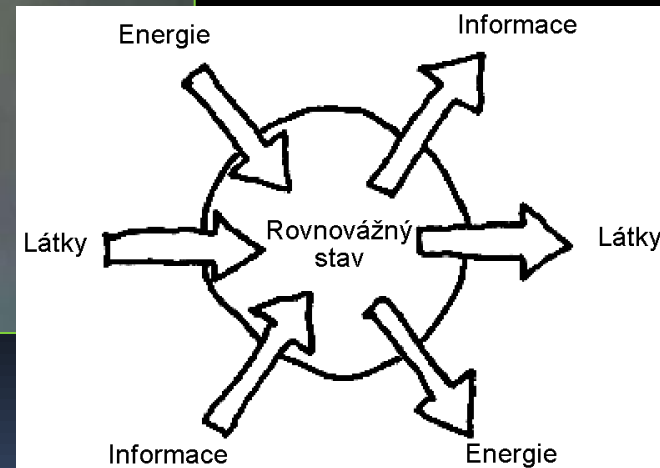


Trávení



Jak se dostat k energii chemických vazeb a k stavebním látkám?

Trávení

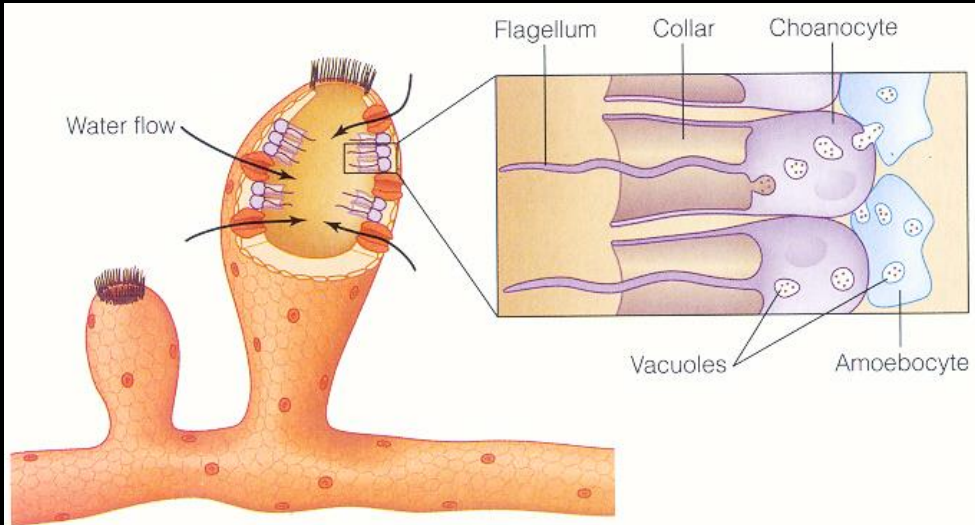
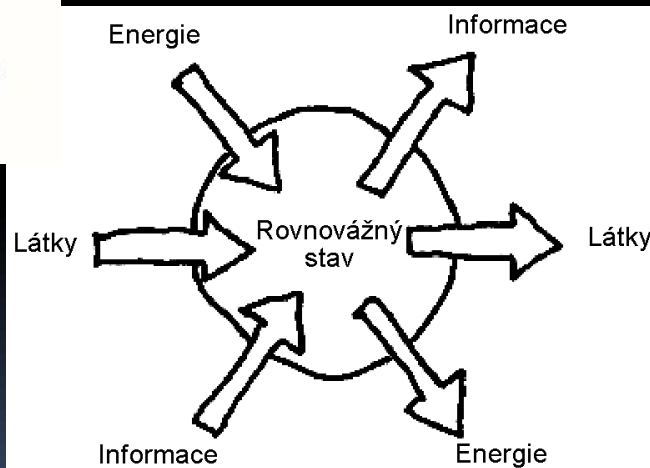
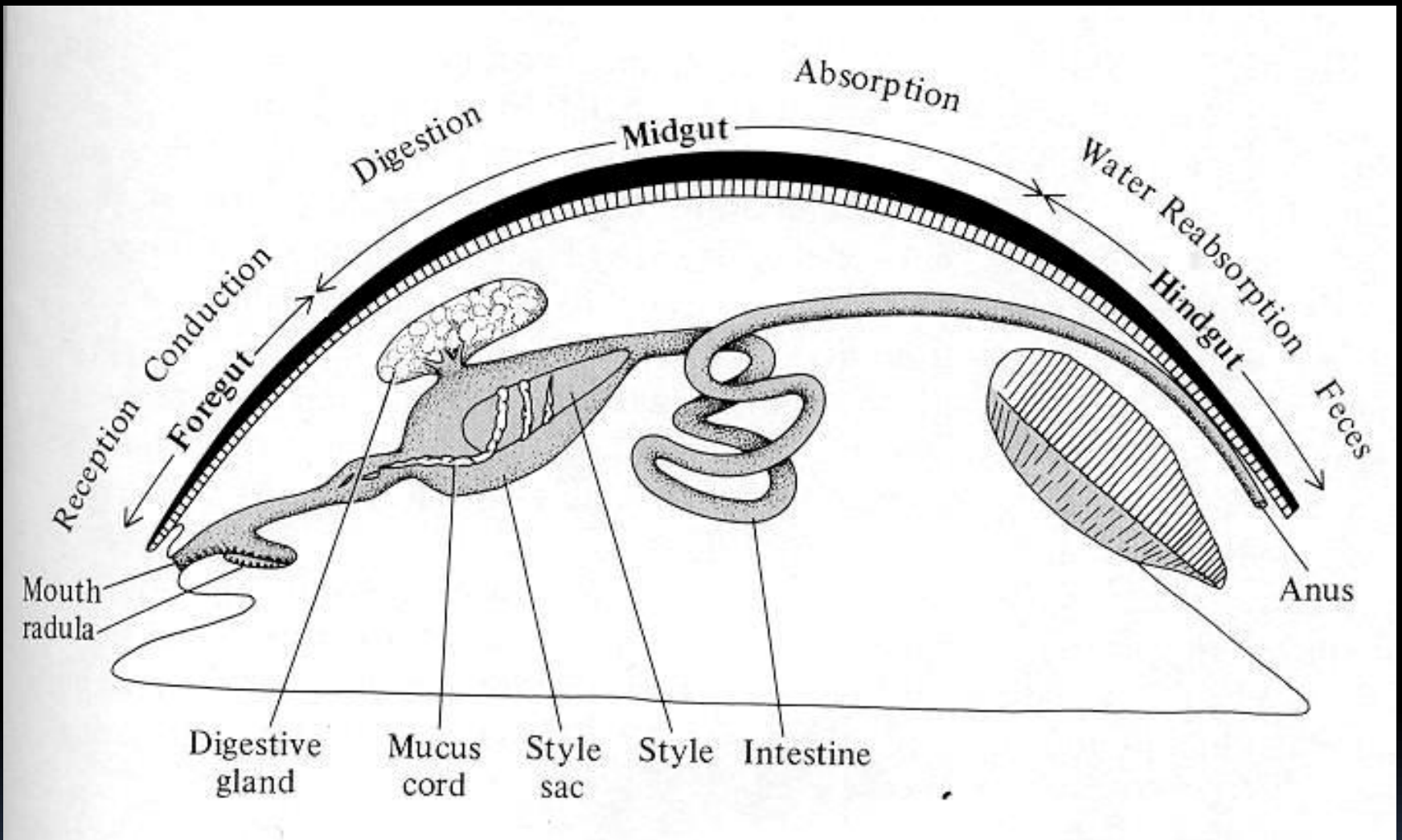


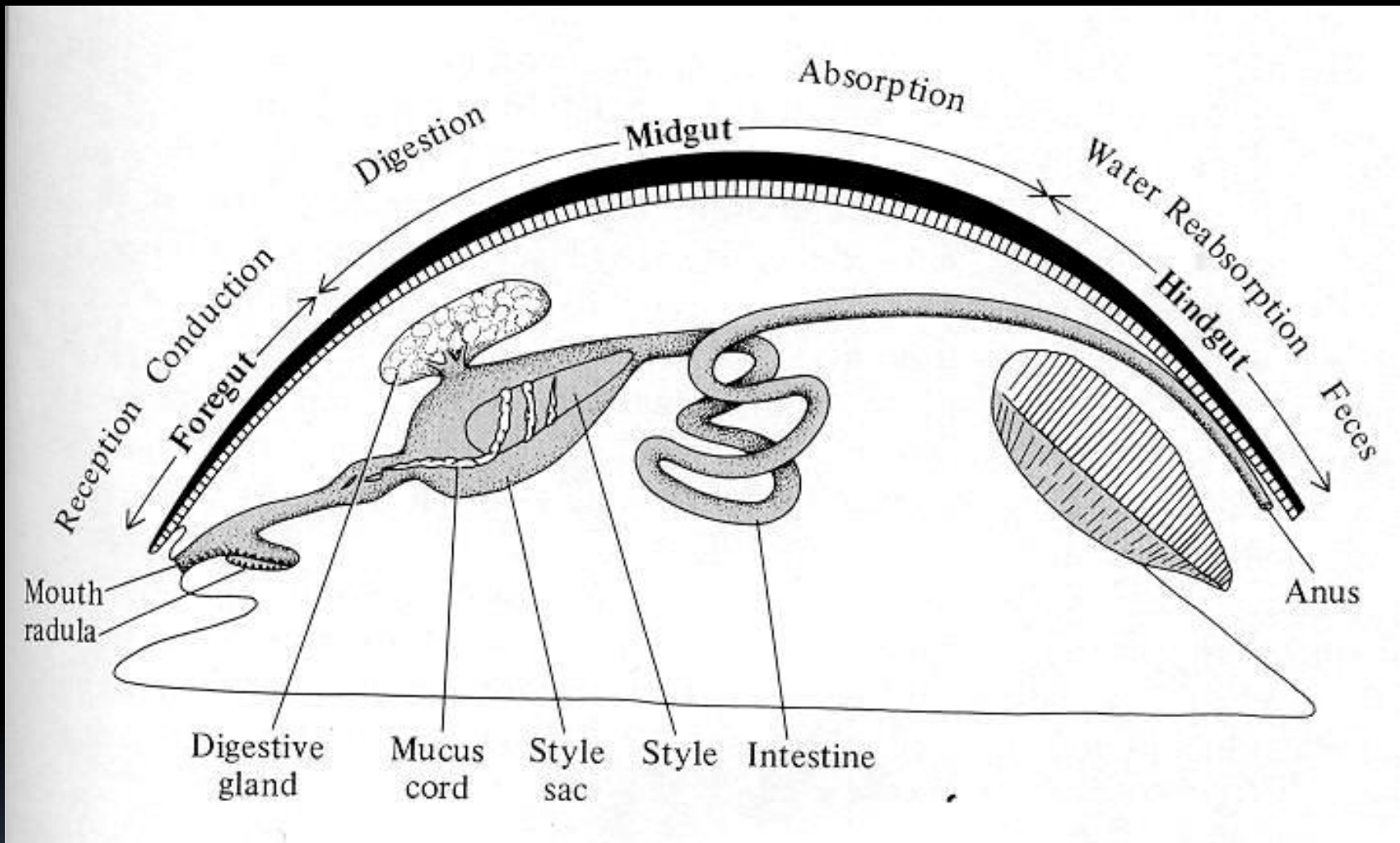
Figure 11.8 Sponge digestion Water is brought through channels by the flagellated choanocytes. Food particles are phagocytosed by choanocytes and amoebocytes.



Nejstarší způsob je fagocytóza. Amoebocyty hub už potravu roznáší po těle.

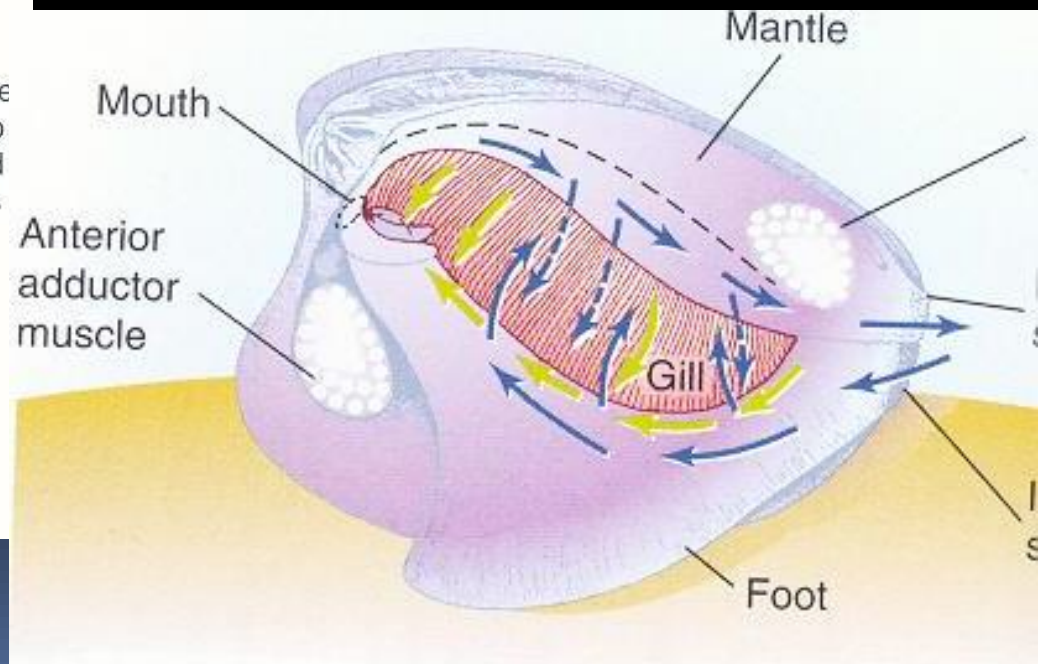
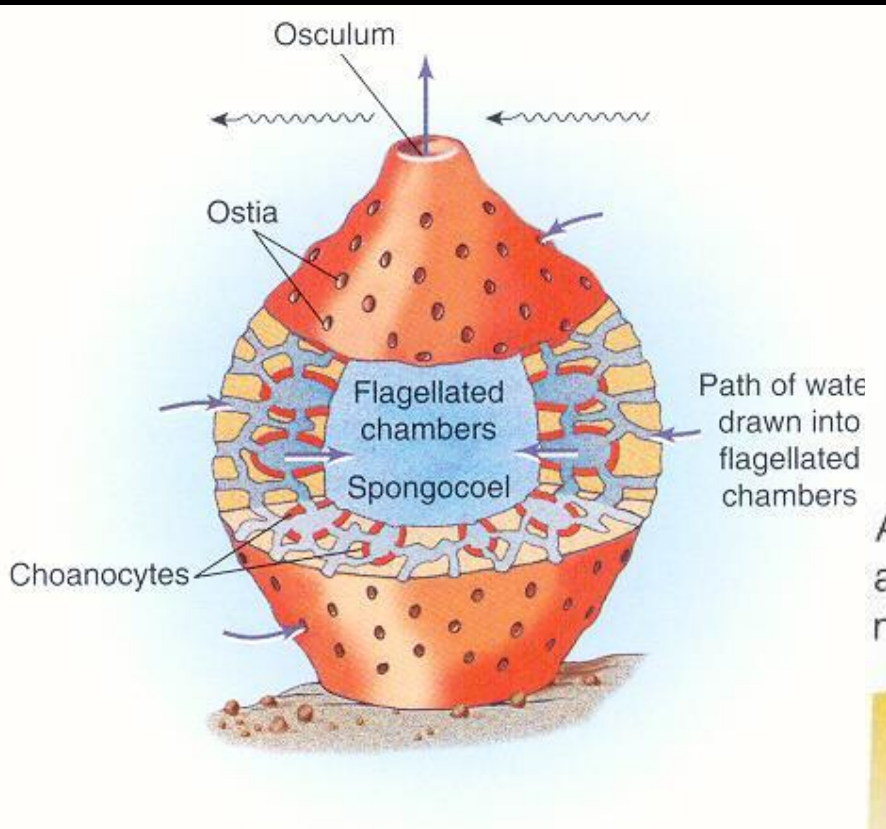


Povrch těla nestačí, je třeba si odnést zásobu s sebou. Dutina v těle, nejprve s jedním, pak se dvěma otvory, s velkým povrchem. Je nutno zmenšit kusy potravy až na velikosti procházející epitelem.

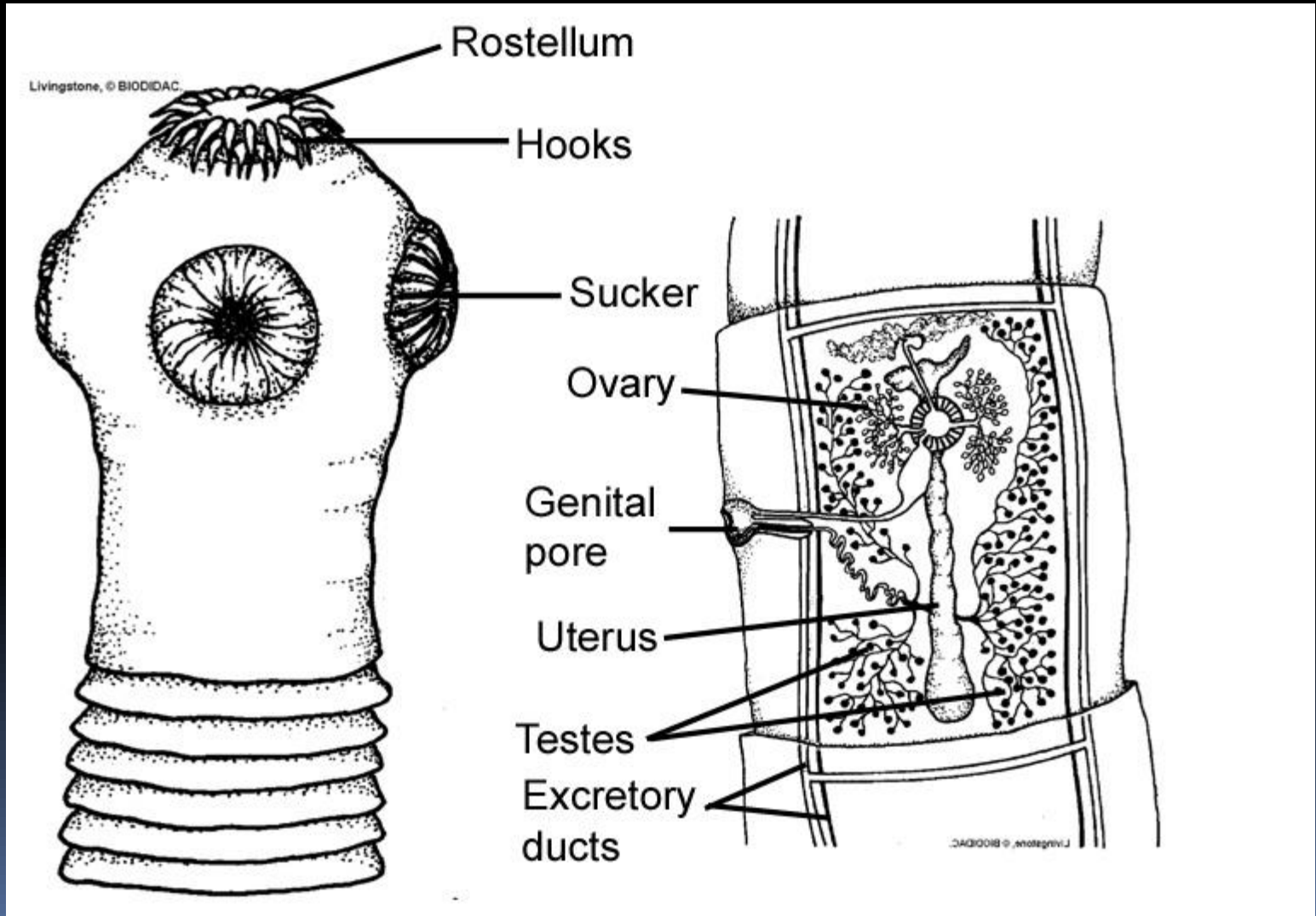


hlavní fáze zpracování živin: přijímání, uložení a mechanické zpracování (rozmělnění), trávení, vstřebávání (resorpce) a odstranění zbytků (defekace). Během trávení se energie spíše investuje než získává.

Jak se k potravě dostat: Obrovská rozmanitost velikosti, tuhosti, složení potravy – a tedy i způsobů příjmu otravy
Proudění vody u filtrujících živočichů: řasinky a mikroskopická potrava



Druhotná specializace parazitů: Tasemnice je zcela bez trávicí soustavy



Přechody mezi intra a extracelulárním trávením.

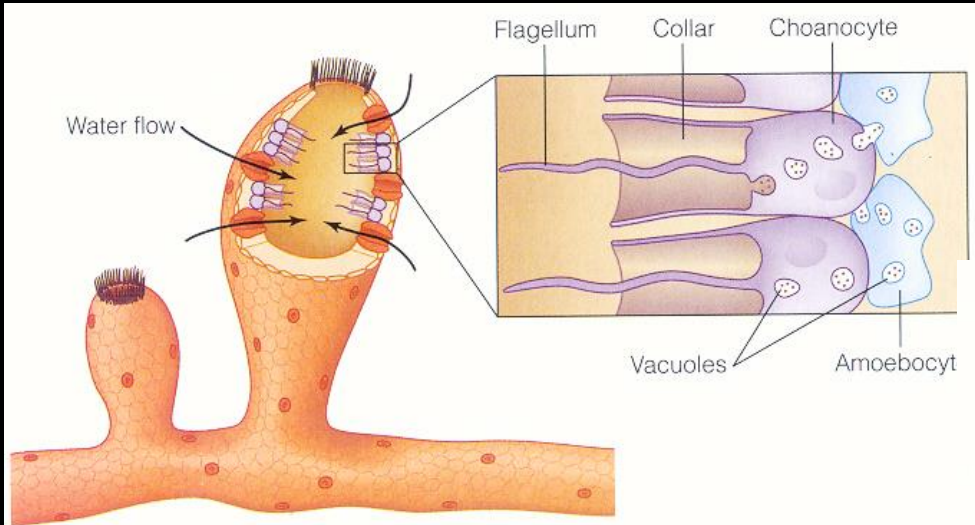


Figure 11.8 Sponge digestion Water is brought through channels by the flagellated choanocytes. Food particles are phagocytosed by choanocytes and amoebocytes.

Endocytóza a spolupráce s dalšími buňkami u hub, láčkovců.

Začátky extracelulárního trávení u nezmara (žlázové bb).

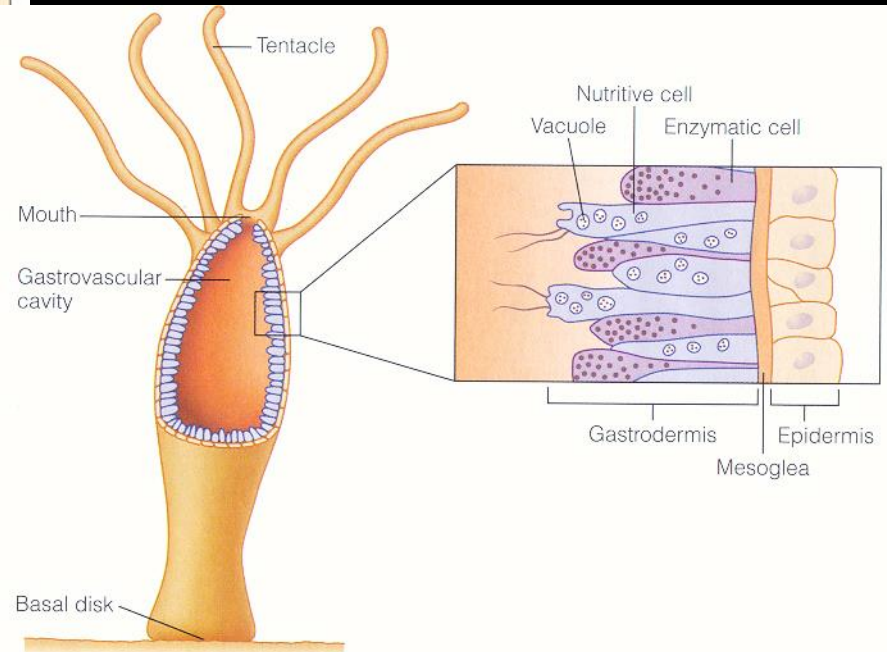
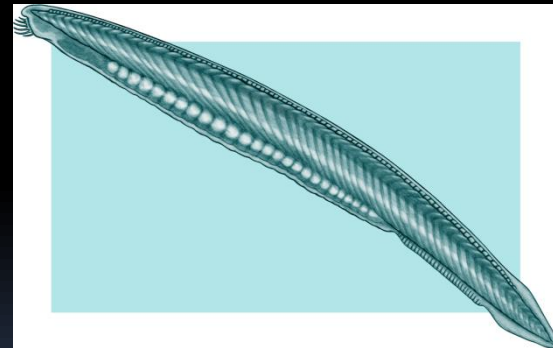


Figure 11.9 Cnidarian digestive system A cnidarian, such as *Hydra*, captures food with its tentacles, and carries it to the mouth in mucous streams. The food passes through the open mouth into the gastrovascular cavity for digestion. Particles are phagocytosed by nutritive cells lining the cavity, and digested in endocytic vacuoles. Nutrients can then diffuse from the nutritive cells of the gastrodermal layer to the other cells of the gastrodermis (gland cells) and epidermis (sensory cells, nematocytes, epithelial cells).

Intracelulární trávení je fylogeneticky starší u **jednobuněčných** i některých **mnohobuněčných** organismů, kdy jsou drobné částice potravy **fagocytovány** buňkami.

Vývojově pokročilejší je trávení **extracelulární**, kdy se do trávicí dutiny vylučují enzymy štěpící živiny na látky jednodušší, které se pak **resorbují**. Typicky u **vyšších bezobratlých a u obratlovců**.

Přechody mezi oběma typy jsou plynulé: už nezmar tráví extracelulárně a naopak u kopinatce ještě existuje i intracelulární trávení.



Výhody extracelulárního trávení a trávicí trubice

- 1) Možnost trávit částice potravy mnohem větší než jsou vlastní buňky.
- 2) Umožňuje, aby se skupiny buněk nebo celé oddíly trávicího traktu specializovaly na dílčí trávicí funkce – zásobárna, sekrece, trávení, resorpce.
- 3) Umožňuje prostorově oddělit různé pochody při trávení – kyselý proces štěpení proteinů v předním střevě od alkalického nebo neutrálního trávení – štěpení sacharidů a lipidů ve středním.

3 typy „reaktorů“:

- i) dávkový, Nutný optimální retenční čas – nesmí trvat ani krátce ani dlouho.
- ii) zásobníkový (průtok substrátů a produktů – typ bachor, slepé střevo),
- iii) průchozí reaktor - Průtok pomocí svalových kontrakcí umožňuje přijímat i trávit zároveň – rychlejší systém vyžadující už dva otvory.

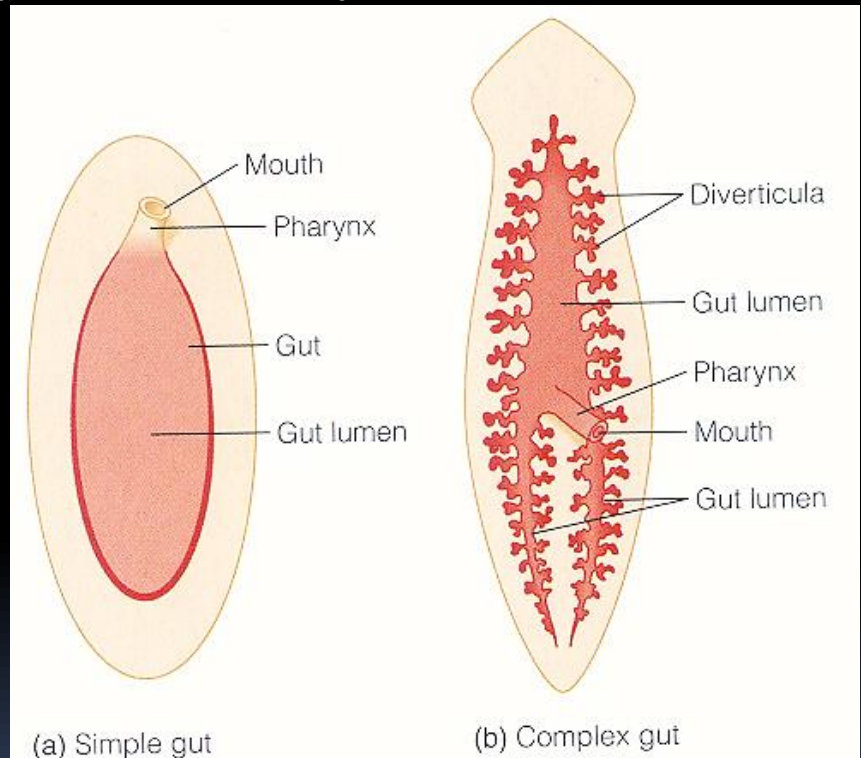
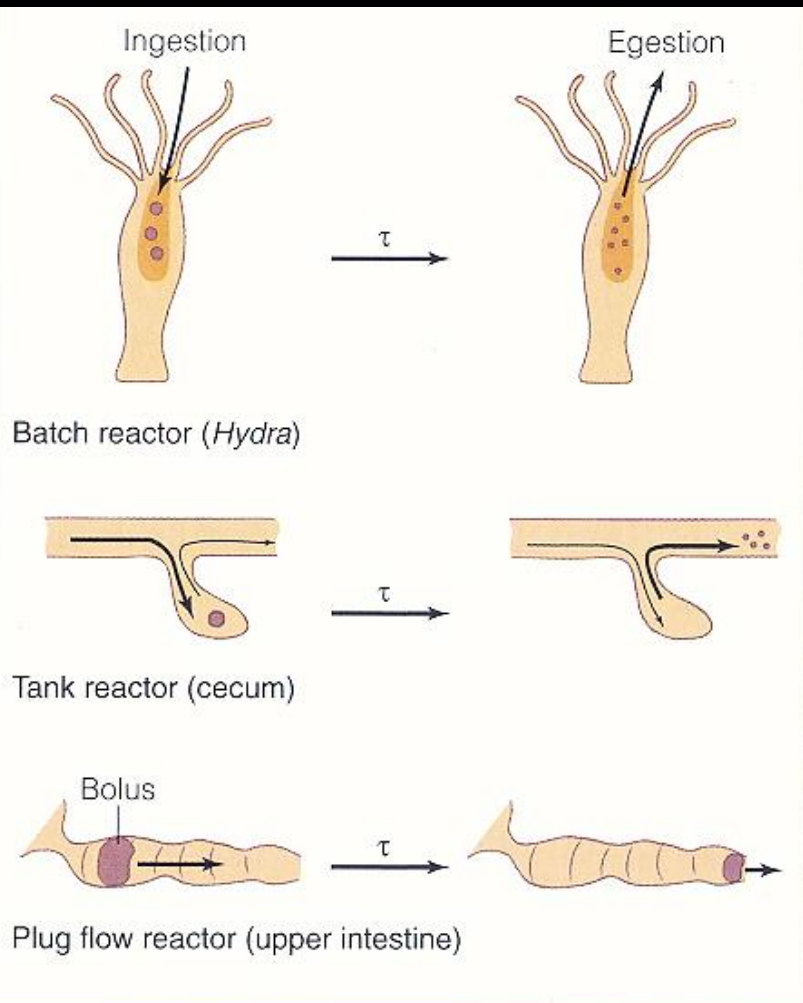
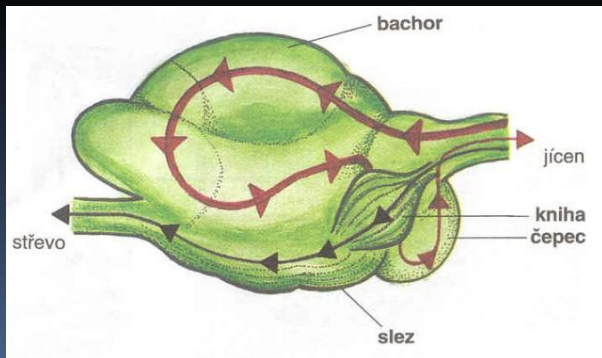


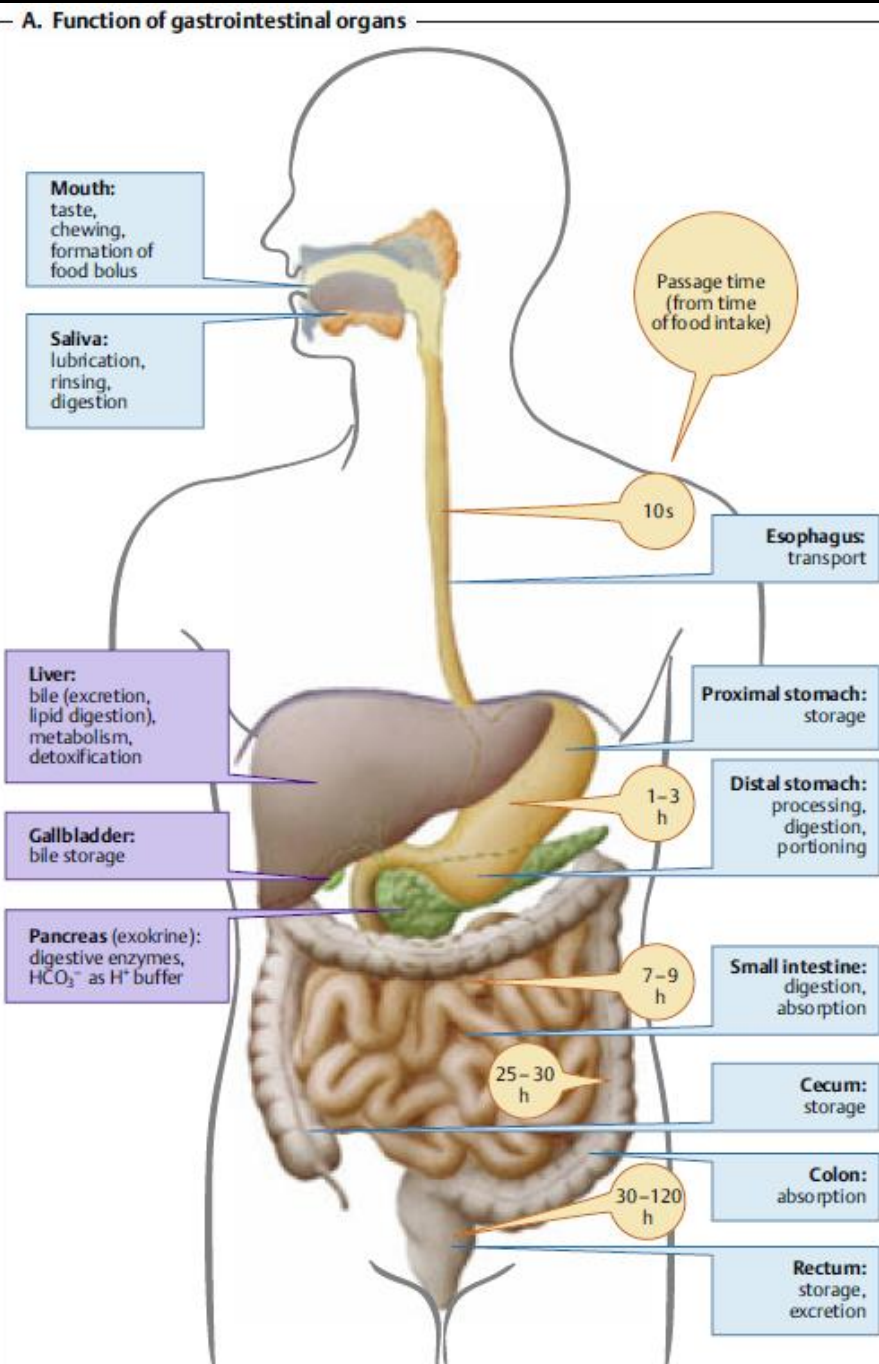
Figure 11.13 Flatworm GI tracts Like the simple animals, such as sponges and cnidarians, the flatworms have two-way guts. **(a)** Most flatworms, such as *Macrostomum*, possess a simple gut with a single sac. **(b)** In some larger flatworms, such as *Dugesia*, the gut can have three or more side branches with lateral diverticula.

Symbionti trávicích soustav

- Problém celulózy – jen málo živočichů má vlastní celulózy – mikrobiální fermentace. Mnoho bezobratlých i obratlovců.
- Vitaminy a Imunita díky střevní flóře
- Cékotrofie - králík opakovaným přijetím řídkých primárních výkalů získá vitamíny, aminokyseliny a bílkoviny, které ve slepém střevě vytvořily endosymbiotické bakterie
- Fermentační oddíly střeva skotu



Člověk jako model všežravého savce

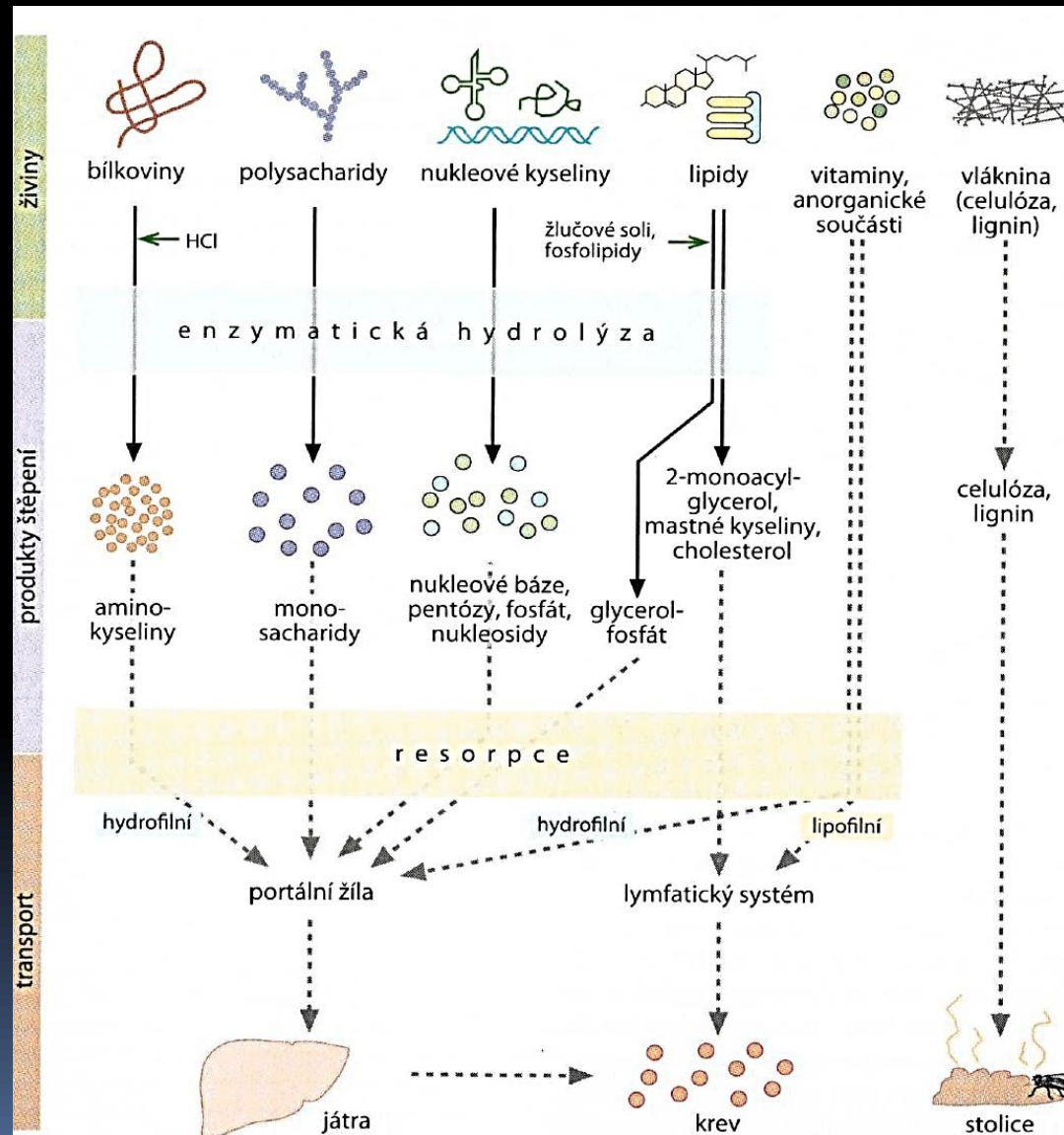
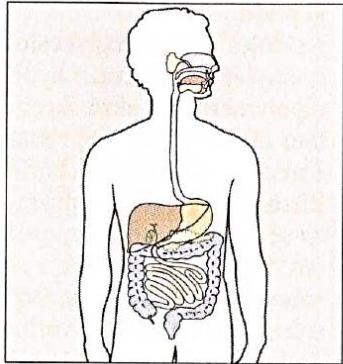


Typy živin a součásti potravy.

Aby mohly projít do krve, musí se složky potravy fyzikálně rozmělnit a chemicky rozštípat.

Resorpcí vrcholí a končí pochody trávení.

Do krve přes portální žílu a játra – hydrofilní složky.
Nebo přes lymfu – lipofilní složky.



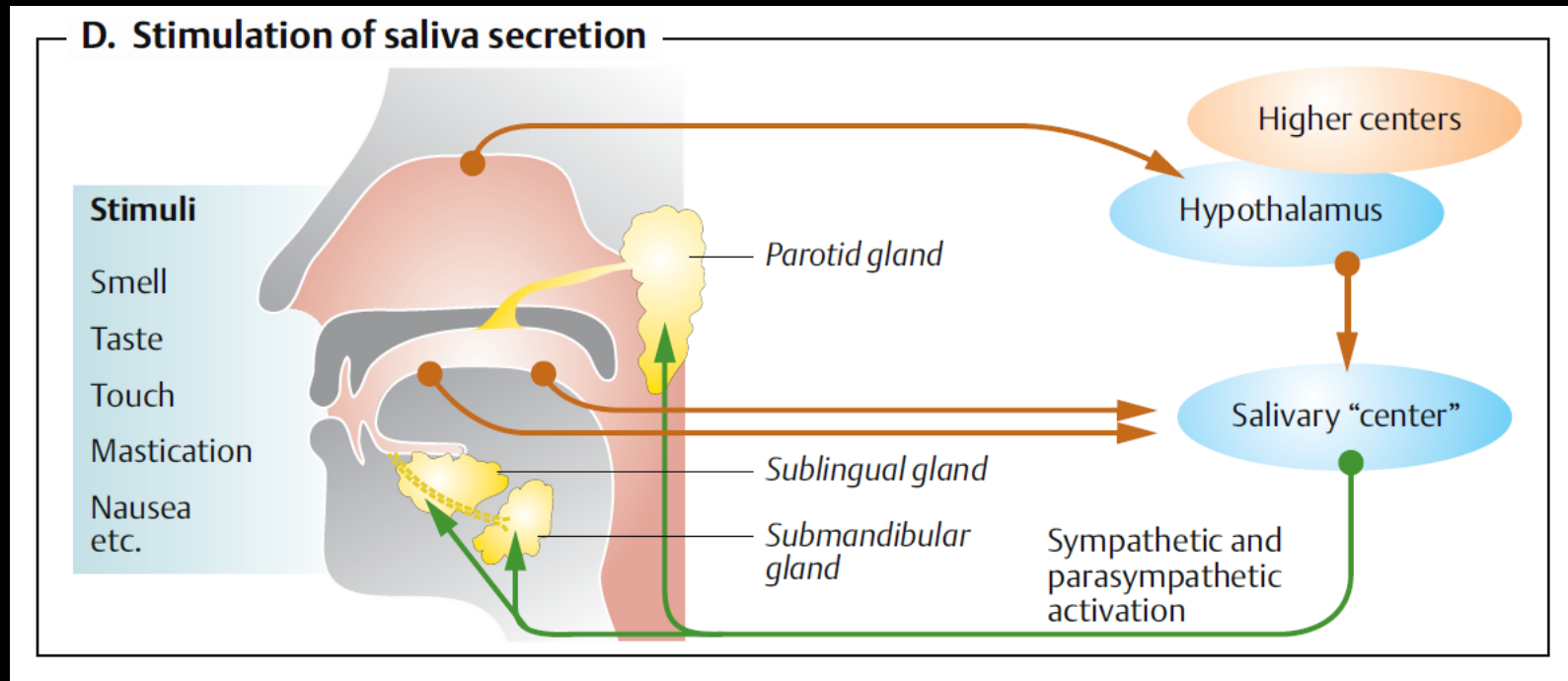
Podle Barevného atlasu biochemie. Grada.

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťáv u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany , lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin, renin (u dětí)	1–3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7–8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol, barviva	asi 1	7–8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7–8

Stimulace sekrece slin a slinné žlázy



Nepodmíněně **reflexní sekrece slin** je vyvolána žvýkacími pohyby, mechanickým drážděním ústní sliznice a chemickým drážděním chuťových receptorů. Podněty jsou přenášeny do slinného ústředí v prodloužené míše. Vegetativní inervace se uskutečňuje prostřednictvím nervů lícního a jazykohltanového (VII. a IX. mozkový nerv). Podmíněně reflexní reakce slinění vznikají až v průběhu života.

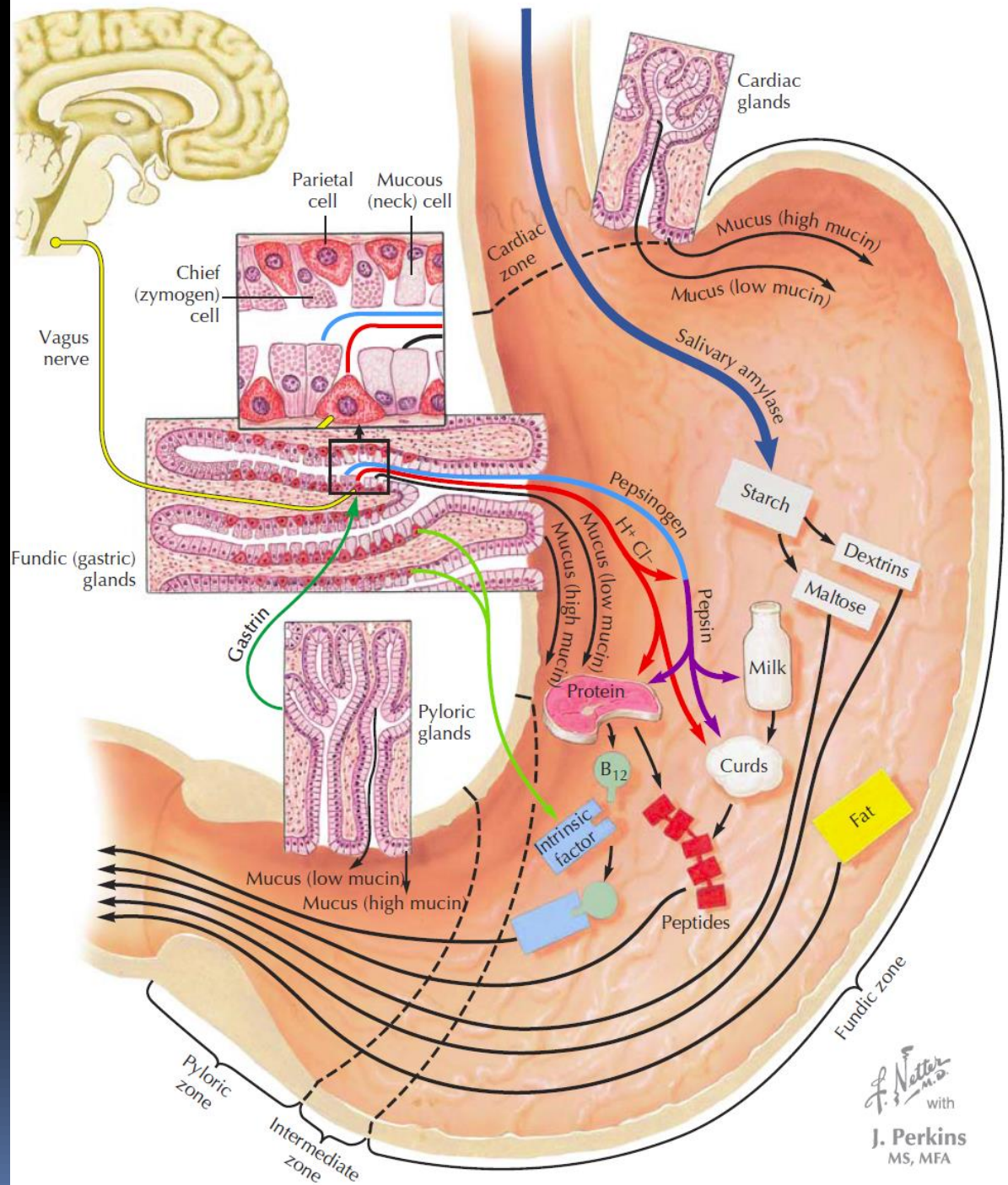
Žaludek

Zásobárna a trávení. Kardié – česlo, Pylorus – vrátník. Proximální, distální část.

- Parietální bb. sekretují HCl
- aktivuje pepsin a lipázu.
 - mění Fe^{3+} na vstřebatelnou formu Fe^{2+}
 - rozvolňuje vazivo a koaguluje bílkoviny
 - Imunitní brána

Hlavní bb. Produkují pepsinogen, lipázu
25% trávení už v žaludku

Mukózní bb. produkující Mucin
Faktor chrání B12 před proteázami



Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťáv u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany , lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin, rennin - chymozin (u dětí)	1–3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7–8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol, barviva	asi 1	7–8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7–8

Faktory ovlivňující motilitu žaludku

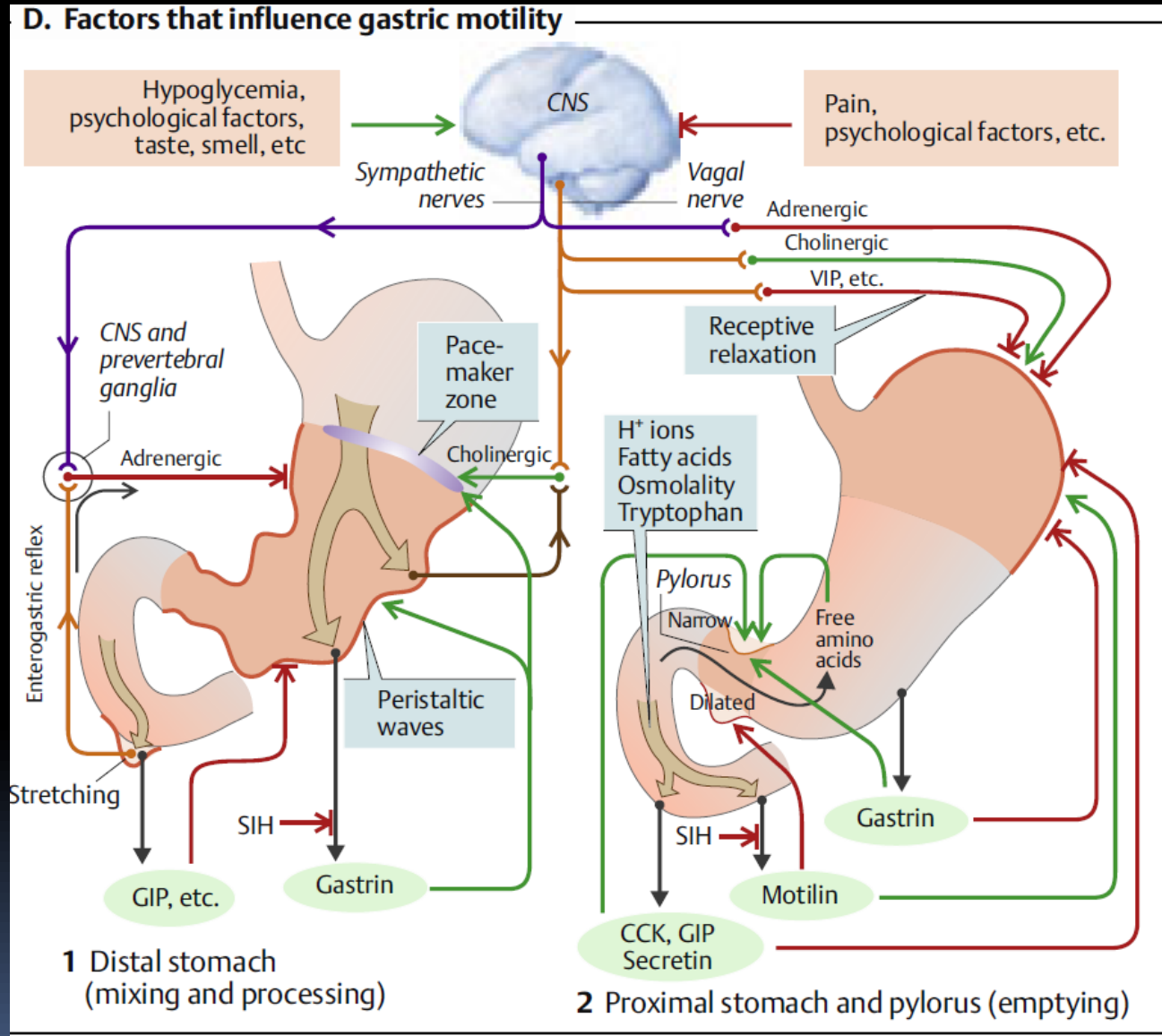
Motilita žaludku řízena mechanicky, chemicky, nervově, endokrinně i parakrinně. Postupně propouští tráveninu, tekutiny dříve.

Proximální žaludek odpovídá za vyprazdňování
Distální za míchání a trávení

Gastrin podporuje sekreci HCl, sekreci pepsinogenu, motilitu. Oddaluje ale vyprázdnění.

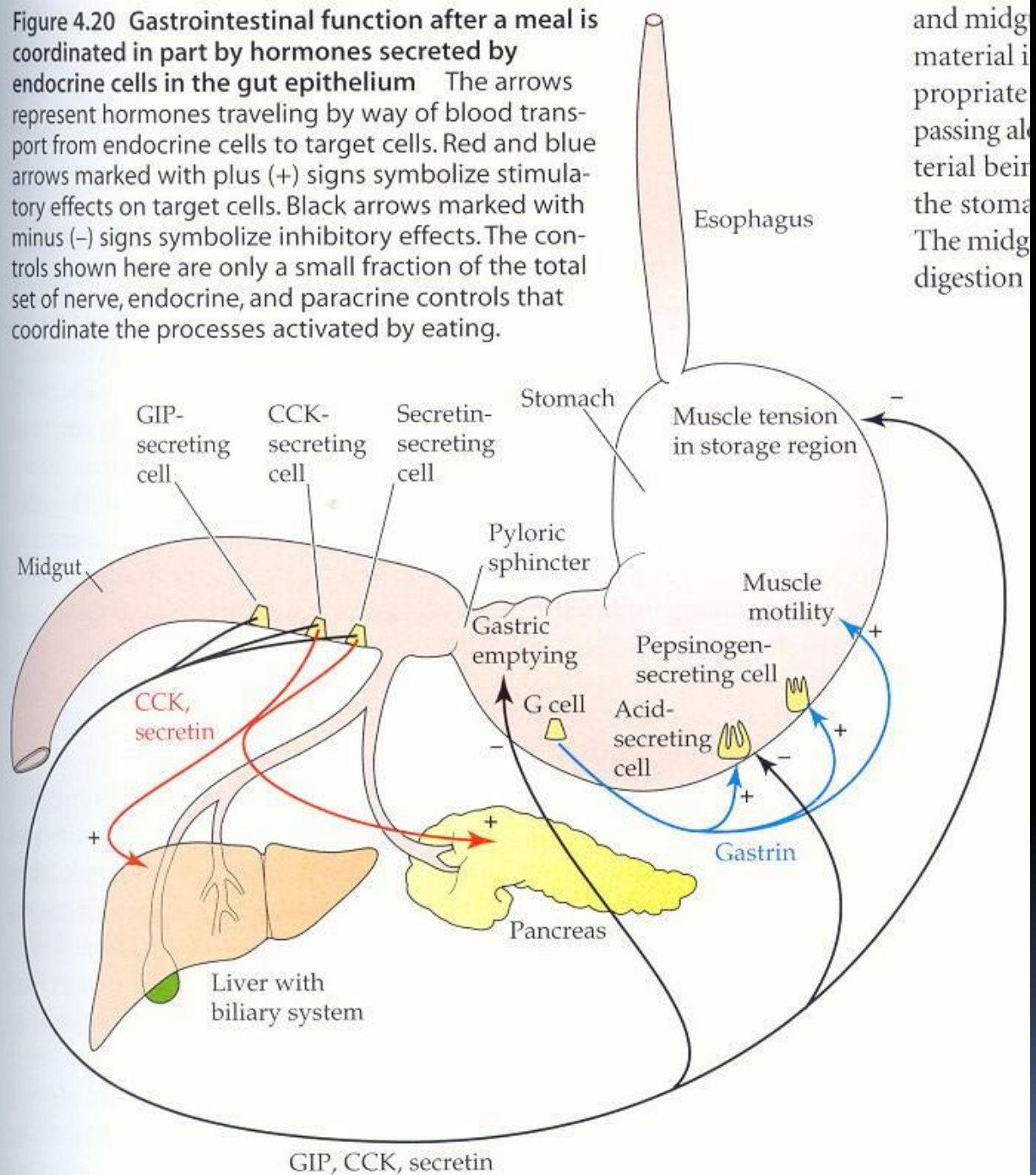
Motilin v interdigestivní fázi podporuje vyprázdnění (vyčištění) žaludku (tlak a otevření).

Nervové řízení:
Sympatikus při stresu tlumí
Parasympatikus stimuluje



Spolupráce navazujících částí

Figure 4.20 Gastrointestinal function after a meal is coordinated in part by hormones secreted by endocrine cells in the gut epithelium. The arrows represent hormones traveling by way of blood transport from endocrine cells to target cells. Red and blue arrows marked with plus (+) signs symbolize stimulatory effects on target cells. Black arrows marked with minus (-) signs symbolize inhibitory effects. The controls shown here are only a small fraction of the total set of nerve, endocrine, and paracrine controls that coordinate the processes activated by eating.



Dvanáctník kontroluje sekreci šťav a přísun tráveniny

CCK, GIP (gastrický inhibiční peptid), sekretin z dvanáctníku podporují sekreci pankreasu a žluči, ale inhibují vyprazdňování žaludku.

Duodenum "diktuje" žaludku jak rychle se má vyprazdňovat, aby střevo stíhalo (tzv. enterogastrický reflex)

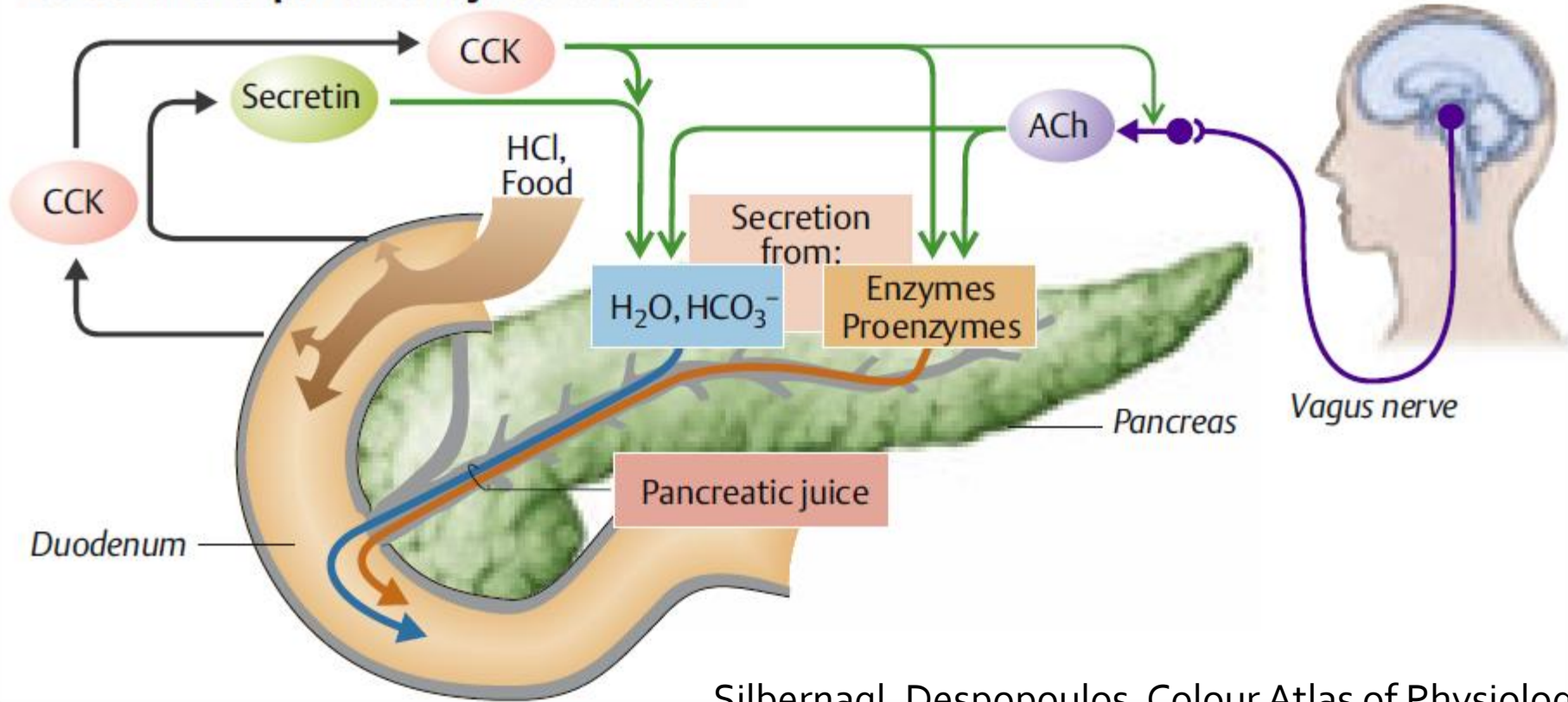
and midgut material is appropriate passing arterial being the stomach. The midgut digestion

Pankreas – slinivka břišní

Řízení produkce pankreatické šťávy: sekrečním nervem pankreatu je zejména **nerv bloudivý**. Vyměšování trávicí šťávy vyvolávají hlavně chemické podněty působící na sliznici dvanáctníku a střeva. Humorální řízení je zajišťováno hormonem **sekretinem** a hormonem **cholecystokininem** z tenkého střeva které sekreci pankreatických trávicích enzymů podporují.

Pankreas kromě trávicích enzymů vylučuje důležité hormony – inzulín a glukagon. Je tedy o exokrinní i endokrinní orgán.

C. Control of pancreatic juice secretion



Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany , lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin,	1–3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, elastáza, lipázy, amylázy, nukleázy, hydrogenuhličitany	1	7–8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol, barviva	asi 1	7–8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7–8

Kaskáda proteolytických enzymů pankreatu

Zymogeny - proenzymy

Trypsinogen je aktivován střevní enterokinázou

Ten aktivuje chymotrypsinogen a prokarboxypeptidázu

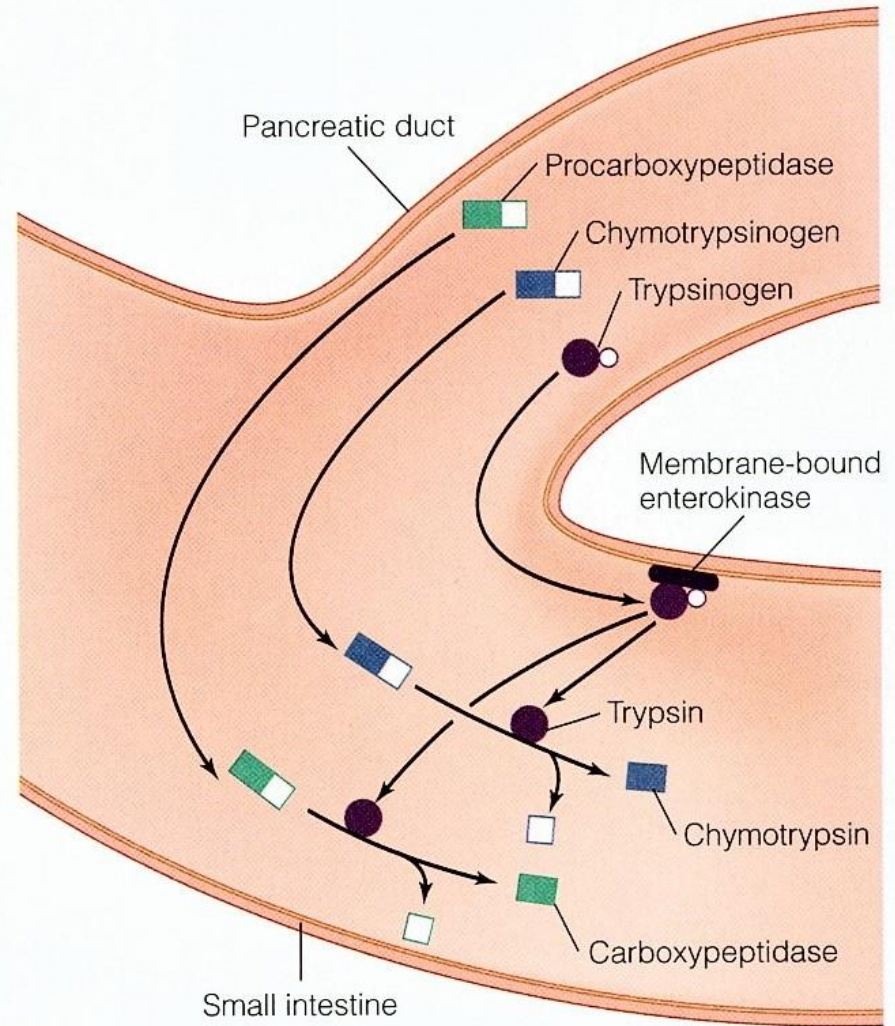
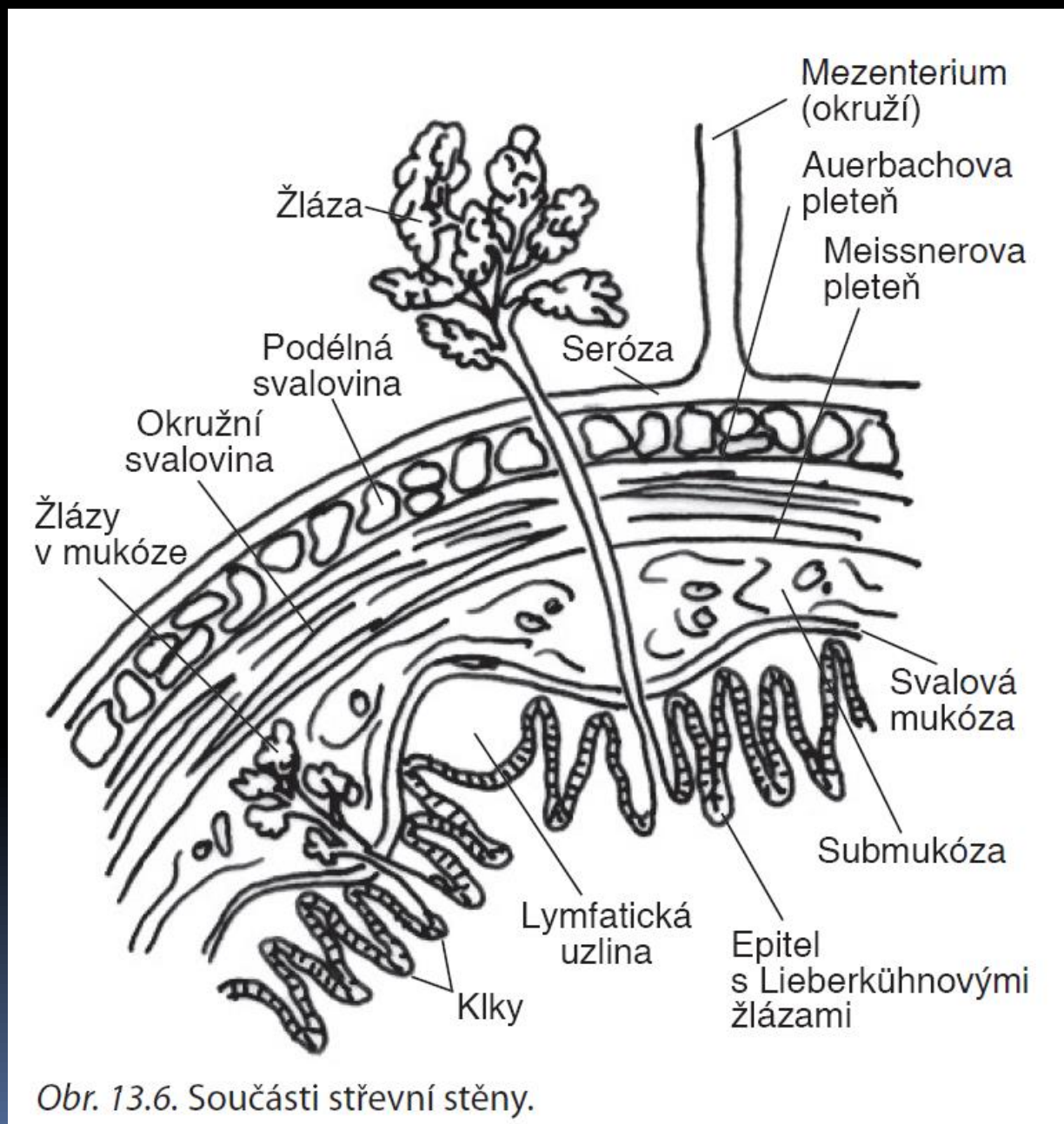


Figure 11.25 Trypsinogen cascade The pancreas secretes three important proteases, all in inactive forms. Trypsinogen is activated by proteolytic cleavage by enterokinase. The activated trypsin then activates chymotrypsinogen and procarboxypeptidase by proteolytic cleavage.

Tenké střevo

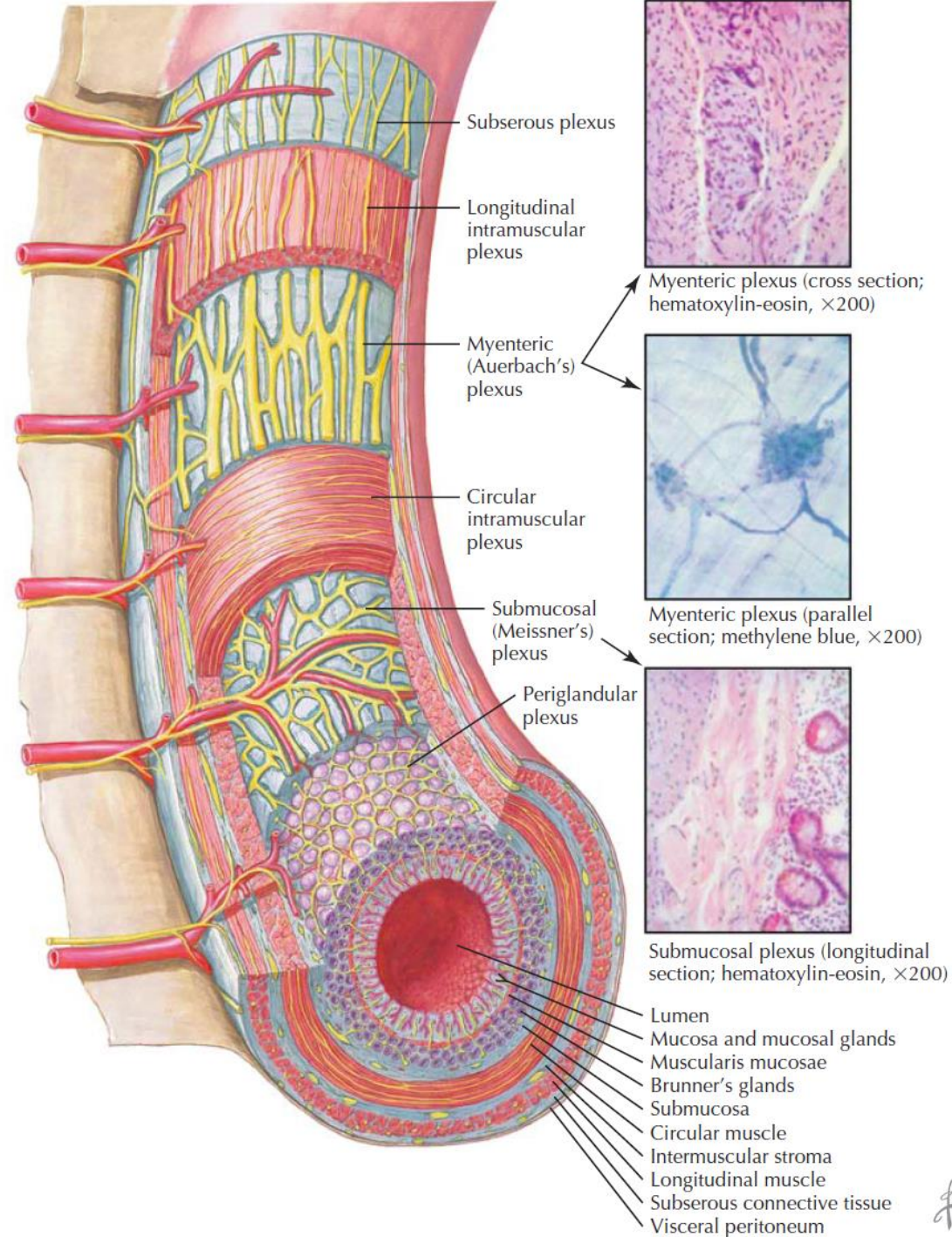
Lieberkühnovy krypty –
do nich ústí střevní žlázy



Obr. 13.6. Součásti střevní stěny.

Mezi podélnou a cirkulární svalovinou je myenterická Auerbachova pleteň – nervová síť ovlivňující kontrakce

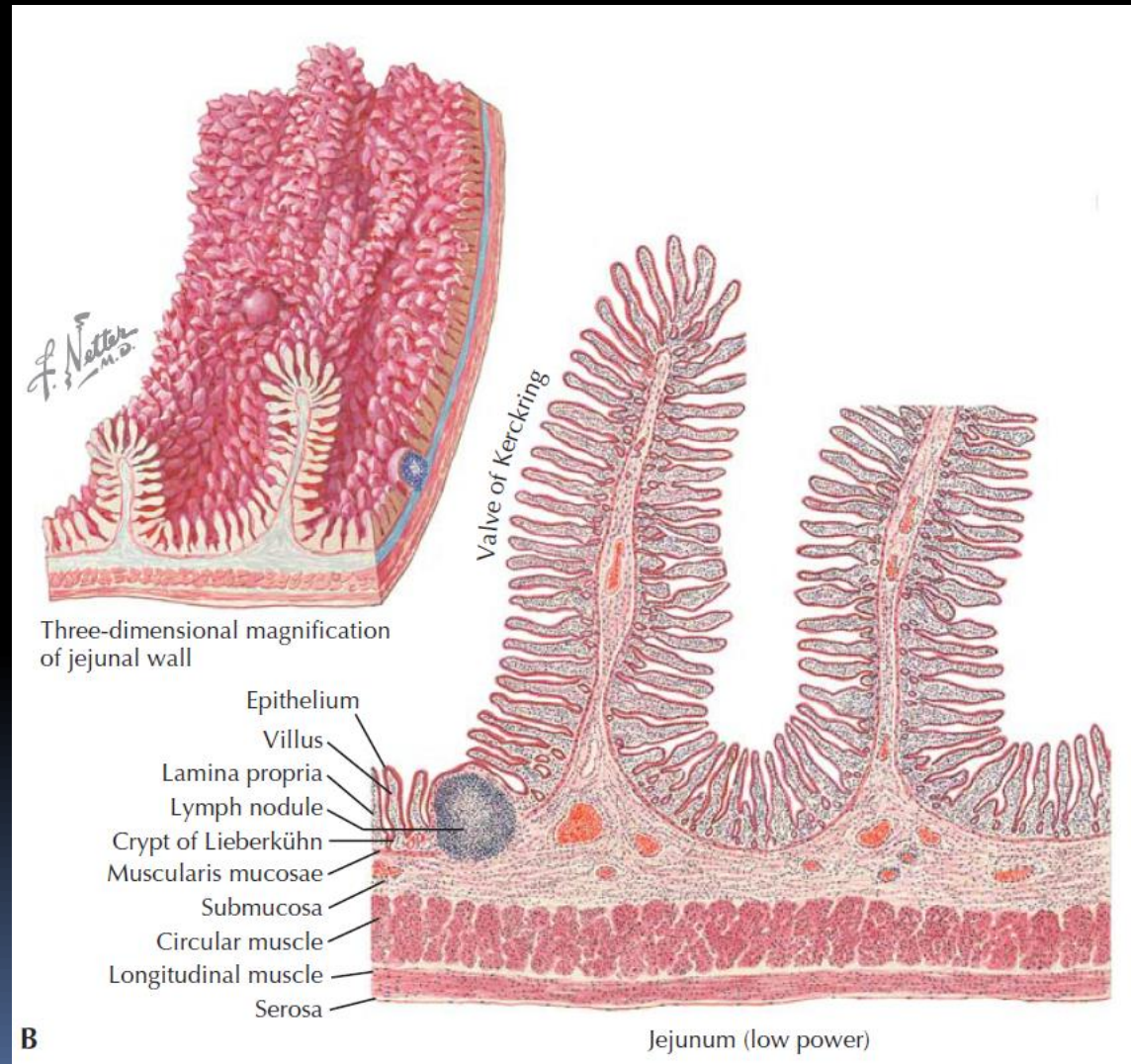
Pod cirkulární svalovinou je Meissnerova pleteň řídící sekreci šťav



Kartáčový epitel

- mikrokly – povrch 600 x větší než rovná trubka
- 200 m²

Lieberkühnovy krypty – do nich ústí střevní žlázy



Na dně krypt neustále proliferují kmenové buňky.

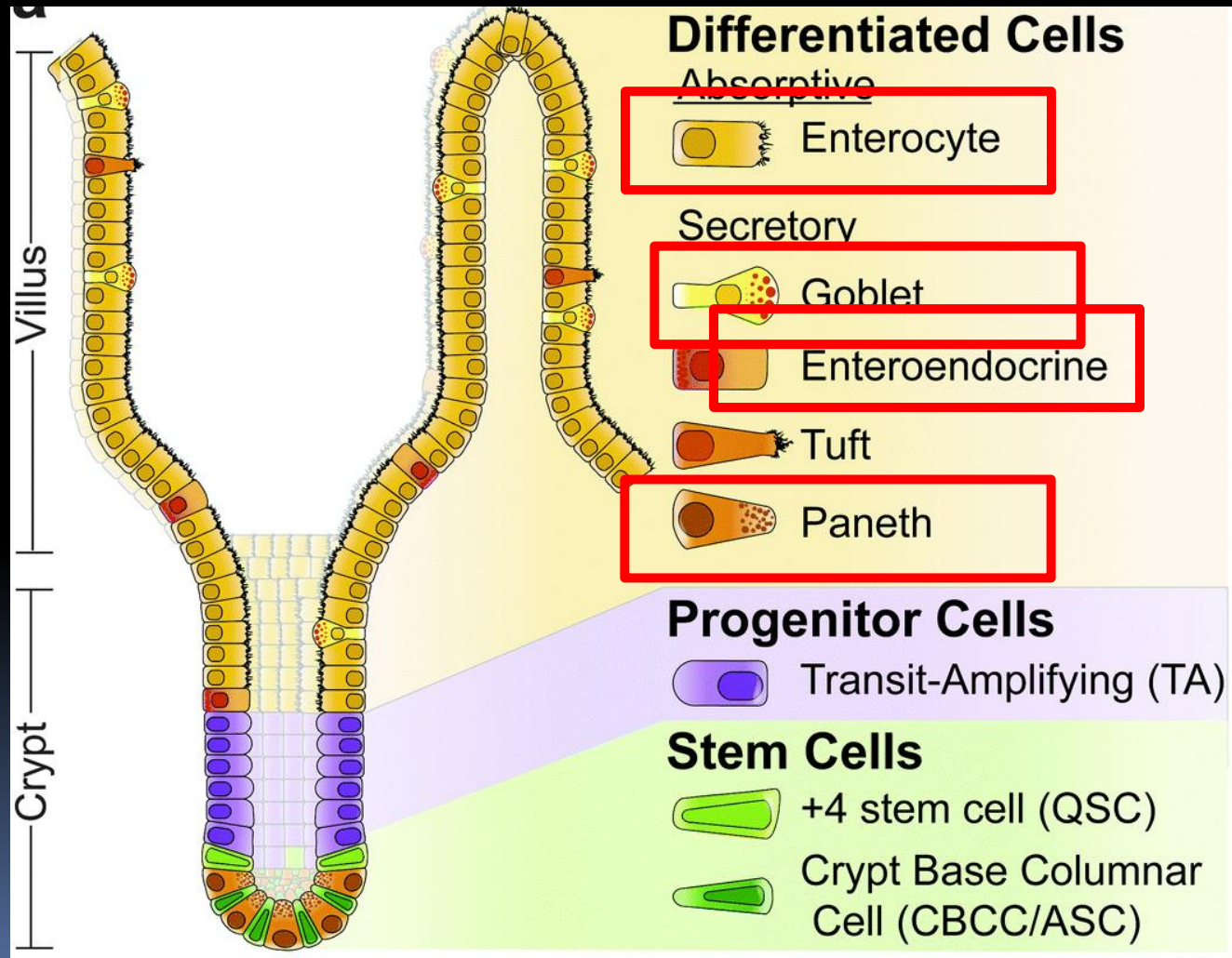
Postupují vzhůru a vznikají sekreční a resorbční i endokrinní buňky.
Odlupují se a zanikají.

Enterocyty – absorpce živin i enzymy

Panethovy buňky – antimikrob. ochrana

Pohárkové bb. – mucin

Enteroendokrinní - hormony



Střevní šťáva

Je vylučována **Lieberkühnovými žlázami** tenkého střeva nepřetržitě při jejich chemickém, nebo mechanickém dráždění potravou. Obsahuje chloridy, **uhličitan sodný**, mucin, odloupené epitelové buňky.

Ve střevní šťávě je obsažena směs **proteolytických enzymů**, štěpících polypeptidy až na aminokyseliny. Enzymy **nukleázy** štěpí nukleové kyseliny na nukleotidy. Dále pak enzym **sacharáza** štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu, **maltáza** maltózu na dvě molekuly glukózy, **laktáza** štěpí laktózu na glukózu a galaktózu.

Střevní **lipáza** hydrolyzuje tuk na glycerol a mastné kyseliny a **střevní enteropeptidáza (enterokináza)** aktivuje pankreatický trypsinogen na aktivní trypsin

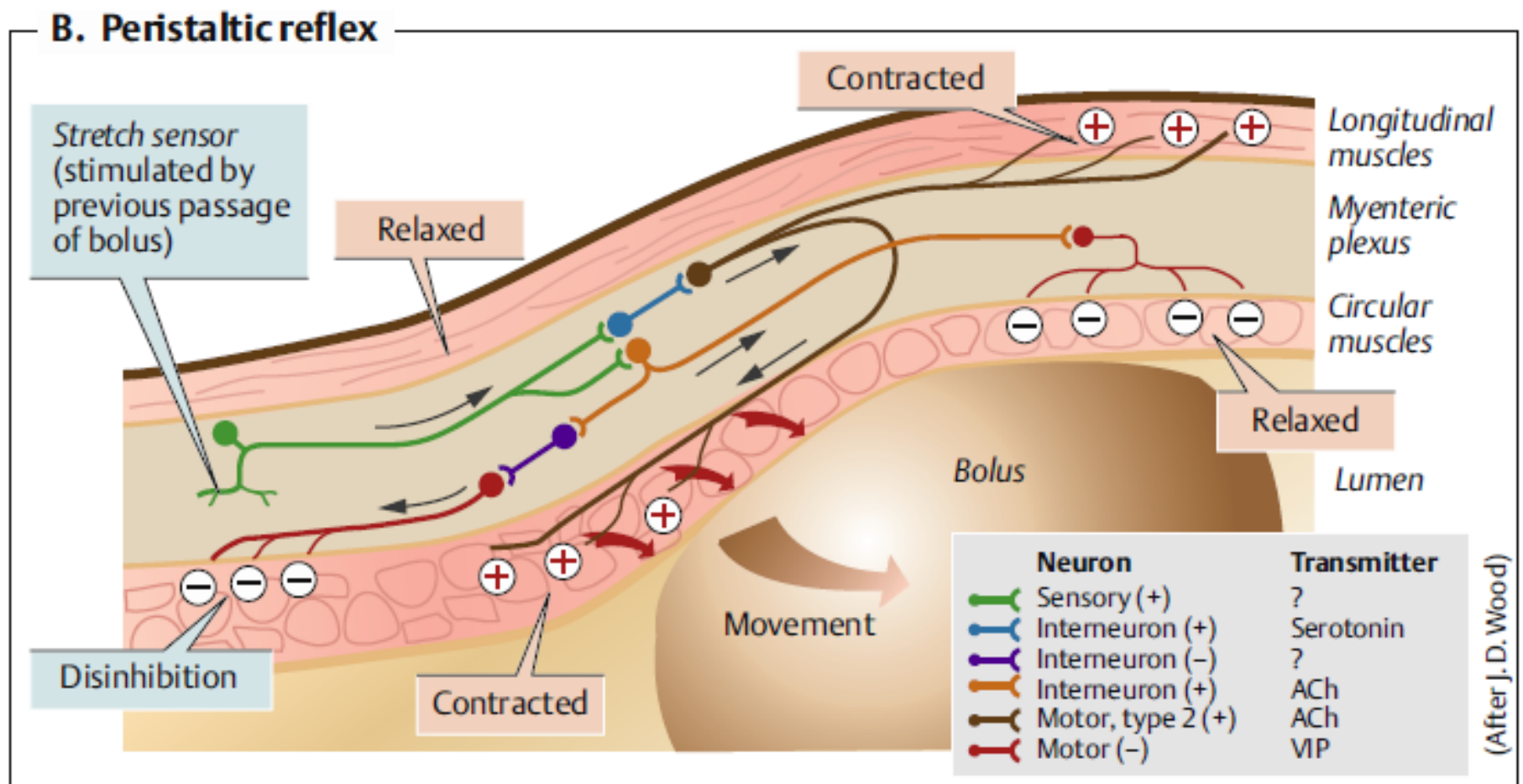
Buňky vrcholů klků tenkého střeva se neustále odlupují a dorůstají (celý epitel se vymění asi za 2 dny). Odloupané epitelie se v dutině střeva rozpadají a také uvolňují trávicí **enzymy**.

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany , lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin,	1–3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7–8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol, barviva	asi 1	7–8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7–8

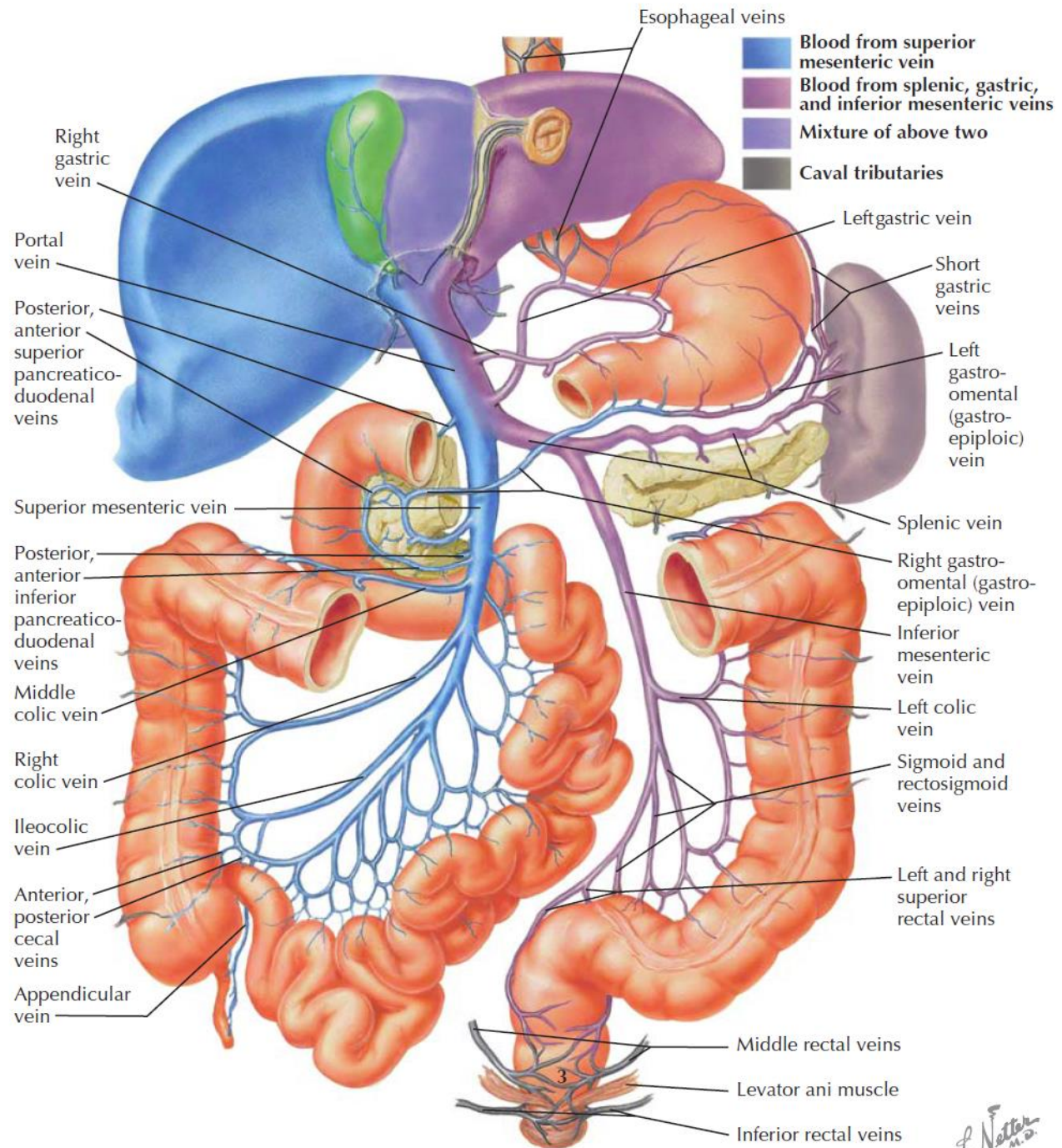
Střevní peristaltika zajištěna spoluprací podélné a okružní svaloviny.
 Řízeno nervovou Auerbachovou pletení (myenterický plexus mezi vrstvami svaloviny).



Játra a žluč

Živiny je třeba předat ke zpracování do jater – vrátnicová žíla (vena porte).

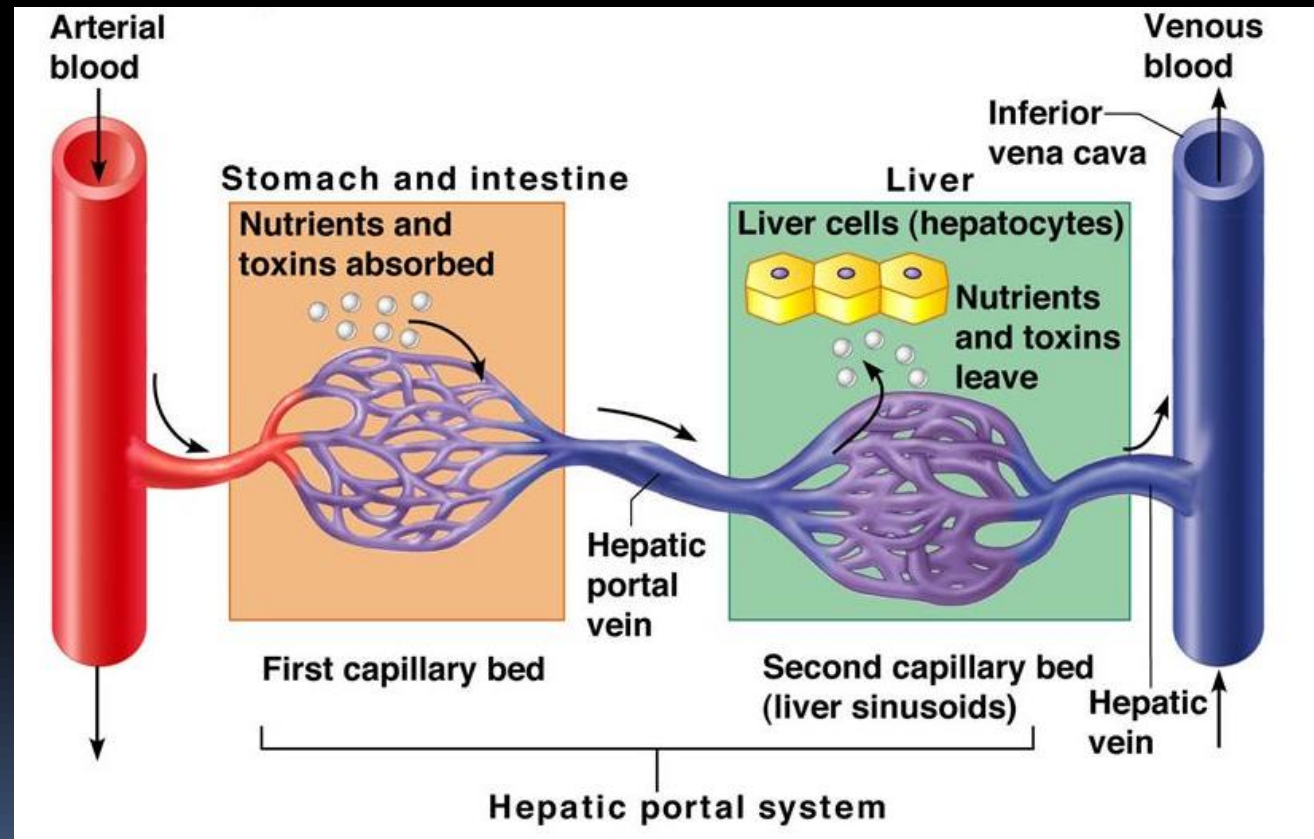
Tuky, cholesterol, vitamíny rozpustné v tucích jsou výjimkou. Ty jsou odváděny jako chylomikrony lymfatickými cévami a do krve se dostanou hrudním mízovodem.



Jaterní portální oběh

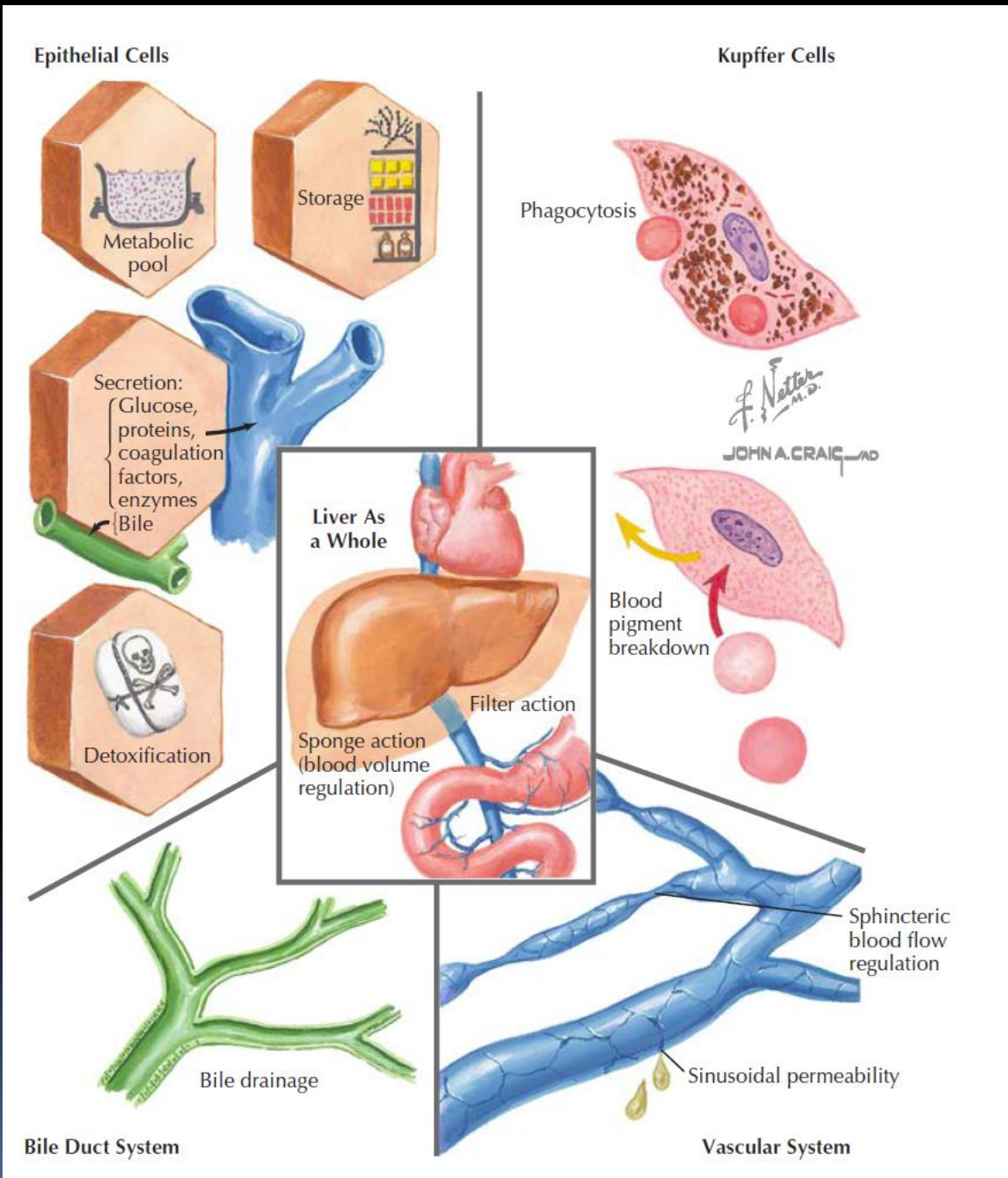
Absorbované látky je potřeba poslat do jater.

Sériové propojení krevním oběhem.



Základní funkce jater:

- 1) Vytvářejí žluč
- 2) Přetvářejí se v nich všechny živiny ze střeva.
- 3) Ukládá se zde glykogen
- 4) Tvoří se zde bílkoviny krevní plazmy.
- 5) Vzniká zde močovina
- 6) Detoxifikace
- 7) Orgánem termoregulace
- 8) Ve fetálním období krvetvorným orgánem
- 9) Regulují objem krve v oběhu
- 10) Fagocytují erytrocyty
- 11) Ukládají vitaminy



Zcela zásadní funkcí jater je **detoxikace** organismu. Hydrofobní molekuly, které nemohou být vyloučeny močí a putují krevním řečištěm navázané na proteiny krevní plazmy, jsou v játrech zpracovány. Nejprve jsou oxidovány a poté se na ně v procesu zvaném konjugace navazují hydrofilní látky (tedy látky volně rozpustné ve vodě) – nejčastěji se jedná o glukuronát či sulfát. Tímto procesem prochází například molekula bilirubinu, rozpadového produktu hemu. Takto vzniklé molekuly mohou být posléze vyloučeny žlučí či močí.

Toxický amoniak z metabolismu aminokyselin je zde přeměňován na močovinu.

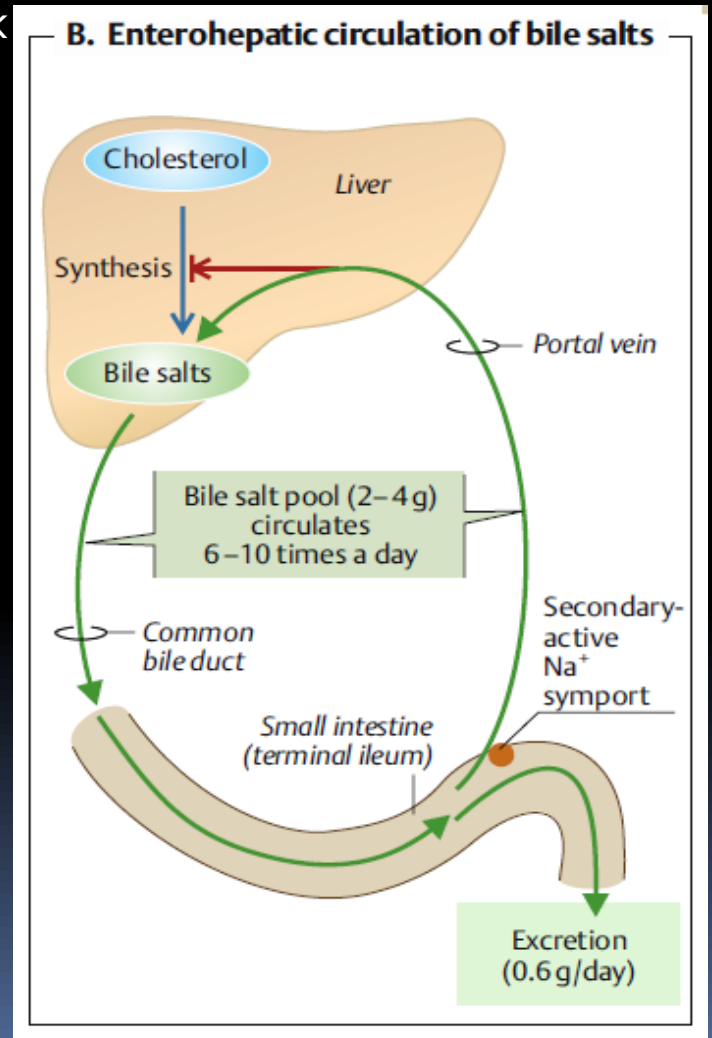
Funkce žluči:

- Společně s pankreatickou šťávou **neutralizuje tráveninu.**
- **Emulguje tuky.**
- Umožňuje **vstřebávání tuků** tím, že **vytváří ve vodě rozpustné komplexy** mezi mastnou kyselinou a žlučovými kyselinami.
- **Stupňuje peristaltiku střeva.**

Složení žluči

Žlučové kyseliny a jejich soli, žlučová barviva, cholesterol, lecitin, tuky, močovina, alkalická fosfatáza, mucin. Některé organické složky (zejména soli žlučových kyselin) se zpětně resorbují ze střeva, vrací se **portální (vrátnicovou) žilou** do jater a opět se do žluče vylučují. Jde o tzv. enterohepatální oběh.

Soli žlučových kyselin snižují povrchové napětí kapének tuku (tenzidy) a umožňují vytvoření emulze.



Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany , lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin,	1–3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7–8
žlučník	žluč	žlučové soli, žluč. barviva, cholesterol	asi 1	7–8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7–8

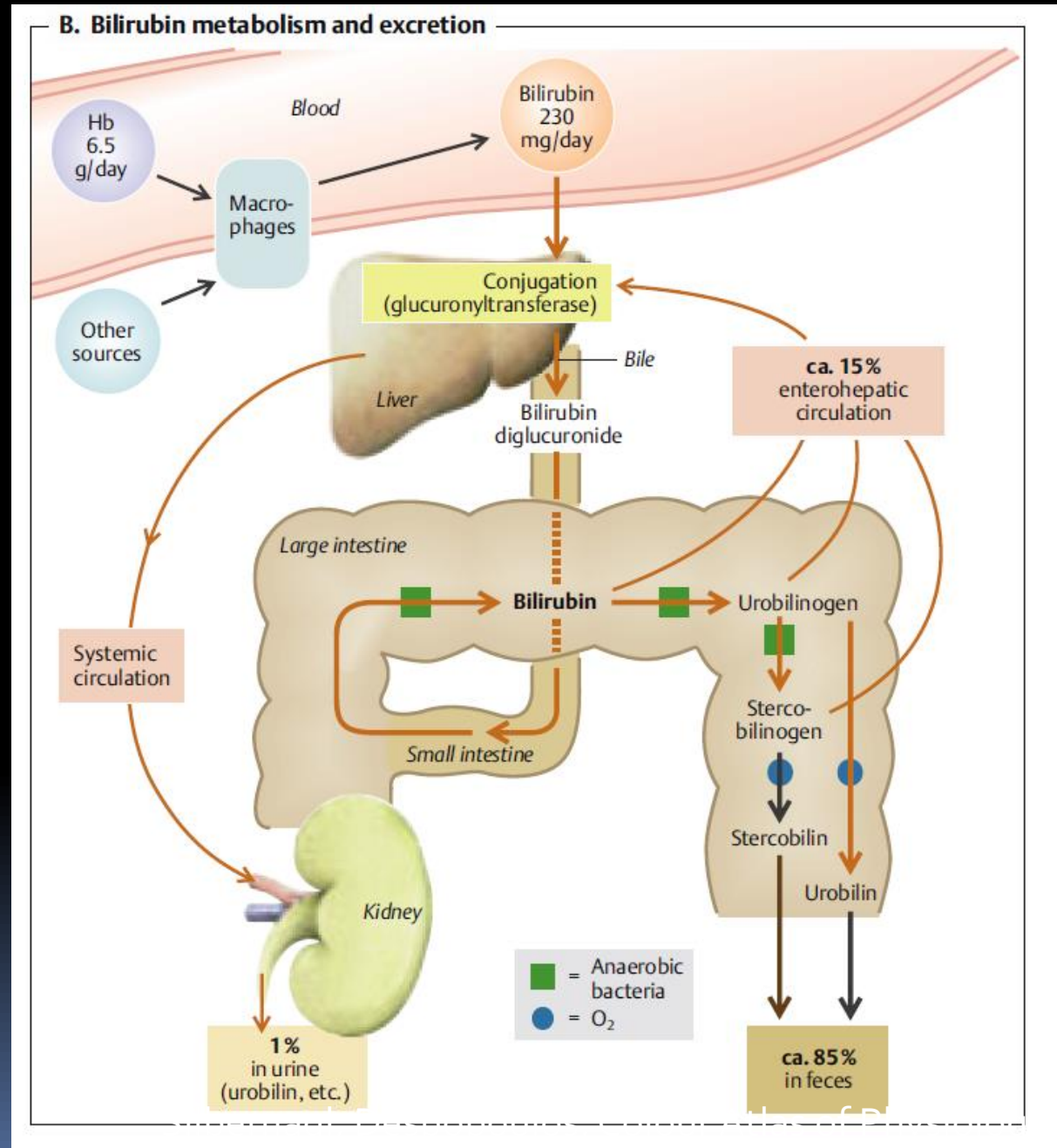
Bilirubin

Volný bilirubin je toxický, proto se v jaterních buňkách váže s kyselinou glukuronovou na glukuronid, který je secernován do žluči.

Žlučová barviva jsou oranžový **bilirubin** a zelený **biliverdin**. Tato barviva vznikají po rozpadu hemoglobinu.

činností bakterií se redukuje a část vzniklých sloučenin se přeměňuje oxidací na sterkobilin, jenž se podílí na typickém zbarvení stolice.

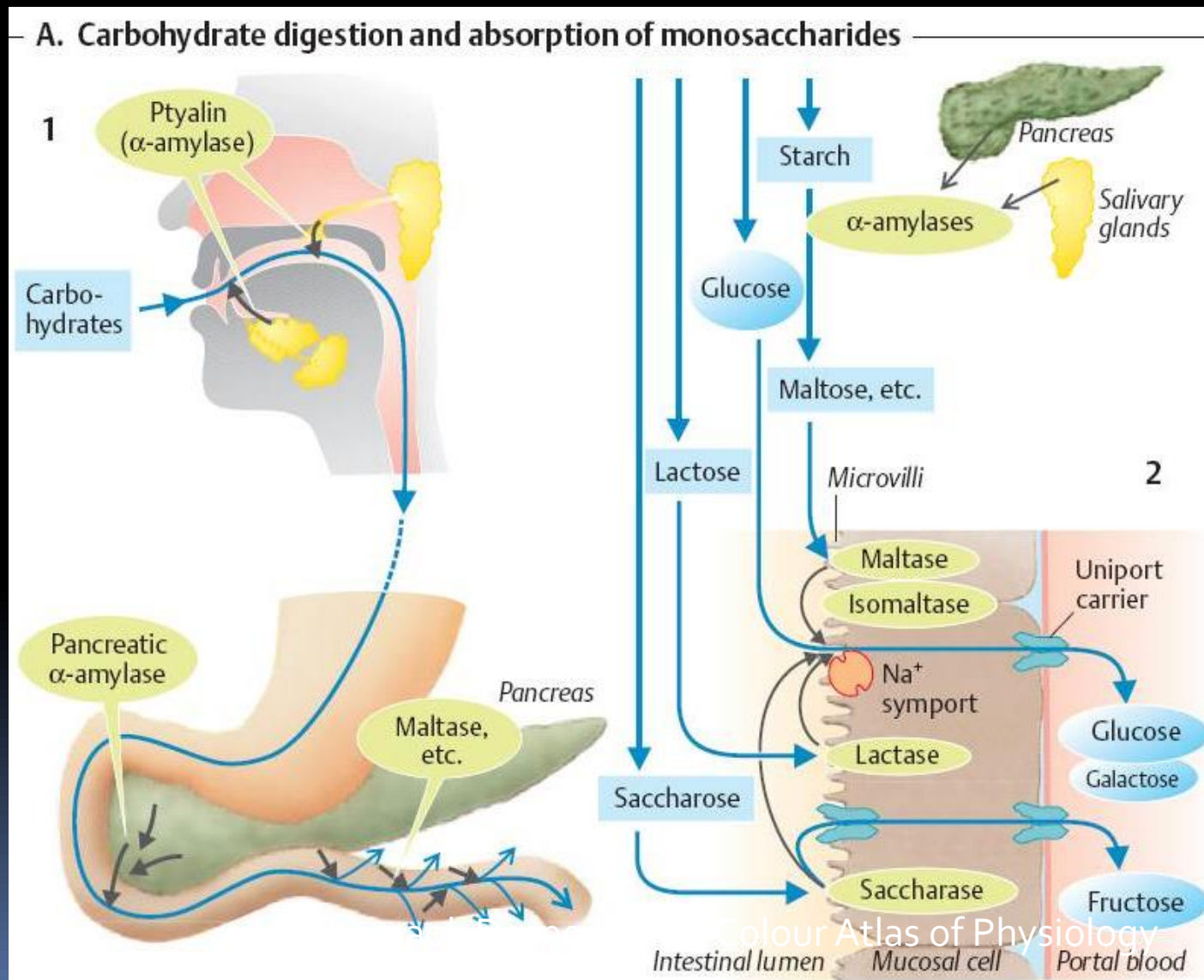
Část se ho dostává do krevního oběhu a je pak vylučován ledvinami.



Trávení cukrů a absorpce monosacharidů

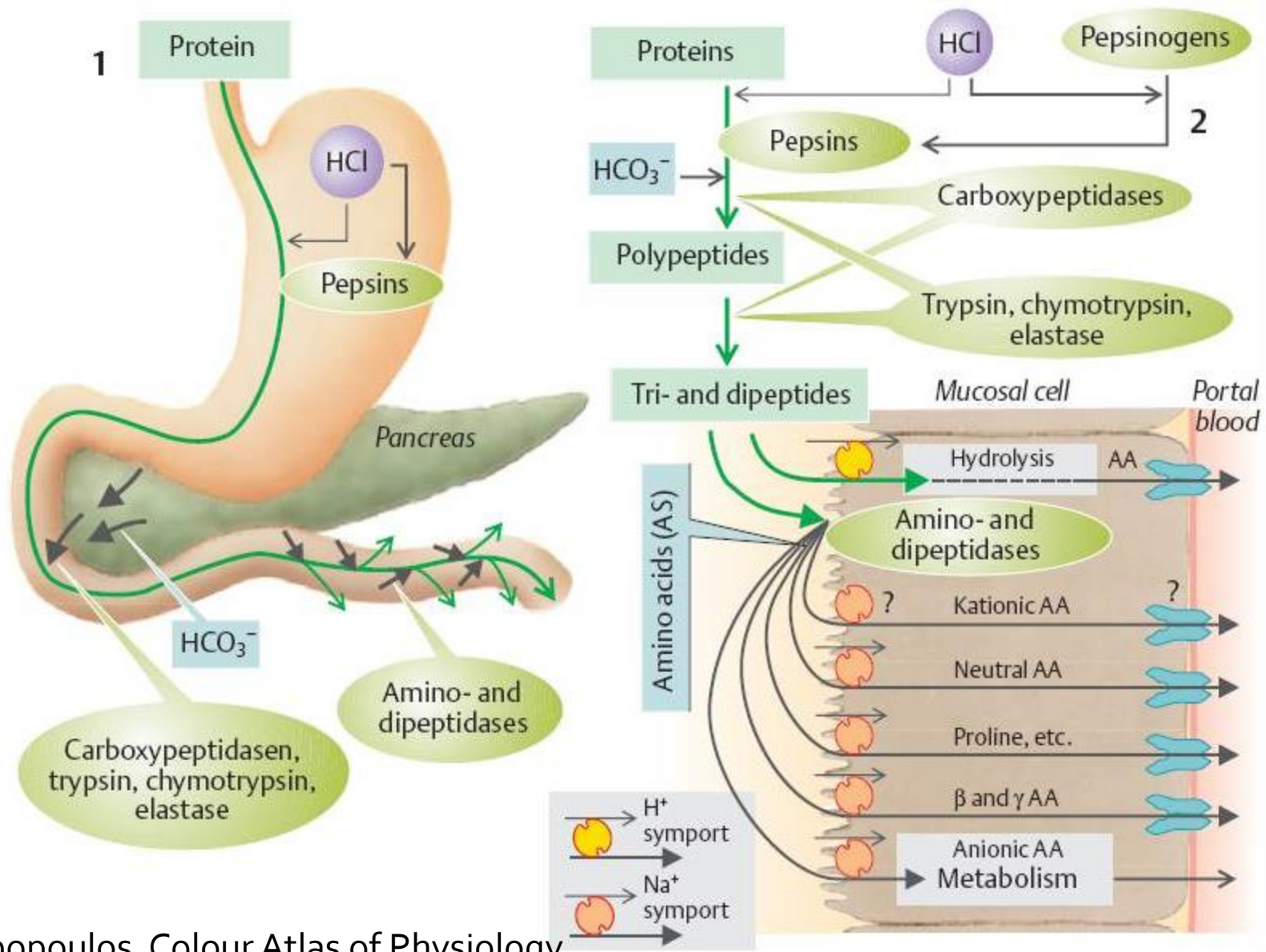
Resorpce může v podstatě probíhat ve všech částech trávicího ústrojí. Nejlepší podmínky v **tenkém střevě**. Jeho délka je v závislosti na typu diety velmi různá – býložravci mají typicky velmi dlouhé střevo

Monosacharidy resorbovány podobně jako v tubulu ledvin **sekundárním aktivním kotransportem** poháněným **sodíkovým gradientem**



Trávení proteinů a absorpce aminokyselin

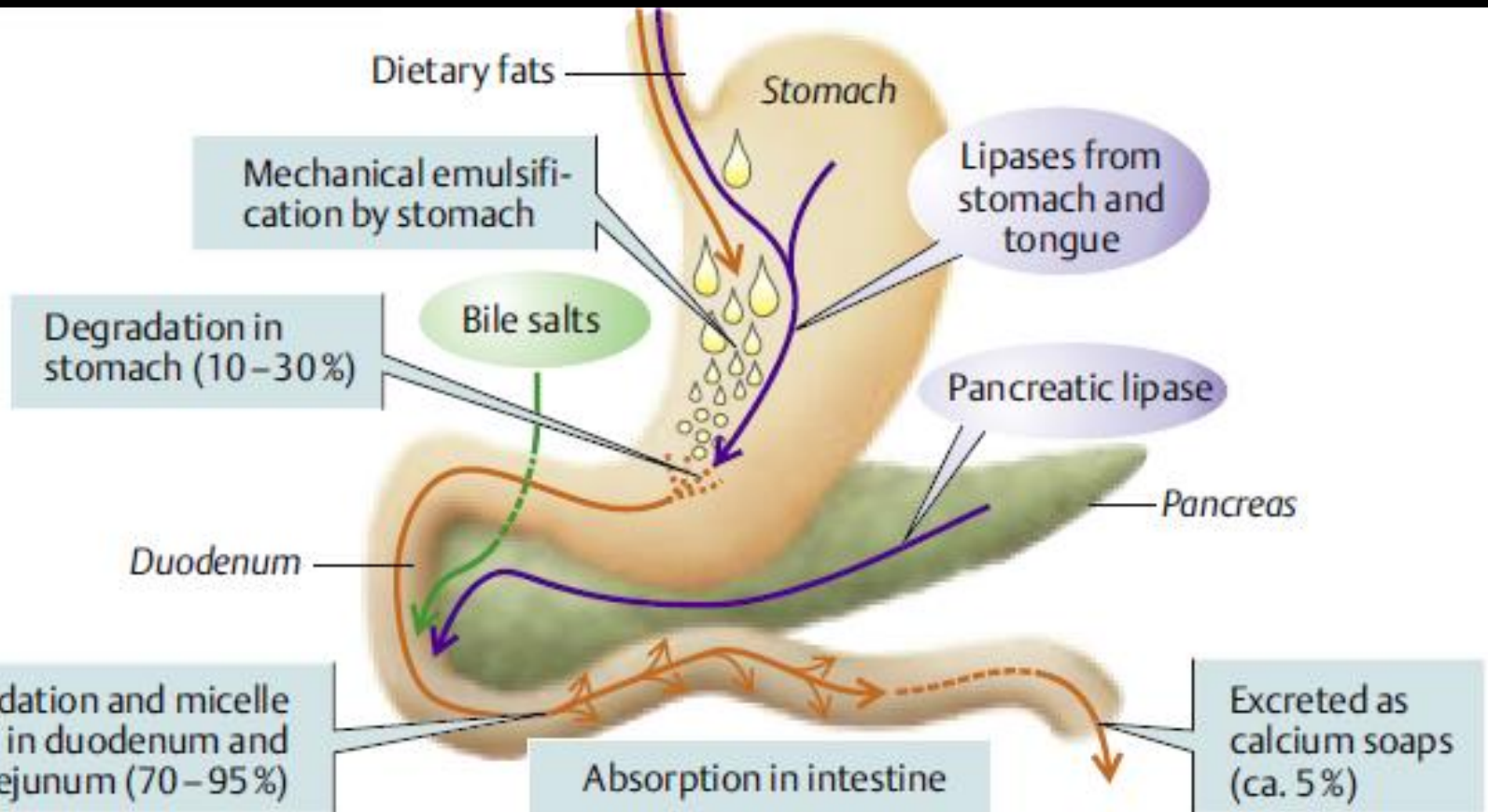
B. Protein digestion and absorption of amino acids and oligopeptides



Resorpce AK
hnaná H⁺
nebo Na⁺
gradientem

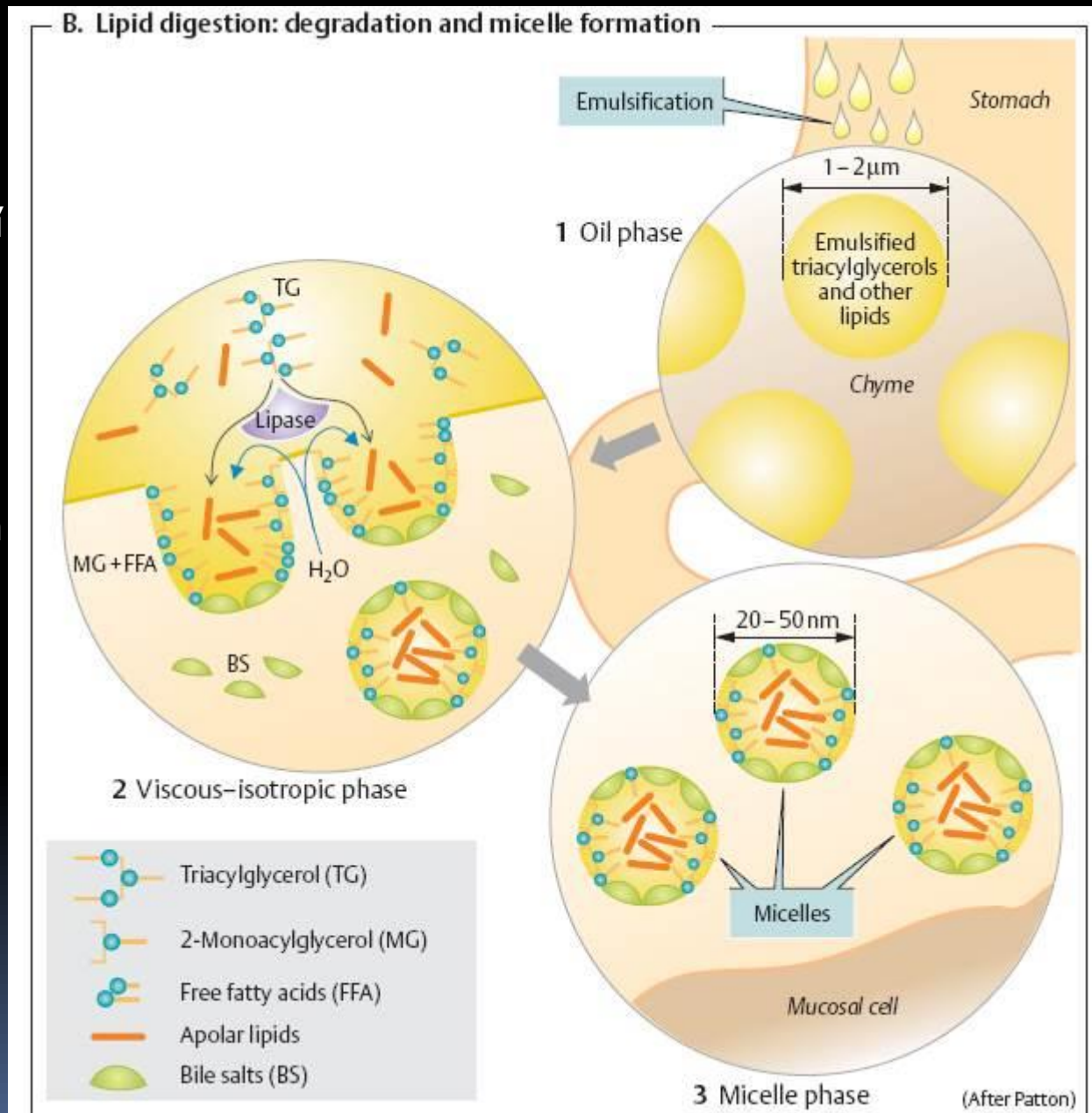
Trávení tuků přehled

Tuky sice mohou volně procházet membránami a proto nepotřebují aktivní transportní systém. Na druhé straně jsou však špatně rozpustné ve vodě a jejich trávení i resorpce ve vodném prostředí trávicí trubice i jejich transport plazmou jsou proto složité a vyžadují speciální mechanismy. Lipázy jsou účinné zejména na rozhraní mezi tukovou fází a vodným prostředím. Proto je předpokladem mechanická emulgace tuků na malé kapičky (velký povrch) působením žaludeční motility. Trávení zejména ve střevě.

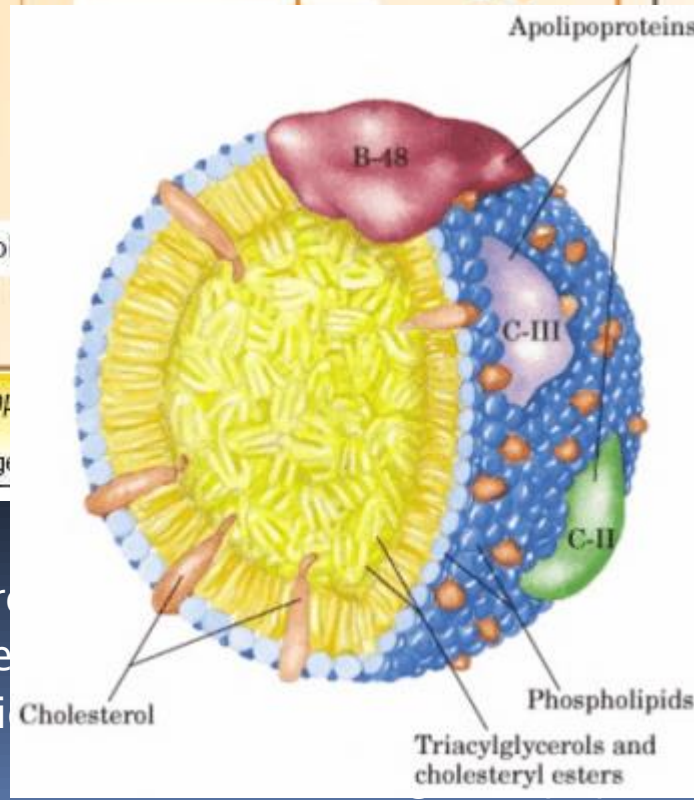
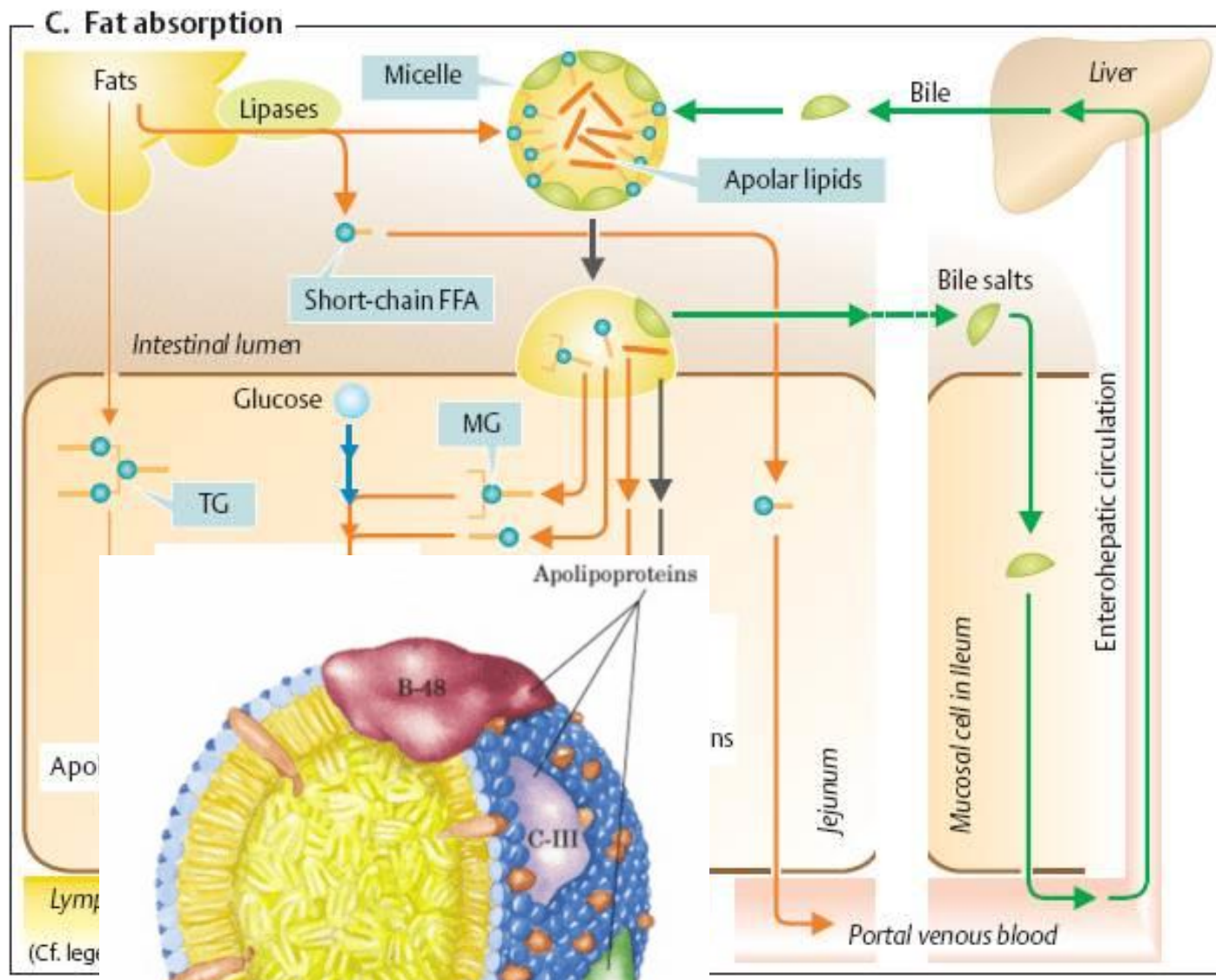


Trávení tuků, tvorba micel

Jsou-li tuky emulgovány, zvětší se jejich povrch a enzymy je mohou hydrolyzovat. Pankreatická lipáza štěpí triacylglyceroly na monoacylglyceroly a volné mastné kyseliny. Z těch se za **spolupůsobení solí žlučových kyselin** spontánně vytvářejí **micely**. Ty, díky svým malým rozměrům, umožňují **kontakt produktů štěpení s kartáčovým lemem stěny tenkého střeva** a jsou proto **nutnou podmínkou pro resorpci**.



Absorpce tuků



V endoplazmatickém retikulu
které jsou, opět pro svou hydrofobnost,
jádra **chylomikronů**, které pře
chylomikronu tvoří polární lipi

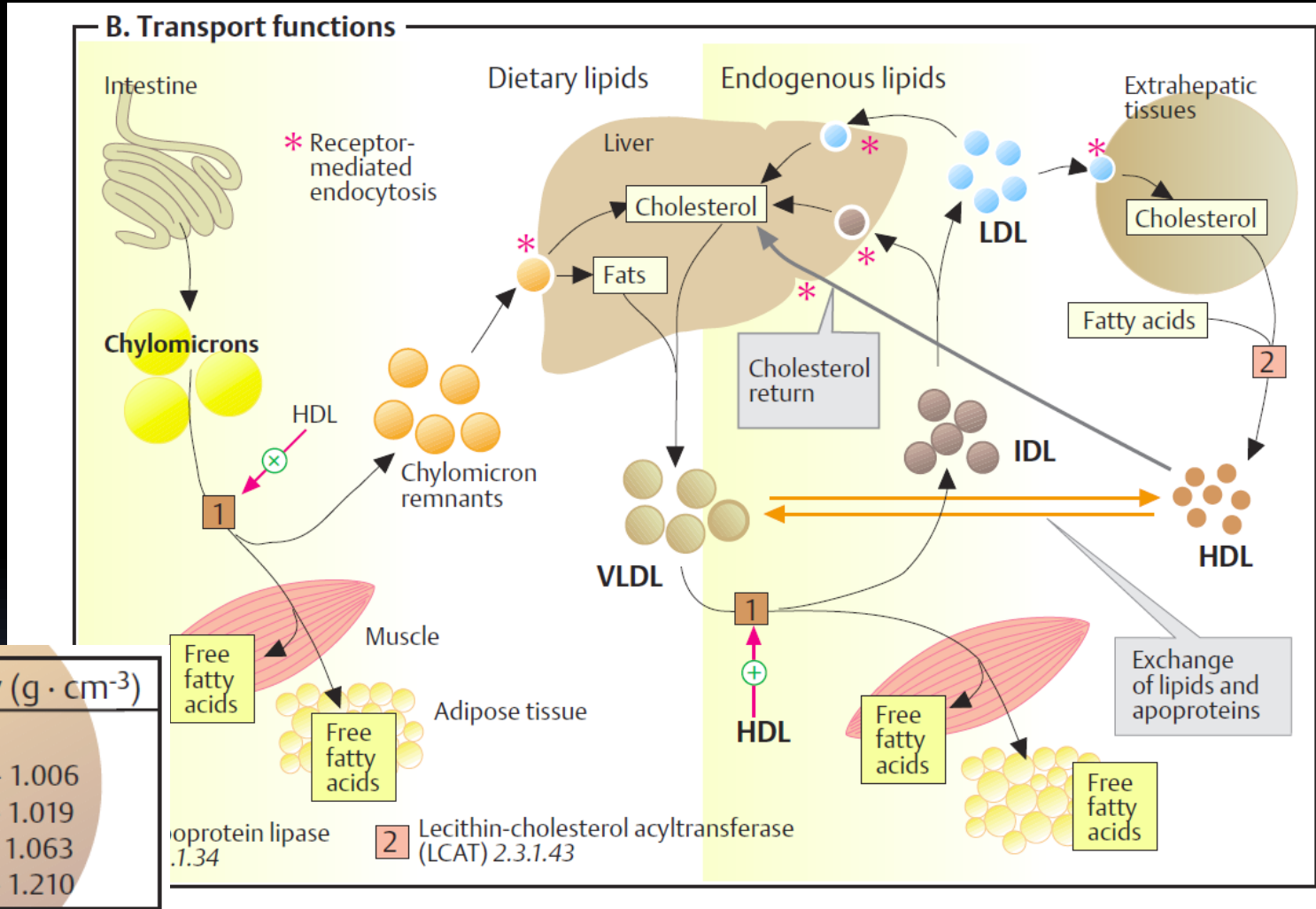
ntetizují triacylglyceroly,
vlastnost, zabudovány do
oběhu. Hydrofilní obal

Chylomikrony transportují TG ze střeva do svalů a tukové tkáně přes lymfatický sst.

LDL přenášejí TG, cholesterol aj. do dalších tkání.

HDL vracejí přebytek cholesterolu ze tkání zpět do jater.

Typy lipoproteinů v plazmě



Lipoprotein	Density (g · cm ⁻³)
Chylomicrons	<0.95
VLDL	0.950 – 1.006
IDL	1.006 – 1.019
LDL	1.019 – 1.063
HDL	1.063 – 1.210

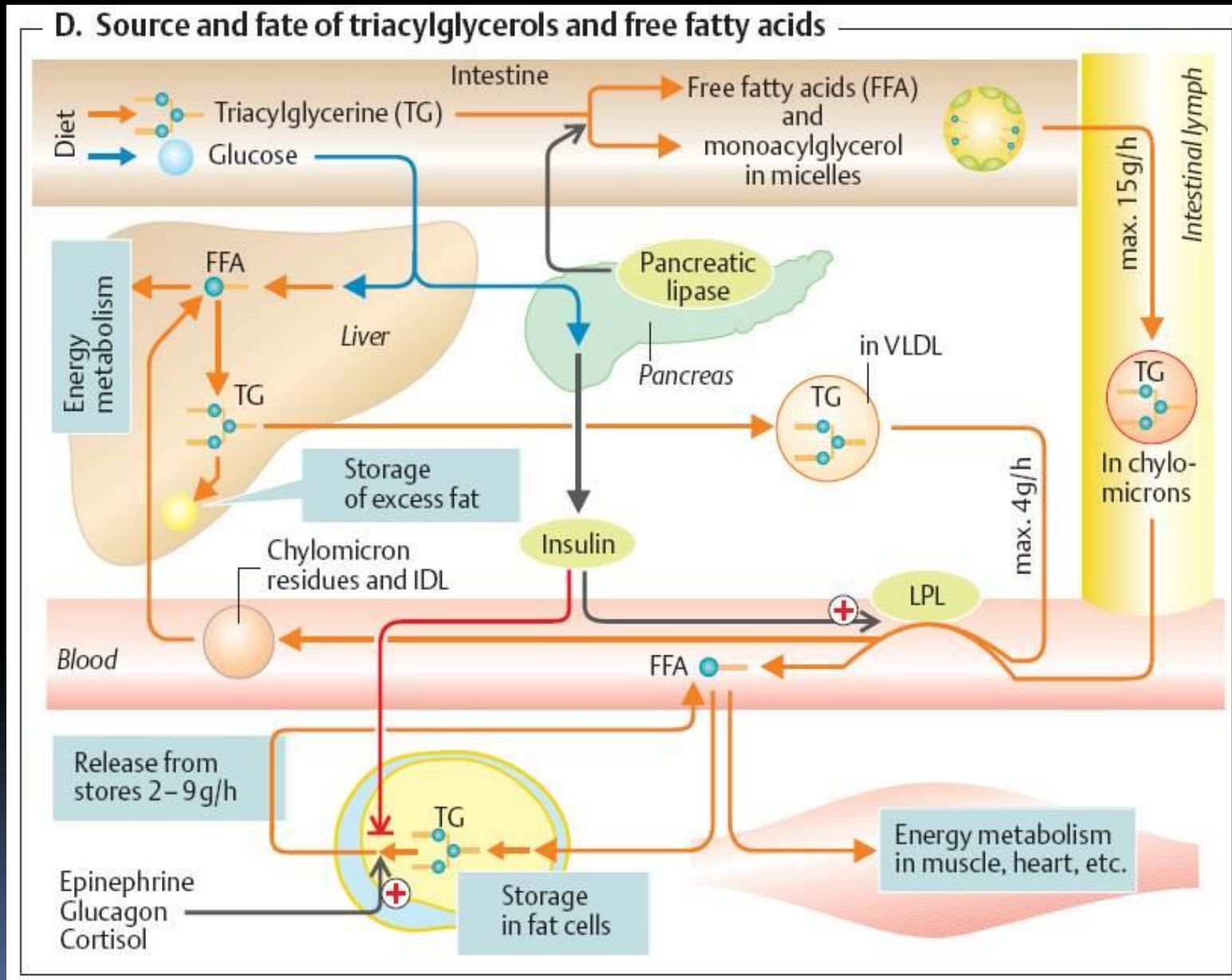
Osud tuků

MK se využívají jako zdroj energie (svaly, játra) nebo jsou uloženy v tukových buňkách.

Tuk vzniká i ze sacharidů.

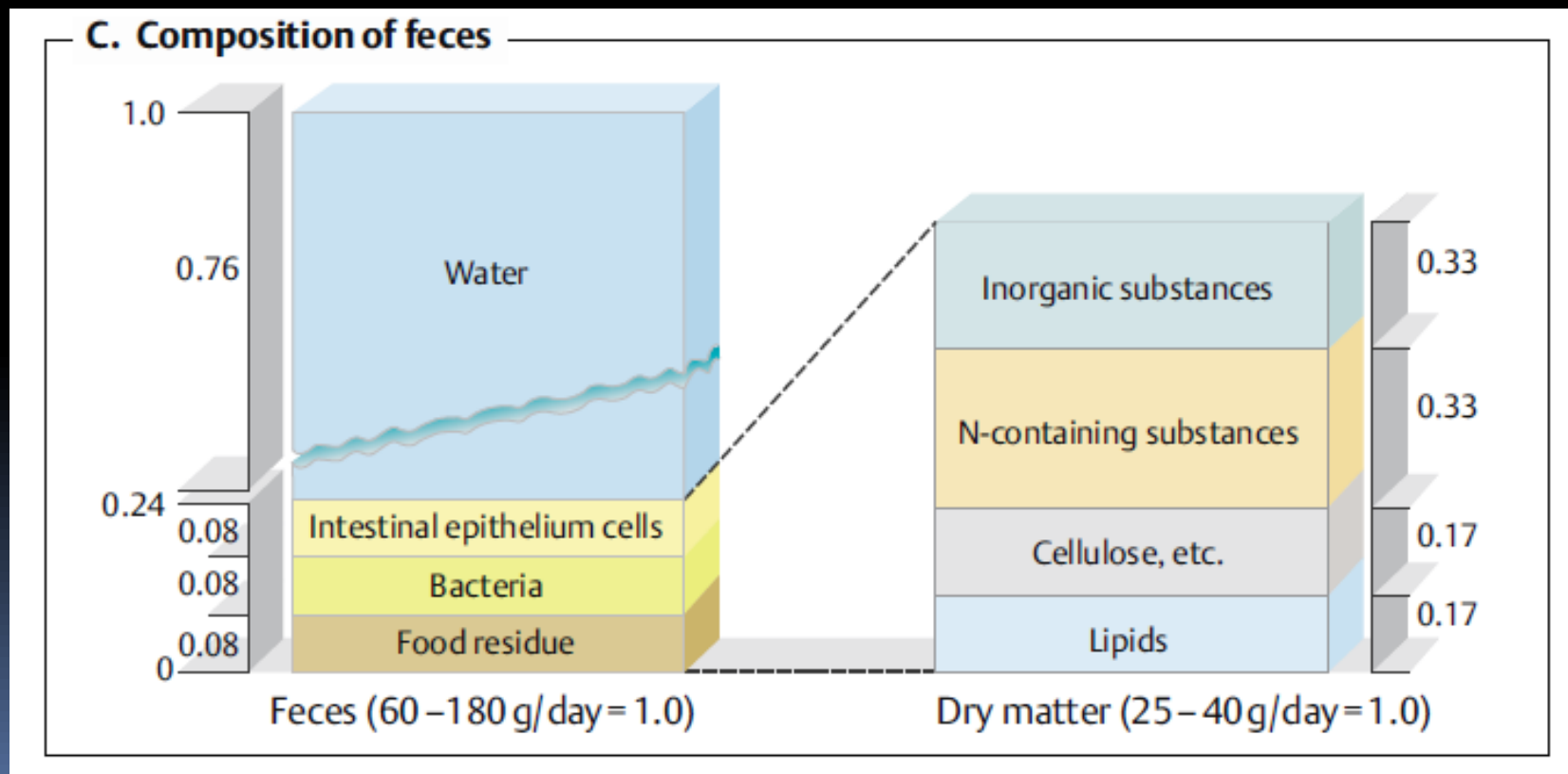
Inzulín - hormon sytosti podporuje ukládání zásob

LPL-lipoprot. lipáza v endotelu



Tlusté střevo

Jeho sliznice nemá klky, jen četné záhyby, nevylučuje trávicí enzymy. Peristaltické pohyby tlačí obsah ke konečníku. Probíhá zde činností mikrobů probíhá **fermentace** některých složek bílkovin, které unikly působení trávicích žláz. Poslední resorbce, zejména vody. Celkový objem tráveniny za den dosahuje až 9 litrů. Většina vody se resorbuje zpět. Odloupané epitelie a bakterie tvoří významnou část.



Tlusté střevo a symbiotické bakterie

V tlustém střevě je formována stolice z nestravitelných zbytků potravy – nestráveného vaziva a vlákniny, která je z velké části tvořena celulózou. Z té těží energii bakterie žijící ve střevě.

Jejich aktivitou je celulóza rozkládána na jednotlivé molekuly glukózy, které dokáže vstřebat i člověk. Stejně tak jsme schopni vstřebat mastné kyseliny z množících se a umírajících bakterií.

Díky tomu jsme schopni (podobně jako přežvýkavci) zužitkovat pro savce nevstřebatelné složky potravy (o energii až 2 MJ), což může být až třetina bazálního metabolismu !

Mimo jiné střevní bakterie produkují i důležitý vitamín K. Jeho produkce střevní mikroflórou je dostatečná a není jej potřeba dodávat zvenčí.

Absorpce sodíku a vody ve střevě

Celkový objem tráveniny za den dosahuje až 9 litrů (cca 2 litry potravy a pití, 1 litr slin, 2 litry žaludečních šťáv, 0,4 litru žluče, 1 litr pankreatické šťavy, 2,6 litru sekretu z tenkého střeva). Probíhá zde rovněž intenzivní zpětná resorpce vody mechanizmy shodnými s ledvinným tubulem.

