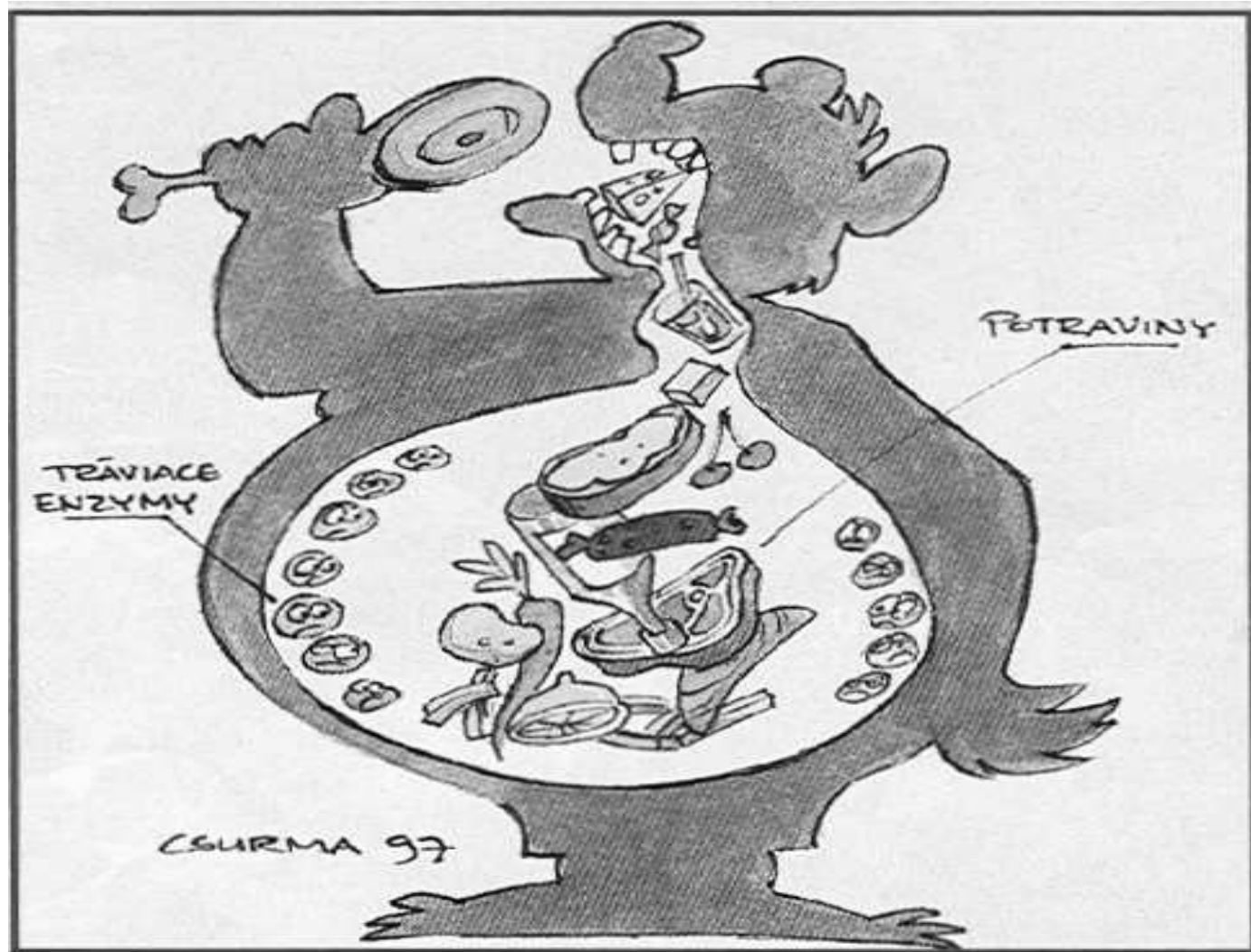


Fyziologie trávení a vstřebávání



Funkce trávicího ústrojí (GIT - gastrointestinální trakt)

➤ Trávení

❖ mechanické a chemické zpracování potravy

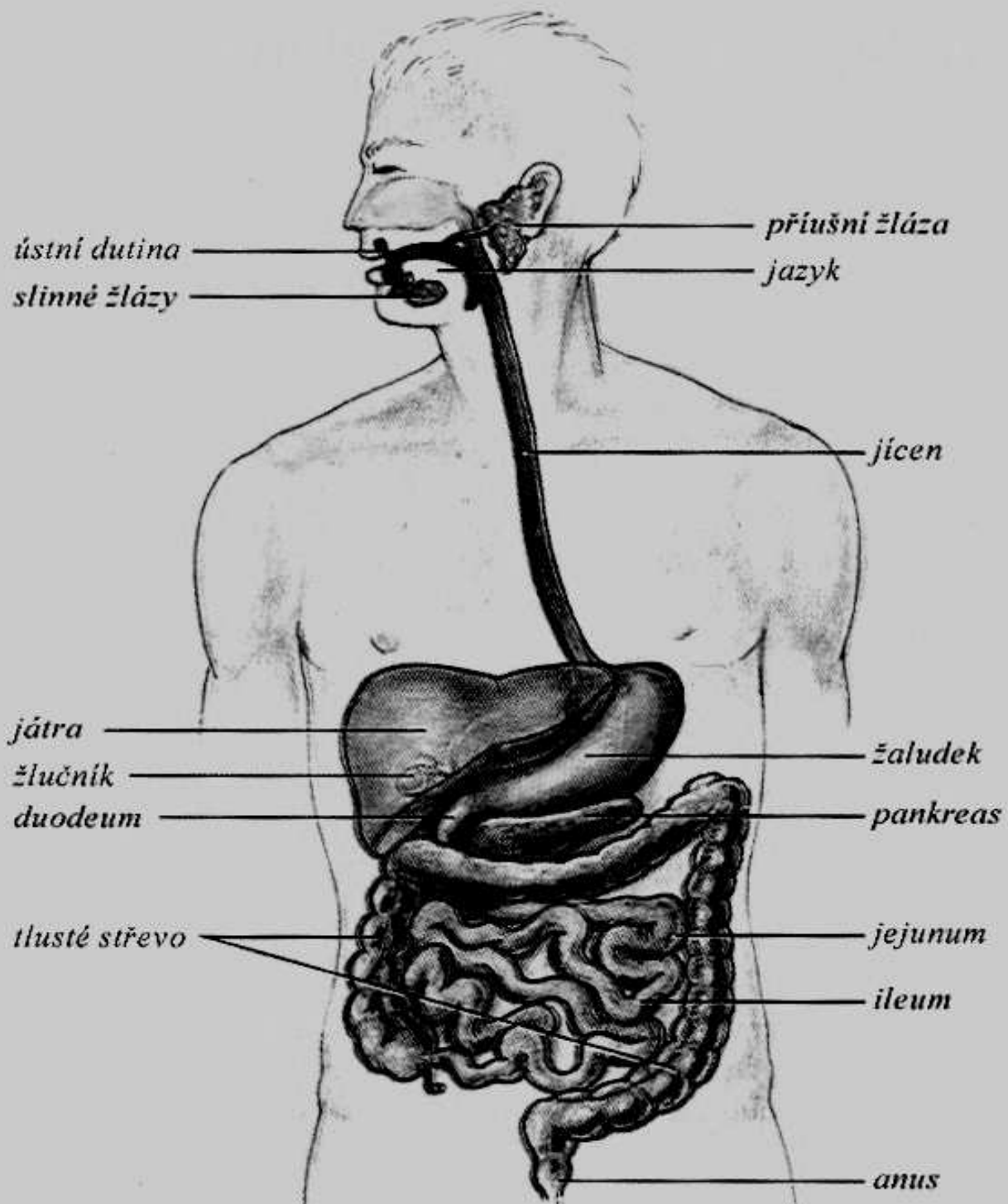
➤ Vstřebávání

❖ přestup látek stěnou GIT do krve

➤ Přeměna a skladování živin

➤ Vylučování

❖ odstraňování nestrávených zbytků potravy a zplodin metabolismu



Stavba stěny trávicí trubice

➤ **Vnitřní vrstva**

- ❖ tvoří ji sliznice – **mukóza**
 - ❖ produkuje hlen (**mucin**)

➤ **Podslizniční vrstva**

- ❖ tvoří ji submukóza
 - ❖ obsahující krevní cévy, nervovou pletěň (plexus submucosus Meissneri) a žlázy odpovídající za sekreci trávicích enzymů

➤ **Vnitřní vrstva svaloviny**

- ❖ tvoří ji cirkulární svalovina
 - ❖ místní pohyby

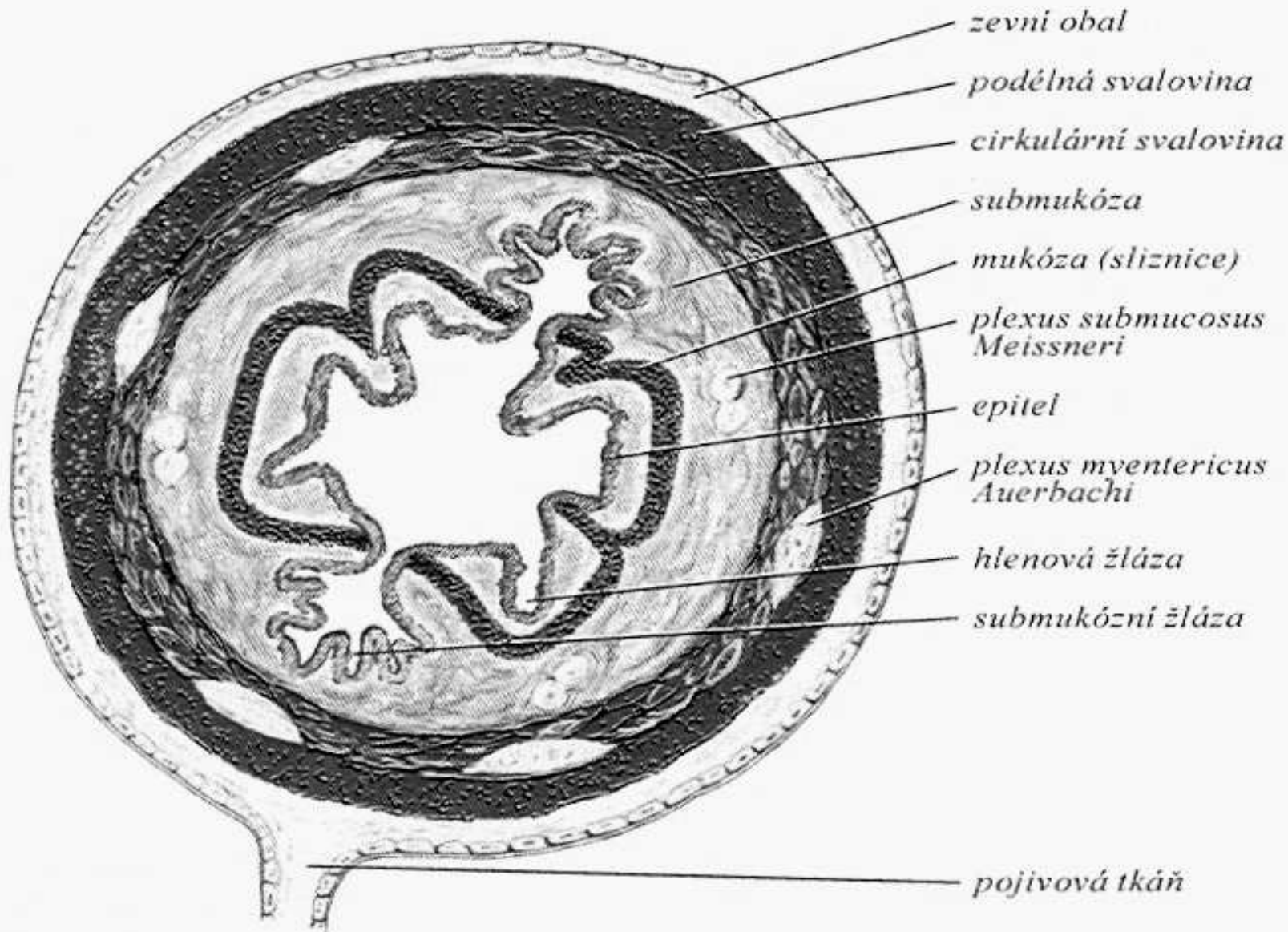
➤ **Vnější vrstva svaloviny**

- ❖ tvoří ji svalovina podélná
 - ❖ peristaltické pohyby
- ❖ mezi dvěma vrstvami svaloviny je další nervová pletěň (plexus myentericus Auerbachi)

➤ **Serózní blána**

- ❖ její pomocí se přivádí k trávicí trubici cévy (arterie, žíly, lymfatické cévy)
- ❖ v dutině břišní je tvořena peritoneem

Příčný řez tenkým střevem



Principy motility GIT

➤ Typy pohybů v GIT

❖ Celkové

- ❖ propulzivní (peristaltické) pohyby
- ❖ posun tráveniny

❖ Místní

- ❖ pohyby segmentační a kývavé
- ❖ míchání tráveniny

⇒ **míchání a aborální posun tráveniny (chymu) a posun**

Principy motility GIT

➤ Řízení pohybů

- ❖ plexus myentericus Auerbachi a plexus submucosus Meissneri
- ❖ v horní třetině žaludeční stěny centrum – provokuje pohyby hl. svaloviny (BER)
- ❖ sympatikus (-) a parasympatikus (+)
- ❖ lokální hormony

Krevní zásobení GIT

- Tepny přivádějící krev do trávicího traktu - *truncus coeliacus*, *arteria mesenterica superior* a *arteria mesenterica inferior*
- *Truncus coeliacus* - zásobuje krví žaludek, duodenum, játra, slezinu a pankreas
- *Arteria mesenterica superior* a *arteria mesenterica inferior* - zásobují krví tenké a tlusté střevo
- Arterioly procházejí do stěny střevní a šíří se až do klků a do submukózy (první kapilární systém)
 - přispívají k sekrečním a resorpčním funkcím GIT

Krevní zásobení GIT

- Žilní krev odtéká splachnickým systémem ze střev, pankreatu a sleziny → portální žíla (*vena portae*) → jater → jaterní sinusoidy (druhy kapilární systém)
- Zde resorpce téměř všech ve vodě rozpustných živin do retikuloendotelových buněk a do hepatocytů
- Krev z jater → jaterní žíly (*vena hepatica*) → dolní dutá žíla (*vena cava inferior*) - PP
- Látky ve vodě nerozpustné → střevní lymfatické cévy → hrudní mízovod → krev
- Portální systém – dva za sebou řazené kapilární systémy

Řízení činnosti GIT

1. Nervové řízení

- ❖ od jícnu až po anus
 - ❖ dvě nervové pleteně – **nervový systém střeva**
 - Plexus myentericus Auerbachi - motilita
 - Plexus submucosus Meissneri – sekrece a lokální prokrvení
 - ❖ mechano- a chemoreceptory – sliznice GIT => místní reflexy (distenze zaživ. trubice vyvolá kontrakci svaloviny), uvolnění hormonů

- ❖ **Vegetativní nervový systém** – parasympatikus a sympatikus

Funkce	Parasympatikus	Sympatikus
Sekrece slin	+	-
Sekrece trávicích šťáv	+	-
Motilita GIT	+	-
Tonus sfinkterů	-	+

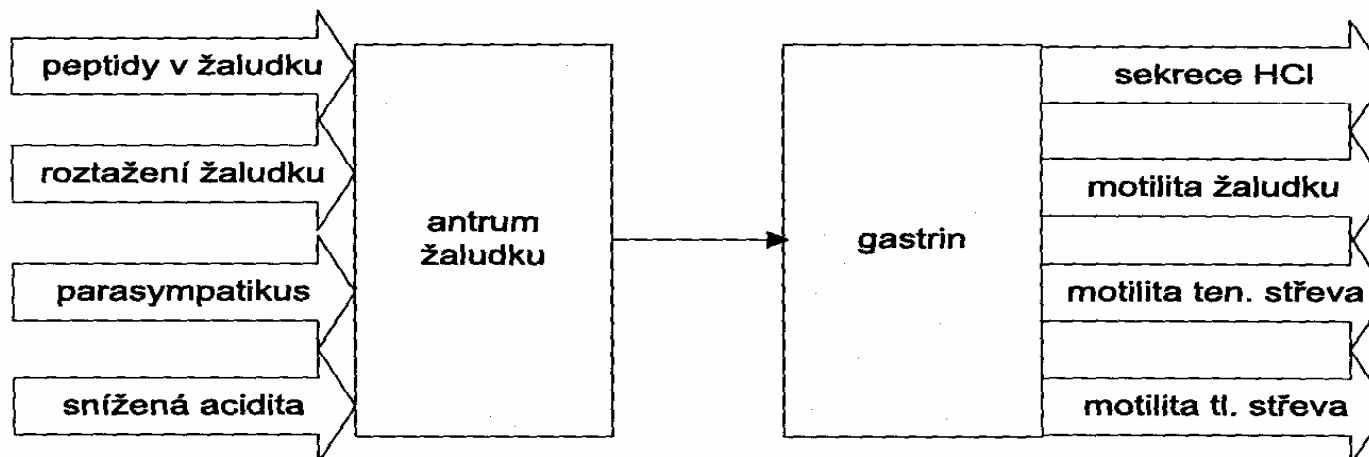
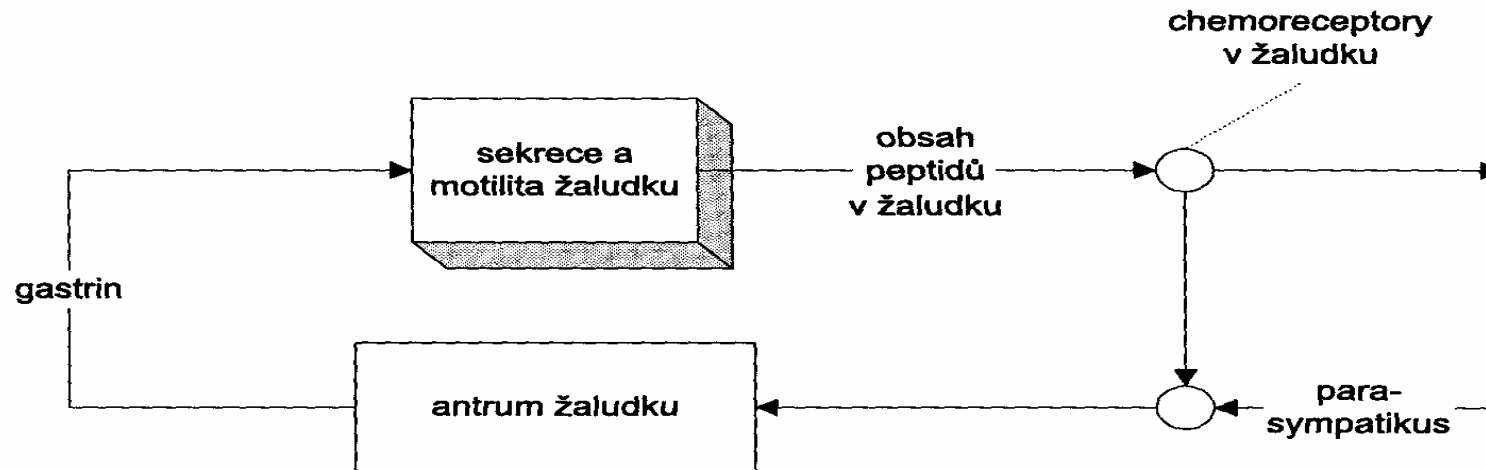
Řízení činnosti GIT

2. Humorální řízení

- ❖ hormony endokrinních žláz – tyroxin, somatotropin, aldosteron
- ❖ tkáňové hormony – ovlivňují sekreci tráv. šťáv a motilitu

Hormon	Místo vzniku	Podnět pro výdej	Funkce (+ posílení, - zeslabení)
Gastrin	G-buňky žaludku (antrum) δ-buňky pankreatu duodenum	posun pH na alkalickou stranu mechanické rozpětí antra (=>stimulace vagu, lokální reflexy) noradrenalin neutrální aminokyseliny mléko, Ca, alkohol inzulin. hypoglykémie	+ žaludeční sekreci (produkce HCl, pepsinogenů, vnitřního faktoru, + motilitu žaludku (promíchávání) + tonus pylorického svěrače (zpomaluje vyprazdňování žaludku) + sekreci pankreatu (enzymy, voda, elektrolytů)
CCK (cholecystokinin)	duodenum	natrávené bílkoviny a mastné kyseliny s dlouhým řetězcem v duodenu	+ vyprazdňování žaludku + sekreci enzymů z pankreatu + motilitu a vyprazdňování žlučníku

Úloha gastrinu v řízení činnosti GIT



Úloha CCK v řízení činnosti GIT

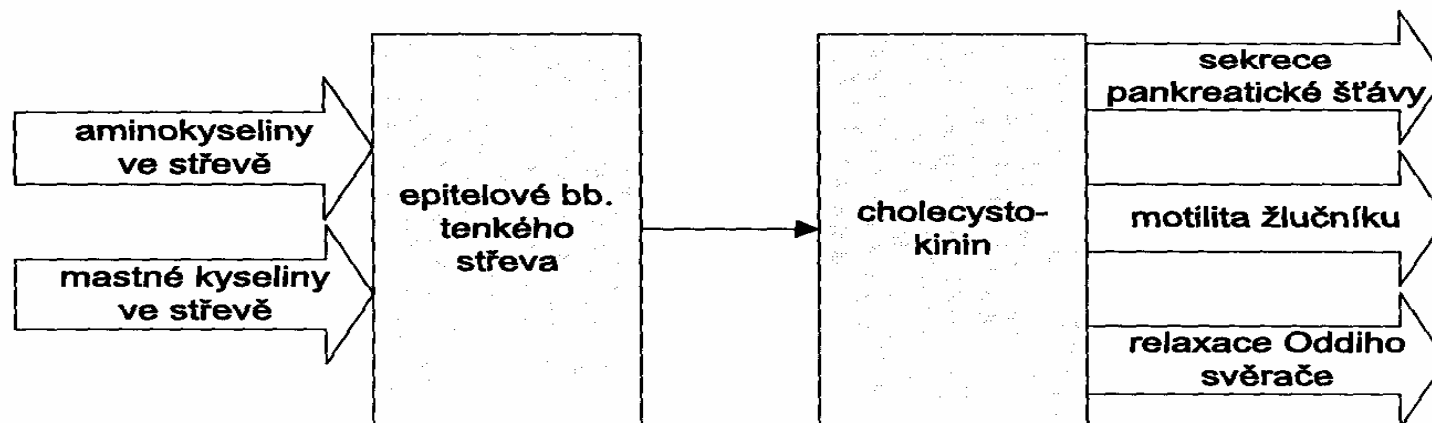
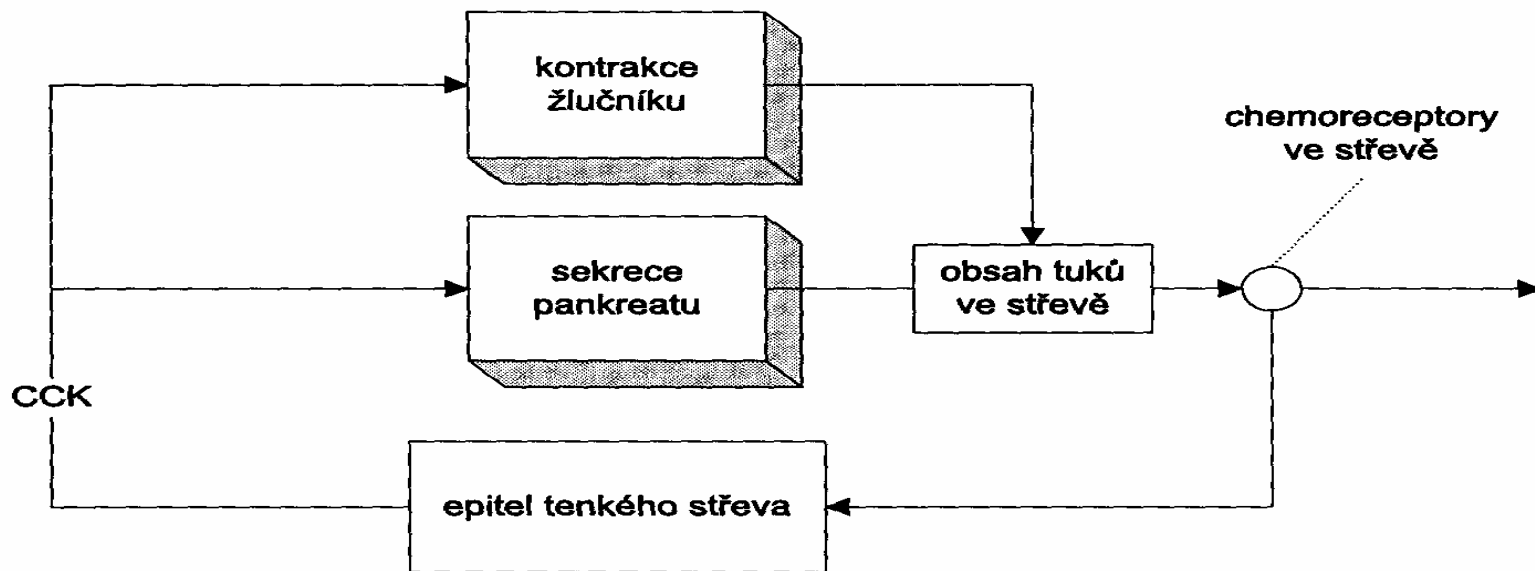
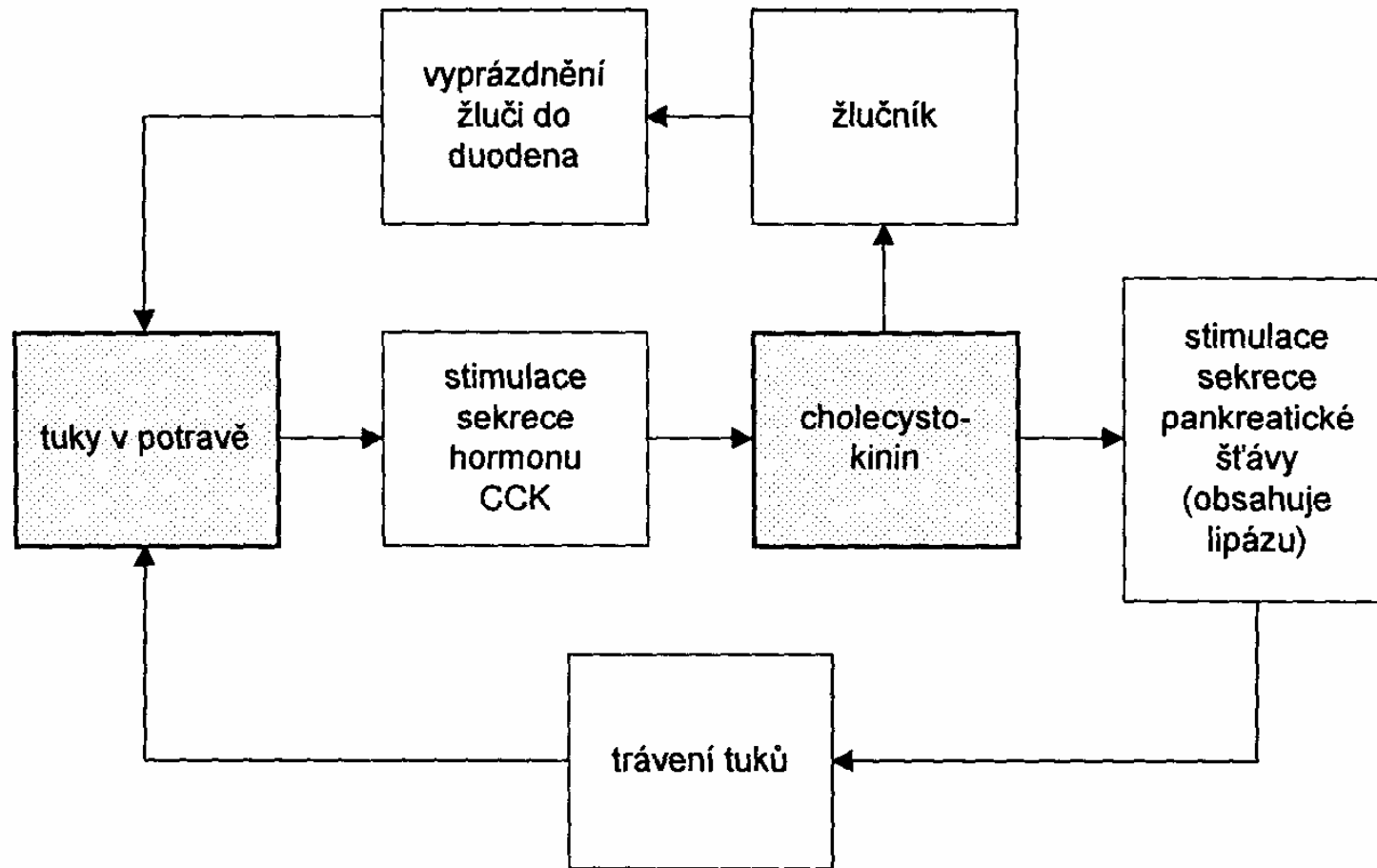
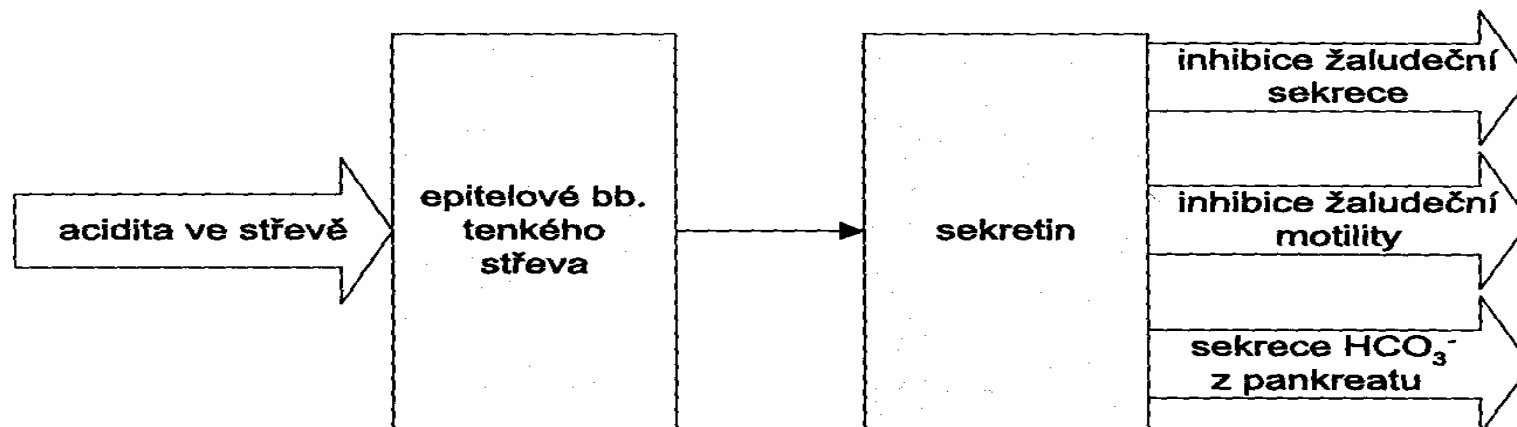
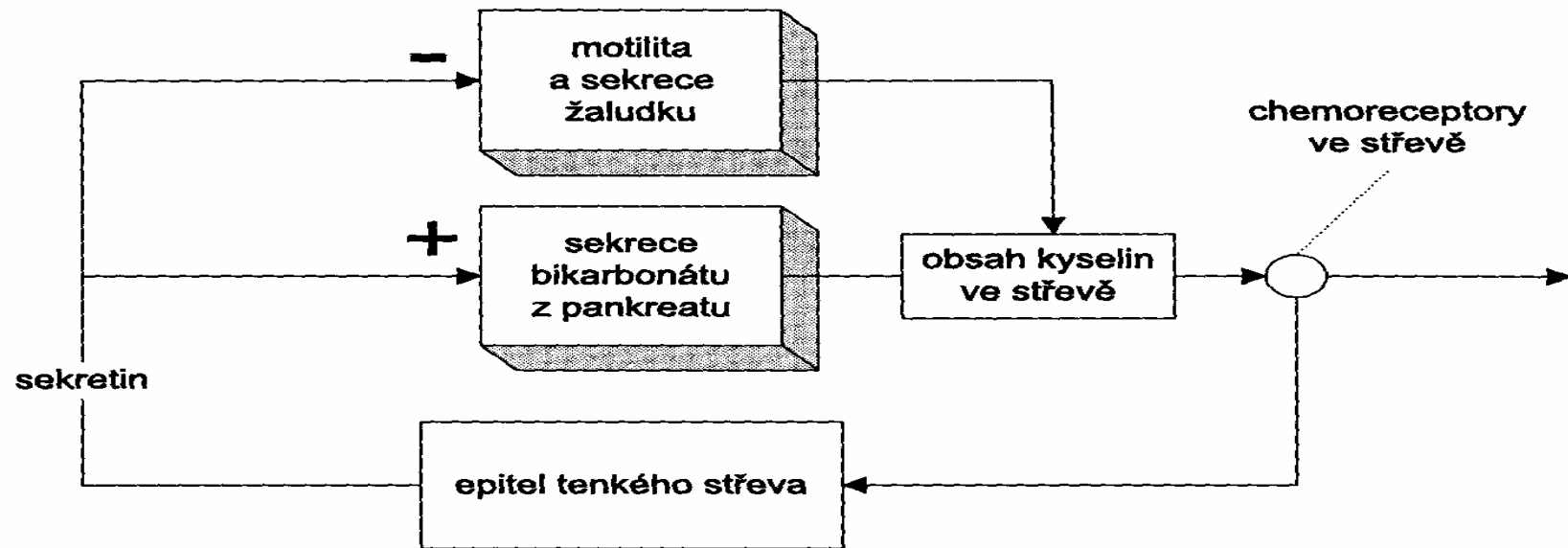


Schéma hormonálního řízení pochodů v GIT na příkladu CCK



Hormon	Místo vzniku	Podnět pro výdej	Funkce (+ posílení, - zeslabení)
Sekretin	duodenum	pokles intraluminárního pH pod 4,5 = vstup kyselého chymu do duodena MK v chymu	- žaludeční sekreci HCl - motilitu žaludku + tonus pyloru + sekreci vody a HCO_3^- z pankreatu
VIP (vasoactive intestinal peptide)	duodenum tenké střevo		- sekreci žaludeční šťávy - motilitu žaludku + vazodilatace střeva + sekreci střevní šťávy
GIP (gastric inhibitory peptide)	duodenum	mastné kyseliny a aminokyseliny, glukóza v duodenu	- žaludeční sekreci - motilitu žaludku + uvolňování inzulínu
Somatostatin	duodenum pankreas žaludek	snížení pH v antru tuky, proteiny ve střevech okyselení obsahu duodena	- sekreci žaludeční šťávy - motilitu žaludku - gastrin - sekreci střevní šťávy => zpomalení zpracování potravy ze střev

Úloha sekretinu v řízení činnosti GIT



Hormon	Místo vzniku	Podnět pro výdej	Funkce (+ posílení, - zeslabení)
Substance P	tenké střevo		+ motilitu střev
Enteroglukagon (glukagon)	ileum kolon	hypoglykémie	- žaludeční sekreci HCl - motilitu žaludku a colon - sekreci šťáv pankreatu i GIT
Motilin	duodeum jejunum	hladovění	+ motilitu střev a žaludku (regulátor motility v době mimo trávení)
Bombezin	střevo		+ sekreci gastrinu
Neurotenzin	ileum a celé střevo	přítomnost tuků v ileu	- GIT motility - žaludeční sekreci HCl - vyprazdňování žaludku
Histamin	žaludek		+ žaludeční sekreci HCl

Dutina ústní

➤ Hlavní funkce

❖ Funkce související s trávením

- Přijetí potravy
- Příprava potravy pro další zpracování
- Zprostředkování počitku chuti
- Tvorba sousta a obalení hlenem
- Zprostředkování polykacího reflexu

❖ Funkce nesouvisející s trávením

- Nespecifická imunitní ochrana organismu
- Artikulace

➤ Žvýkání - mechanické rozmělnění potravy

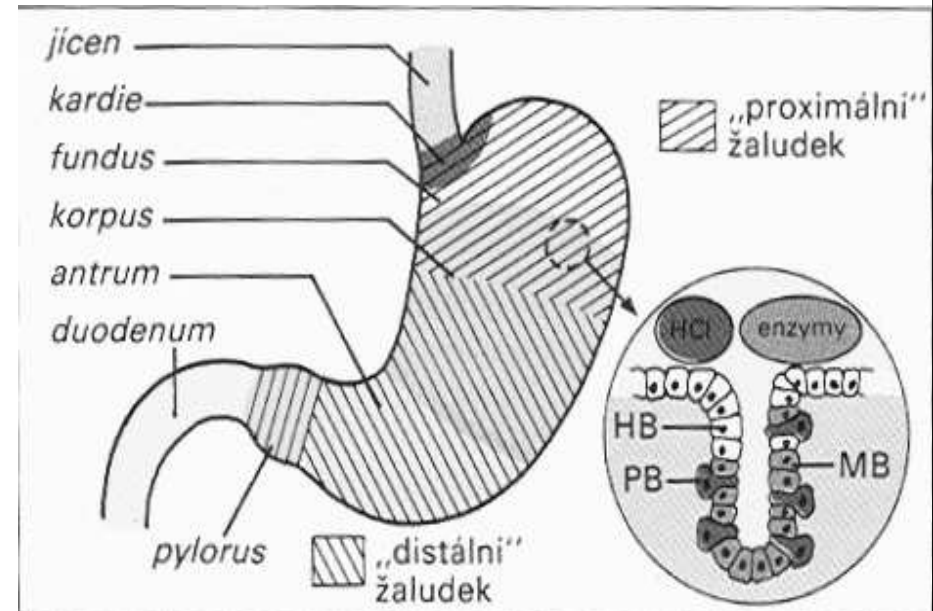
➤ Sekrece slin (1-2 litry) – podmíněný, nepodmíněný reflex, nervové řízení

- složení slin – 99,5% vody, mucin, α -amyláza, lysozym, imunoglobulin A, HCO_3^- , K^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+}

➤ Enzymy: slinná α -amyláza, (jazyková lipáza)

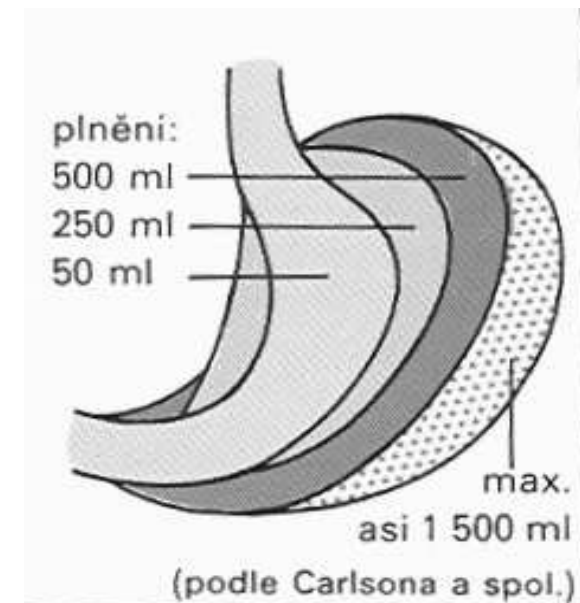
Jícen

- **Transportní funkce**
- **Polykání** – složitý reflexní děj, za soustem kruhová kontrakce, rychlost posunu 4 cm/s
- Horní třetina příčně pruhované svalstvo, později se mísí s hladkou svalovinou
- Dolní jícnový svěrač - kardie



Žaludek

- **Funkce** – skladování, mechanické a chemické zpracování
- **Objem žaludku** - v klidu a nalačno 50 ml, při jídle až 1,5 – 2 l - receptivní a adaptivní relaxace
- **Po 20min. – 1 hod. začíná žal. peristaltika**
 - tekutiny protékají rychleji do duodena
 - tuky se shromažďují na vrcholu žal. obsahu – poslední do duodena
 - rozměňování a promíchávání => **chymus**



Žaludek

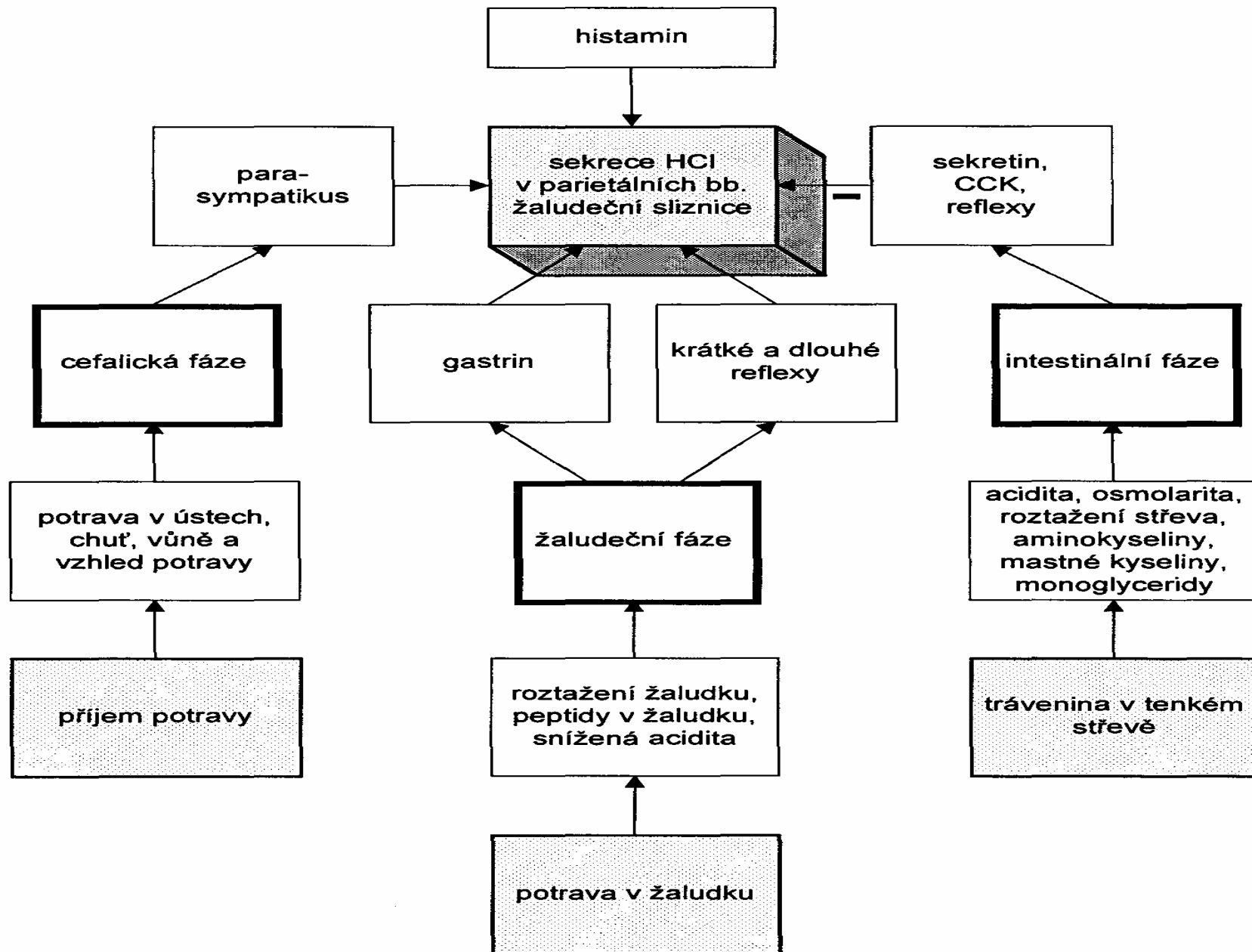
➤ Žaludeční šťáva

- ❖ 2-3 litry denně
- ❖ Prázdný žaludek – neutrální až slabě zásadité pH
- ❖ Parietální a hlavní (peptické) buňky
- ❖ Složení: proteolytické enzymy (pepsiny), **vnitřní (intrinsic) faktor**, mucin, **HCl**, voda, ionty
- ❖ **Pepsiny** tráví asi 20% bílkovin ze stravy
- ❖ Ostatní enzymy žal št': **žal. lipáza, amyláza a želatináza**

❖ Hlavní úlohy HCl:

- Aktivace neúčinného pepsinogenu na pepsin
- Zajištění pH při němž je pepsin nejúčinnější
- Bobtnání vaziva v mase a tím rozvolnění jeho struktury a umožnění působení enzymů
- Denaturace bílkovin (narušení struktury)
- Redukce železa a vápníku na dvojmocné ionty a tím umožnění jejich vstřebání ve střevě
- Zabránění inaktivace vitamínu B₁, B₂ a C oxidací
- Další stupeň antimikrobiální ochrany GIT

Řízení produkce HCl v žaludku



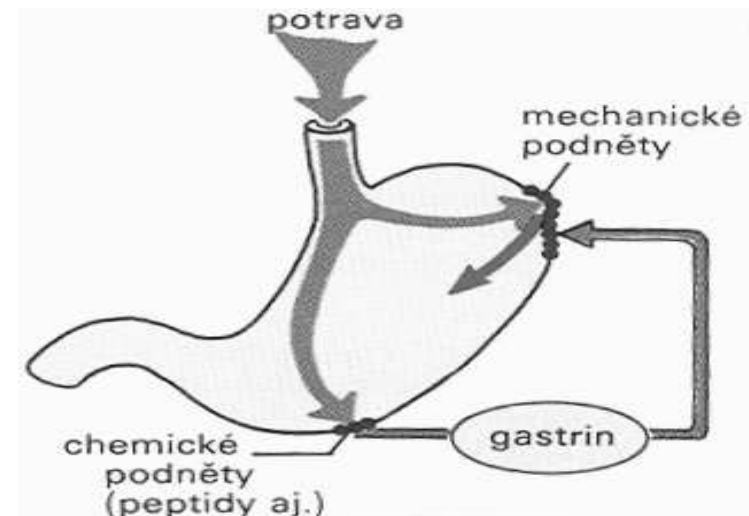
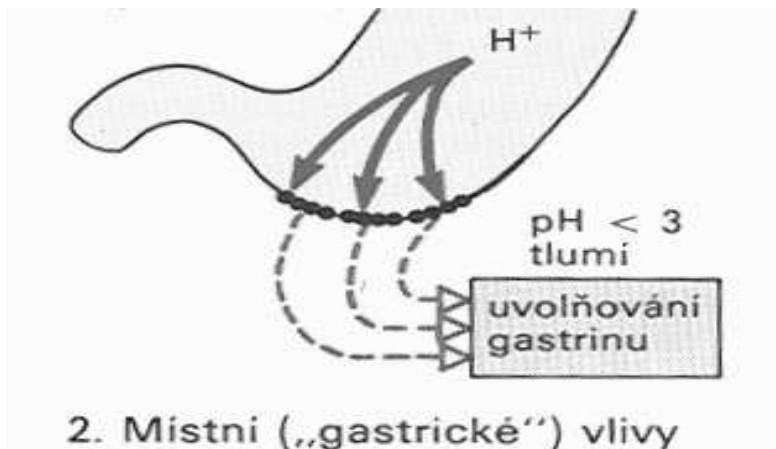
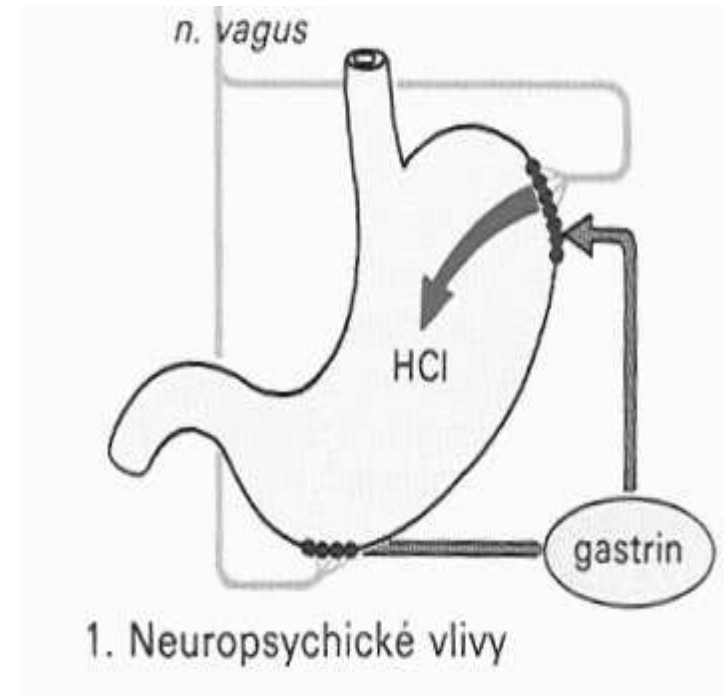
Žaludek

➤ Řízení žaludeční peristaltiky a sekrece

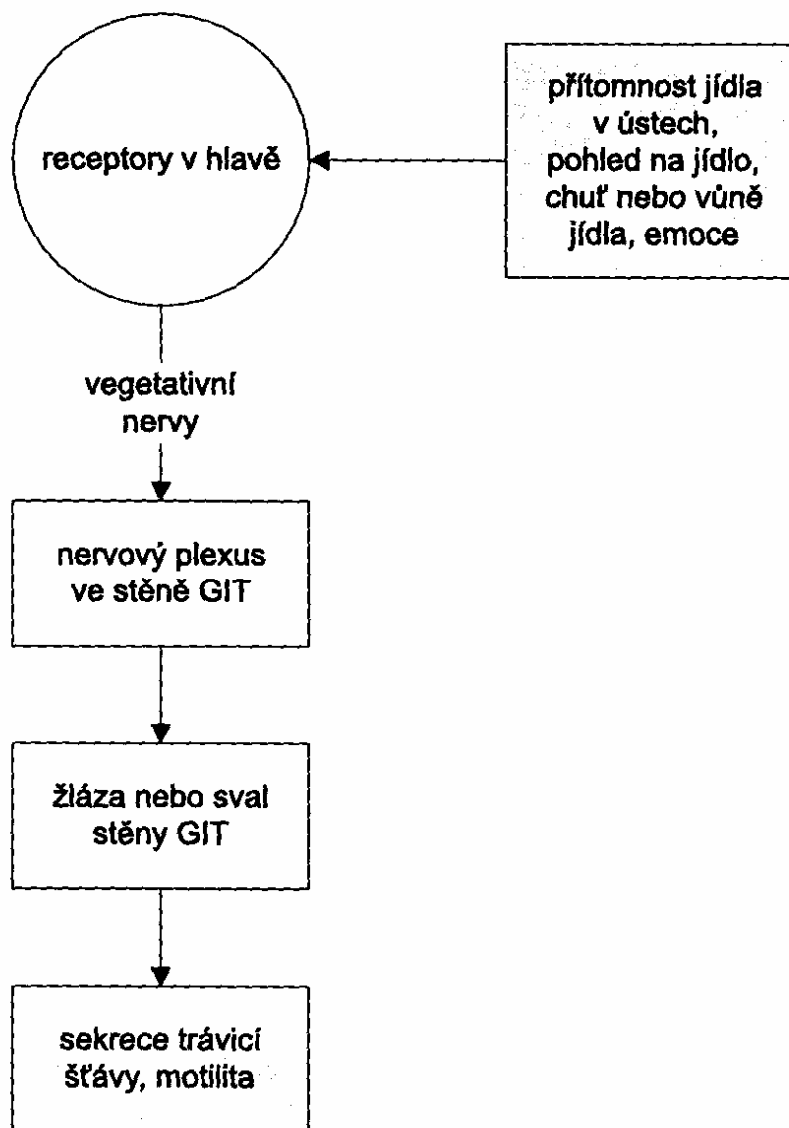
- ❖ V klidu – nervus vagus

- ❖ Po příjmu potravy – aktivace žaludeční sekrece – 3 fáze

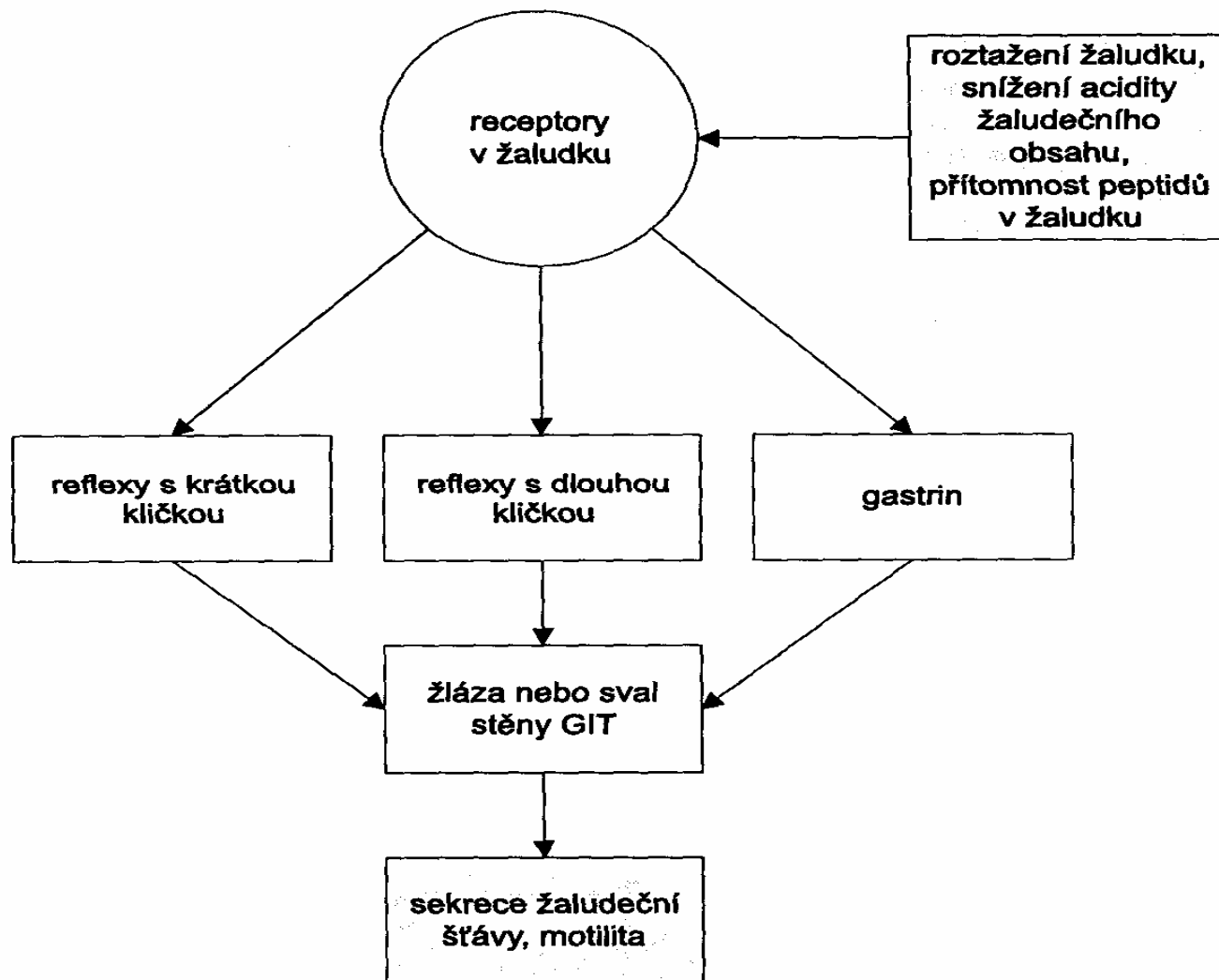
- **1. reflexní fáze – cefalická** – secernace žal. šťávy na psychické či senzorní podněty. Zprostředkováno bloudivým nervem. Uvolnění **gastrinu**
- **2. žaludeční fáze – gastrická** – mechanické podněty => vylučování žaludeční šťávy reflexně, chemické faktory => **gastrin**



Cefalická fáze řízení činnosti GIT

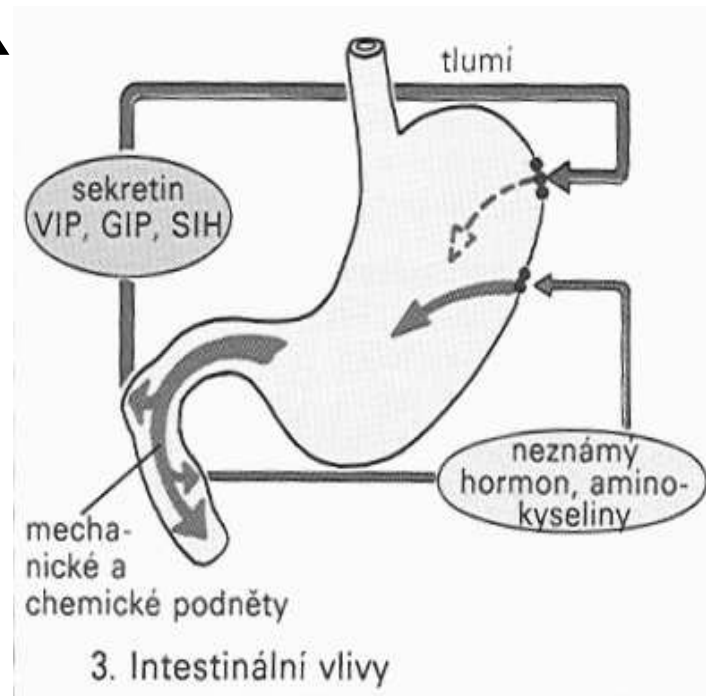


Gastrická fáze řízení činnosti GIT



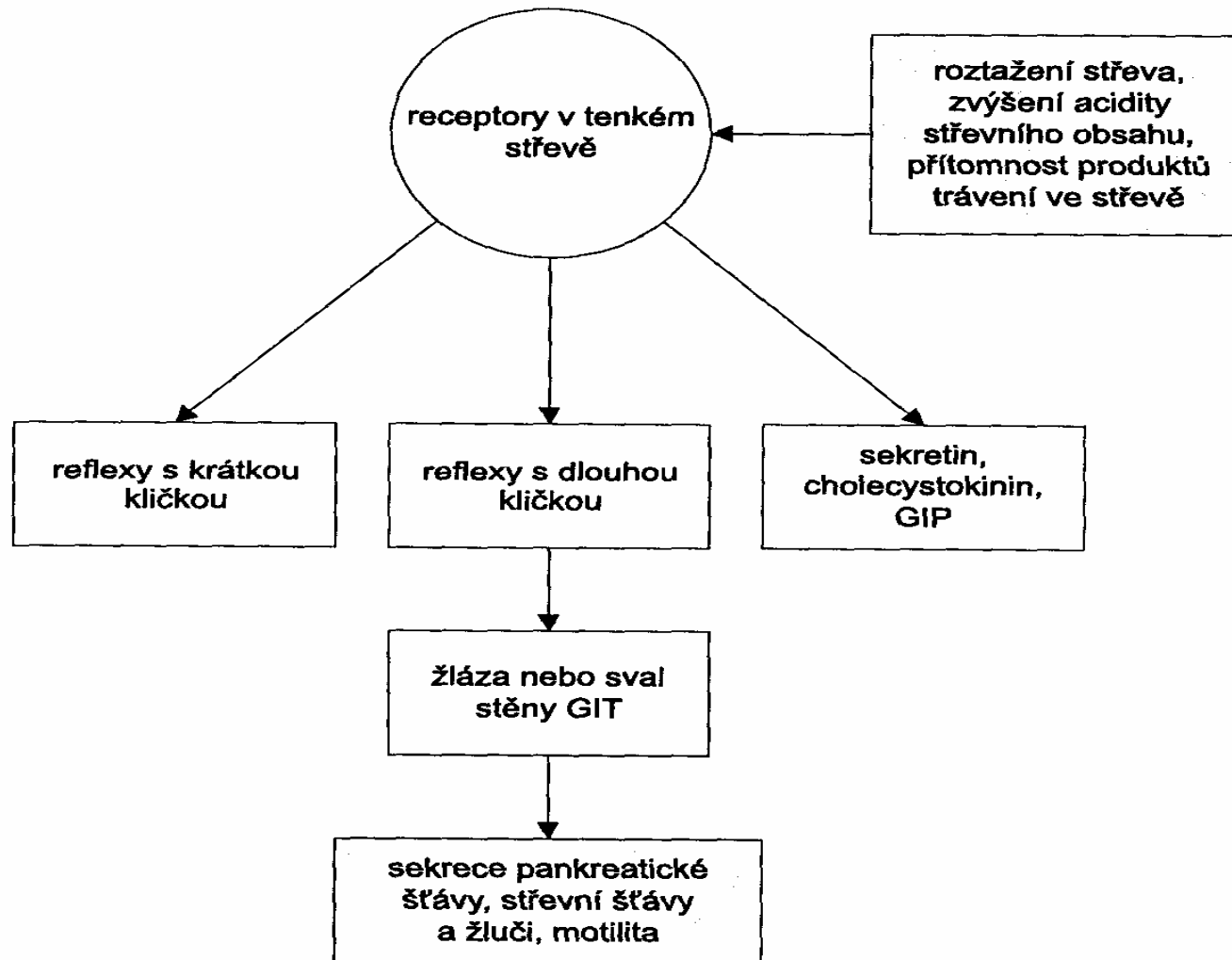
Žaludek

- **3. střevní fáze – intestinální**
- přestup chymu do duodena
=> sekrece hormonů
(sekretin, VIP, somatostatin, GIP)



- ❖ Bílkoviny a tuky => výdej gastrinu a cholecystokininu => zpomalení výdeje chymu do duodena, zintenzivnění motility a sekrece žaludku
- ❖ CCK => zvýšení přívodu žluč. kyselin a pankreat. enzymů
- ❖ Kyselý chymus => sekretin => ↓ tvorby žal. šťávy, zpomalení motility žaludku, ↑ sekrece pankreat. šťávy bohaté na vodu a bikarbonát => neutralizace

Intestinální fáze řízení činnosti GIT



Žaludek

➤ Doba setrvání stravy v žaludku

- ❖ Voda 10 – 20 minut
- ❖ Smíšená kolem 4 hodin
- ❖ S převahou cukrů 2-3hodiny
- ❖ Bohatá na tuky až 7 hodin

➤ Jak ovlivnit trávení ?

- ❖ Vzhled a lákavost potravy, aperitiv před jídlem, ochucení jídla

➤ Vyprazdňování žaludku

- ❖ Peristaltická vlna → pylorus → duodenum
- ❖ Zpětná vazby
- ❖ Řízení nervové a hormonální - sekretin, CCK

Tenké střevo

- Duodenum – dvanáctník
 - ❖ Řídí sekreci a vyprazdňování žaludku (nervově a humorálně)
 - ❖ Na Vaterskou papilu ústí vývody pankreatu a žlučníku => tráv. enzymy, pankreat. šťáva a žluč
 - ❖ Vstřebávání vit. B₁, B₂ a C
- Duodenum => jejunum (lačník)(40%) => ileum (kyčelník)(60%)
- Průměrná délka
 - Duodenum 26 cm
 - Jejunum a ileum 260 cm
 - Tlusté střevo 110 cm

Játra

- Největší žláza v těle
- Hlavní funkce:
 - Tvorba žluči
 - Skladování a uvolňování cukrů
 - Tvorba močoviny
 - Metabolismus cholesterolu
 - Vytváření plasmatických proteinů
 - Metabolismus tuků
 - Inaktivace některých polypeptidových hormonů
 - Redukce a konjugace steroidních hormonů kůry nadledvina gonád
 - Syntéza 25-hydroxycholecalciferolu (kalcidiol)
 - Detoxikace léků a jedů
 - Uskladňování vitaminů – A, D, K a B komplex
 - Uskladňování Fe v podobě feritinu

Metabolická funkce jater

- Portálním oběhem přívod látek vstřebaných ve střevě – degradace, přestavba, skladování
- Křižovatka intermediárního metabolismus
- Metabolismus sacharidů:
 - Glu => glykogen (zdroje – glycerol, AK, laktát)
 - Ovlivněno hormonálně – inzulin a glukagon
 - Fru, gal => glu
 - Glukoneogeneze (vznik glu či gly z nesachar. zdrojů)
 - Glykolýza – odbourávání glu a tvorba energie
 - Aerobně – pyruvát → oxidace v citrát. cyklu na CO₂ a H₂O (38 mol ATP)
 - Anaerobně – laktát (+ 2 mol ATP)

Metabolická funkce jater

- Metabolismus lipidů - MK
 - β -oxidace MK \rightarrow AcetylCoA \rightarrow citrátový cyklus za vzniku energie, CO_2 a H_2O
 - Syntéza - TAG, lipoproteinů, cholesterolu, fosfolipidů
 - Modifikace –saturace, desaturace, elongace, zkracování řetězce MK
 - Kys. linolová a linolenová – substrát pro syntézu eikosanoidů (tromboxyna, prostaglandiny, prostacykliny, leukotrieny)
 - Tvorba ketolátek (při omezeném přívodu S) z neesterifikovaných MK – zdroj E
 - Syntéza cholesterolu a žluč. solí

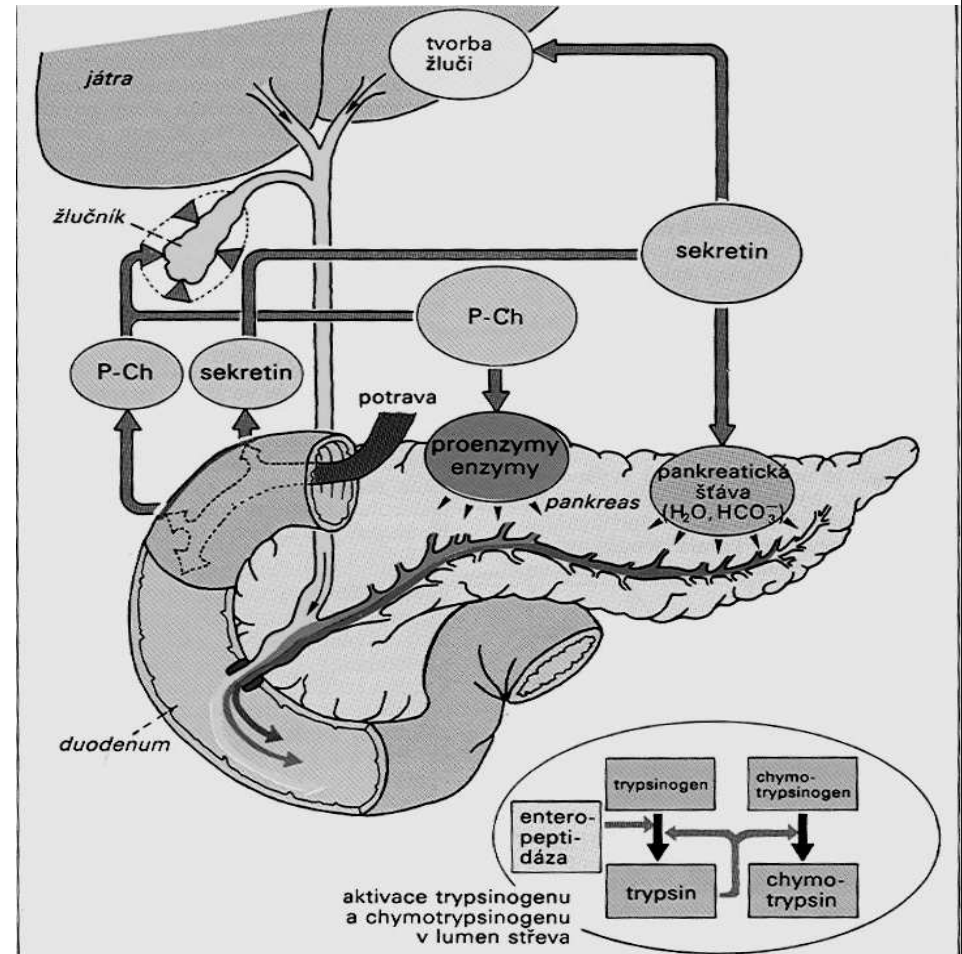
Metabolická funkce jater

➤ Metabolismus proteinů

- P – základní stavební kameny – proteosyntéza
- Syntéza neesenciálních AK
- Přestavba, degradace AK
- Syntéza plasmatických bílkovin (albumin, proteiny akutní fáze...)
- Syntéza močoviny z amoniaku v cyklu močoviny
- Syntéza kyseliny močové, purinů, pyrimidinů, CP atd.
- Syntéza apoproteinů
- Tvorba glukózy - glukoplastické AK, např. alanin, arginin, asparát
- Tvorba acetátu či acetylCoA – ketoplastické AK, např. leucin

Žlučník

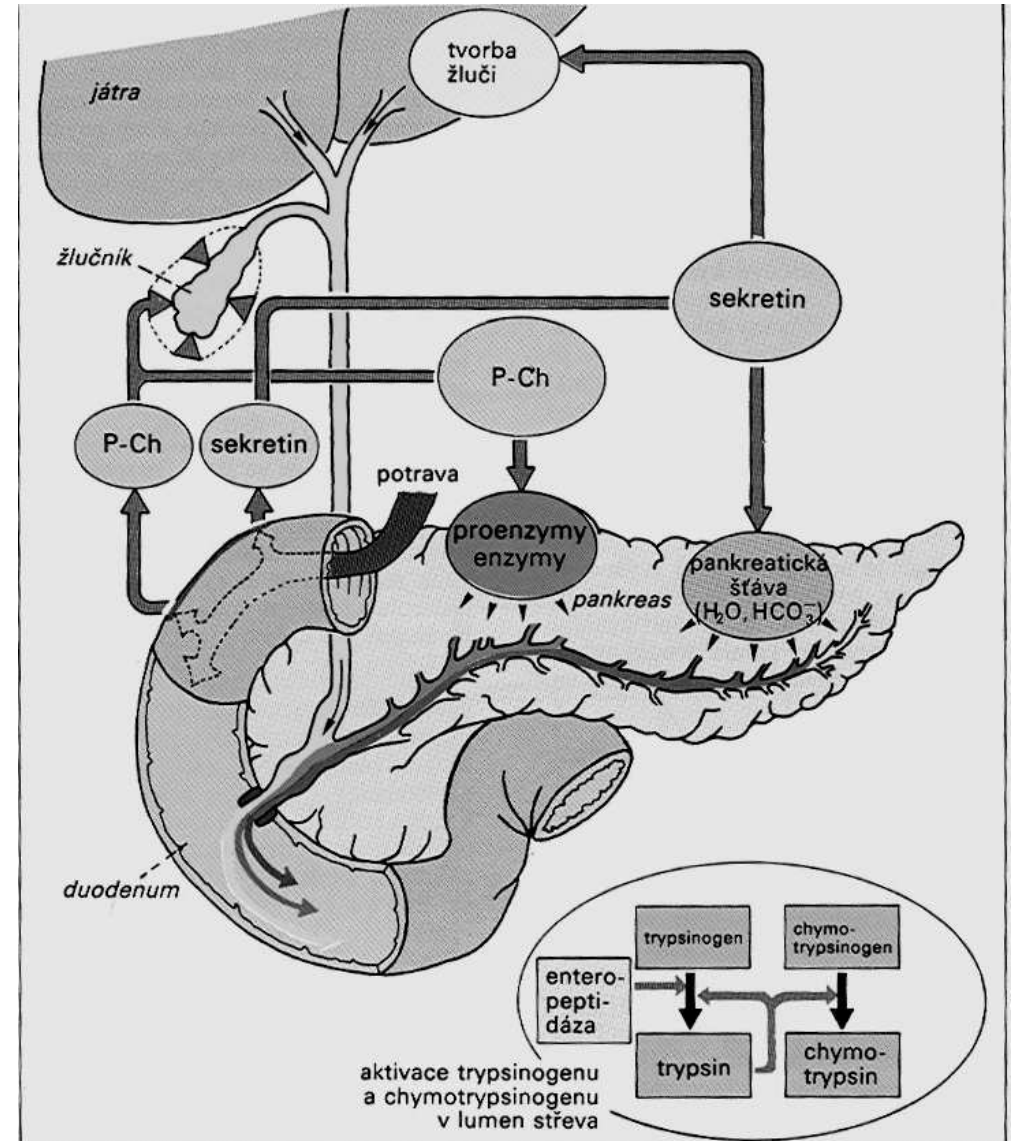
- Žluč – tvorba v játrech
- Tvorba žluče: dva mechanismy
 - ❖ A) závislý na žlučových kyselinách - primární a sekundární žlučové kyseliny
 - ❖ B) nezávislý na žlučových kyselinách
- Žlučník – koncentrace žluči asi 12x
- Denně 500 – 600 ml žluči o neutr. až slabě kyselém pH
- Kontrakce a vyprázdnění
 - ❖ reflexivně, humorálně - CCK



- **Sekretin** – stimuluje tvorbu žluče v játrech (choleretika)
- **Silné podněty pro vylučování žluče**
 - ❖ tuky v potravě, vaj. žloutek, MGSO₄ (cholagoga) a také proteiny
- Žlučí se vylučují i cizorodé látky

Pankreas – slinivka břišní

- Papilla Vateri, ductus accessorius
- Pankr. šťáva: 1- 2 l denně
- Složení: voda, HCO_3^- , trávicí enzymy
- Řízení sekrece: nervové, sekretin, CCK

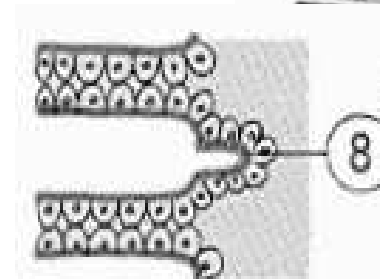
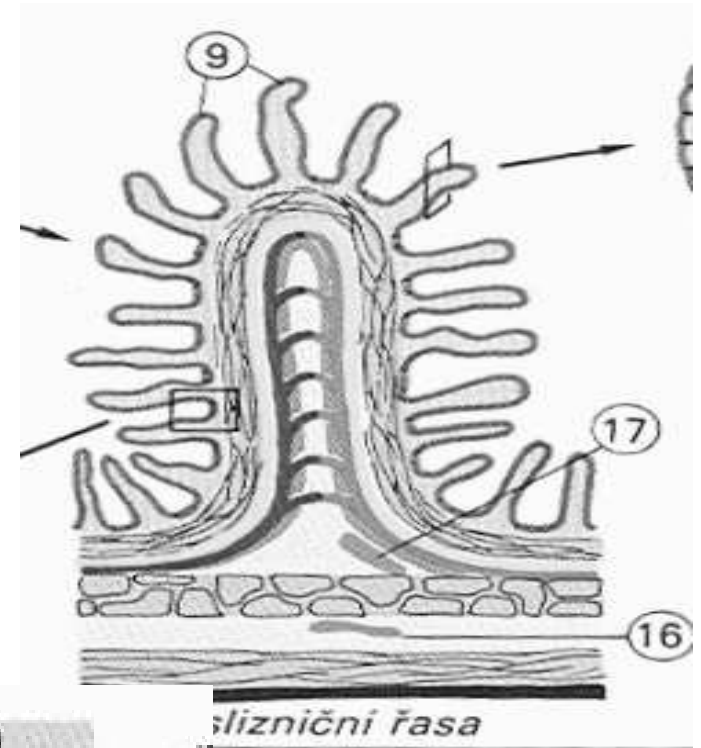
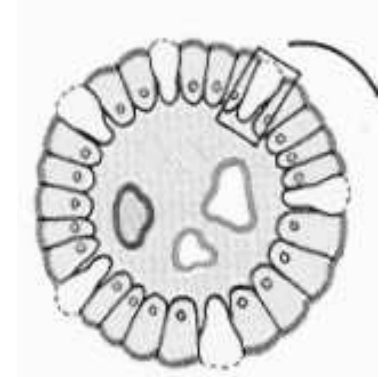


Pankreatické enzymy

- **Proteázy – enzymy štěpící bílkoviny**
 - ❖ Trypsinogen => trypsin
 - ❖ Chymotrypsinogen => chymotrypsin
 - ❖ Prokarboxypeptidáza A, B => karboxypeptidáza A, B
- **Pankreatická α -amyláza – štěpí cukry**
 - ❖ Štěpí škrob a glykogen => oligo- a disacharidy (maltóza, maltotrióza, α -dextrin, laktóza, sacharóza)
- **Pankreatická lipáza – štěpí tuky**
 - ❖ Pankreatická lipáza štěpí triacylglyceroly
=> monoacylglyceroly a volné MK
 - ❖ Prokolipáza => kolipáza
 - ❖ Chlesterylesterhydroláza
- **Nukleázy (ribonukleáza, desoxyribonukleáza), elastázy, fosfolipázy, kolagenázy**

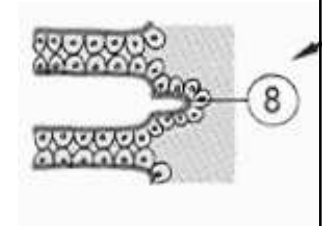
Tenké střevo

- Trávení a vstřebávání
- Délka: 4-7m, vnitřní plocha povrchu sliznice s mikrokly – až 2 miliony cm^2
- Sliznice – řasy - klky, mikroklky - kartáčový lem
- Na 1 mm^2 – 20 – 40 klků
- Délka klku 0,5 – 1cm
- Lieberkühnovy krypty a Brunnerovy žlázy



Tenké střevo

- Střevní šťáva – 1,5 – 2,6l, pH 7,5 – 8,0
- Brunnerovy žlázy – hustý alkalický hlen, roztok elektrolytů bohatý na HCO_3^-
- Lieberkühnovy krypty - pohárkové buňky – mucin, epitelie (enterocyty), vodnatý sekret bohatý na HCO_3^-
 - Enterocyty – obměna každých 2- 5 dnů, urychluje - vláknina
- Enzymy – kartáčový lem



Tenké střevo

➤ Trávicí enzymy

- ❖ Peptidázy, dipeptidázy, nukleázy, enteropeptidázy, aminopeptidázy
peptidy => AMK
- ❖ Sacharáza, maltáza, laktáza, izomaltáza (disacharidázy), oligosacharidázy (α -limitní dextrináza, glukoamyláza)
sacharóza, maltooligosacharidy, laktóza, dextriny => monosacharidy
- ❖ Střevní lipáza
- ❖ Fosfolipázy

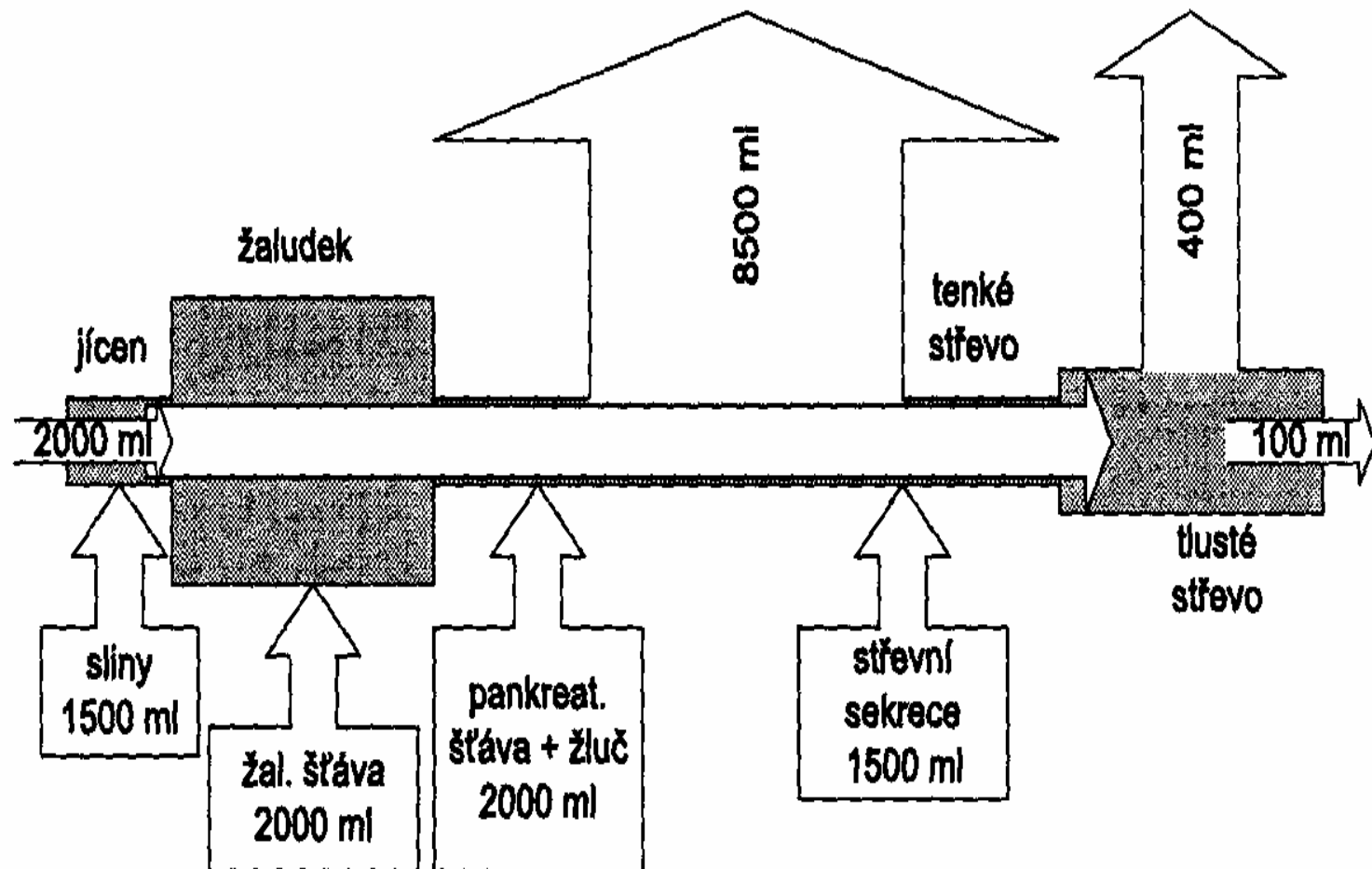
Tenké střevo

- Pohyby: segmentační a kývavé
=> aborální posun tráveniny
- Regulace:
 - ❖ nervová – sympatikus (zpomalení) a parasympatikus (zrychlení), reflexy (intestino-intestinální, ileo-gastrický, gastroileální)
 - ❖ Humorální
 - ↑ substance P, bombezin, neurotenzin, motilin
 - ↓ somatostatin, GIP

Tlusté střevo

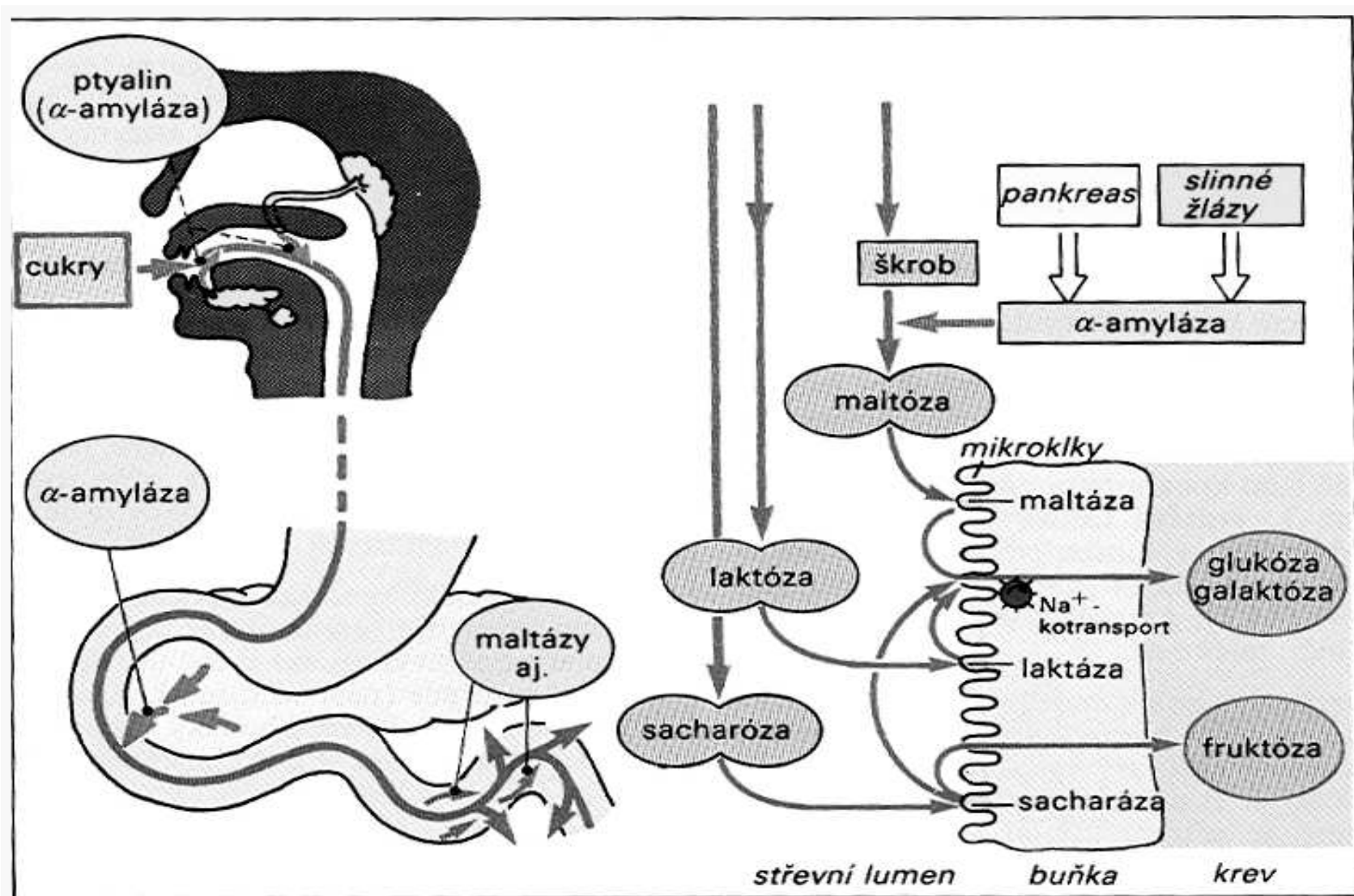
- Tenké střevo => ileocekální chlopeň => tlusté střevo => rektum
- Délka asi 100 cm
- Hl. funkce:
 - ❖ Vstřebávání iontů a vody
 - ❖ Skladování zbytků chymu
 - ❖ Tvorba a defekace stolice
 - ❖ Produkce vitamínu K
- Pohyby tlustého střeva:
 - ❖ místní – mísící
 - ❖ celkové - peristaltické
- Regulace - reflexní, parasimpatikus(+)
- Bakterie: štěpení rostlinné vlákniny, tvorba vitamínu K, B₁ a B₂, střevní plyny

Sekretorická činnost GIT



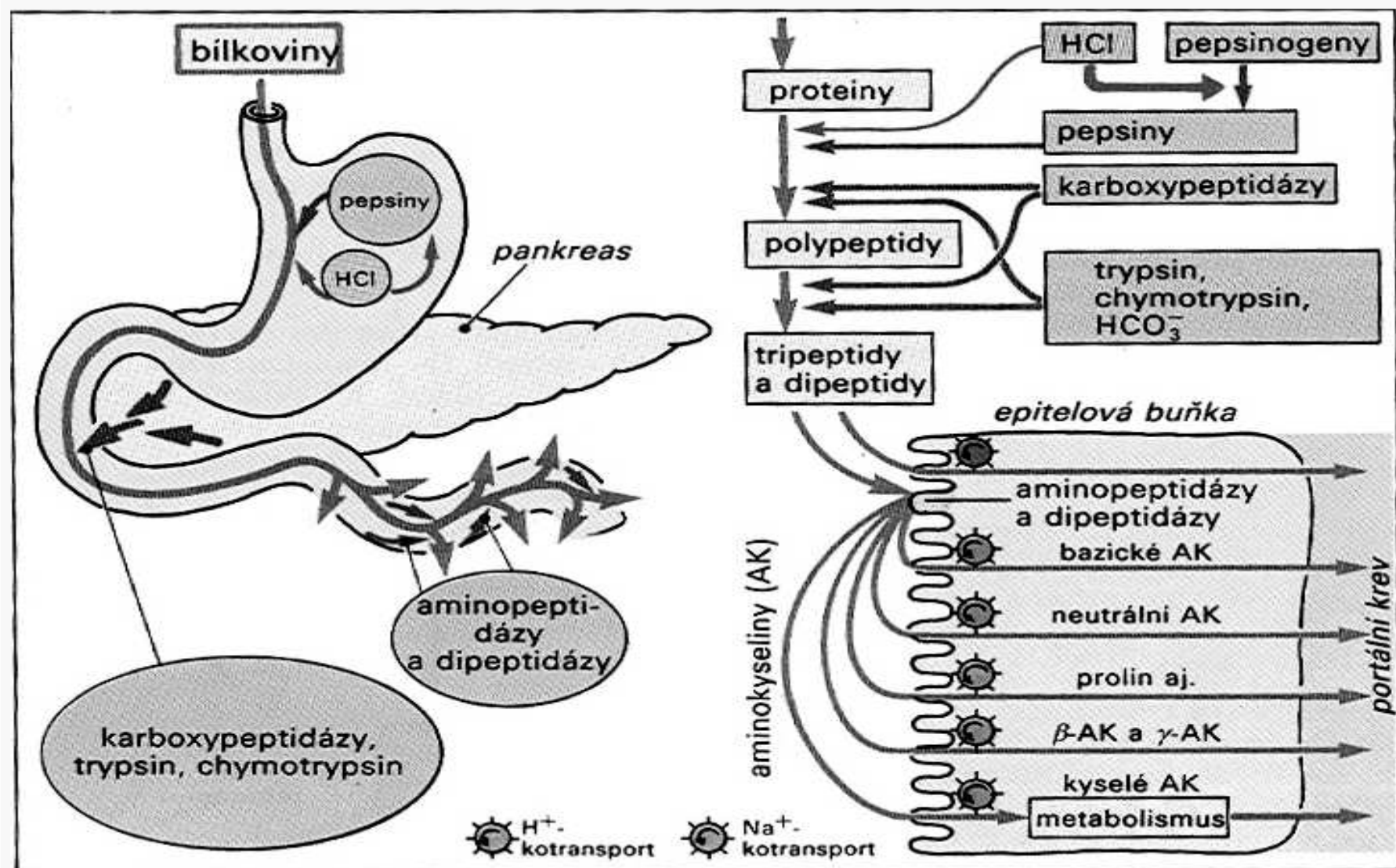
Přehled trávení jednotlivých živin

1. Cukry



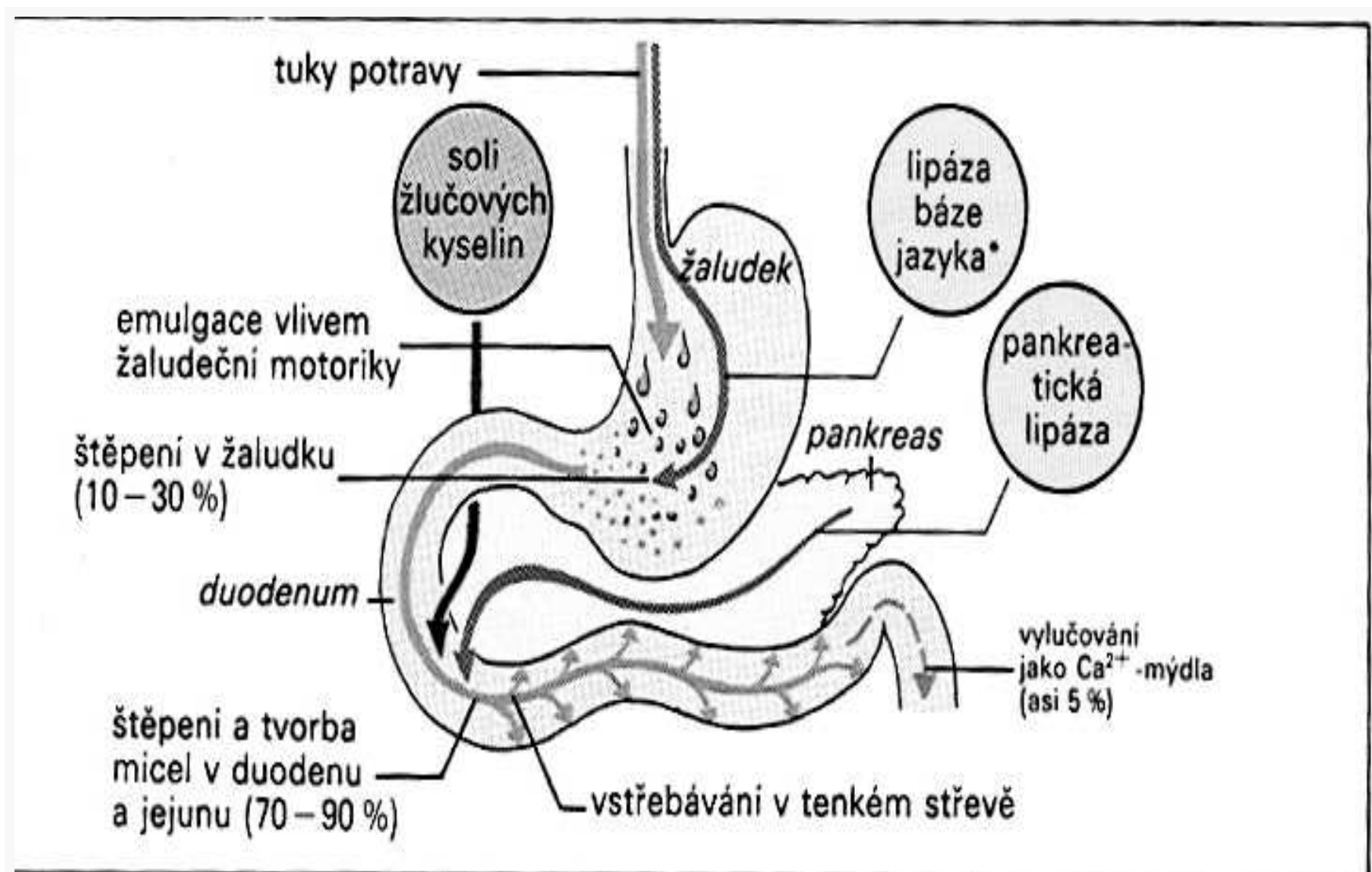
Přehled trávení jednotlivých živin

2. Bílkoviny



Přehled trávení jednotlivých živin

3. Tuky



Vstřebávání živin

- **Dutina ústní** – alkohol a některé léky (nitroglycerin)
- **Žaludek** – alkohol v omezeném množství
- **Tenké střevo**
 - ❖ **cukry** – monosacharidy - duodenum, proximální jejunum (sekundární aktivní transport)
 - ❖ **tuky** – micely (žluč. kyseliny + monoacylglyceroly a MK) => membrána erytrocytů => rozpad (MK a monoacylglyceroly projdou přes střevní stěnu, žl. kyseliny se vrací do lumen střeva)
 - MK o krátkém řetězci => do krve
 - MK o delším řetězci => znovu vytváření triacylglycerolů a tvorba chylomiker => lymfa => krev
 - ❖ **proteiny** – AMK - sekundární aktivní transport

 - ❖ **voda** – po osmotickém gradientu do enterocytů

 - ❖ **ionty** – jednomocné - snadno
 - dvojmocné – obtížně – aktivní transport
 - Sodík – osmotický gradient, kotransport s Cl⁻, AMK či glukózou, antitransport s K⁺ a H⁺ ionty
 - Chloridy – rychlá resorpce v duodenu a jejunu – pasivní difúze
 - Železo – aktivní resorpce v tenkém střevě (podmínka redukce trojmocného FE v žaludku pomocí HCl na dvojmocné)
 - Vápník – v duodenu – aktivní vstřebání v závislosti na hormonálním řízení kalcitriolem

 - ❖ **vitaminy** – rozpustné ve vodě – duodenum
 - rozpustné v tucích – společně s tuky do lymfy
 - vitamin B12 – terminální ileus
- **Tlusté střevo** – 1500 ml tráveniny – většina se vstřebá (voda, ionty, žluč. kyseliny, vitamin K)