ja rasvoja. Myrkyllisistä ammoniumioneista (NH_3) muodostetaan ureaa, joka poistuu munuaisten avulla.

Imeytymisvaihe

- Insuliini dominoiva säätelijä
 - Eritystä lisäävät
 - Plasman glukoosi
 - Plasman aminohapot
 - Inkretiinit GLP-1 ja GIP (ohutsuolen seinämä)
 - CCK, gastriini
 - Parasymptaattinen aktiivisuus
 - Eritystä vähentävät
 - Sympaattinen aktiivisuus



Postabsorptiovaihe

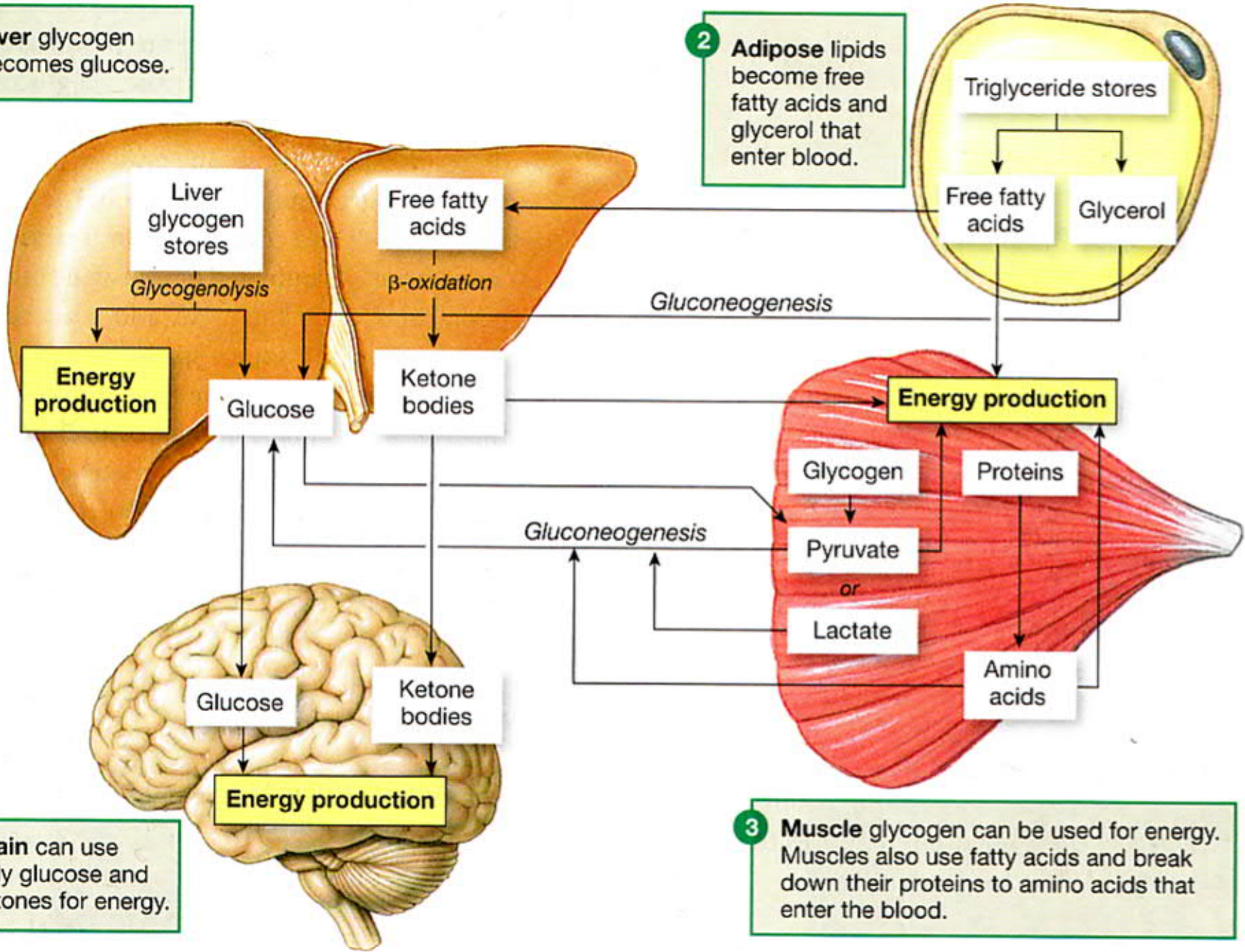
- Normaalin glukoositason ylläpito!
 - glykogeenin mobilisaatio
 - glukoneogeneesi
 - rasva-aineenvaihduntaan siirtyminen

Postabsorptiovaihe

- Glukagoni dominoiva säätelijä
 - Eritystä lisäävät
 - Plasman aminohapot
 - Eritystä vähentävät
 - Plasman glukoosi
 - GLP-1 ja GIP

1 Liver glycogen becomes glucose.

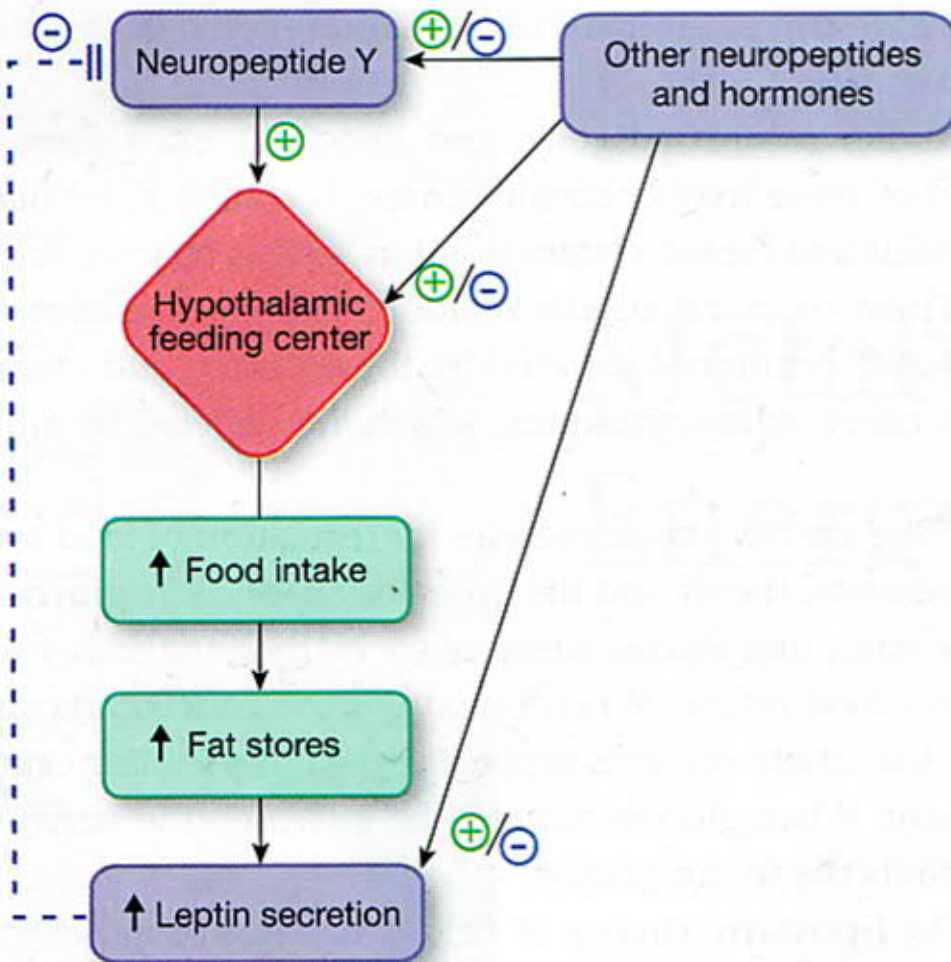
2 Adipose lipids become free fatty acids and glycerol that enter blood.



4 Brain can use only glucose and ketones for energy.

3 Muscle glycogen can be used for energy. Muscles also use fatty acids and break down their proteins to amino acids that enter the blood.

Ravinnonsaannin säätely



PEPTIDE	SOURCE
Increase food intake	
Ghrelin	Stomach
Neuropeptide Y (NPY)	Hypothalamus
Orexins (also called hypocretins)	Hypothalamus
Decrease food intake	
CCK	Small intestine; neurons
Leptin	Adipose tissue
Obestatin	Stomach
Corticotropin-releasing hormone (CRH)	Hypothalamus
α-Melanocyte-stimulating hormone (α-MSH)	Hypothalamus
CART (cocaine- and amphetamine-regulated transcript)	Hypothalamus
Glucagon-like peptide-1 (GLP-1)	Intestines
PYY ₃₋₃₆	Intestines

Hiilihydraatti-, proteiini, ja rasva- aineenvaihdunnan säätely

■ HAIMA

- INSULIINI (beta soluista, glukoosin ja aminohappojen soluun siirto)
- GLUKAGONI (alfa soluista, glukoosin vapautuminen)

■ LISÄMUNUAISYDIN

■ ADRENALIINI

- lisää suoraan glukoosin tuotantoa maksassa ja lihaksissa
- Epäsuorasti -> lisää glukagonin ja pienentää insuliinin eritystä

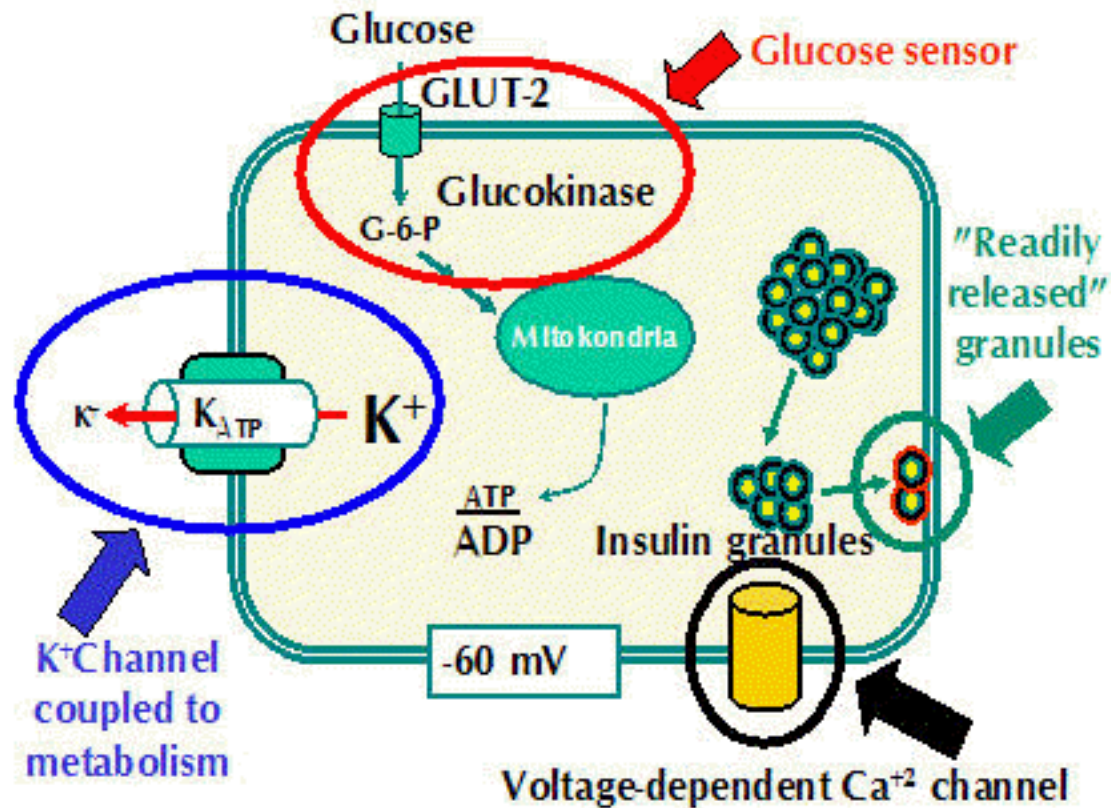
■ Pohjukaissuoli

■ GIP, GLP-1

- Edistävät insuliini- ja vähentävät glukagonieritystä

Insuliinin erityys

Ionic Control of Insulin Secretion



Insuliinin ja glukagoni

