

# **Fyziologie živočichů (a člověka)**

**Bi2BP\_FYZP**

**III. ročník 1/0/2 Zk**

## **II. část – metabolické funkce**

Soustavy: **trávicí**

**dýchací**

**cévní**

**homeostatické mechanismy**

**osmoregulace**

**exkrece – vylučovací soustava**

**termoregulace**

**B. Rychnovský**

**A. Žáková**

# Trávicí soustava

**Trávení**—proces rozkladu potravy a využití jednotlivých složek v metabolismu organismu → **trávicí soustava**

**Druhy příjmu potravy:**

•**Osmotrofie** —příjem potravy celým povrchem těla ve formě roztoku; paraziti s chybějící trávicí soustavou

•**Fagotrofie**—příjem potravy ve formě pevných částic

TRÁVICÍ ORGANELY NEJSOU VYTVOŘENY:

•**Fagocytóza**—potrava —pevné částice, nejsou trávicí organely, příjem potravy na kterémkoli místě povrchu těla

•**Pinocytóza**—potrava v roztoku

**Druhy trávení:**

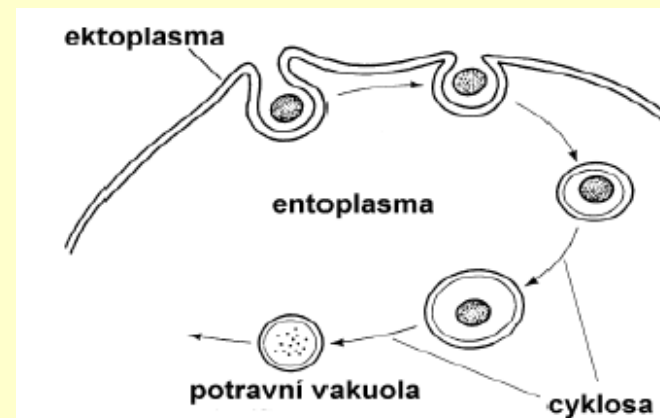
na kterékoli části povrchu těla

•**Intracelulární trávení** —

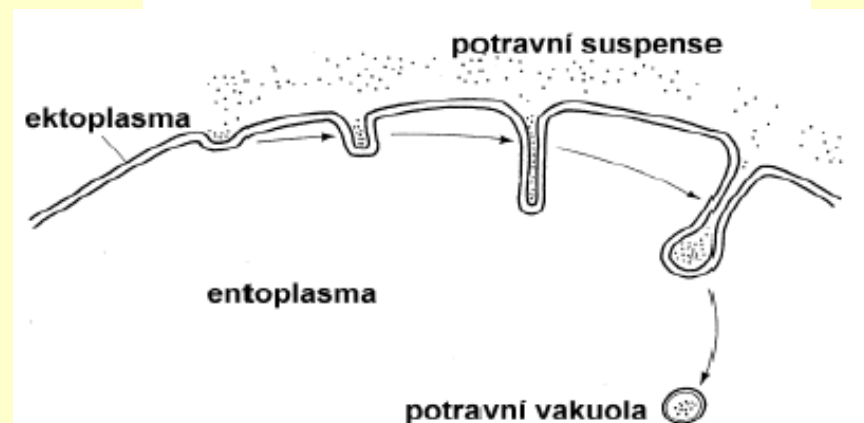
uvnitř buňky, jednobuněční

•**Extracelulární trávení**—

Mimotělní x vnitrotělní trávení



Obr. 172 Schematické znázornění fagocytózy. Podle Brusca a Brusca (1990).



Obr. 173 Schematické znázornění pinocytózy. Podle Brusca a Brusca (1990).

## Trávicí soustava prvoků (nálevníků)

-diferenciace stálých trávicích organel:

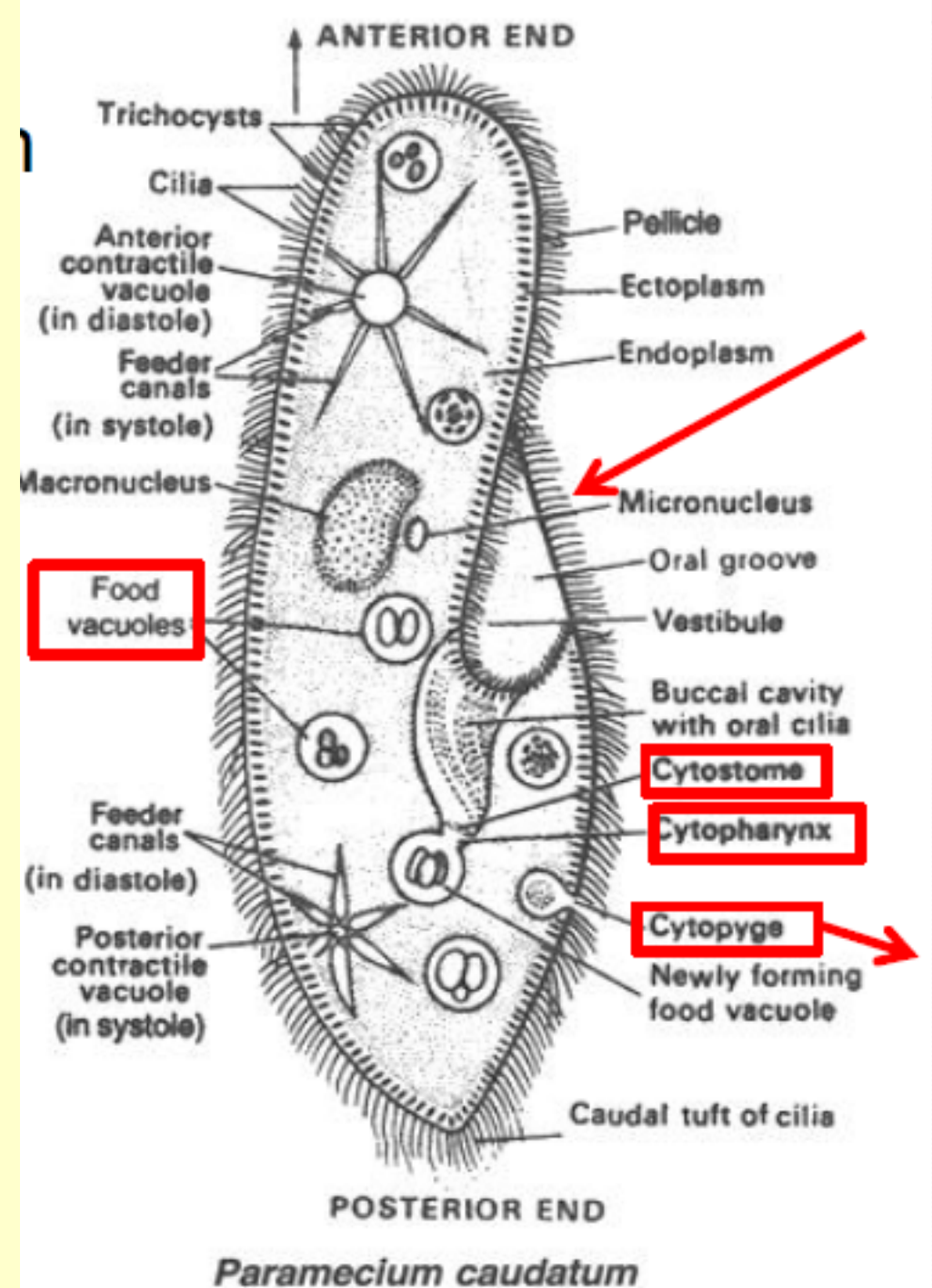
–**Cytostom** –buněčná ústa, kolem uspořádané brvy přihánějí potravu

–**Cytopharynx** –buněčný hltan, odškrcování potravních vakuol

–**Potravní vakuoly**–kolují v cytoplazmě (**cyklóza**), probíhá zde trávení

–**Cytopyge**–buněčná řiť –vyvrhnutí nestrávených zbytků mimo tělo prvoka

•



# Trávicí soustava mnohobuněčných živočichů –embryonálně z endodermu –**PORIFERA** (houbovci)

•**spongocoel** –centrální vaková dutina, komunikující s vnějším prostředím otvorem **osculum** na svrchní straně těla

•Límečkovité buňky **choanocyty**, tvoří stěnu spongocoelu, funkce trávicího epitelu; kuželovitý tvar, směrem do spongocoelu plazmatický límec z dlouhých výběžků, uprostřed límce bičík

•Voda s potravou otvory –**ostia**, tvořené **porocyty**

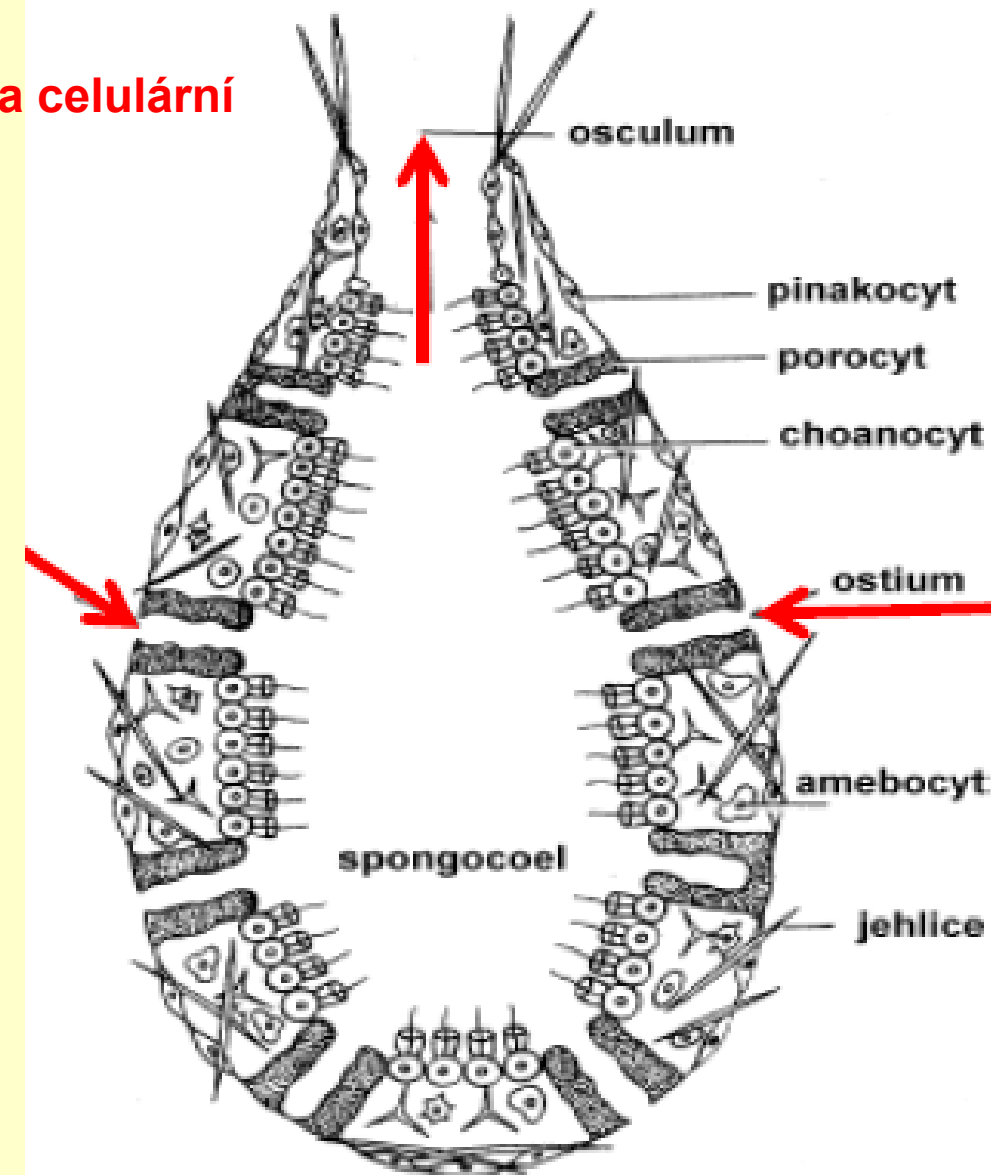
•Trávení v potravních vakuolách choanocytů, **intracelulární** fagocytóza nebo pinocytóza, trávení pokračuje v **amebocytech** –buňkách střední vrstvy těla (mezoglea), mezoglea pohyblivá –rozvod živin do celého těla

•Nestrávené zbytky –amébocyty předávají zpět do trávicí dutiny, oskulem ven

•Proud vody –kontrakcemi porocytů uzavírajících ostia a kmitáním bičíků choanocytů

•**Mikrofágové–choanocyty** –účinný filtrační aparát

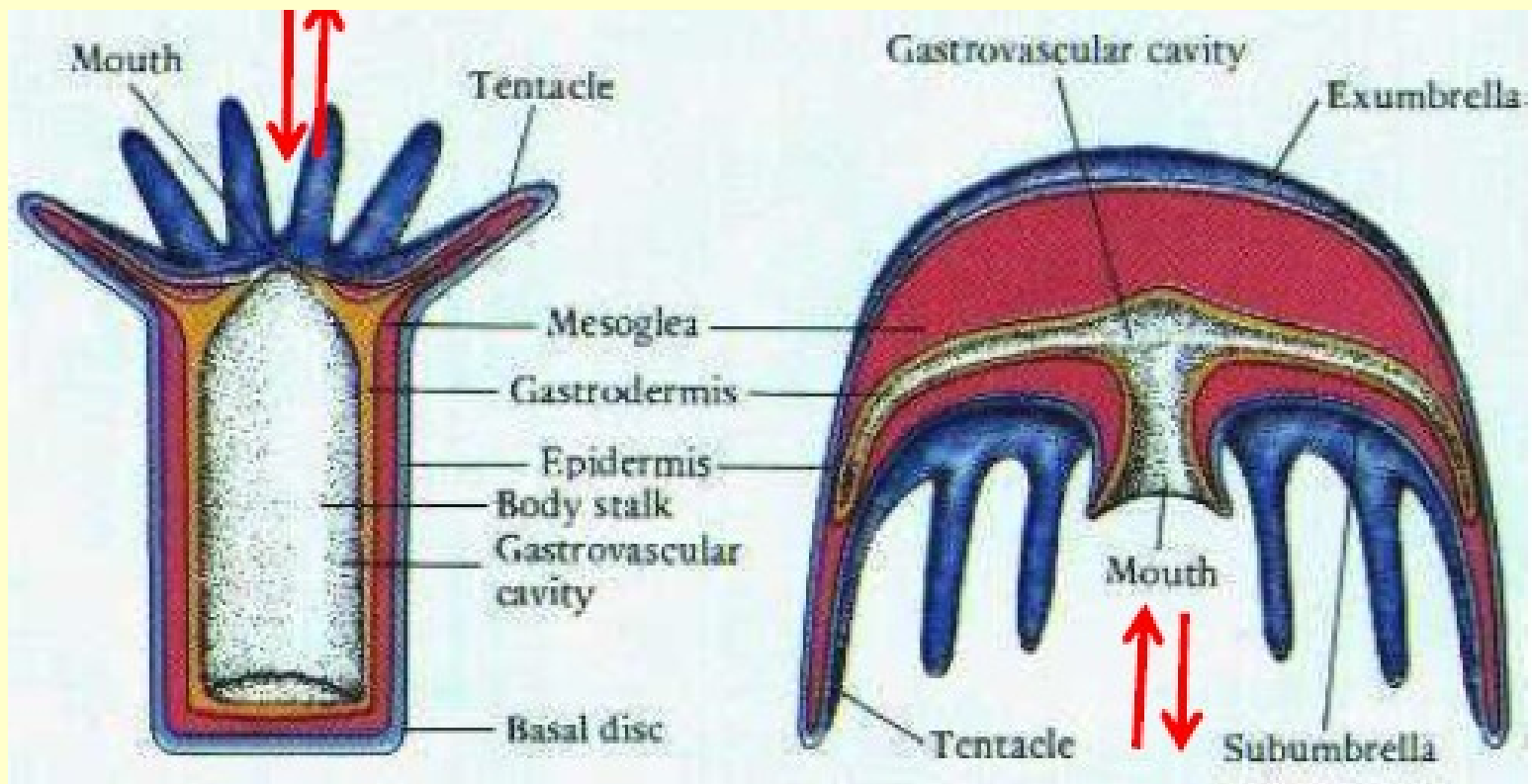
Intra – extra celulární



Obr. 175 Schema trávicí soustavy<sup>4</sup> askonové houby. Šipky znázorňují směr proudění vody. Podle Hymanové (1940), ze Špinara (1960).

## ŽAHAVCI (Cnidaria)

- Trávicí dutina s jedním otvorem (**blastopór**) – přijímací a vyvrhovací
- Chapadla uchopí potravu (draví), paralyzace potravy pomocí **knidocytů**), přesun do ústního otvoru



### Extra- intra celulární

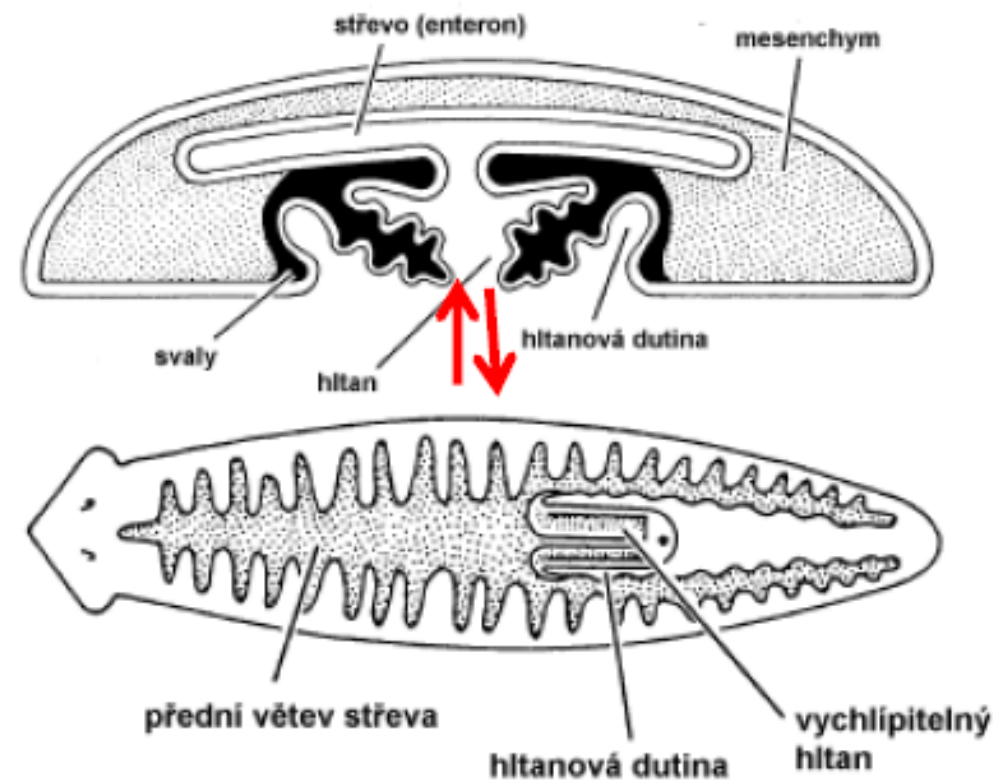
- Centrální dutina – **láčka**, v ní extracelulární trávení, trávicí epitel láčky **gastrodermis** produkuje enzymy a sliz, buňky často s bičíky – promíchávání obsahu láčky; fagocytóza nebo pinocytóza natrávené potravy, dokončení trávení intracelulárně v potravních vakuolách; nestrávené zbytky do láčky a ven



## PLOŠTĚNCI (Plathelminthes)

- **Modifikovaná láčka**, jeden otvor –přijímací i vyvrhovací, **hltan** (pharynx)–může být vyztužen svaly a může se vychlipovat mimo tělo, **střevo** – **jednoduché nebo větvené**
- U bezstřevných –střevo druhotně zaniklo, hltan navazuje na shluk entodermálních buněk, extracelulární trávení v mezibuněčných prostorech, pak intracelulární trávení

Extra – intra celulární



Obr. 179 Schema trávicí soustavy ploštěnce s vychlípitelným hltanem v laterálním pohledu (nahore) a ploštěnky s trojvětveným střevem při pohledu z ventrální strany (dole). Podle Russel-Huntera (1979) a Hymana (1951), z Brusca a Brusca (1990).

**Mimotělní trávení** –u forem s vychlípitelným hltanem, uchopení, vyloučení trávicích enzymů do potravy; pozření, hltan, střevo –extracelulární trávení pomocí enzymů; fagocytóza buňkami epitelu střeva; nestrávené zbytky vyvrhnuty ven ústním otvorem

# PÁSNICE (Nemertea)

–Trubice, ústní a řitní otvor, **jednosměrný průchod potravy**

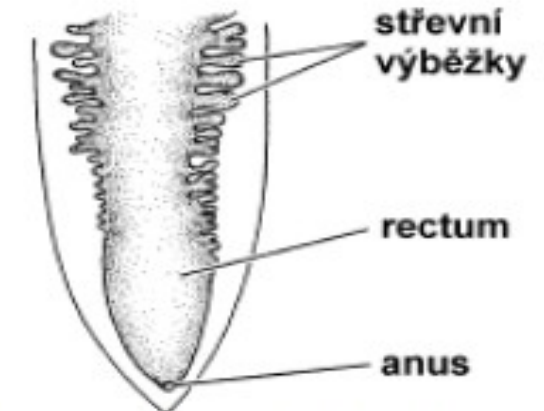
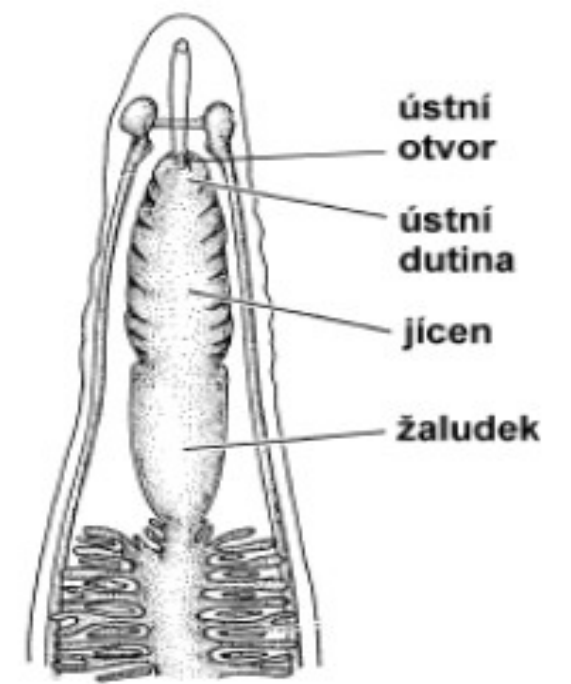
–Ústní otvor, ústní dutina, jícen (oesophagus), žaludek (ventriculus), střevo se záhyby –zvětšení plochy pro trávení, obrvené (posun) a slizové (trávicí enzymy) buňky gastrodermu, rectum a řitní otvor (anus)

## •Přídavné orgány:

Brvy; chapadla; destičky k drcení potravy v ústní dutině nebo ve svalnatém žvýkacím hltanu –mastax –u vířníků; kutikulární čelisti u mnohoštětinatců; měkkýši –v ústním otvoru ozubená chitinová páska –**radula** –vyztužená chrupavčitou destičkou –**Slinné žlázy** –poprvé u vířníků; žaludeční žlázy

## •ČLENOVCI(Arthropoda)

–Trubicovitá TS, stomodeum, mesodeum, proctodeum



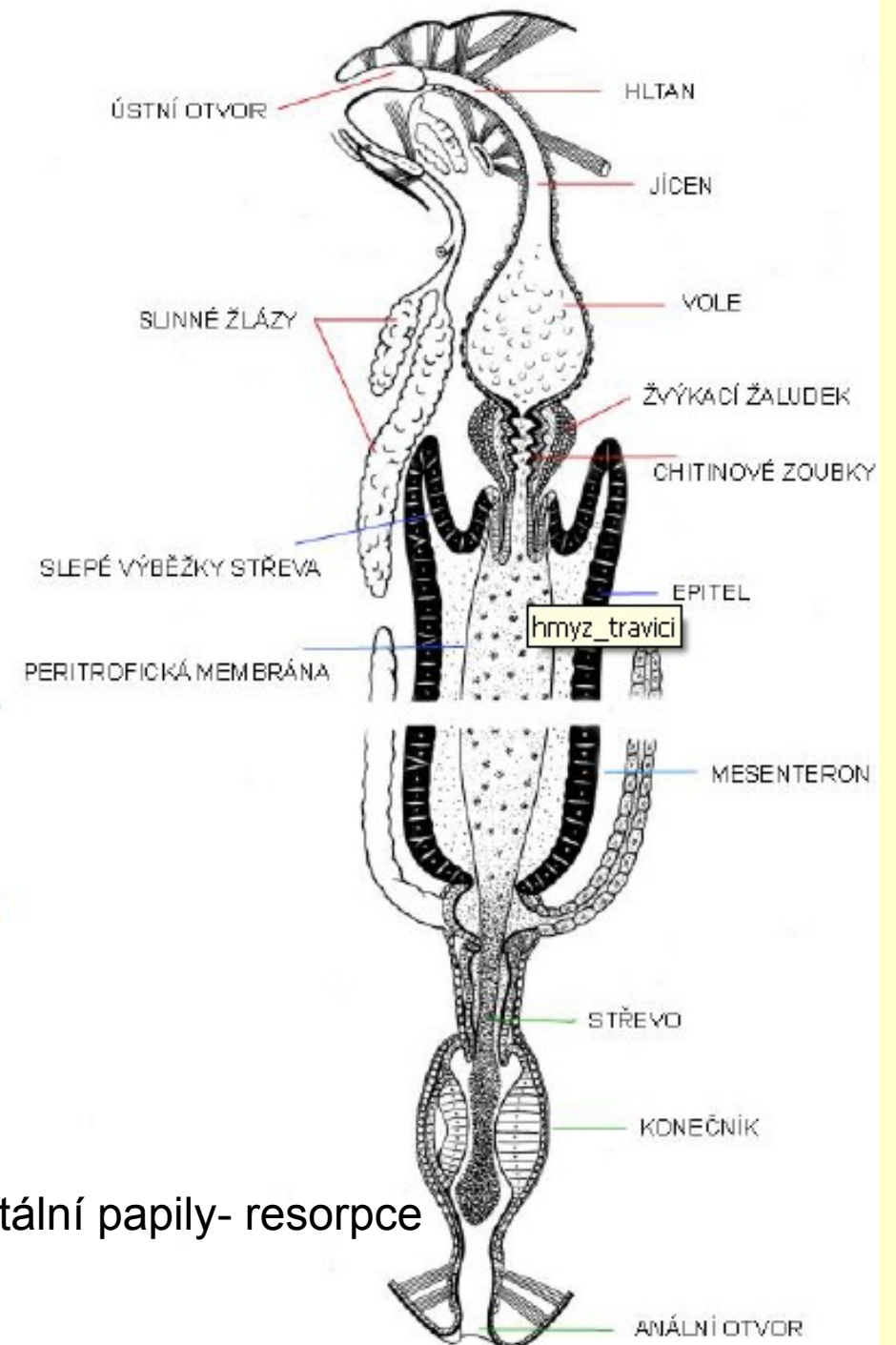
Obr. 180 Primitivní typ průchozí trávicí soustavy u pásnic. Podle Hymana (1951).

## HMYZ:

–**STOMODEUM**–ústní otvor; slinné žlázy, hltan(pharynx) –funkce pumpy při nasávání; jícen (oesophagus) –v zadní části vole; žvýkací žaludek, chitinové zoubky, zpracování potravy, rozmělnění, drcení...

–**MESETERON** –slepé výběžky střeva – zásobníky potravy, místa **intenzivní tvorby trávicích fermentů**; na povrchu epitelových buněk soubor tyčinkovitých útvarů –zvětšení vnitřního povrchu střeva –obdoba klků; potrava zde obalena tzv. **peritrofickou membránou** –chrání sliznici střeva před účinky enzymů, selektivní membrána při vstřebávání živin, vylučují ji žlázové buňky, membrána tvoří „balíček“ s potravou, roztrhá se až v konečníku, není u hmyzu, který přijímá tekutou potravu

–**PROCTODEUM**-střevo tenké a tlusté, různě dlouhé, **napojení Malpighických trubic** (přivádějí odpadní látky z těla); **rectum (konečník)**–zoubky z chitinu –trhají peritrofickou membránu; **rektální papily** –resorpce



Rektální papily- resorpce



## DRUHOÚSTÍ (Deuterostomia)

–Blastoporus se většinou uzavírá, poblíž se proráží řitní otvor a ústní otvor vzniká na hlavové straně těla

–Střední část trávicí trubice dlouhá, členěná

## STRUNATCI (Chordata)

**Zvláštnosti skupin: –Ptáci:**

- Dutina ústní ohraničena horním a dolním zobákem, zuby nejsou vyvinuty

- za jícnem **vole** –výduť distálního úseku jícnu, stavba jako i jícnu

- žaludek –žláznatý a svalový oddíl**, žláznatý –produkce žaludečních šťáv, stavba: sliznice, svalovina a seróza; svalový –sliznice, podslizniční vazivo, svalovina (nejmohutnější), seróza nebo adventicie

–Paryby, některé ryby, obojživelníci, plazi a ptáci:

- konečník ústí s vývody pohlavních orgánů do

**Kloaky** a teprve ta ústí řitním otvorem ven

## **Funkce trávicího systému:**

získat potřebné látky z potravy  
pro zabezpečení metabolických a  
energetických potřeb organismu

- Příjem látek, mechanické a  
chemické zpracování,  
vstřebávání látek, vylučování  
odpadních produktů

- Trávicí trubice:** dutina ústní,  
hltan, jícn, žaludek, tenké  
střevo, tlusté střevo s análním  
úsekem

- Žlázy připojené k trávicímu  
traktu:** slinné žlázy, játra, žlučník,  
pankreas, tenké střevo

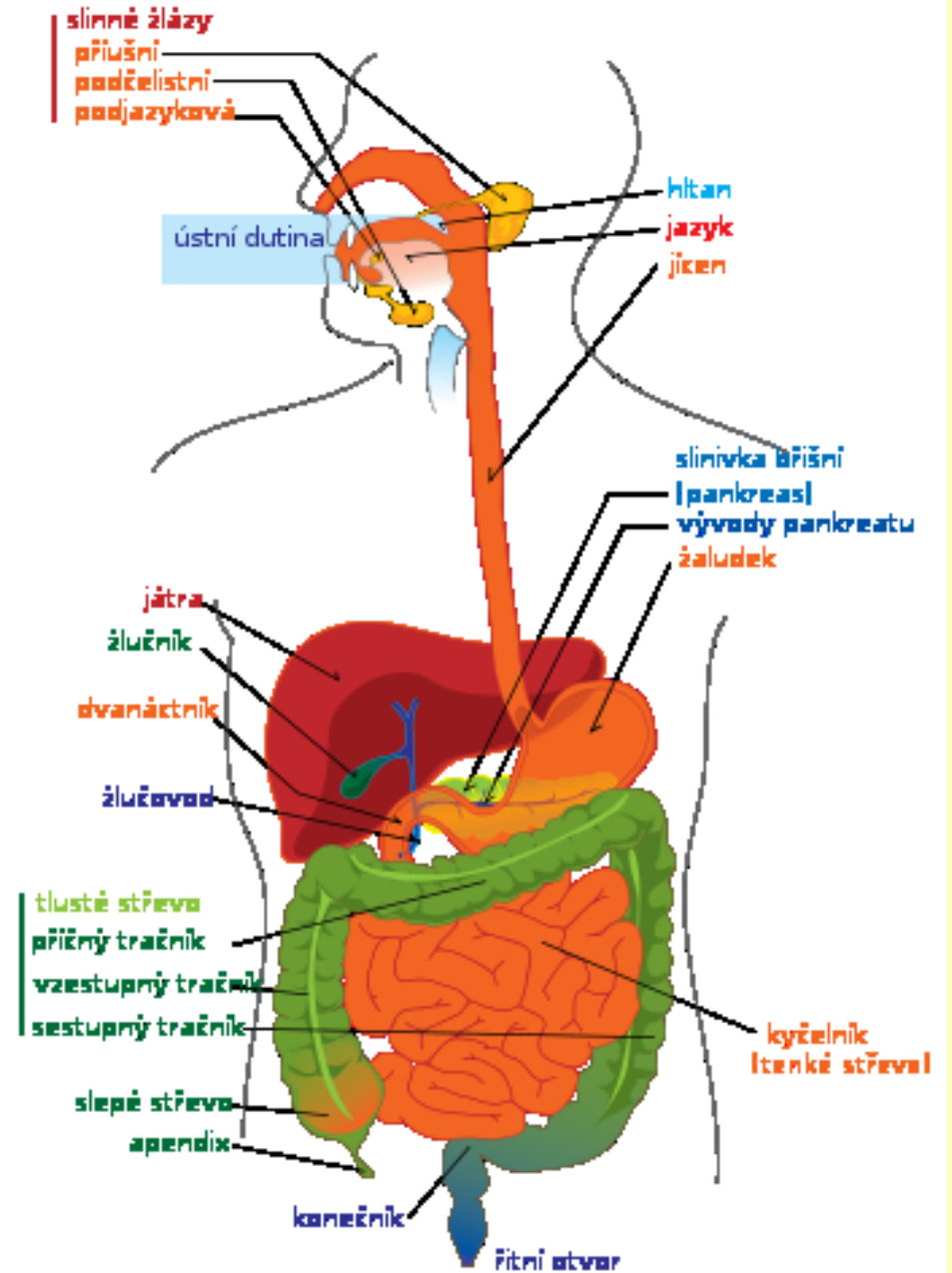
Holokrinní  
(morfokinetická) x  
apokrinní (morfostatická)  
sekrece

# Fyziologie trávení

**Potrava** – směs energeticky různorodých látek ve vstupní podobě nevyužitelných. Nezbytnost rozkladu (až na molekuly) → Zpracování **trávením** prostřednictvím **trávicích enzymů** (chemické procesy). Lepší průběh – rozmělněná (až tekutá) potrava → předchozí mechanické změny.

**Mechanické zpracování** potravy  
- drcení, zvlhčování → kašovitá hmota (většinou přední část trávicí trubice)

**Chemické zpracování** potravy – chemický rozklad pro přechod z trávicí trubice



# OBEČNÁ STAVBA STĚNY TRÁVICÍHO ÚSTROJÍ

•Trávicí trakt –dutá trubice o různém průměru, stěny ze čtyř základních vrstev

•**Sliznice (tunica mucosa)**

1. **Epitel** (lamina epithelialis), **1 vrstva buněk**

2. Lamina propria mucosae - **retikulární pojivo** - imunita,

3. Lamina muscularis mucosae- **vrstvička svaloviny**

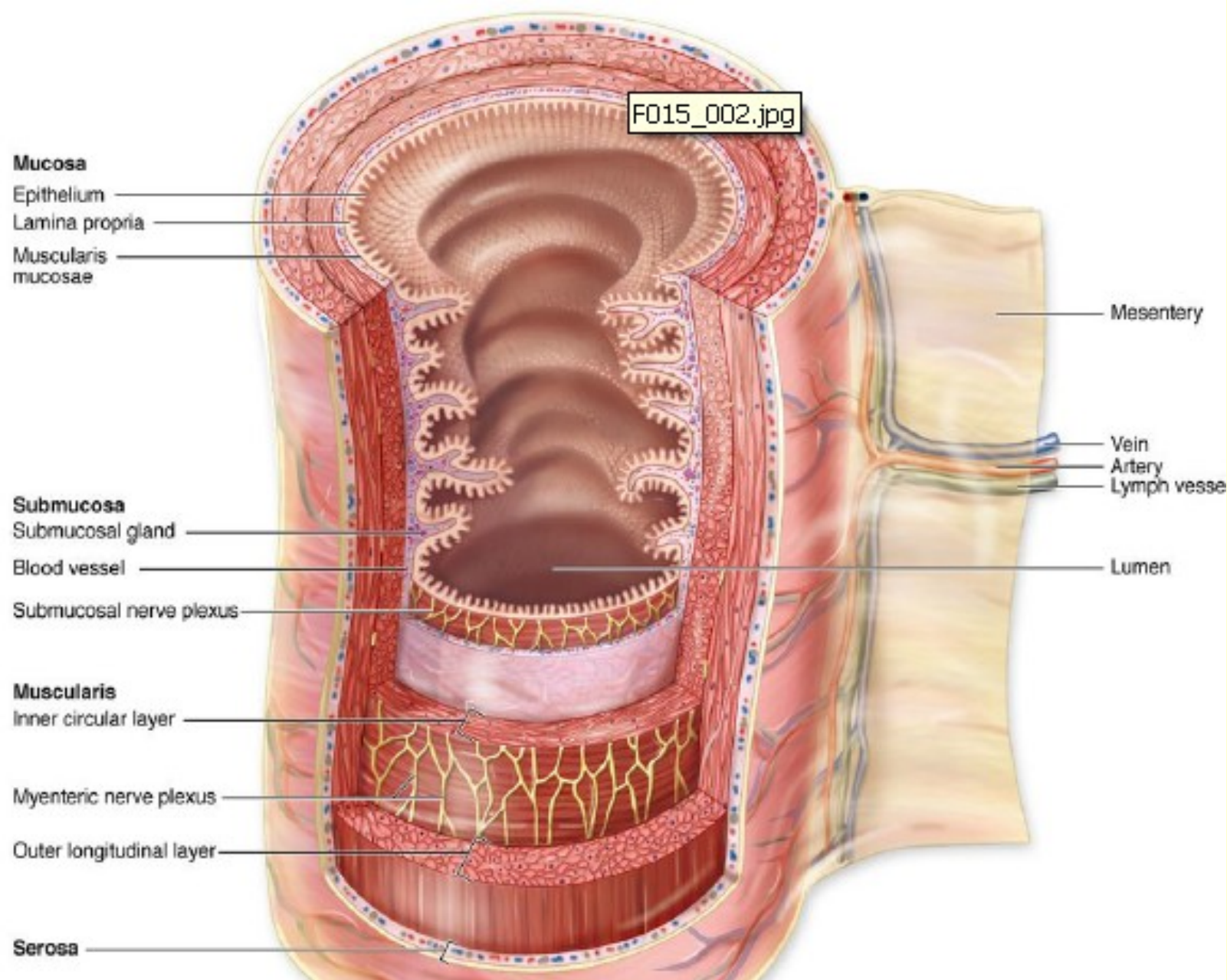
•**Podslizniční vazivo**

(tunica submucosa) Meissnerova p.

•**Zevní svalová vrstva okružní**  
**Ouerbachova p. a podélná**

(tunica muscularis externa)

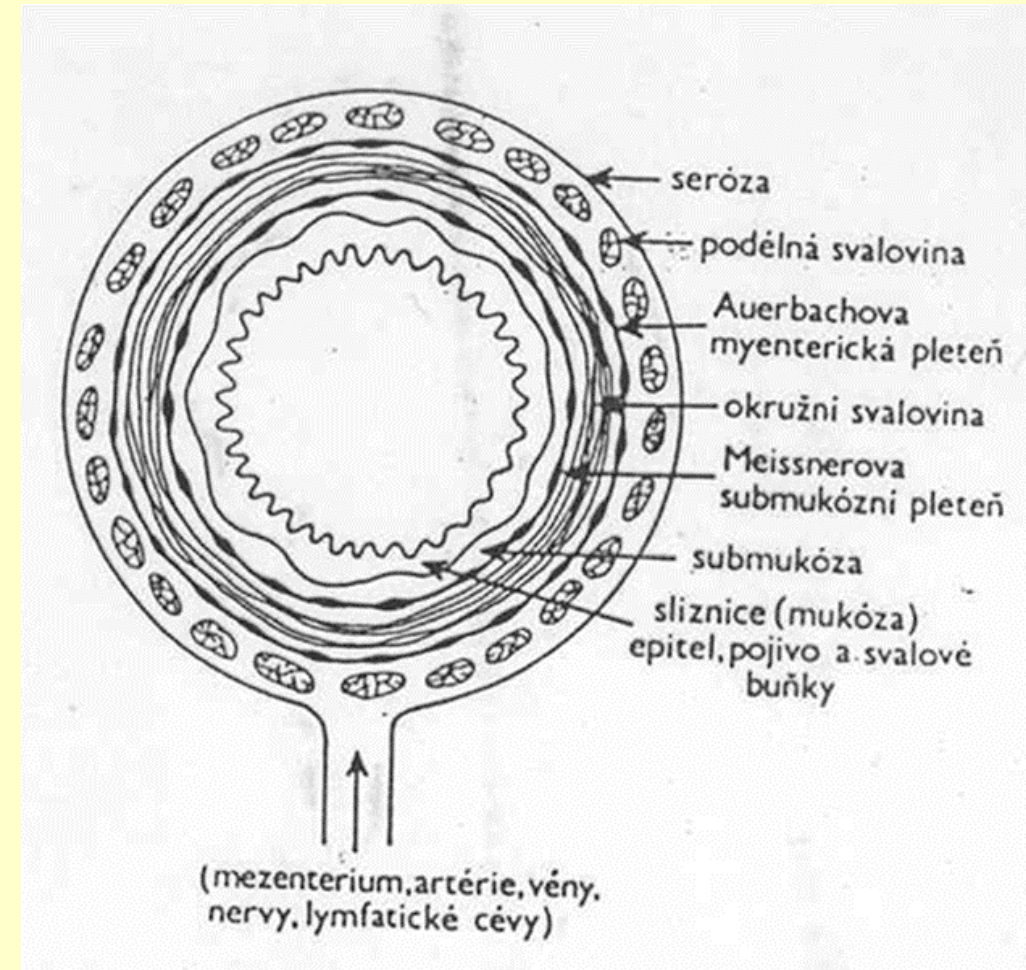
•**Seróza (tunica serosa)**



Anatomie tenkého střeva  
obratlovců (na průřezu)



**Nervové řízení:** mezi podélnou a příčnou svalovinou Auerbachova myenterická pleteň (gastrointestinální pohyby) pod ní Meissnerova submukózní pleteň (regulace prokrvení a sekrece látek do střevní dutiny)





# Rozdíly v trávení mezi bezobratlými a obratlovci

## Bezobratlí

- hodně intracelulární trávení
- nejsou odděleny okrsky secernující a rezorbující (**hepatopankreas** kor. a měkk.)
- **u většiny trávicí enzymy pohromadě**
- **rozklad bílkovin probíhá za neutrální reakce** (u obratlovců za kyselé, zásadité)

**Obratl.**- vyšší stupeň specializace (přizpůsobené složení trávicích šťáv)

## Ústa

Zvláštnosti u bezobratlých (minerální kyseliny, antikoagulanty, jedovaté látky, sání šťáv, tyramín hlavonožců (biog. amin), hedvábí)

## Slinné žlázy

- a) příušní (*glandulae parotis*) – nejmohutnější, mucinózní sliny
- b) podčelistní (*g. submandibularis*) – serozní sliny
- c) podjazykové (*g. sublingualis*) – mucinozní sliny

Složení slin – 99,5 % vody, organické i minerální látky, různé pH

## Význam slin

- a) zvlhčování dutiny
- b)                      potrawy
- c) obalování hlenem, polykání
- d) rozpouštění pevných látek
- e) neutralizace kyselin, ředění zásad
- f) dezinfekce - lysozym
- g) termoregulace
- h) trávicí funkce – **ptyalin** = amyláza + maltáza

Inervace sympatikem (5.) (v rozích šedé hmoty míšní) a parasympatikem (3. 7. a 9.10.) v hlavových nervech opouští CNS

i) IgA imunita – ovlivnění nástupu infekce – desinfekce (homeo, přír. léky grep, propolis, Ag+)

Jazyk

Zuby

Mandle - imunita

Polykání - transport sousta do zadní části hrdla, posun do jícnu a dál do **žaludku** (*ventriculus*) – prostorný vak (malé a velké zakřivení),

1. **jícnová část** /česlo – *cardium*/
2. **klenba** /*fundus*/, tělo ž.
3. **vrátník** /*pylorus*/ se svěračem)

Ve stěně množství žlázek produkuje žaludeční šťávy (2500 ml denně)

- a) **hlavní** (*adelomorfní*) b. – **pepsinogen, katepsin, chymozin, keratináza, lipáza**
- b) **krycí** (*delomorfní*) b. – HCl (prekurzory),
- c) **vedlejší b.** – mucinózní hlen
- d) **G buňky-** gastrin (hormon-podpora tráv. šťáv)

# Enzymatické vybavení žaludku

**Pepsin** – aktivován HCl, pepsinogenem, autokatalytická r.) štěpí bílkoviny na polypeptidy (molekul. hmotn. do 3000) – tzv. exopeptidáza

**Katepsin, pepsin B** – polypeptidy, stimulace žaludeční a pankreatické šťávy, pH 3,8

**Chymozin** - pro srážení mléka, mladí savci mají víc chymázy a méně pepsinu, u dospělých je to opačně, endopeptidáza.

**Gastrin**- podpora sekrece žal. šťáv, žluče, HCl, pepsinu, pankreatických enzymů

**Lipáza** – bez většího významu (kromě mláďat)

**trypsin** – štěpí bílk. v konkr. místech

Produkce trávicích šťáv je řízena bloudivým nervem

Shromažďování potravy, různé vrstvení (homo horizontálně, hlodavci – koncentricky)

Po napětí stěn (naplněním potravou) – peristaltické pohyby (promíchávání) od klenby.

Přesun malých množství tráveniny (*chymu*) do tenkého střeva (dvanáctníku)

**Dávení** (*vomitus, emesis*) – odstraňování škodlivých látek ze žaludku

**Přežvykování** (*ruminance*) – potrava z bachoru přes čepec do úst – přeslinění spolknutí přes knihu (prolistování, velké části zpět do bachoru) do **slezu** (vlastní trávicí žaludek)

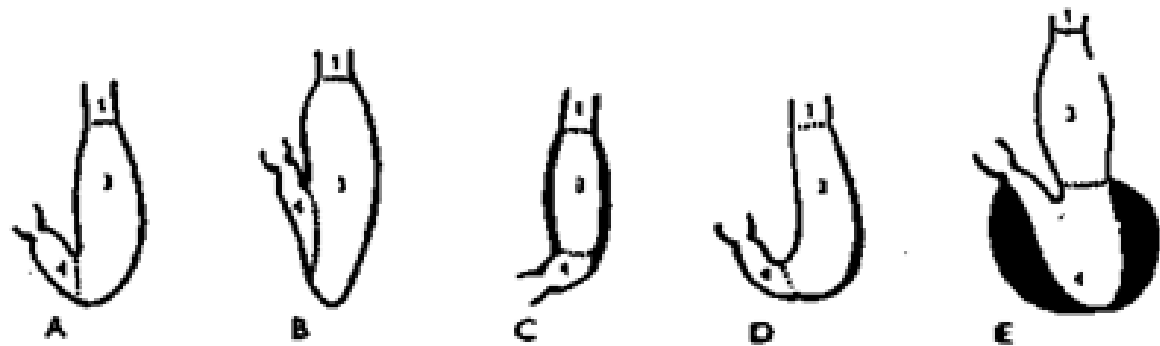
## **Řízení příjmu potravy**

Nervová soustava – střední **hypotalamus**:

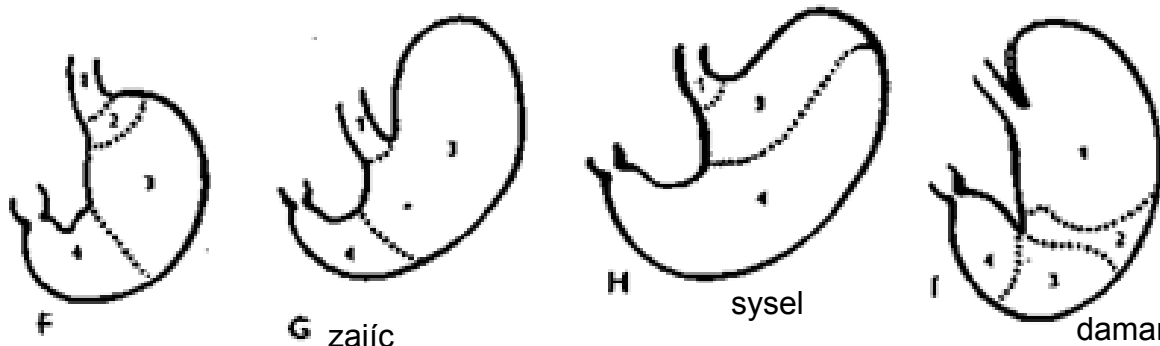
**laterální oblast** – centrum hladu

**ventromediální oblast** – centrum sytosti (nadřazené) přes glukózu v krvi



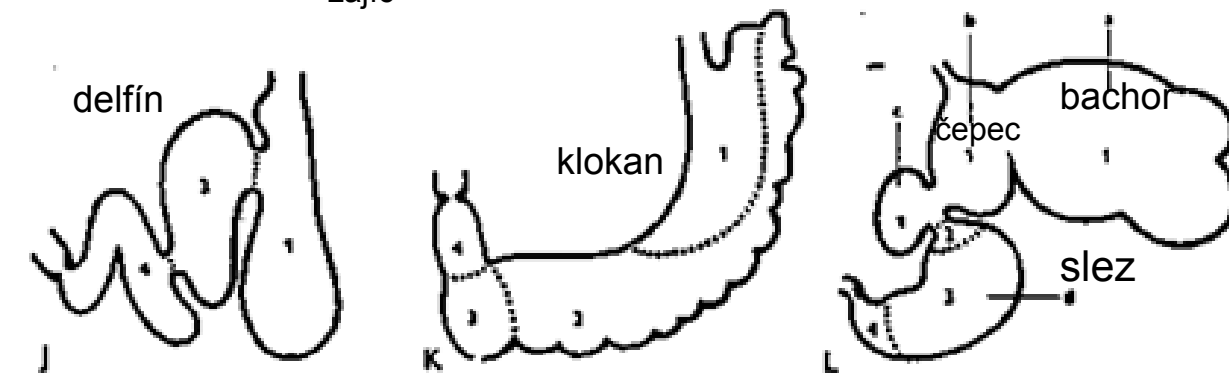


Žralok, ryba, obojž, plaz, pták



F homo – jícnová č., klenba, vrátník,

a-c bachor čepec kniha (předžal), d- sléz vlastní žal



Přežvýkání: z bachoru přes čepec do úst,  
spolknutí, pak přes knihu do bachoru a slezu

Obr. 32. Tvar, členění a typy epitelu stěny žaludku různých obratlovců: A – žralok (rod *Squalus*), B – ryba (rod *Anguilla*), C – obojživelník (rod *Triturus*), D – plaz (rod *Thalessochelys*), E – pták (rod *Pavo*), F až L – savce: F – *Homo*, G – *Lepus*, H – *Citellus*, I – *Procavia*, J – *Tursiops*, K – *Macropus*, L – *Bos*. 1 – epitel jícnový, 2 – kardiální, 3 – fundální, 4 – pylorický; a – bachor, b – čepec, c – kniha (a až c = předžaludky), d – slez (= vlastní žaludek). Podle Romera.

**Tenké střevo** – dokončení trávení, vstřebání

1. **dvanáctník** (*duodenum*) – 25

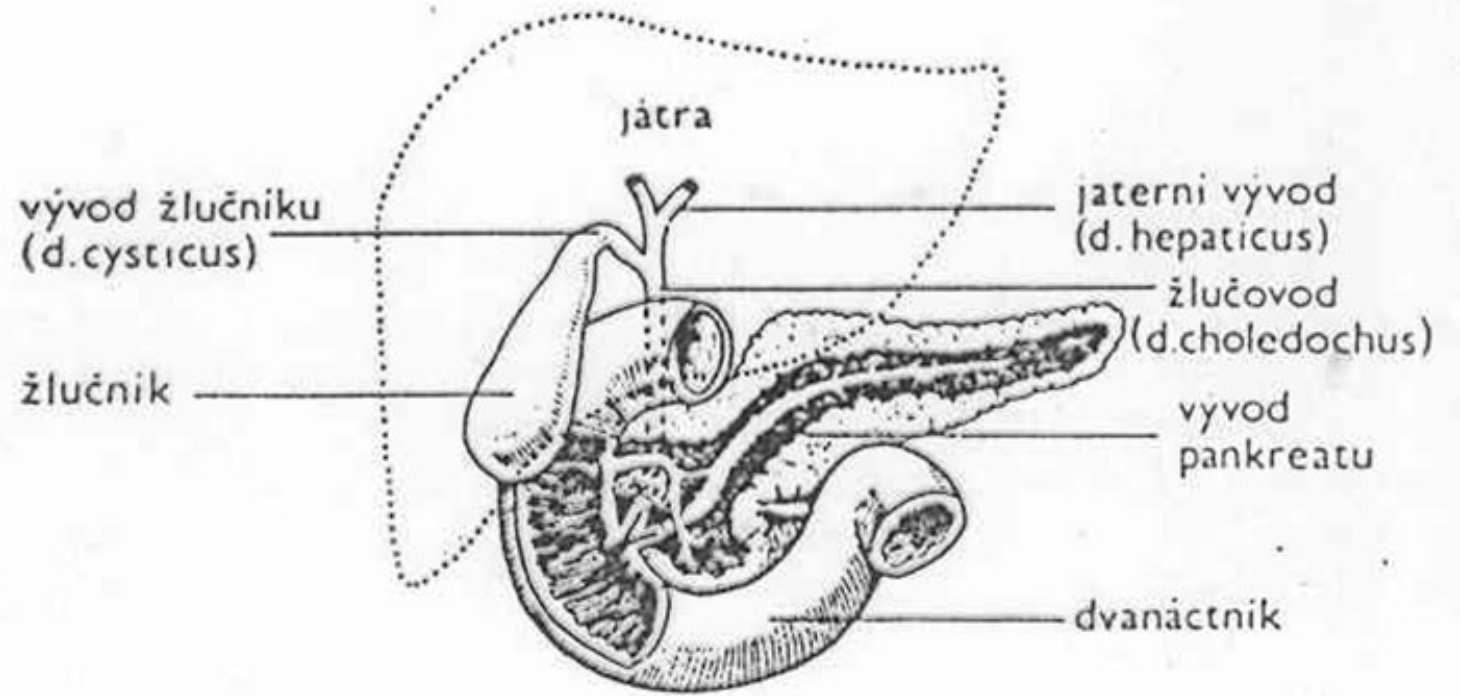
cm – vývod trávicích žláz

vlastní střevo 3 – 5 m

2. **lačník** (*jejunum*)

3. **kyčelník** (*ileum*)

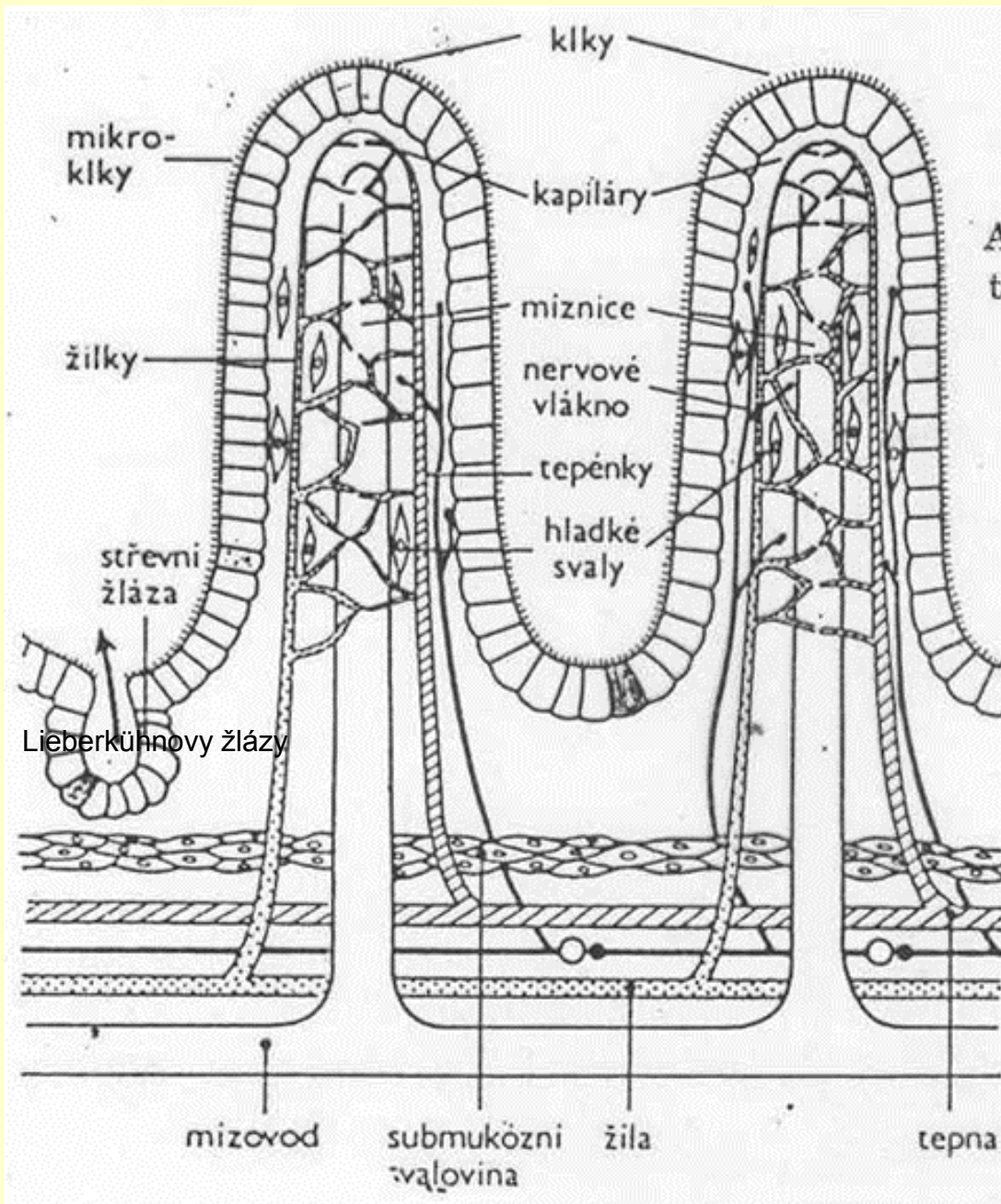
Stavba stěny



Společný vývod žlučníku a pankreatu do dvanáctníku.

Do dvanáctníku vývod jater společně se žlučí, vývod slinivky

## Anatomie tenkého střeva a klku



Sliznice střeva s příčnými záhyby, **klky** a mikroklky.

Roztroušené hlenové buňky. Do klků tepénky a žilky → kapiláry, slepá miznice, hladké svaly a nervová vlákna

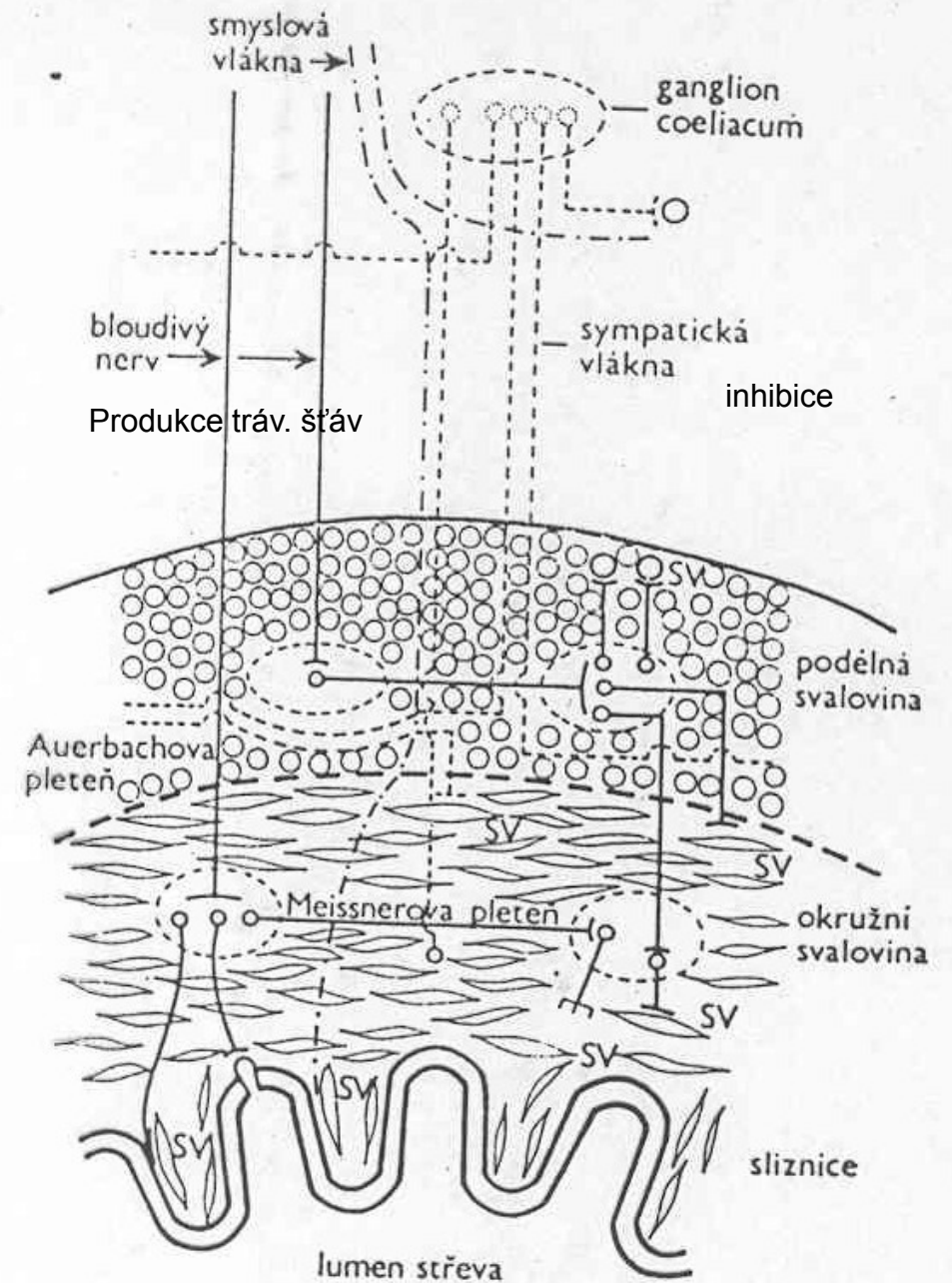
Mezi základnami klků - *Lieberkühnovy žlázy* → střevní šťáva

## Nervové řízení

Pohyby střev (**peristaltika**),  
inhibice sympatikem

Pohyb klků (**vilikinin** (peptid, dvanáctník)).  
Produkce trávicích šťáv je řízena  
bloudivým nervem

**Nervové řízení:** mezi podélnou a příčnou svalovinou **Auerbachova myenterická pletěň** (gastrointestinální pohyby) pod ní **Meissnerova submukózní pletěň** (regulace prokrvení a sekrece látek do střevní dutiny)



Inervace trávicí trubice.



## Slinivka břišní (*pankreas*)

12–16 cm, žláza s vnější i vnitřní sekrecí

1. výroba pankreatické šťávy (= enzymy štěpící **sacharidy, lipidy, bílkoviny**), odváděné do dvanáctníku.

2. 1,5 % objemu tvoří buňky **produkce hormonů** inzulin (snížení) a glukagon, vedou do krve.

3. **Produkce bikarbonátů** (zás. prostředí) neutralizují kyselou natráveninu.

### Pankreatická střevní šťáva:

- sacharáza, maltáza, laktáza, lipáza

- nukleotidáza (nukleázy)

- pepsidáza, enteropeptidáza (trypsinogen na trypsin), **chymotripsin**

### střevo

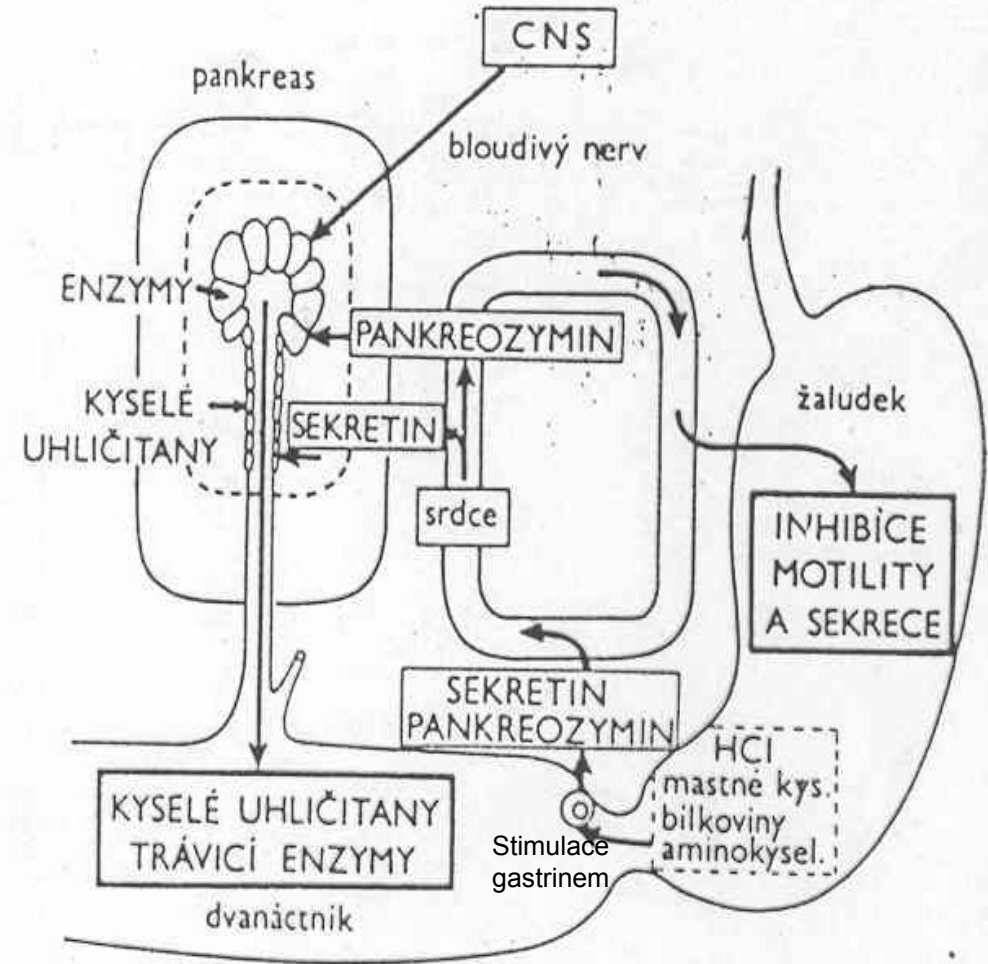
-**Luminární trávení** (trávením uvolněné AK s přenašečem přechází přes luminární membr. střevní stěny)

Nervové řízení iniciuje **secernaci** 2 min po přijetí potravy.

Produkce trypsinu a dalších enzymů slinivky je řízena hormony **pankreozyminem**, sekrece střevní šťávy včetně  $\text{NaHCO}_3$  **sekretinem**.

Produkce enzymů je řízena hormony **pankreozyminem**

sekrece střevní šťávy včetně  $\text{NaHCO}_3$  **sekretinem**.



Řízení produkce pankreatické trávicí šťávy.



**Játra** -- přetváření živin (vrátnicová žíla ze střeva, slinivky, žaludku a sleziny)

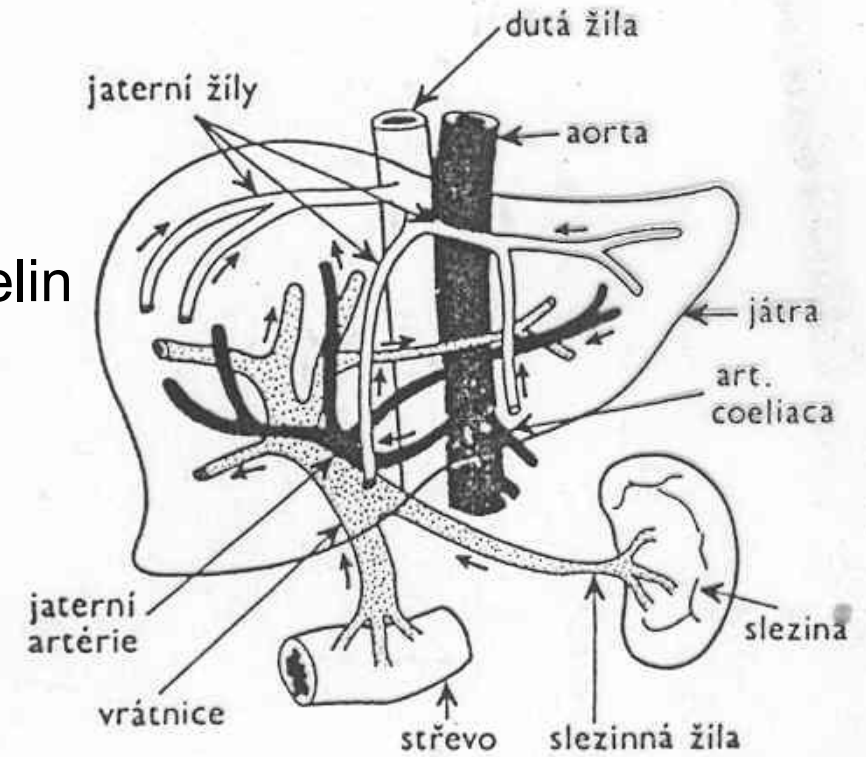
- řízení metabolismu sacharidů a tuků, ukládání glykogenu, tvorba ketonových látek-rozpad aminokyselin
- tvorba bílkovin krevní plazmy – imunitní fce
- tvorba močoviny (rozpad aminokyselin)
- rozklad steroidních a bílkovinných hormonů
- detoxikace škodlivých látek

## Žluč

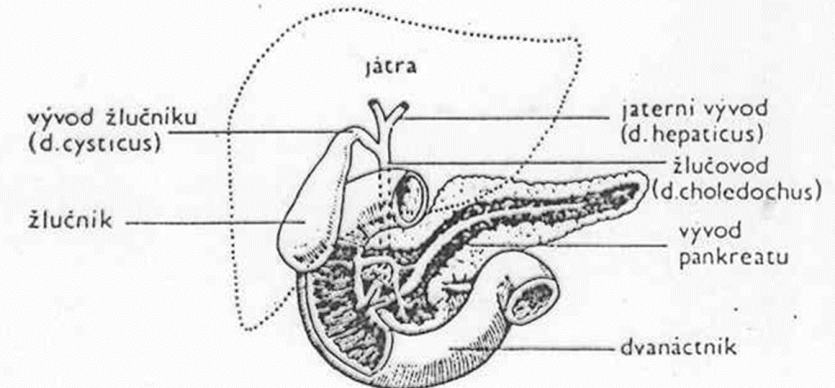
Denně 500 ml žluče pH 7,4 – 8,0

**žlučové barviva, soli žlučových kyselin, lecitin, cholesterol, žluč. pigmenty (bilirubin)**

Sekrece žluče trvalá se stimulací h. **hepatokinin** (ze sliznice dvanáctníku). Při proniknutí tráveniny s tukovými látkami (MK a AK) do dvanáctníku - produkce h. **cholecystokininu**, který **krevním oběhem ve žlučnku vyvolá stah a vylití žluče**



Schematické znázornění cévního zásobení jater



Společný vývod žlučnku a pankreatu do dvanáctníku.

## **Funkce žluči**

- neutralizace tráveniny
- emulgace tuků (snižování povrchového napětí – žlučové kyseliny)
- umožnění vstřebávání tuků
- stupňování peristaltiky
- další sekrece žluče

**Soli žlučových kyselin** – zpětná rezorpce pinocytózou (komplex žlučany+mastné kyseliny), uvolnění žlučanů ve střevní sliznici, zpětná resorpce, žlučany se opět vylučují žlučí - enterohepatální oběh žlučanů. Podobně bilirubin

## **Vstřebávání látek (rezorpce)**

- převod látek z trávicí trubice do krevního oběhu a lymfy

Jednotlivé části:

ústa – malá intenzita vstřebávání (vícevrstevný epitel)

žaludek – významnější, hodně léčiva a jedy (strychnin, HCN)

předžaludky – kyselina octová, propionová, máselná

tenké střevo – většina látek, zvětšení rezorpčního povrchu (spirální řasa až klky)

## Vstřebávání

Vstřebávání **vody** – zákonitosti osmózy (až 10 l denně)

**solí** - poměrně rychle, pořadí:  $\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$

**monosacharidů a aminokyselin** –

do krevních vlásečnic v klcích

Nejsložitější vstřebávání **tuků** – nutnost **emulgace žlučí**

→ zvětšení plochy pro působení lipázy,

komplexy MK se žlučovými kyselinami – **micely** (tuk.

kapénky).

Resyntéza v miznici jako **chylomikron**

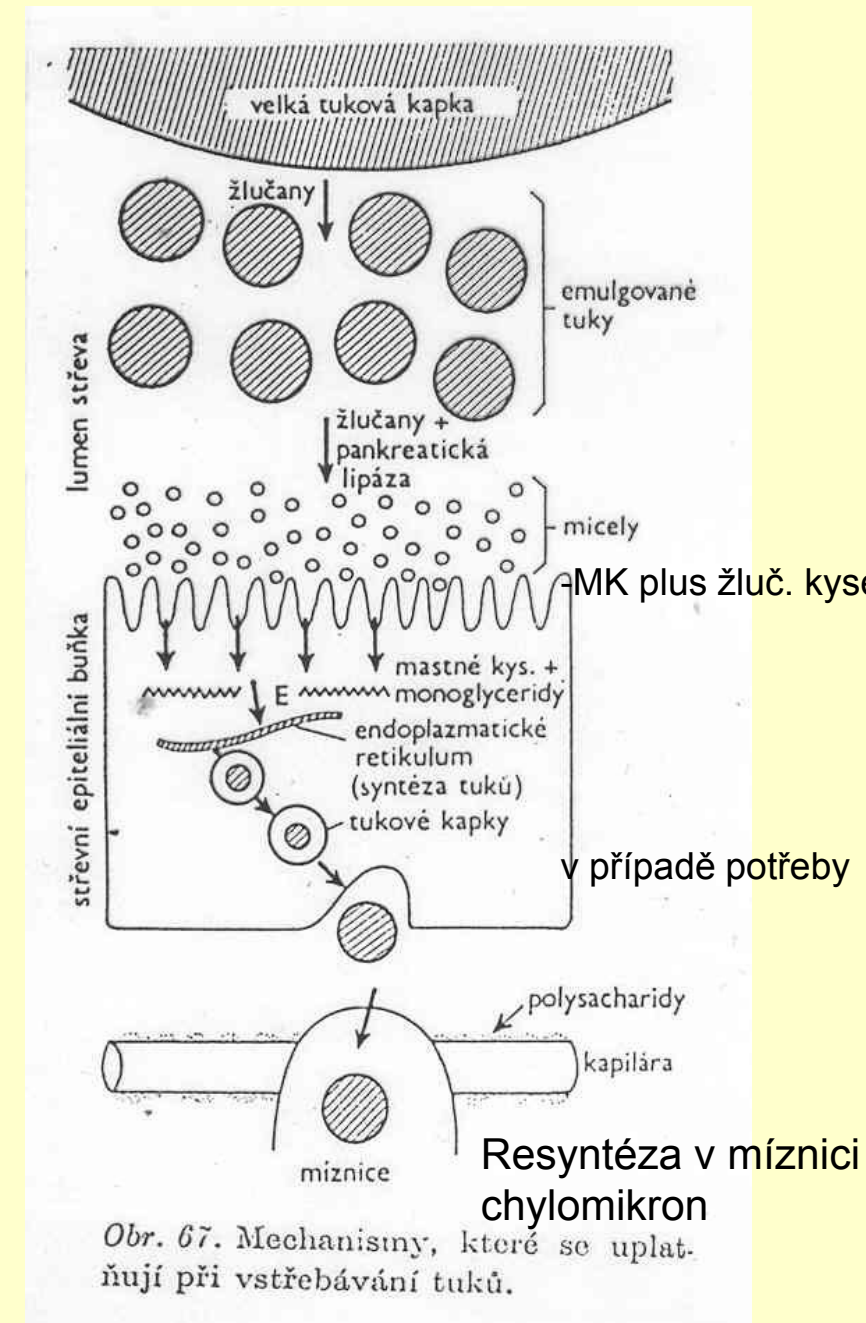
Lymfatickým oběhem do krve v oblasti hrudního mizovodu

Vstřebávání vitamínů podle jejich rozpustnosti.

**tlusté střevo** – voda (500 ml za den), soli, i glukóza, u přežvýkavců produkty trávení celulózy

(léky přes konečník). Pro neutralizaci produktů fermentace-kvašení ve střevě.

Secernace šťávy (pH 8)



**Výkaly** - za 12 h po přijetí potravy (záleží na složení).

Denní produkce 300 g (57 % vody).

Nahromadění zbytků - defekace (řízena míchou), ale ovládána i vůlí. Při tlaku 5,34 kPa (40 torr) - podráždění proprioreceptorů vyvolá defekační reflex

## **Řízení příjmu potravy**

Nervová soustava – střední **hypotalamus**:

laterální oblast – centrum hladu

ventromediální oblast – centrum sytosti (nadřazené) přes glukózu v krvi

## Holokrinní (morfokinetická) x apokrinní (morfostatická) sekrece

Katepsin štěpí lysozym, chymozin –endopeptidáza  
trávením uvolněné aminokyseliny mají specializované transportní systémy  
na luminální i bazolaterální straně membrány, odkud jsou přenášeny .