

Trávicí systém

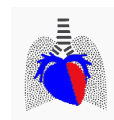
vaclav.hampI@lf2.cuni.cz

<http://fyziologie.lf2.cuni.cz>

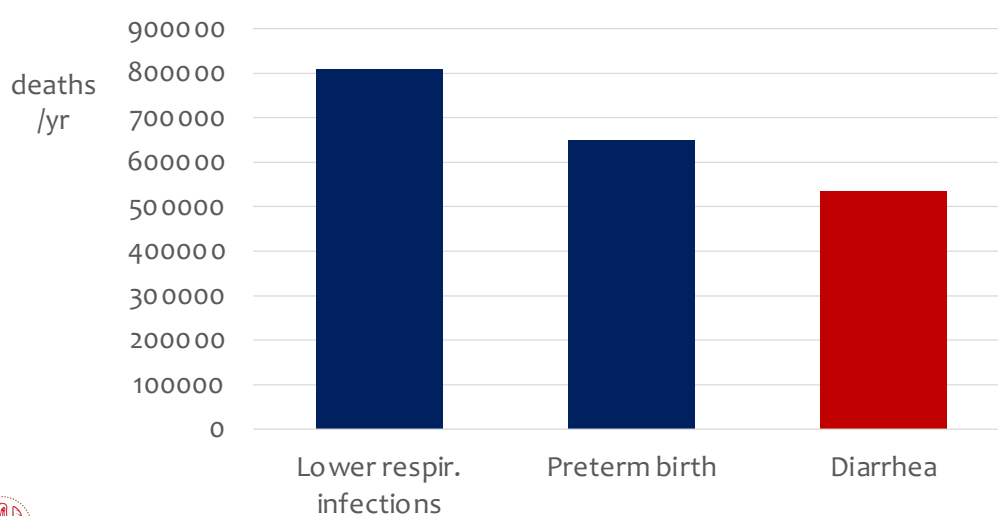
<http://vh.cuni.cz>



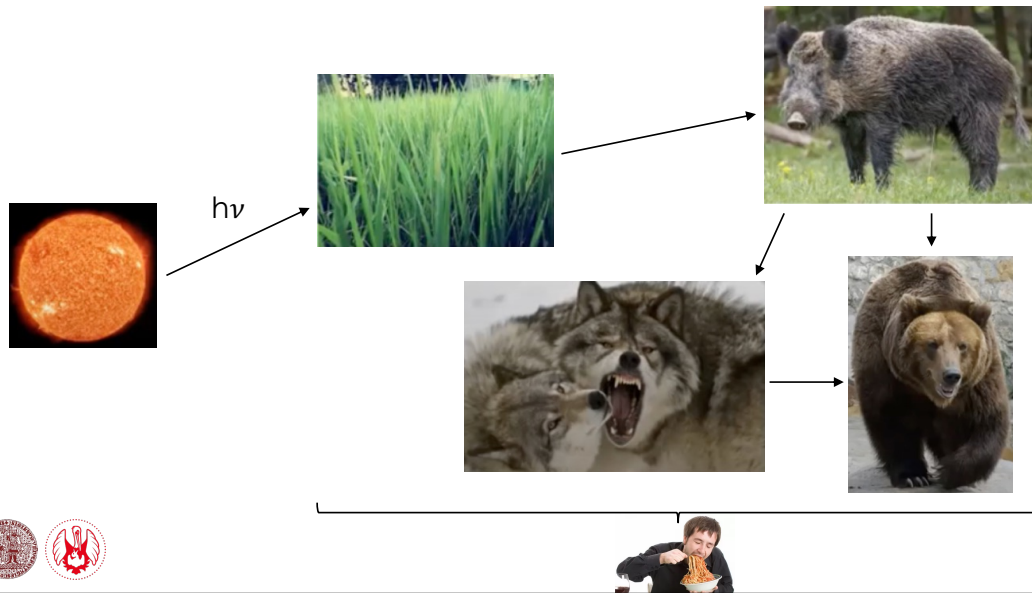
UNIVERZITA KARLOVA
2. lékařská fakulta



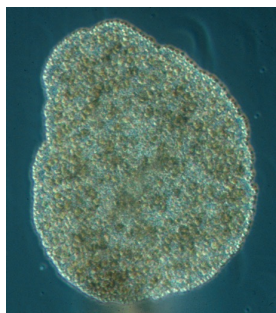
Příčiny úmrtí: děti ≤ 5 let



Všechn život závisí na vnější energii

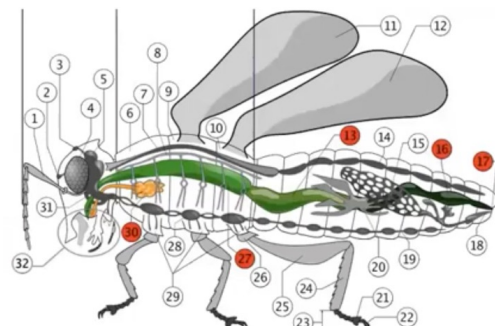


Evoluce



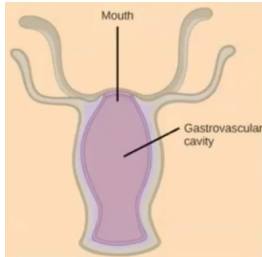
Placozoa

X



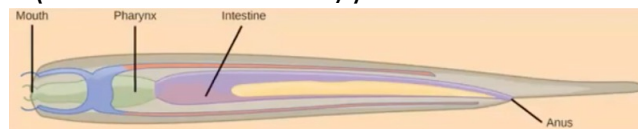
epitelové buňky pokrývající vnitřní lumen

Evoluce



- gastrovaskulární dutina
(např. koráli, medúzy, sasanky)

- trávicí kanál
(evolučně dávný)



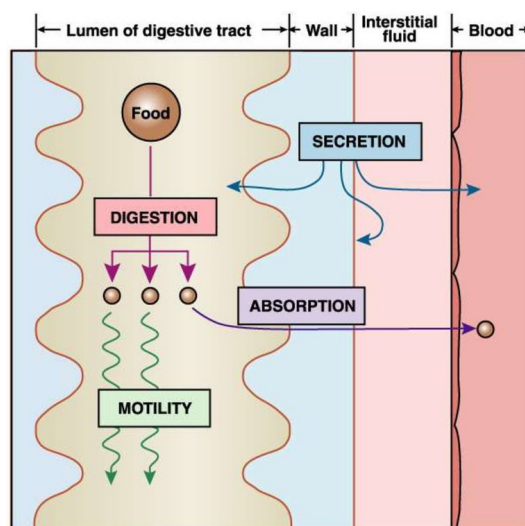
Evoluce

- fagocytóza + intracelulární digesce:
nejčastější
- extracelulární digesce + absorpce
menších molekul:
jen obratlovci & většina hmyzů

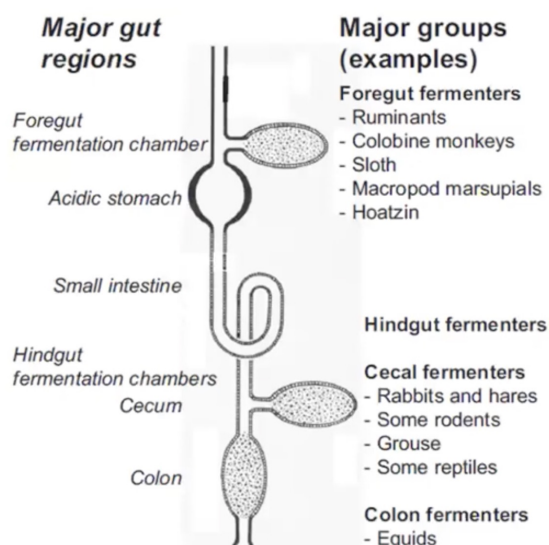


Příjem potravy

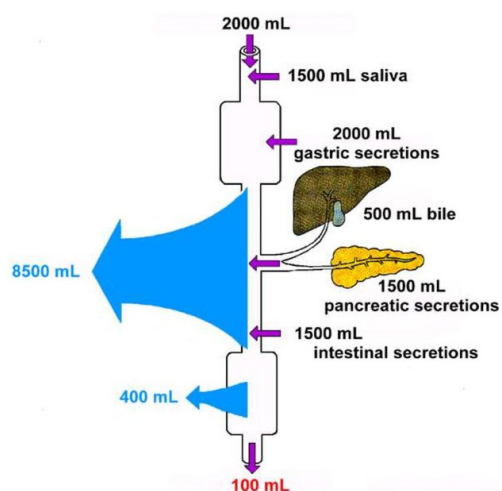
- pohyb
(od úst kaudálně)
- během toho 2 procesy:
 - sekrece
(→ extracelulární trávení)
 - absorpce
(→ intracelulární trávení)



Pomoc od mikroorganismů



Sekrece



- H₂O (enzymy fungují v roztoku)
- ionty (pohyb H₂O, někdy i živin)
- proteiny (enzymy, mucin)
- signální molekuly



Integrovaná odpověď na jídlo

- cefalická & orální fáze
- jícnová fáze
- žaludeční fáze
- tenké střevo
- kolonická fáze



Cefalická fáze

■ podněty:

- kognitivní
 - očekávání, myšlenky, řeč,...
- čichové
- vizuální
- sluchové



Orální fáze

■ podněty:

- mechanické v ústech
- chuť



Cefalická a orální fáze

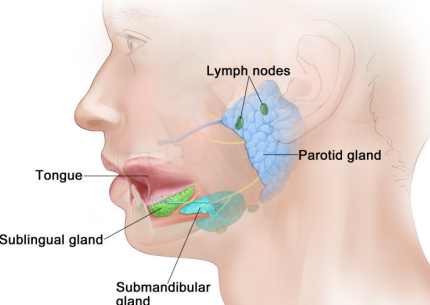
- aktivace parasymptatiku:
 - ↑ sekrece slin
 - ↑ sekrece HCl v žaludku
 - ↑ sekrece pancreatických enzymů
 - kontrakce žlučníku
 - relaxace Oddiho svěrače



Ústa

- žvýkání
- sliny
 - lubrikace (mukus)
 - rozpuštění látek pro detekci chutí
 - amyláza (škroby)
 - antibakteriální
- jazyková lipáza
- jen minimální absorpce (alkohol, některé léky)

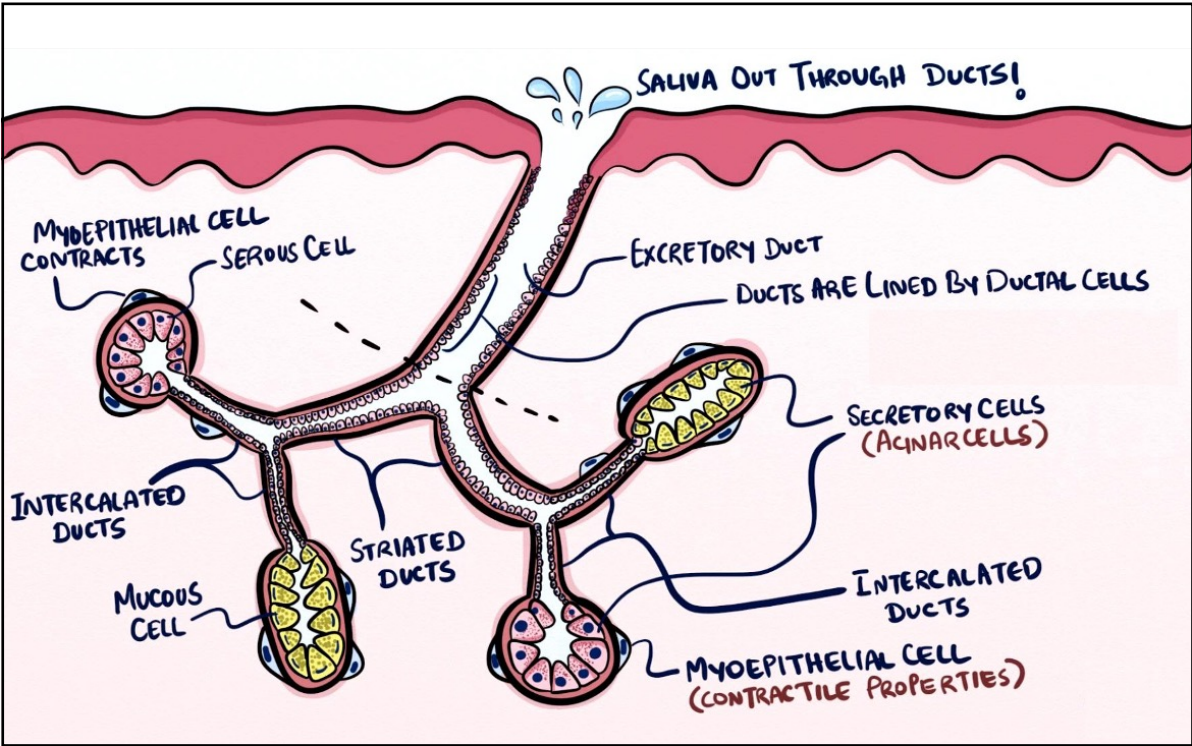




Slinné žlázy

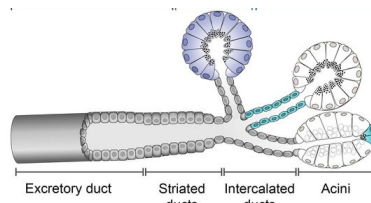
	serózní	smíšené	mukózní
příušní			
podjazyková			
podčelistní			
malé v ústech			



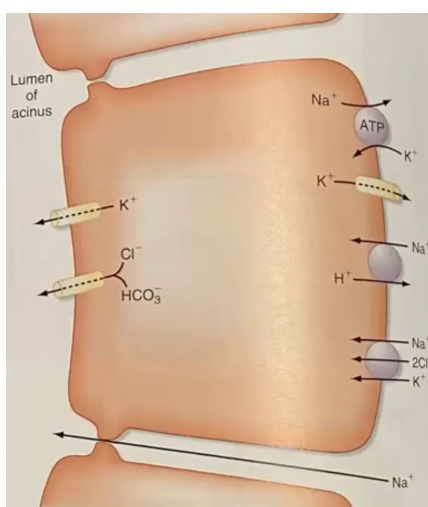
Sliny

- velká tvorba (vůči velikosti žláz)
- hypotonické, alkalické ($\text{pH} \leq 8$), hodně K^+
 - primární sekrece je izotonická (poháněná apikálním Cl^- kanálem $\rightarrow$ osmotický a elektrický gradient $\rightarrow \text{Na}^+$ a H_2O následují paracelulárně)
 - duktální buňky reabsorbují Na^+ a Cl^- a secernují K^+ a HCO_3^- (CFTR)
- amyláza, lipáza, mucin (glykoproteiny), lysozym (antibakteriální)
- růstové faktory (údržba výstelky GIT)

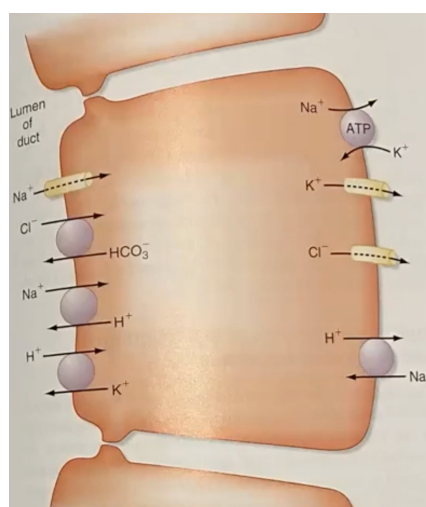


Sekrece slin

acinární buňka



duktální buňka



Regulace salivace

■ parasimpatikus:

- hlavní po jídle
- ↑ sekrece amylázy a mucinu
- ↑ transport v duktech

→ více slin

■ sympatikus

- ↑ sekrece proteinů

→ lepkavá ústa



Gastrická fáze odpovědi na jídlo

■ žaludek = divný orgán

■ plný silné kyseliny (pH od 5 do 1)

- ↑↑ potřeba energie (10^6 gradient: pH ~7 vs. 1)
- potřeba chránit sám sebe

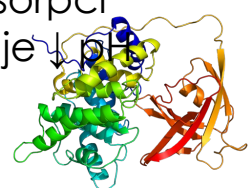
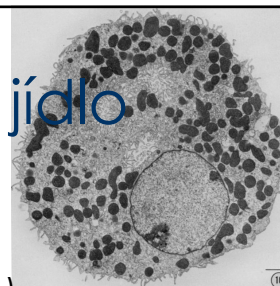
■ jen k aktivaci pepsinu? (+ denaturace)

- 20% digesce proteinů, ne esenciální

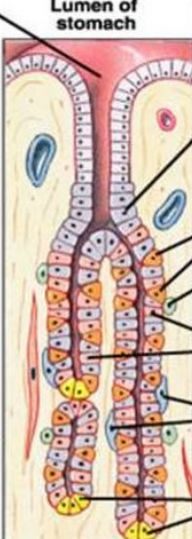
■ ochrana před mikrobiy v jídle (ne všem vadí)

■ vnitřní faktor – glykoprotein nutný pro absorpci vitamínu B₁₂ (kobalaminu) v ileu, potřebuje ↓ pH

■ rozměňování, skladování



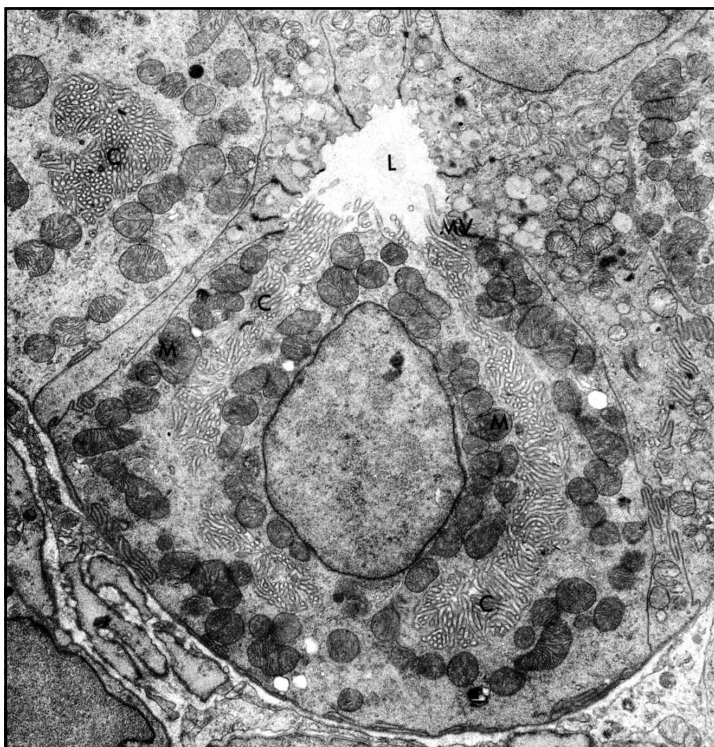
Žaludeční šťáva



Source	Substance Secreted	Function
Mucous neck cell	Mucus	Physical barrier between lumen and epithelium
	Bicarbonate	Buffers gastric acid to prevent damage to epithelium
Parietal cells	Gastric acid (HCl)	Activates pepsin; kills bacteria
	Intrinsic factor	Complexes with vitamin B ₁₂ to permit absorption
Enterochromaffin-like cell	Histamine	Stimulates gastric acid secretion
Chief cells	Pepsin(ogen)	Digests proteins
	Gastric lipase	Digests fats
D cells	Somatostatin	Inhibits gastric acid secretion
G cells	Gastrin	Stimulates gastric acid secretion

Pepsin(y)

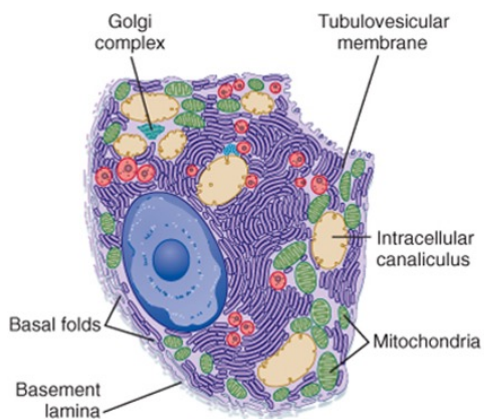
- skupina proteáz
- aktivace odštěpením malého N-terminálního fragmentu
 - jen při pH<5, pomalé při pH 3-5, rychlé při pH<3
 - autoaktivace
- aktivita také pH dependentní
 - pH optimum = 1.8-3.5
(reversibilní inaktivace při pH>3.5)
 - ireversibilní inaktivace při pH>7.2



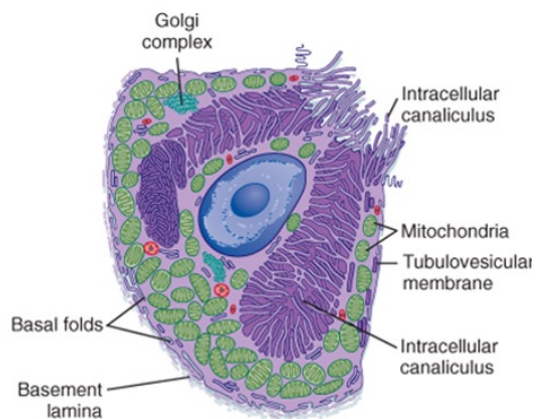
Sekrece HCl:
parietální
buňky

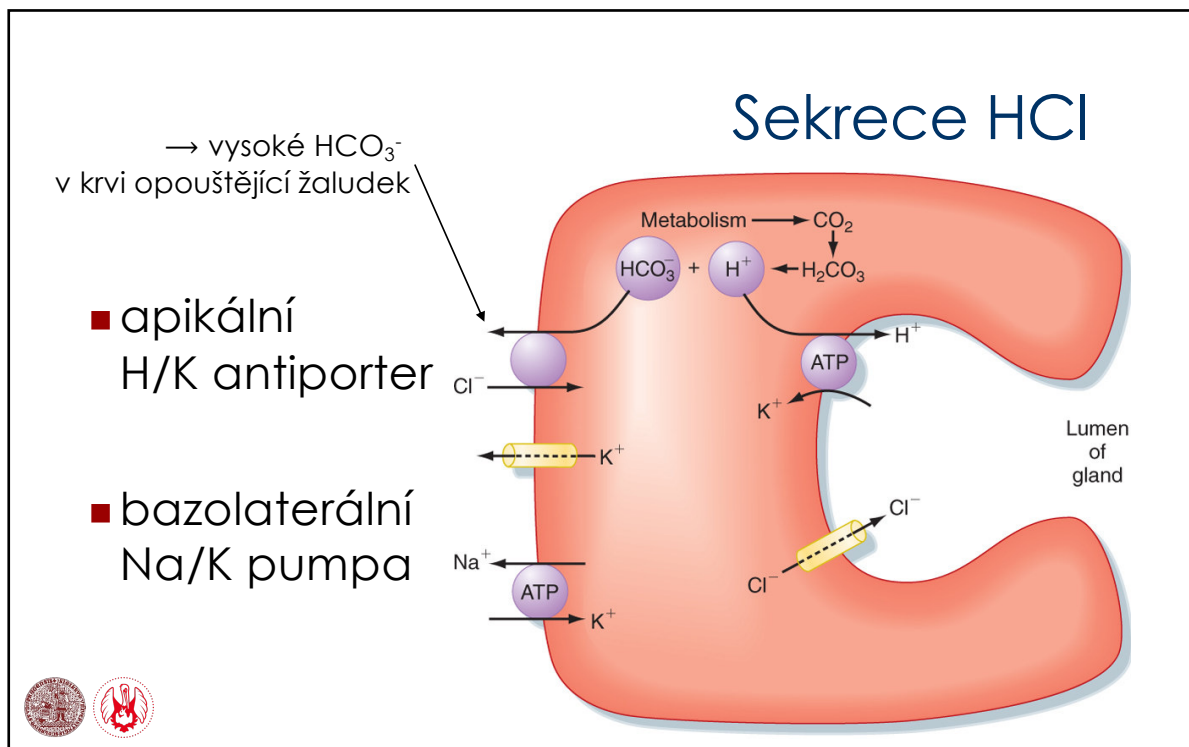
Sekrece HCl: parietální buňky

klid



aktivace



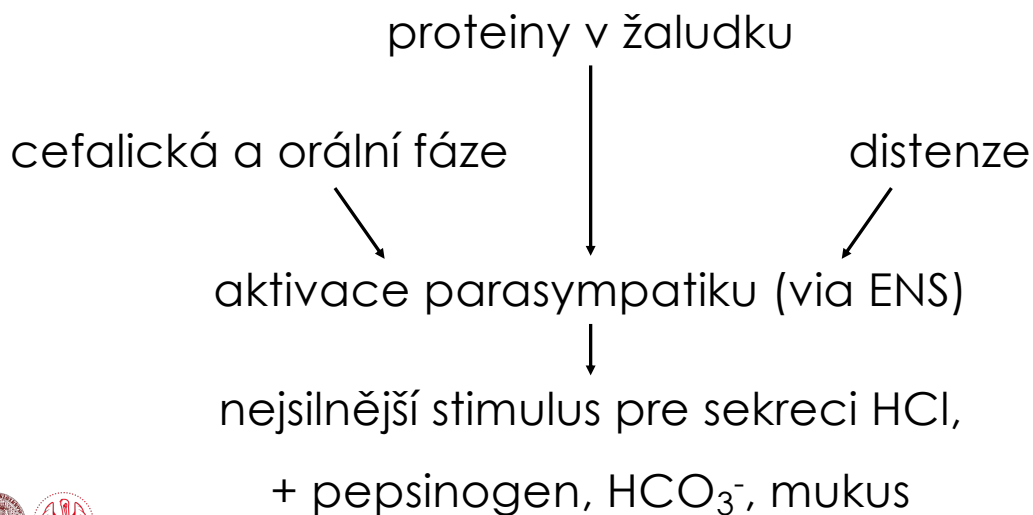


Ochrana mukózy před kyselinou

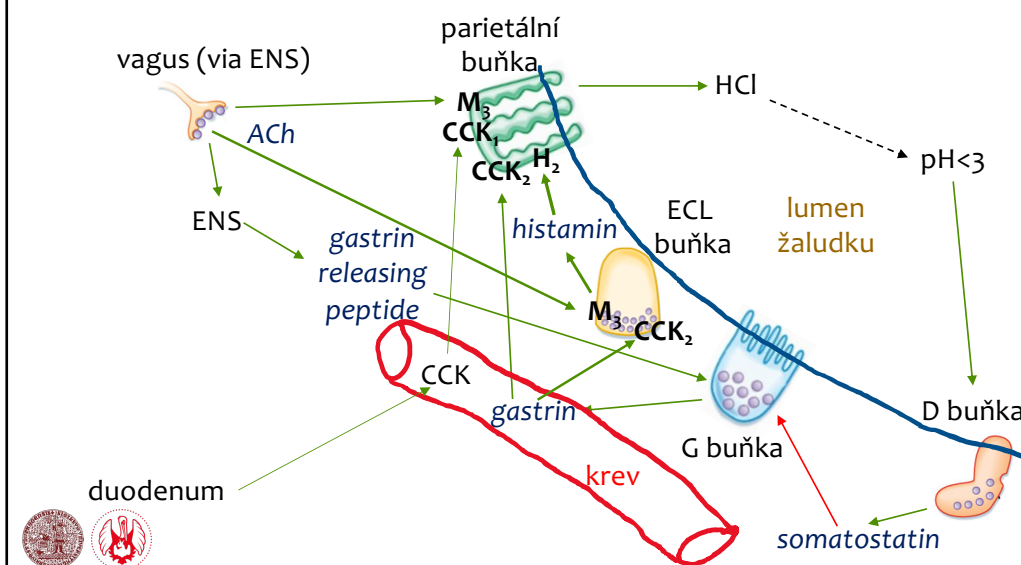
- kontinuálně obnovovaná vrstva mucinu (~0.2 mm)
 - velké glykoproteiny – cukerná část odstiňuje proteinovou část
- sekrece HCO_3^- pod mukus (a do něj)
- „viscous fingering“
- ochrana žlázek ???



Regulace žaludeční sekrece



Regulace sekrece HCl



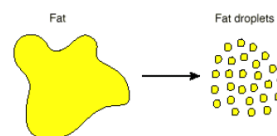
Další trávení v žaludku

■ sacharidy

- zbytek aktivity amylázy ze slin - zanedbatelné

■ lipidy

- emulsifikace (míchací pohyby)
- žaludeční lipáza: ~10% celkové hydrolýzy lipidů – ne esenciální



Fáze tenkého střeva

- ↑ pancreatická sekrece
- kontrakce žlučníku
- relaxace Oddiho svěrače
- regulace vyprazdňování žaludku
- ↓ sekrece HCl v žaludku
- přerušení MMC



- mechanické a chemické podněty

Tenké střevo

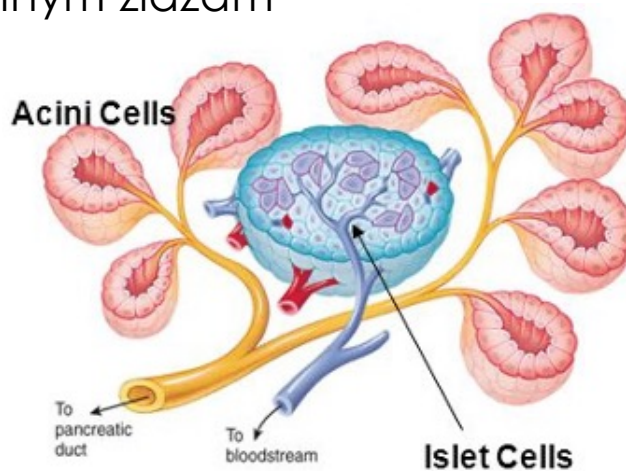
- velký vnitřní povrch (~200 m²)
 - délka (5-7 m)
 - villi + krypty
 - microvilli
- pH ~7 (HCO₃⁻ hlavně z pankreatu)



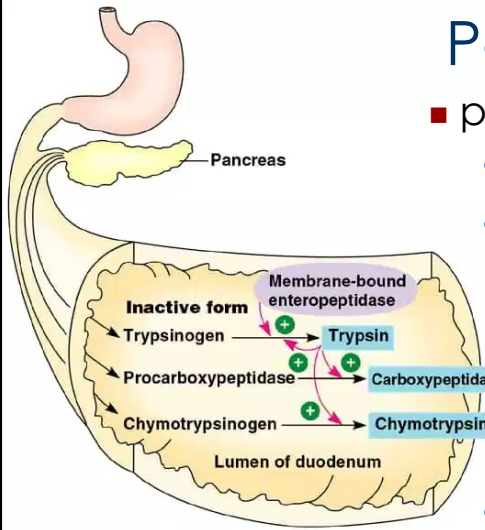
Pankreas – esenciální pro trávení všeho

- podobné slinným žlázám
 - aciny
 - dukty

- ~1.5 l/d

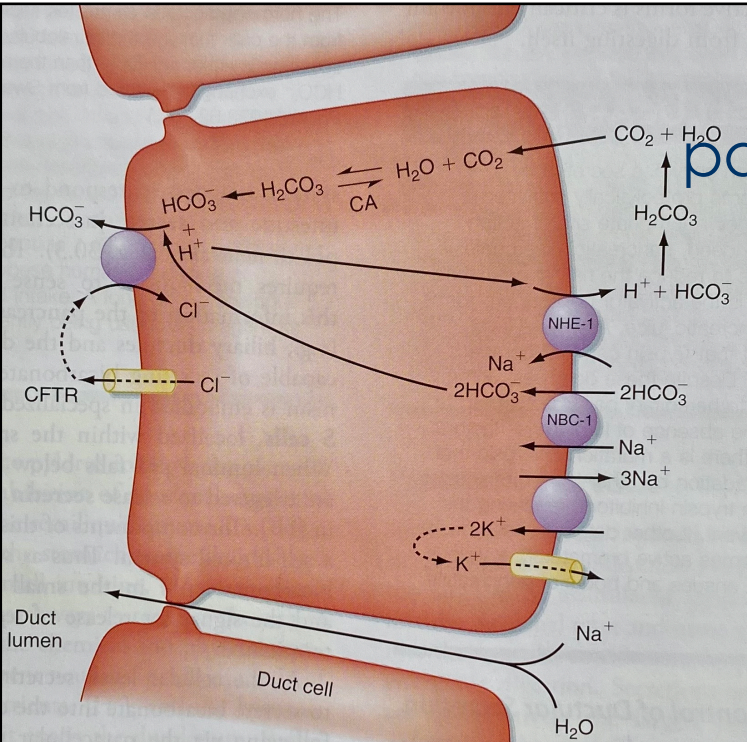


Pankreatická sekrece



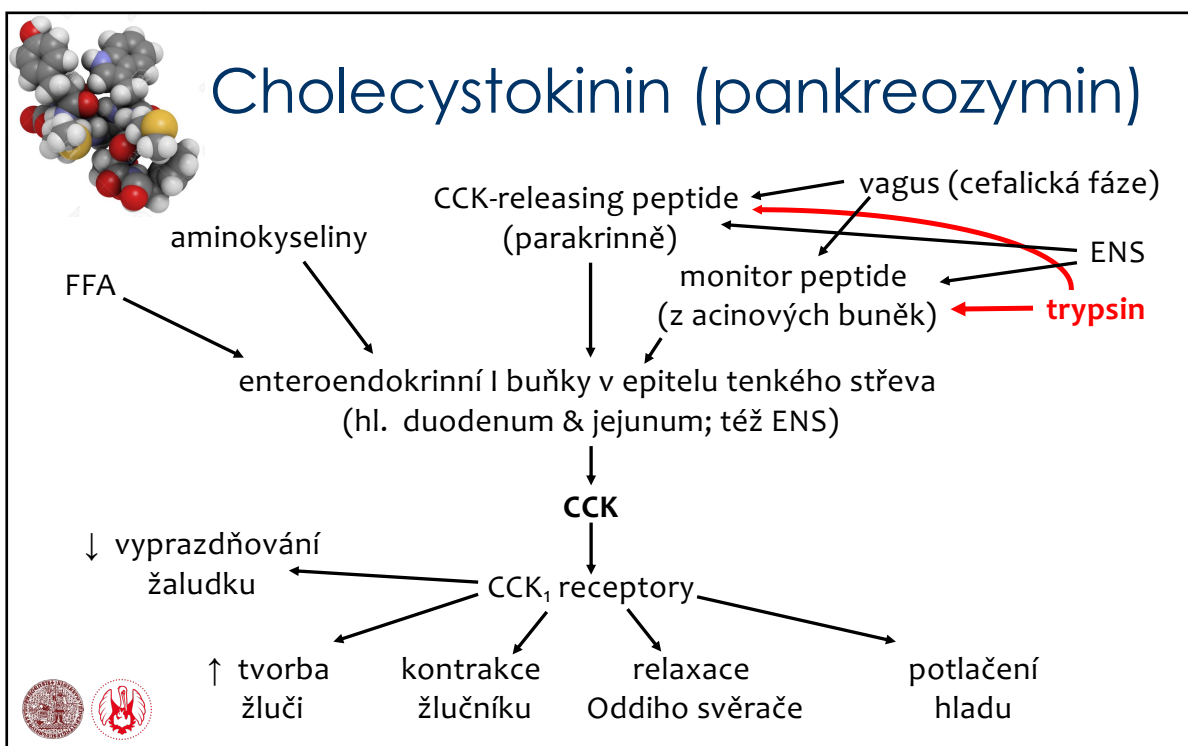
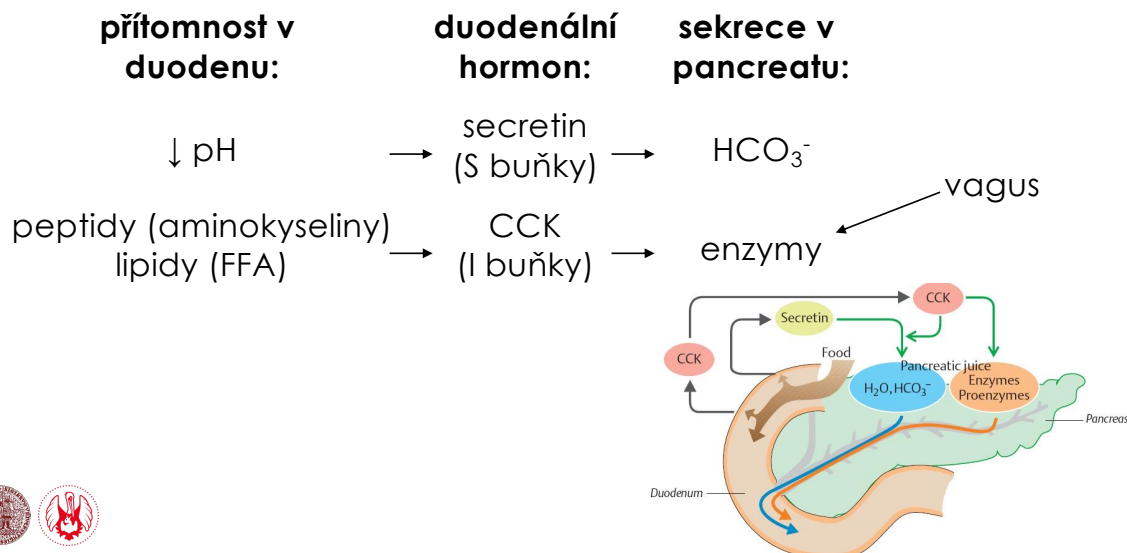
- primární:
 - podobné ionty jako v plasmě
 - enzymy (všechny inaktivní):
 - trypsin, chymotrypsin, proelastáza, procarboxypeptidázy A & B
 - amyláza
 - lipáza
 - (deoxy)ribonucleázy
 - inhibitory trypsinu
- dukty: H_2O , HCO_3^- (výměnou za Cl^-)

Buňka pankreatického duktu



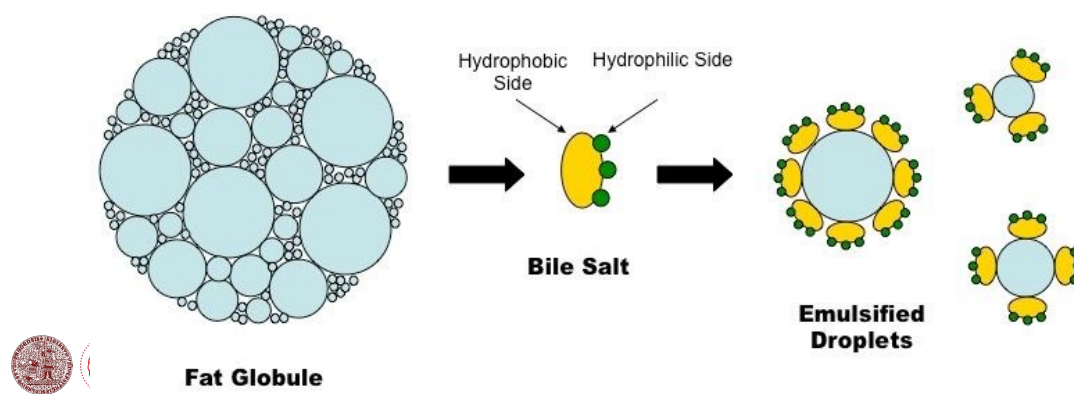
- extra HCO_3^- v krvi ze žaludku
- karboanhydráza
- NBC1 = Na/HCO_3^- symporter 1
- NHE1 = Na/H exchanger 1

Regulace pankreatické sekrece



žluč

- tvorba v játrech
- emulzifikace lipidů (žlučové kyseliny → soli)

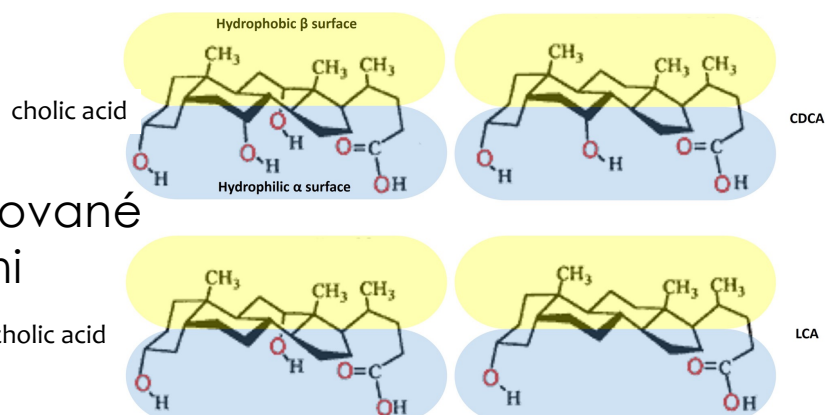


Žlučové kyseliny

- konjugované s taurinem nebo glycínem
→ rozpustné

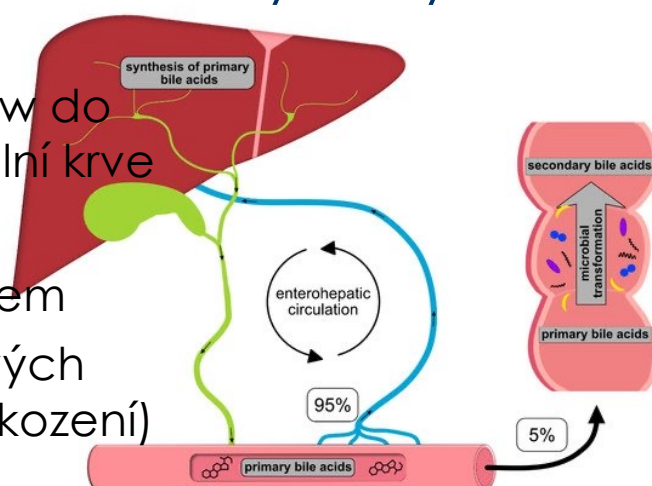
- dekonjugované bakteriemi

chenodeoxycholic acid



Enterohepatická cirkulace žlučových kyselin

- minimální overflow do tračníku a arteriální krve
- 3-4x/d
- dyfunkce → průjem
- recyklace lipidových xenobiotik (↑ poškození)



Enzymy tenkého střeva

dipeptidy $\xrightarrow{\text{dipeptidázy}}$ aminokyseliny

maltóza $\xrightarrow{\text{maltáza}}$ glukóza + glukóza

laktóza $\xrightarrow{\text{laktáza}}$ glukóza + galaktóza

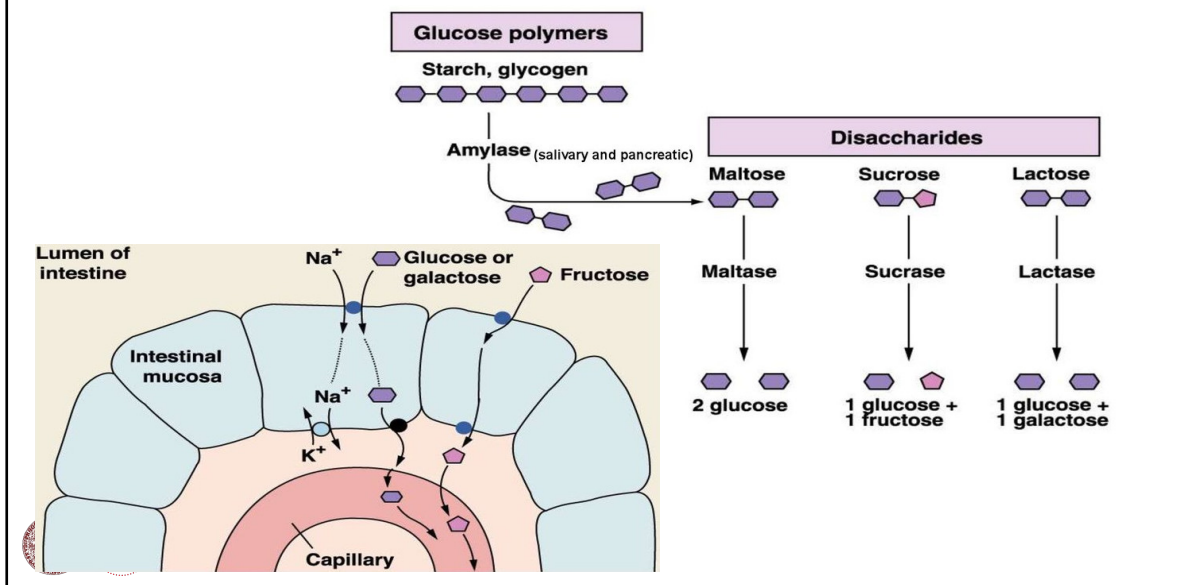
sacharóza $\xrightarrow{\text{sacharáza}}$ glukóza + fruktóza

di- a monoglyceridy $\xrightarrow{\text{lipázy}}$ mastné kyseliny + glycerol

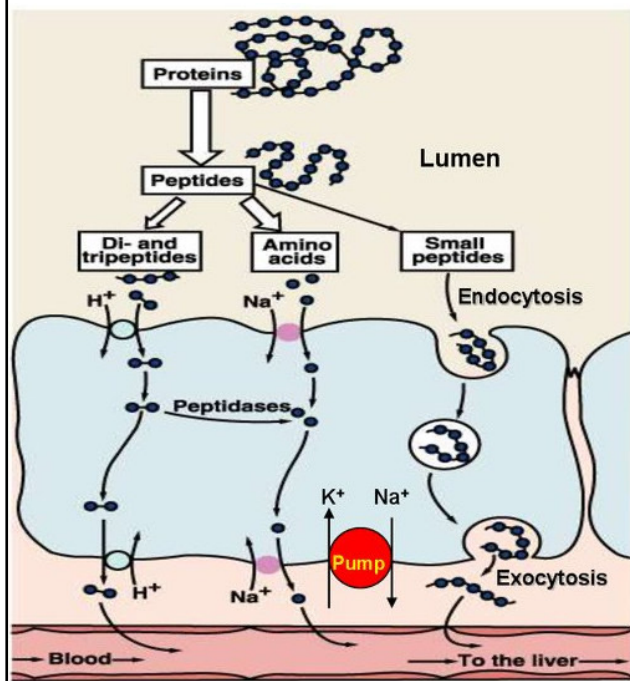
nukleotidy $\xrightarrow{\text{nukleotidázy}}$ nukleosidy $\xrightarrow{\text{nukleosidázy}}$ cukry + báze



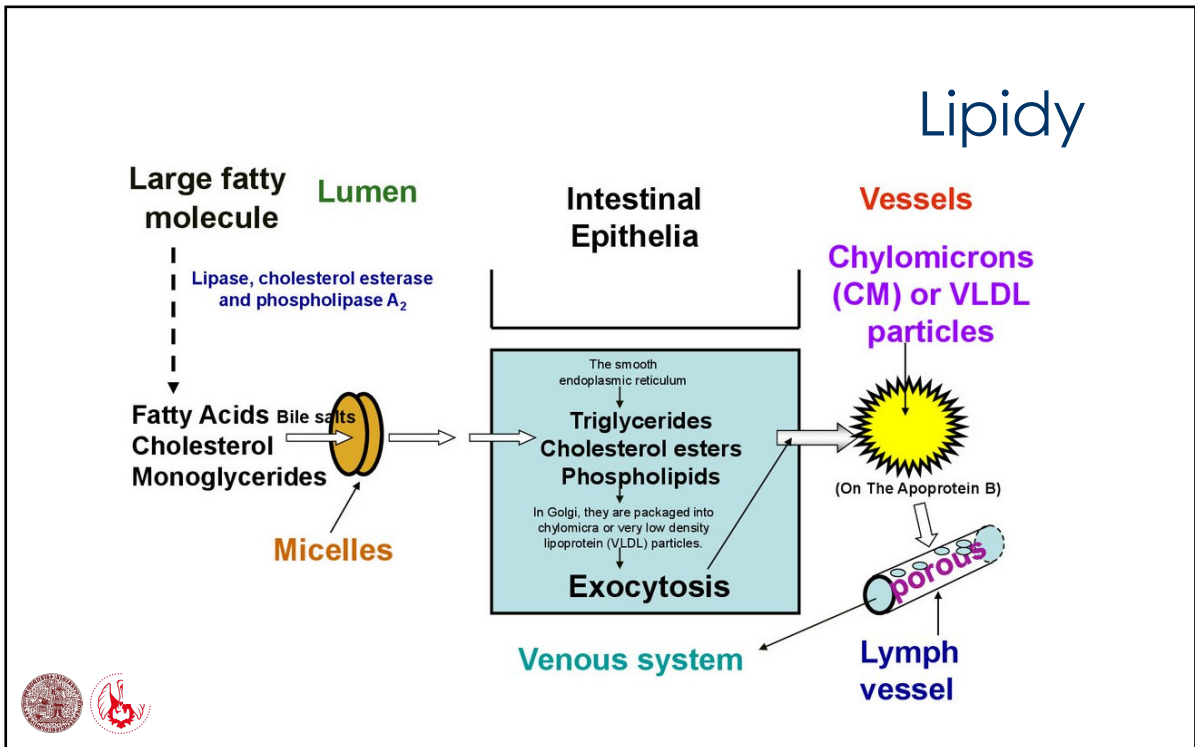
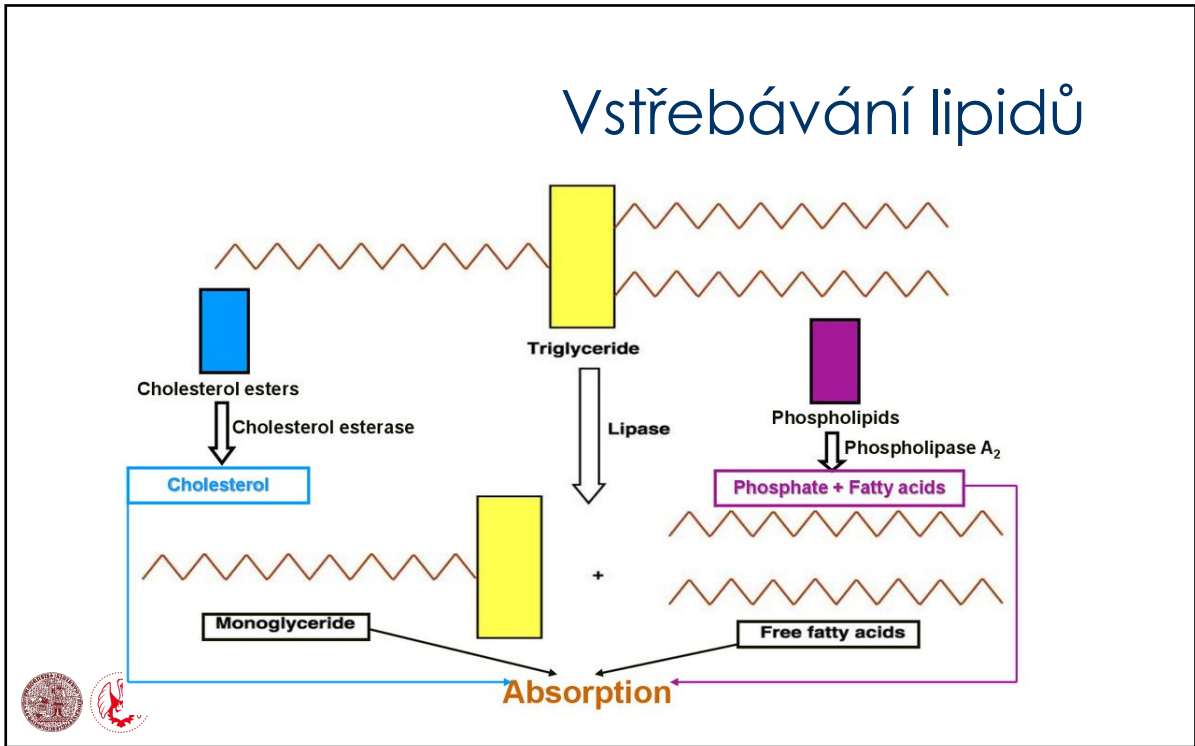
Vstřebávání sacharidů



Vstřebávání proteinů



- některé malé proteiny endocytózou
- AA & di- & tripeptidy Na-dependentním sekundárně aktivním transportem



Tlusté střevo

- HCO_3^- - neutralizace kyselin tvořených střevní flórou
- mukus - ochrana, lubrikace
- absorpce vitamínů B a K tvořených střevními bakteriemi



Pocit sytosti

- distenze inhibuje příjem
 - ↓ velikost žaludku (bariatrické operace)
 - ↓ konzumace
- cholecystokinin = hormon sytosti
 - ↑ živinami
 - ↓ příjem potravy (CCK receptory v CNS)
- glykémie



Motilita GIT

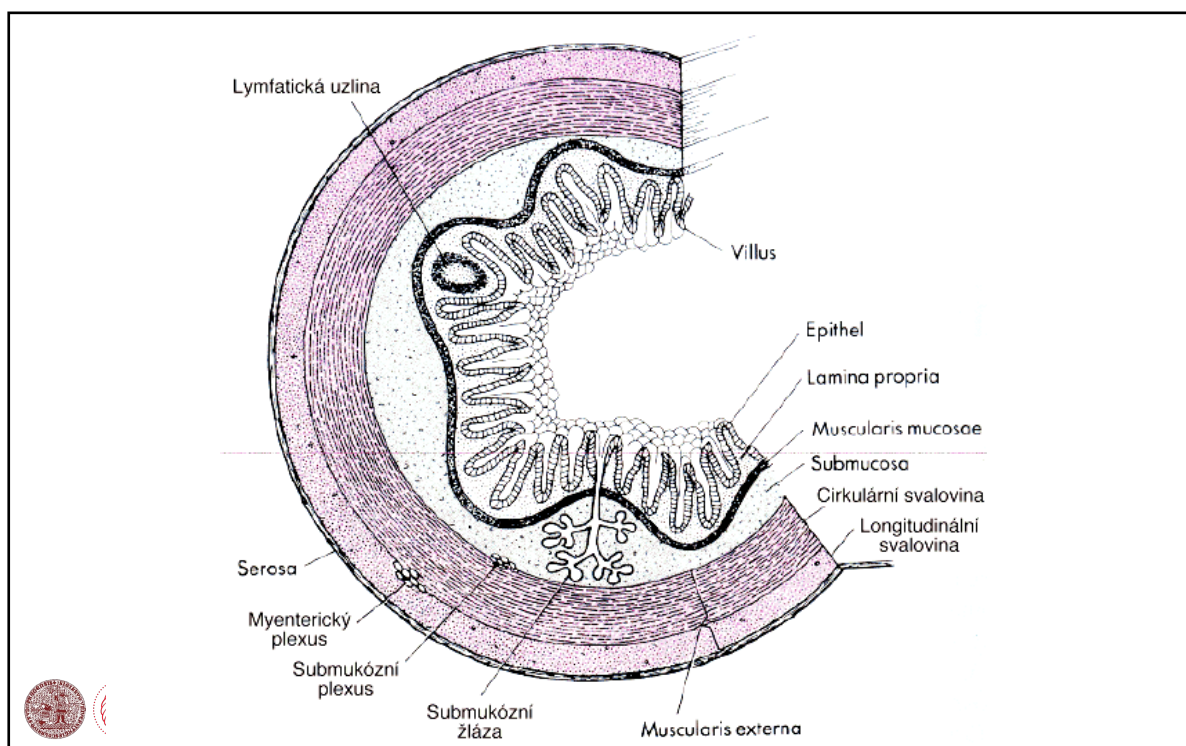
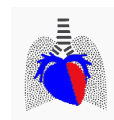
vaclav.hamp@lf2.cuni.cz

<http://fyziologie.lf2.cuni.cz>

<http://vh.cuni.cz>

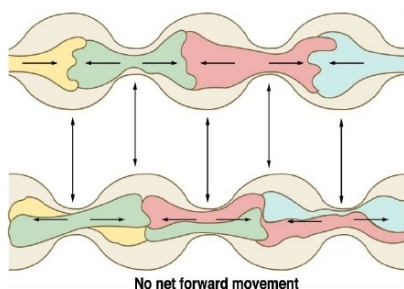


UNIVERZITA KARLOVA
2. lékařská fakulta

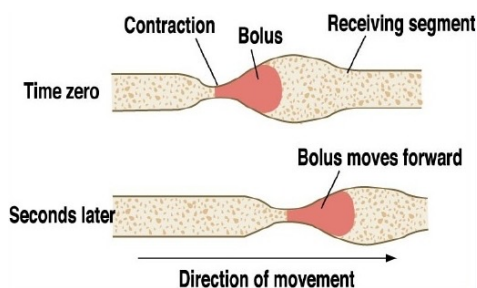


Typy pohybu

1. mísící



2. peristaltika



3. rezervoár



Řízení motility

■ Nervy

- **Enterický nervový systém (ENS)**
- parasympatikus, sympatikus
- část. i somatické motoneurony

■ Hormony

- tvořené v GIT
 - gastrin, sekretin, cholecystokinin, motilin,...
- část. i ostatní
 - např. glukokortikoidy a katecholaminy při stresu



Řízení motility

- Působky GI imunitního systému
 - má nejmíň tolik buněk jako imunitní systém zbytku těla
- Žírné buňky
- Histamin, PGs, LTs, cytokiny,...

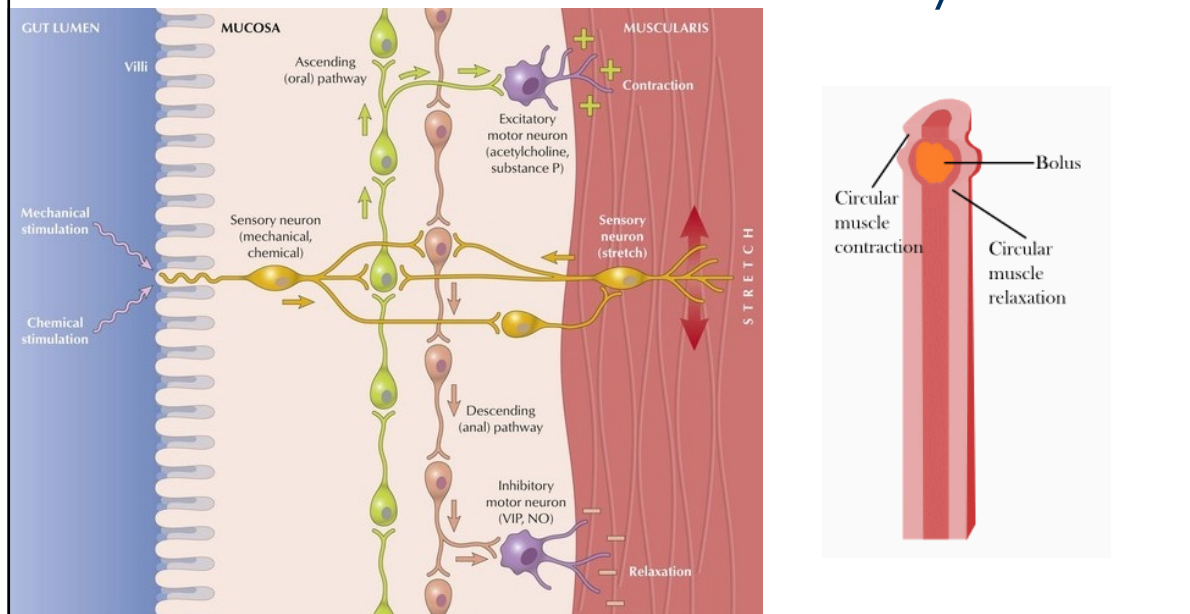


Enterický nervový systém

- Anatomie 19. stol.
~ přepojovací ganglia
- Bayliss, Starling 1899:
peristaltický reflex,
i po denervaci
denervace ostatních orgánů je zastavuje
- Dnes:
 - ENS je autonomní komplexní systém
 - „neurogastroenterologie“



Peristaltický reflex



Enterický nervový systém (ENS)

- Řídí řadu funkcí GIT i bez vnější inervace (ta jen moduluje)
 - motilita
 - sekrece
 - spolupráce s imunitním systémem na obraně
 - regulace růstu



ENS

- $\sim 10^8$ neuronů
 - ☞ $1/1000$ mozku
 - ☞ $>$ mícha
- ne distinktní nervosvalová spojení (nervová zakončení volně rozprostřená mezi SMC)
- inervuje i cévy (hl. vazodilatace) a okolní orgány (moč. měchýř, pankreas)
- asi fylogeneticky starší než CNS (jídlo bylo potřeba před lokomocí)



ENS a CNS: podobnosti

- Glie (podobné astrocytům v CNS)
- Všechny neurotransmitery dosud známé z CNS:
 - excitační motoneurony: hl. ACh (muskarinní receptory na SMC)
 - inhibiční motoneurony: VIP a NO
 - interneurony: hl. ACh (nikotinové receptory na cílových neuronech) a GABA
 - serotonin (5-HT; 95 % všeho)



ENS a CNS: podobnosti

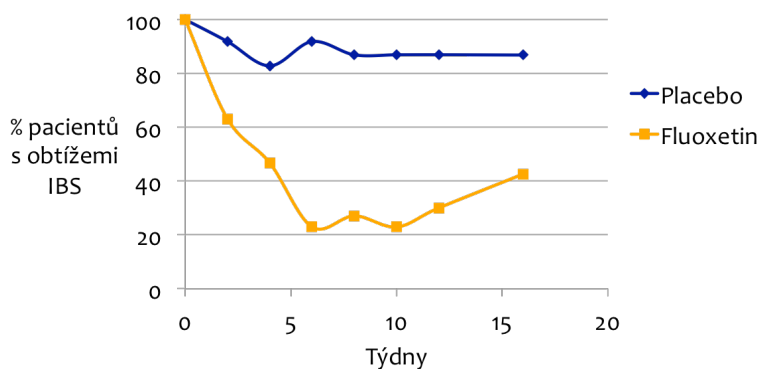
Podobná citlivost k toxinům, lékům a chorobám

- Antidepresiva: ↓ 5-HT re-uptake v mozku i v ENS - nausea, průjem, posléze zácpy (desensitizace)
 - lze využít pro zklidnění GIT (ENS citlivější než CNS)
- Lewyho tělíka (Parkinsonova choroba) a amyloidní plaky a neurofibrilární shluky (Alzheimerova choroba) i ve střevě (diagnostika rektální biopsií?)
- I proto GI a psychické obtíže často koexistují



Antidepresivum fluoxetin (Prozac)

Selektivní inhibitor reuptaku serotoninu (SSRI)



VAHEDI et al: *Aliment. Pharmacol. Therap.* 2005

ENS a CNS: podobnosti

Schopnost „učení“

- Hirschsprungova choroba - geneticky podmíněná absence nervů v nejdistanější části GIT - nemožnost defekace
- do 18 měsíců po odoperování defektní části se "naučí" defekovat ke konečníku přišitá proximálnější část střeva, která to předtím neuměla



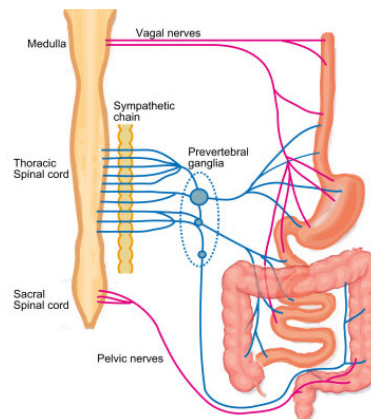
ENS a CNS: komunikace

- ~10x víc AP ENS → CNS než CNS → ENS
- např. žaludeční vředy:
 - dříve: psychosomatické (psychika → GI)
 - dnes: spíše obráceně - primární je *Helicobacter pylori*, psychický diskomfort důsledkem iritace ENS (GI → psychika)
- aferentace z ENS do CNS může působit antidepresivně, podporovat učení (nálada při hladu x po dobrém jídle)



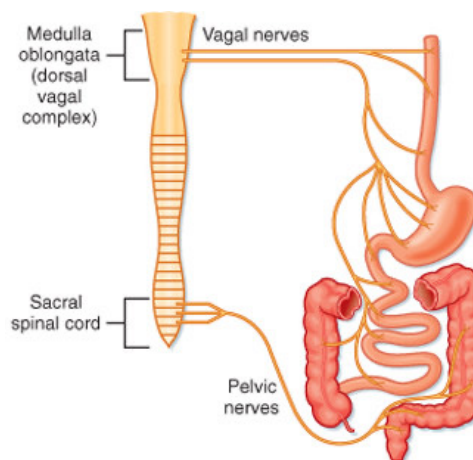
Vegetativní inervace

- hl. pro koordinaci odlehlých částí
 - např. gastrokolický reflex:
naplnění žaludku →
↑ aktivita tlustého střeva
- sympatikus
- parasympatikus



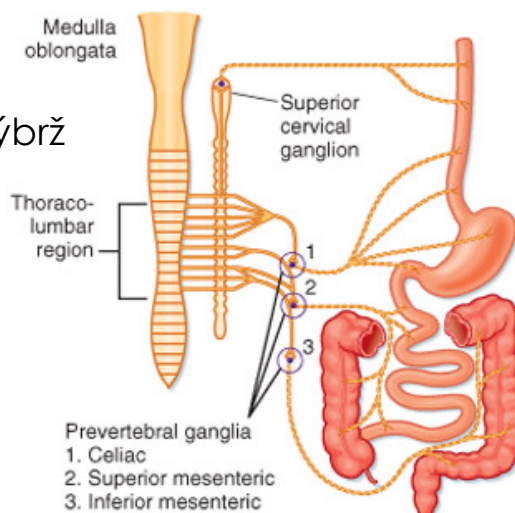
Vegetativní inervace: Parasympatikus

- po příčný tračník větve vagu, zbytek pánevní nervy
- pregangliová převážně cholinergní vlákna
- neinervují přímo hladké svaly, nýbrž neurony ENS
- většinou stimuluje motilitu a sekreci



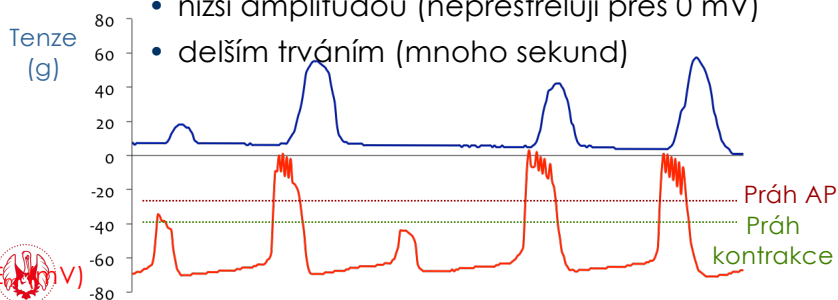
Vegetativní inervace: Sympatikus

- postgangliová adrenergní vlákna z pre- a paravertebrálních ganglií
- neinervují hladké svaly GIT, nýbrž
 - neurony ENS, ty zprostředkují vliv na svaly
 - cévní hladké svaly (vazokonstrikce)
 - žlázy
- většinou ↓ motilitu, ↑ tonus některých svěračů



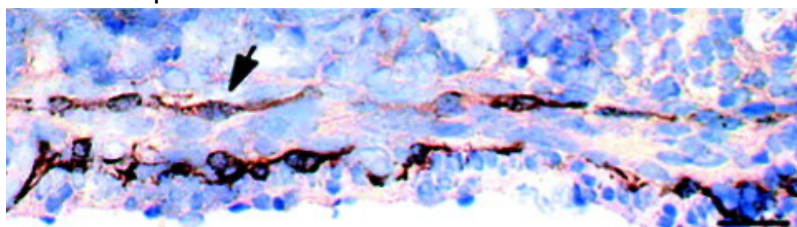
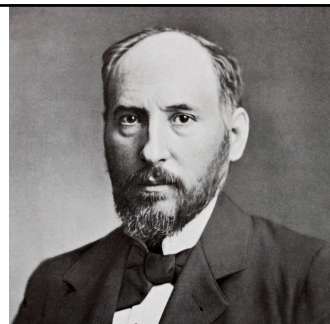
Pomalé vlny E_m v SMC (bazální elektrický rytmus, BER)

- ~3/min v žaludku, 12/min v duodenu
- snadno se šíří elektrickými spoj → synchronizace pohybu segmentů GIT
- od spontánní aktivity např. v srdci se BER liší:
 - nižší frekvencí (max ~40/min, typicky 3-12/min)
 - nižší amplitudou (nepřestřelují přes 0 mV)
 - delším trváním (mnoho sekund)



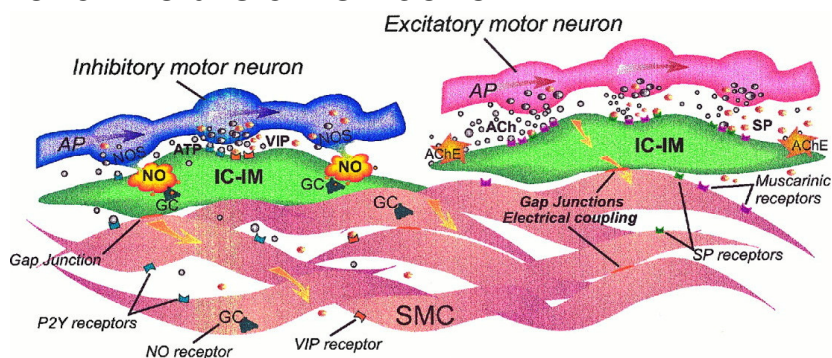
BER generují intersticiální (Cajalovy) buňky

- mezi 2 vrstvami svaloviny
- vlastnosti hladkého svalu i fibroblastu
- gap junctions se svaly obou vrstev a spolu navzájem - šíření depolarizace



Intersticiální (Cajalovy) buňky

- těsné synapse s neurony (zprostředkování vlivu ENS na svaly)
- oddělená aktivita různých částí GIT: diskontinuita intersticiálních buněk





Žvýkání

- vědomé i nevědomé
(polykání na prázdko i v lehčích fázích spánku)
- funkce:
 - z velkých kusů malé (5-15 ml)
 - lubrikace
 - amyláza (začátek trávení škrobu)
- u člověka není výživa ohrožena ani při podstatném úbytku zubní plochy
- může generovat sílu až 50-80 kg na molárech



Polykání: stavba reflexu

- aferentní část: dotykové receptory hl. ve vstupu do faryngu
- polykací centrum v medule a dolním mostu
 - snadno narušeno při postižení CNS (mrtvice,...)
- eferentní část:
 - hlavovými nervy do faryngu a začátku jícnu
 - vagem do zbytku
 - do dýchacího centra
- ale x vagu ihned evokuje alternativní cesty peristaltiky (ENS, myogenní mechanismy)



Polykání: orální fáze

- volní
- častěji reflexně podrážděním faryngu slinami nebo soustem (asi 1000x denně, i ve spánku)
- jazyk posune tlakem proti tvrdému patru jídlo do začátku faryngu



Polykání: faryngeální fáze

- <1 sec
- reflexní, aktivace mech. podrážděním
- měkké patro ↑, uzavře vstup do nosu
- hlasivky k sobě, larynx ↑ (uzavření hrtanové příklopky)
- ↓ dýchání
- krátká relaxace horního jícnového svěrače (po průchodu sousta se reflexně zavírá)
- kontrakce začátku jícnu (kosterní svaly)
- iniciace peristaltické vlny



Polykání: esofageální fáze

- horní ~1/3 esofagu = kosterní svalovina (longitudinální i cirkulární vrstva)
- pak "gradient" kosterní -> hladký
- poslední ~1/3 = hladký sval
- kosterní i hladký: inervace vagem
 - u kosterního končí vagová vlákna nervosvalovými ploténkami (myenterický plexus jen senzor. fce)
 - vagová vlákna do části z hl. svalu končí u neuronů ENS
- primární peristaltická vlna 3-4 cm/s (6-8 s)
- pokud nestačí → sekundární peristaltická vlna (reflex z distenze esofagu)

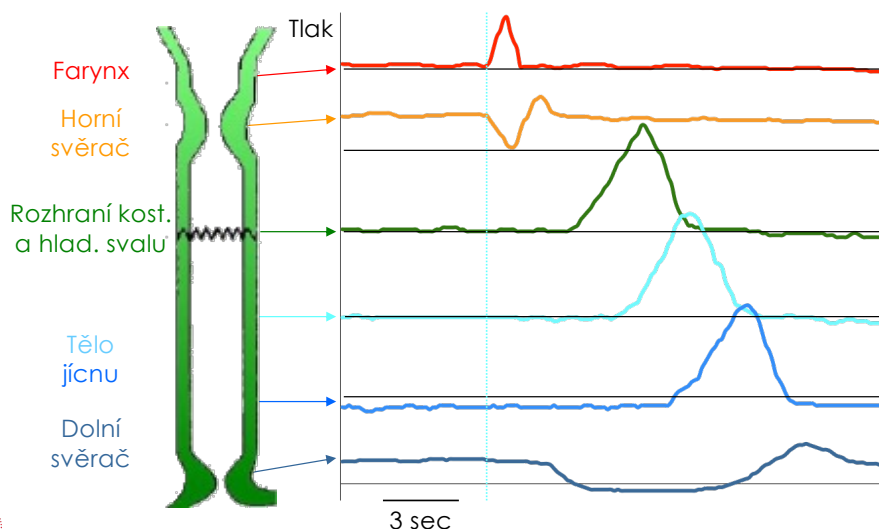


Sekundární peristaltická vlna

- ne kompletní polykací reflex
- jen jícnová aferentace
- peristaltická aktivita omezená na jícn
- ne kontrakce faryngu, ne relaxace horního svěrače
- lokální reflex podobný peristaltickému reflexu – distenze jícnu aktivuje místní senzorické nervy → kontrakce nad, relaxace pod místem distenze



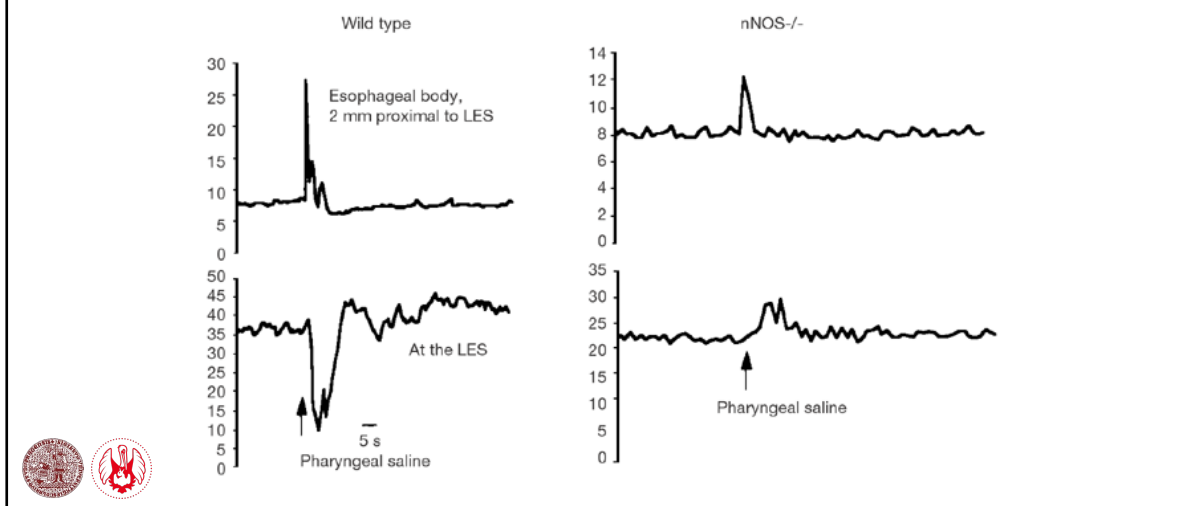
Polykání: jícnová fáze



Esofageální reflux

- dolní svěrač se občas otevře i mimo polykání (tzv. fyziologický reflux)
- když to dělá moc → esophagitis ("pálení žáhy")
- tlak v esofagu ~ nitrohruční < nitrobřišní
 - využívá se pro měření intrapleurálního tlaku
 - napomáhá refluxu
- jícen prochází bránicí v úrovni dolního svěrače → kontrakce bránice pomáhá zavření svěrače (nefunguje při brániční kýle)

Relaxaci dolního svěrače jícnu zprostředkuje NOS I



Žaludek - stavba

- cirkulární svalovina se ztlušťuje směrem k antru
- longitudinální prakticky chybí v horní třetině
- šikmá jen v dolní polovině



Žaludek - funkce

- rezervoár
- rozmělnění
- promíchání s žaludečními sekrety
- **plynulé plnění střeva**



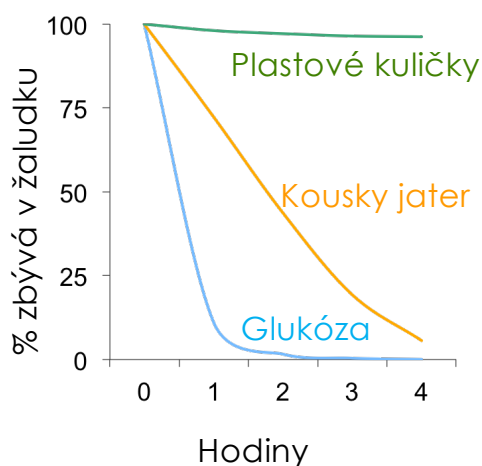
Žaludek - rezervoár

- hl. fundus a tělo
 - slabé kontrakce - minimální promíchávání po dlouhou dobu
 - slabá vrstva svaloviny
- prázdný objem 50 ml, tlak ~ 5 torr
- objem může ↑ až na ~ 4 l
- tlak ↑ až při ↑ objemu o >1-1.5 l
 - receptivní relaxace
(vago-vagový reflex, tj aferentace od receptorů natažení vagem do CNS [asi do stejné oblasti jako polykání] a eferentace k hladkému svalu taky vagem)



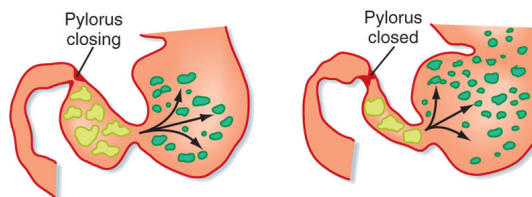
Žaludek - rezervoár

- chymus se usazuje do vrstev podle hustoty, velké kusy odchází poslední
- tuky tvoří film na povrchu, proto se tráví poslední
- tekutiny "předbíhají"



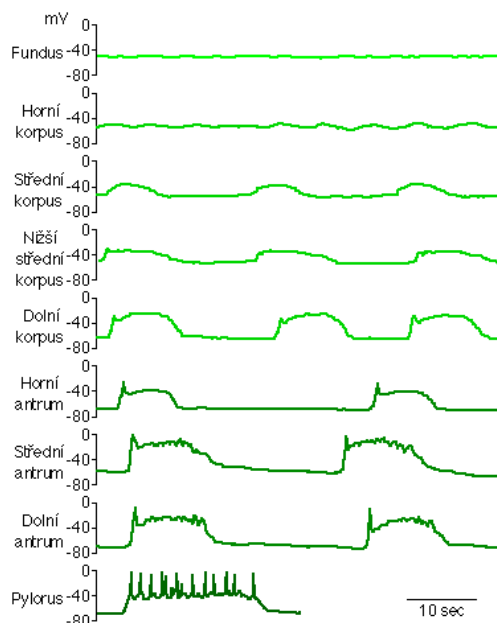
Žaludek - rozmělnění a promíchání se sekrety

- peristaltika antra
 - začíná blízko středu těla (shluk intersticiálních buněk)
 - zesiluje a zrychluje se směrem k antru
- retropulze
 - silné kontrakce konce antra proti směru peristaltické vlny
 - propasírovává chymus zpátky do žaludku zúženinou tvořenou peristaltickou vlnou



Elektrická aktivita žaludku

- pomalé vlny (BER) se šíří z pacemakerové zóny asi uprostřed těla
- BER ↑ směrem k antru
- jen v antru amplituda BER > práh pro AP
- tvar podobný AP v srdci, ale 10x delší



Žaludek - plnění střeva

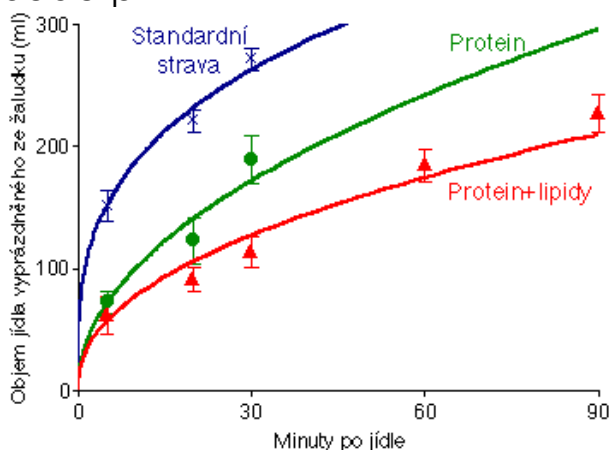
- plynulé zpracování duodenem (i přes nárazovitý charakter jedení)
- proti poškození duodena kyselinou
- silné kontrakce antra (silná svalovina, střední šikmá vrstva) proti skoro uzavřenému pyloru (brání regurgitaci - žluč může poškodit žaludeční stěnu)
- vyprázdnění žaludku ~ 3 hodiny



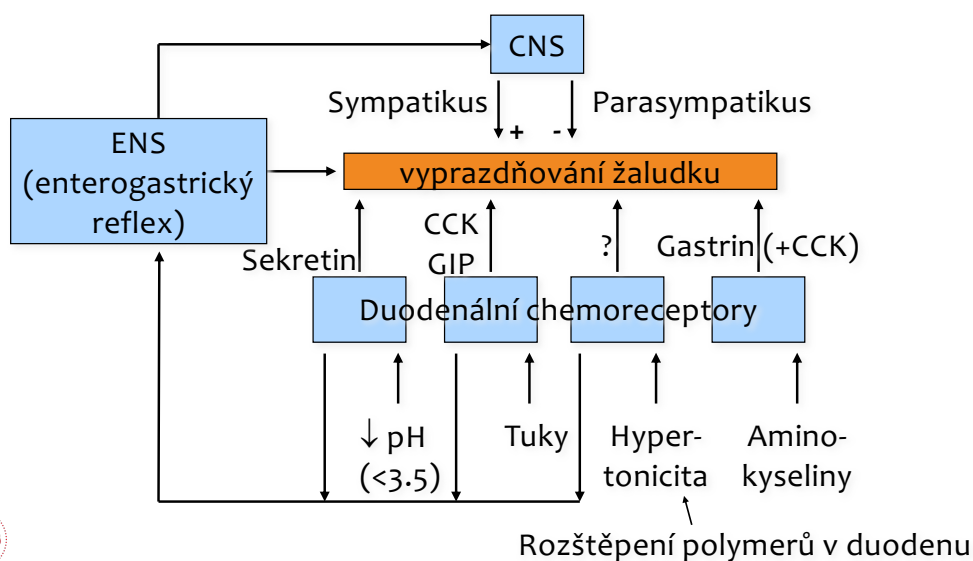
Vyprazdňování žaludku závisí na složení potravy

střevo různě rychle tráví různé živiny a podle toho si "diktuje", jak rychle se bude plnit

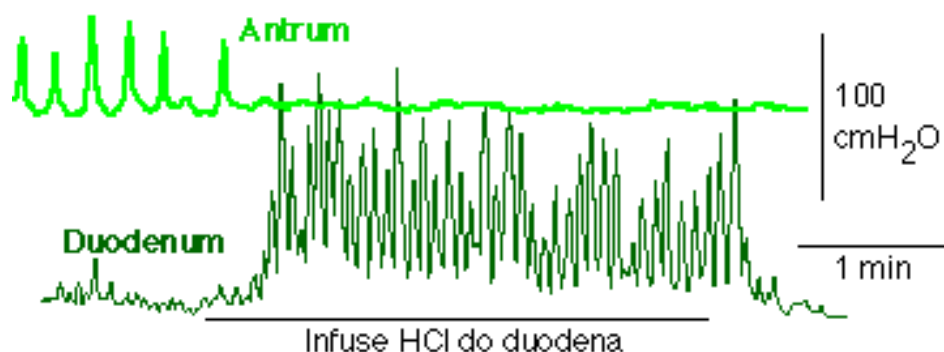
Proto tučné pomáhá proti opilosti (tuk v žaludku déle, zdrží tam alkohol, ten se v žaludku resorbuje pomaleji než ve střevě)



Regulace vyprazdňování žaludku

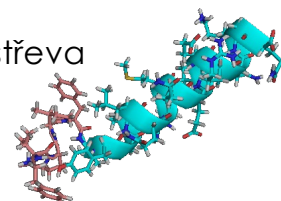


↓ pH → ↓ kontrakce antra,
↑ motilita duodena



Migrující myoelektrický komplex (MMC; hladové vlny)

- prázdný žaludek ~75-90 min v klidu, pak 5-10 min intenzivních kontrakcí antra při relaxovaném pyloru
- odstraňuje nedotrávené zbytky (i velké kusy)
- stimuluje ho motilin
 - polypeptidový (22 AA) hormon z tenkého střeva
 - produkován při hladovění, možná stimulace vysokým pH v duodenu?



Zvracení (emesis)

- obvykle předchází nausea, někdy anorexie, autonomní reakce (salivace, pocení, studená kůže, závratě,...)
- zvracecí centrum v prodloužené míše (u kardiiovaskulárního a respiračního centra)
- mechanické podněty (distenze), zranění, bolest
- žaludek/duodenum, vchod do laryngu, vnitřní ucho
- emetika (chemoreceptory v žaludku/duodenu nebo na dně 4. komory)



Zvracení

- reversní peristaltika od prostředku tenkého střeva po larynx
- usilovný nádech proti zavřené glottis -
↓ nitrohrudní tlak, ↑ nitrobřišní (bránice)
- silná kontrakce břišních svalů a bránice
- relaxace a pak zavření pyloru, relaxace dolního a nakonec horního svěrače esofagu (zavření glottis, inhibice dýchání)
- ochranný reflex proti toxicitě, ale dlouhodobější zvracení -> metabolická alkalóza, dehydratace



Tenké střevo

- duodenum prvních 5% délky, jejunum dalších 40, zbytek ileum
- většina trávení v duodenu a jejunu, bez ilea se lze obejít
- peristaltika jen v kratších částech střeva najednou (~10 cm) (kromě MMC)



Tenké střevo: segmentace

- střídající se lokalizované kontrakce cirkulární svaloviny
- promíchává chymus se střevní šťávou, kontakt se střevní stěnou
- frekvence daná BER (~11-13/min v duodenu, 8-9 na konci ilea)
- BER probíhá po celé délce, ale AP jen lokalizovaně - tam segmentační kontrakce
- BER nezávislý na inervaci, kontraktilita ↑ parasympatikem, ↓ sympatikem (přes ENS)



Intestinální reflexy

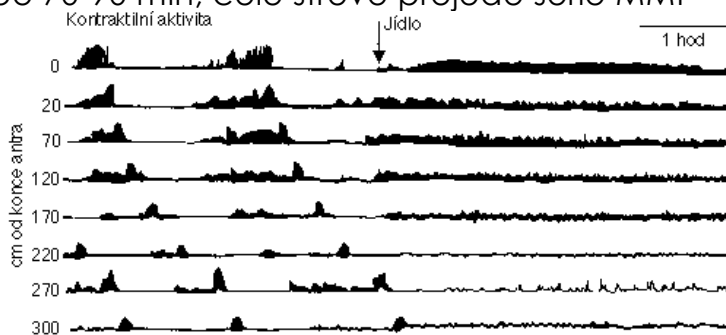
- lokální (např. peristaltický reflex)
- jen ENS
- zprostředkované ENS i zevní inervací:
 - intestinointestinální reflex - přílišná distenze části střeva relaxuje zbytek
 - gastroileální reflex - ↑ aktivita žaludku
→ ↑ pohyb chymu ileocékálním svěračem
 - ileogastrický reflex - ↓ motility žaludku vyvolané distenzí ilea



MMC při hladu

- podobně jako v žaludku, odkud postupně až na konec tenkého střeva
- segmentace ustávají
- peristaltické vlny zahrnují ~70 cm střeva
- opakuje se po 70-90 min, celé střevo projede série MMP za 1-2 hod

“vymetá”
nevstřebané
zbytky a brání
migraci bakterií
z tlustého do
tenkého střeva

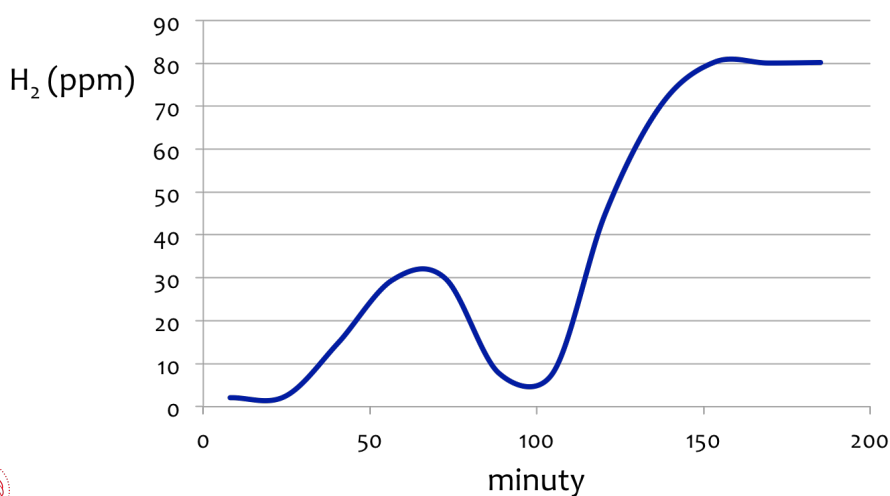


Slabé MMC

- bakterie zůstávají v tenkém střevě → přibývá jich (hodně živin)
- uvolňují vodík (jiný zdroj u člověka není)
- dělají to jen když mají k dispozici nestrávené cukry (ty v tlustém střevě normálně nejsou)
- víc H_2 :
 - buď nestrávený cukr v tlustém střevě (např. laktózová intolerance, zrychlená pasáž)
 - nebo bakterie jdou cukrům „naproti“ do ilea
- část do krve, odtud do dechu, tam lze měřit



Test H_2 v dechu (laktulosový test)



Kontrakce muscularis mucosae

- mění tvar rýh a záhybů mukózy, kontrahuje villi ("dojení" produktů trávení do lymfatických cest), "mávání" klků
- lepší kontakt chymu se sliznicí, promíchávání
- napomáhá toku lymfy



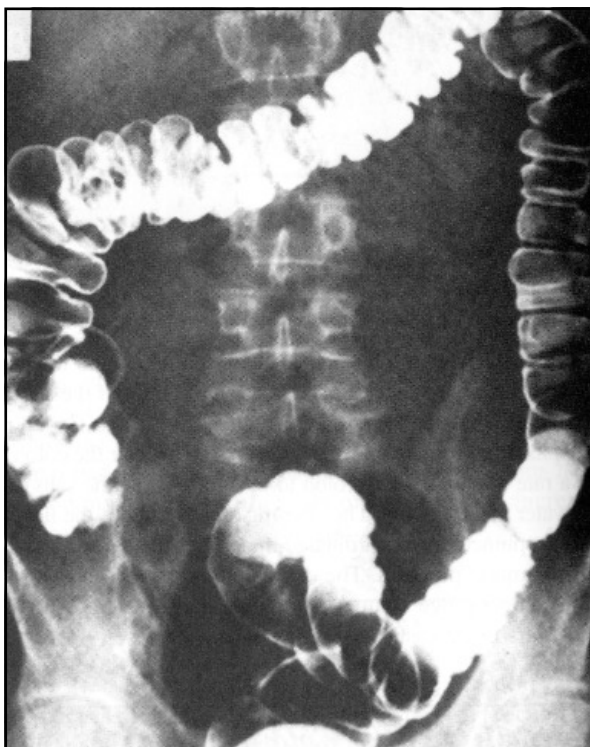
Vyprazdňování ilea

- ileocékální svěrač (chlopeň) je normálně zavřený (m.j. kvůli bakteriím)
- otvírá ho (lokální reflex) distenze konce ilea
- zavírá ho (lokální reflex) distenze začátku tlustého střeva



Tlusté střevo

- hl. funkce:
 - absorpce vody a iontů
(do trávení se investovalo cca 20 l vody/d)
 - skladování nepotřebných zbytků (typicky 15-30 hod, ale až 30% zde může zůstat třeba týden)
- proto hlavně promíchávání, jen asi 5% peristaltika
- se zahušťováním je promíchávání obtížnější
- haustrace, kývavé pohyby, hromadný pohyb



Haustrace

- jako segmentace, ale výraznější a v anatomicky předdefinovaných místech cirkulární svaloviny
- řízeno BER z intersticiálních buněk (~6/min)
- většinou ne AP
- zesilování kontrakcí (např. ACh) prodlužováním amplitudy BER

Kývavé pohyby tlustého střeva

- longitudinální svalovina, promíchávání
- řízeno tzv. myenterickými potenciálovými oscilacemi (nižší amplituda a vyšší frekvence než pomalé vlny)
- na jejich vrcholu AP, ty vyvolávají kontrakci
- zesilování kontrakcí zvyšováním frekvence AP (např. ACh)



Tlusté střevo: Hromadný pohyb

- 1-3x/den (obvykle po jídle)
- vlna velmi silné kontrakce
- posunuje obsah na delší vzdálenost (většina tlustého střeva)
- tračník zůstává chvíli kontrahovaný
- celkový pohyb je pomalý (max 5-10 cm/hod)
- řízeno ENS
- SNS brzdí pohyb, PNS stimuluje haustrace proximální části a expulzivní pohyby distální části



Reflexy tlustého střeva

- kolono-kolický - distenze jednoho místa relaxuje zbytek (částečně sympatikus)
- gastro-kolický - naplnění žaludku zvyšuje frekvenci masových pohybů (sympatikus a parasympatikus, CCK, gastrin)
- podobně duodeno-kolický



Rektum a anální kanál

- rektum obvykle (skoro) prázdné (retrográdní kontrakce vrací obsah do sigmoidea, dokud ho není příliš)
- těsně před defekací hromadný pohyb sigmoidea naplní rektum → ↑ tlak → reflexní relaxace vnitřního svěrače (hladký sval) a kontrakce vnějšího (kosterní sval ovládaný volně přes pudendální nervy)
- receptory natažení rektální stěny se umí adaptovat - nucení na stolici může při potlačení dočasně ustoupit



Defekace

- reflex řízený ze sakrální míchy, modulovaný z vyšších úrovní (vědomí)
- eferentní část - ACh parasympatická vlákna v pánevních nervech
- vysoce propulsivní kontrakce colon descendens a sigmoideum
- relaxace obou svěračů (zevní volní)
- nádech posunuje bránici dolů
- kontrakce expiračních svalů při plných plicích a kontrakce břišních svalů zvyšují nitrobřišní tlak (až na 200 mmHg)

