

Fyziologie trávení a vstřebávání

Organizmy mohou vykonávat své životní funkce jen za přispění energie, kterou získávají z *živin* – příjem trávicím systémem.

Funkce trávicího systému:

1. **trávení** – mechanické a chemické zpracování potravy
2. **vstřebávání** – přestup látek stěnou GIT do krve
3. **přeměna a skladování živin** (hlavně v játrech)
4. **vylučování** (odstraňování nestrávených zbytků potravy a zplodin metabolismu)

Trávicí systém je v podstatě trubice začínající ústy a končící řitním otvorem. Potrava a další látky se sunou celou délkou trávicího traktu a jsou postupně rozkládány na jednoduché částice, které tělo dokáže vstřebat.

Každá část trávicí trubice je přizpůsobena účelu jemuž slouží:

Ústa – rozměňování potravy a tvorba sousta

Žaludek – skladování a další rozměňování potravy

Tenké střevo – trávení a vstřebávání

Tlusté střevo – další vstřebávání a sběr odpadních látek pro následné vylučování z organismu

Živina se nestane součástí vnitřního prostředí, dokud neprostoupí stěnou trávicího traktu a nevstoupí do krve nebo lymfy.

Trávení

Obecné principy stavby, motility, prokrvení a řízení trávicího systému

Stavba stěny trávicího systému

Stěnu trávicího systému tvoří 5 vrstev:

1. *Vnitřní vrstvu* tvoří sliznice – *mukóza*. Jmenuje se tak proto, že produkuje velké množství hlenu (mucinu), který chrání vnitřní povrch trávicí trubice. Epitel kryjící sliznici se obměňuje jednou za 4-5 dní.
2. *Podslizniční vrstva (submukóza)* obsahuje krevní cévy, nervovou pletěň (*plexus submucosus Meissneri*) a žlázy odpovědné za sekreci trávicích enzymů
3. *Vnitřní vrstvu svaloviny* tvoří svalovina cirkulární, která zodpovídá za místní pohyby trávicí trubice.
4. *Vnější vrstva svaloviny* je svalovina podélná, zodpovědná za peristaltické pohyby. Mezi oběma svalovými vrstvami je *druhá nervová pletěň (plexus myentericus Auerbach)*.
5. Pátou vrstvu tvoří *serózní blána* (v dutině břišní peritoneum), kterou se k trávicí trubici přivádějí arterie a kterou jsou odváděny žíly a lymfatické cévy.

V trávicím systému je součástí stěn hladká svalovina. Svalové buňky jednotlivých vrstev jsou na mnoha místech spojeny a elektrická aktivita přechází z jednoho svalového vlákna na druhé. Svalovina tedy pracuje jako celek (*syncytium*).

Principy motility GIT

V trávicím traktu se objevují dva hlavní typy pohybů:

1. *celkové – propulzivní pohyby (peristaltika)*, zodpovědné za posun tráveniny směrem ke konečníku rychlostí přiměřenou potřebám trávení a vstřebávání;
2. *místní pohyby zodpovědné za míchání tráveniny* (pohyby segmentační a kývavé), zajišťující promíchávání obsahu s trávicími šťávami.

Pohyby trávicí trubice jsou řízeny nervovou pletení umístěnou mezi svalovými vrstvami (*plexus myentericus Auerbachi*).

V horní třetině žaludeční stěny se předpokládá centrum, které působí jako zdroj impulzů (*pacemaker*) a provokuje pohyby hladké svaloviny GIT.

Motilita je dále ovlivňována účinkem sympatiku a parasympatiku a působením lokálních hormonů.

Krevní zásobení GIT

Součástí krevního systému trávicího traktu (splanchnického krevního traktu) je také zásobení -

- *sleziny*
- *ledvin*
- *pankreatu*

Tepny přivádějící krev do trávicího traktu jsou:

- *truncus coeliacus*
- *arteria mesenterica superior*
- *arteria mesenterica inferior*

Truncus coeliacus – zásobuje krví žaludek, duodenum, játra, slezinu a pankreas, mezenterické arterie vyživují tenké a tlusté střevo.

Arterie se po příchodu z orgánů větví na menší a tenčí větve, které vytvářejí oblouky a vzájemně se propojují. Arterioly z nich vycházející pronikají do stěny střeva a šíří se podle svalových snopců do klků a do submukózy (**první kapilární systém**), kde přispívají k sekrečním a resorpčním funkcím GIT.

Žilní krev odváděná splanchnickým systémem vstupuje do portální vény (*vena portae*) a odtéká do jater – v jaterních sinusoidách (**druhý kapilární systém**) je retikuloendotelovými buňkami zbavována až sem došlých bakterií a jiných cizorodých materiálů.

Krev se dále sbírá do jaterní žíly (*vena hepatica*) a odtud do dolní duté žíly (*vena cava inferior*).

V krevním řečišti trávicího systému jsou řazeny dva kapilární systémy za sebou – tzv. *portální systém*.

Řízení činnosti trávicího ústrojí

Uplatnění dvou systémů:

- nervový
- humorální

Nervové řízení

Trávicí trakt má svůj vlastní nervový systém, který začíná ve stěně jícnu a pokračuje až k řitnímu otvoru (anu).

Střevní (enterický) nervový systém má ve stěně GIT zabudované dvě nervové pleteně: *plexus myentericus Auerbachi* ve svalovině (řízení motility) a *plexus submucosus Meissneri* pod sliznicí (řízení sekrece a lokální prokrvení).

Celý systém je schopen samostatné činnosti, ale obě jeho složky jsou napojeny na *vegetativní nervový systém*, jenž může dále stimulovat nebo oslabovat takto řízené gastrointestinální funkce.

Senzorická nervová zakončení jsou uložena v epitelální výstelce a vysílají vlákna, která zpětnými kolaterálami ovlivňují činnost obou plexů. Informace dále pokračuje přes vegetativní ganglia o míchy, případně s vlákny vagu až do mozku kmene. Senzorické nervy tak mohou zprostředkovat lokální reflexy, nebo reflexy s centrem v míše nebo v prodloužené míše.

Humorální řízení

Na trávicí systém působí některé hormony endokrinních žláz:

- účinek většinou obecný (tyroxin, somatostatin, progesteron, glukagon).
- Cíleně z klasických hormonů působí pouze *parathormon* (přeměna vitamínu D) a *kalcitriol* (zvyšuje vstřebávání fosfátů a vápenatých iontů střevem).

Informativní molekuly, které v trávicím systému vydávají některé buňky, mají většinou

- parakrinní (ovlivnění bezprostředního okolí) nebo
- autokrinní (ovlivnění sama sebe) účinky,

proto se jim říká *lokální (tkáňové) hormony GIT* - ovlivňují motilitu a sekreci trávicího systému.

Gastrin, *cholecystokinin* a *sekretin* mají také účinky endokrinní (jsou vylučovány do krve a působí na větší vzdálenost).

Některé tyto látky byly objeveny i v CNS:

- *Neurotransmitery* – látky, které se přímo účastní přenosu informace
- *Neuromodulátory* – látky, které ovlivňují přenos informace

Nezaměňovat lokální hormony a enzymy!!!

Enzymy jsou na rozdíl od lokálních hormonů přítomny v trávicích šťávách a přímo se účastní chemických reakcí trávení.

Ústní dutina

- má několik funkcí, které lze obecně rozdělit na:

1. **Funkce související s trávením**

- a) *přijetím potravy* (ukousnutím nebo sáním),
- b) *příprava potravy pro další zpracování* (rozmělnění zuby, zvlhčení, vyrovnání teploty, začátek trávení škrobů slinnou α -amylázou),
- c) *zprostředkování počítka chuti* (látky mohou působit na chuťové pohárky až po svém rozpuštění ve slinách),
- d) *tvorba sousta* (jazykem) a *obalení sousta hlenem (mucinem)*, který brání poškození sliznice jícnu při polykání,

e) *zprostředkování polykacího reflexu.*

2. **Funkce s trávením nesouvisející:**

- a) *nespecifická imunitní ochrana organismu (lyzozym ve slinách má bakteriální účinky, tvorba IgA – sekrečních protilátek),*
- b) *antikulace (tvorba hlásek)*

Žvýkání

- děj, při němž se potrava mechanicky drtí zuby na menší části
- stereotypně se opakující pohyby zprostředkované žvýkacím reflexem řízeným z prodloužené míchy, mohou být řízeny i přímo mozkovou kůrou

Sekrece slin

- probíhá neustále na bazální úrovni
- zvýšení sekrece podmíněným či nepodmíněným reflexem (dotek slisnice se soustem)

Podmíněné sekrece se účastní velké slinné žlázy:

- příušní žláza - *glandula parotis* (serózní sekret)
- podčelistní žláza – *glandula submandibularis* (seromucinózní sekret)
- podjazyková žláza – *glandula sublingualis* (mucinózní sekret).

Sekrece je řízena z prodloužené míchy.

Složení slin

- za den se vytvoří 1-2 l slin o přibližně neutrálním pH
- v porovnání s plazmou jsou sliny hypotonické
- 99,5 % vody
- organické složky (mucin, α -amylázu, lyzozym a imunoglobulin A)
- anorganické složky (HCO_3^- , K^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+})

Slinná α -amyláza (dříve nazývaná ptyalin) je enzym, který začíná už v ústech trávit škroby.

Polykání

- složitý mechanismus, zpočátku vůlí ovladatelný, později zprostředkovaný polykacím reflexem řízeným z prodloužené míchy.
- má tři fáze: ústní (orální)
 - hltanovou (faryngeální)
 - jícnovou (ezofageální)

Utvořené sousto je jazykem posunuto k patrovým obloukům a tvrdému patru, současně se zvedne měkké patro a uzavře vstup do nosní dutiny. Podrážděním patrových oblouků se vyvolá *polykací reflex*, zvedne se trachea, přiloží se pod kořen jazyka a dověře se překlopením *epiglottis* (aby se sousto nedostalo do dýchacích cest). Otevře se *tuba Eustachii* a na chvíli se reflexně přeruší dýchání. Sousto se vtlačí do jícnu a peristaltické vlny jícnu je přenášejí dále.

Jícen

- plní pouze transportní funkci

- v horní třetině převládá příčně pruhovaná svalovina, která se od střední třetiny mísí se svalovinou hladkou; v dolní třetině převládá hladká svalovina
- sousto je posunováno peristaltikou i proti směru gravitace, pohybuje se jícnem asi 9 sekund a po té je jícnovým svěračem propuštěno do žaludku

Žaludek

- hlavní funkce: skladování potravy a její další mechanické a chemické zpracování a postupný výdej do prvního a nejdůležitějšího oddílu tenkého střeva – *dvanáctníku (duodena)*
- v žaludku se vstřebává pouze část vody, alkohol a některé léky.

Skladování:

- během plnění se v žaludku nezvyšuje tlak
- tekutina protéká podél malého zakřivení přímo do dvanáctníku
- žaludek pojme 1-2 litry potravy
- po určité době klidu (*žaludeční peristola*), 20 min až 1 hodina, nastupuje žaludeční peristaltika

Funkce žaludeční peristaltiky = rozměňování a promíchávání obsahu žaludku.
Vzniká **chymus** – tekutá žaludeční *trávenina*.

Žaludeční šťáva

- denně se jí vytvoří 2-3 litry,
- v prázdném žaludku vzniká šťáva o neutrálním až slabě zásaditém pH ,
- skládá se z hlenu, vody a iontů

Hlen (mucin- produkovaný vedlejšími buňkami) je nesmírně důležitá součást obrany žaludku proti natrávení sliznice.

Enzymy – nejdůležitější je *pepsinogen*, který se působením nízkého pH přeměňuje na aktivní enzym *pepsin* – štěpí bílkoviny (je to proteáza).
- další enzymy: *ureáza, žaludeční lipáza* – velmi malý účinek

Jsou-li v žaludeční trávenině bílkoviny, uvolní žaludeční antrum lokální hormon gastrin, který dále zvyšuje produkci HCl.

HCl má několik úkolů:

- aktivuje neaktivní pepsinogen na účinný pepsin,
- zajišťuje pH, při němž je pepsin nejdůležitější,
- způsobuje bobtnání vaziva v mase, tím rozvolňuje jeho strukturu, a tak umožňuje působení enzymů na bílkoviny,
- narušuje strukturu bílkovin (denaturuje bílkoviny),
- redukuje železo a vápník na dvojmocné ionty, a tím umožňuje jejich vstřebávání ve střevě,
- brání inaktivaci vitamínů B₁, B₂ a C oxidací,
- zajišťuje další stupeň antibakteriální ochrany GIT,

Řízení žaludeční sekrece

V klidu je zajištěna činností bloudivého nervu (*nervus vagus*). Příjmem potravy aktivovaná žaludeční sekrece má tři fáze:

1. *Reflexní fáze – cefalická:* žaludeční šťáva se začíná secernovat na psychické podněty (představa, očekávání jídla) nebo na sensorické podněty: pohled, vůně a chuť. Je zprostředkována bloudivým nervem (vagem).
2. *Žaludeční fáze – gastrická:* Převažují mechanické podněty a mechanoreceptory v žaludeční sliznici zprostředkují reflexní vylučování žaludeční šťávy. Ke zvýšenému vylučování přispívají také chemické podněty z potravy a později z chymu: ovlivňují sekreci lokálního hormonu *gastrinu*, vznikajícího v G-buňkách žaludku, v δ -buňkách pankreatu a v duodenu, který má přímý vliv na sekreci žaludeční šťávy bohaté na *HCl* a *pepsinogen*.
3. *Střevní fáze – intestinální:* přestup chymu do duodena vyvolá sekreci hormonů, které ovlivňují motilitu a sekreci žaludku, ale i sekreci i motilitu pankreatu a žlučníku.

Humorální regulace se účastní i další regulační peptidy:

- *GIP* (gastric inhibitory peptide – zpomaluje peristaltiku žaludku a snižuje sekreci žaludeční šťávy,
- *Substance P* (odpovídá za kontrakci hladké svaloviny střev),
- *VIP* (vasoactive intestinal peptide – zvyšuje průtok krve střevem, a tím zlepšuje vstřebávání),
- *Somatostatin* (zpomaluje průchod živin střevem, a tak také napomáhá jejich lepšímu vstřebávání).

Vyprazdňování žaludku

Do duodena se nesmí dostat množství tráveniny, kterou by střevo nestačilo zpracovat.

Peristaltická vlna, která probíhá svalovinou žaludku, postupně sílí, až přechází na pylorický svěrač, a tím snižuje jeho tonus.

Pyrolická pumpa pak posunuje tráveninu do duodena.

Mezi žaludkem a duodenem však existuje zpětná vazba, která zajistí zpomalení peristaltiky žaludku a zvýšení tonu pyrolického svěrače, jestliže:

- v trávenině je mnoho tuků, žluč by je nestačila emulgovat,
- chymus je příliš kyselý a pankreatická šťáva by ho nestačila neutralizovat,
- v chymu je mnoho živin a tenké střevo by je nestačilo zpracovat.

Řízení vyprazdňování žaludku je zajišťováno:

- *nervově* (enterogastrický reflex),
- *humorálně*

Při nadměrném podráždění žaludeční stěny (chemicky, zvýšeným tlakem), se vyvolá obranný reflex – **zvracení (vomitus)**.

Podle místa odkud je zvracení spuštěno, se rozeznává *zvracení periferní a centrální*.

Centrální zvracení je vyvoláno podrážděním mozkových struktur, zvláště při otřesu (komoci) a zhmoždění (kontuzi) mozku.

Centrum reflexu zvracení je v prodloužené míše.

Tenké střevo

- odehrává se zde konečné zpracování potravy
- živiny se rozkládají na nejjednodušší složky (**trávení**) a jsou transportovány do krve a mízních cév (**vstřebávání**).
- je dlouhé 4-7 metrů a vnitřní plocha je přibližně 250 m² (140x více, než povrch těla)

Sliznice je poskládána do řas (*plicae circulares Kerckringi*) a tvoří výběžky – klky.

Klk = výchlipka sliznice, do níž vstupuje arteriola, větvící se uvnitř do kapilár, a vystupuje z ní žíla.

Obě krevní cévy jsou doprovázeny cévou lymfatickou. Toto uspořádání umožňuje snadný odvod vstřebených živin do krve (látky rozpustné ve vodě) a do lymfy (látky rozpustné v tucích).

Střevní šťáva

Denně se v epiteliálních buňkách Lieberkühnových krypt tvoří kolem 1 800 ml čisté tekutiny s mírně alkalickým pH (7,5-8), která se rychle reabsorbuje v klcích. Tato tekutina tvoří rozpouštědlo pro vstřebávané živiny.

V případě, že je reabsorpce porušena, se masivně ztrácejí tekutiny a ionty průjmovitou stolicí, což je život ohrožující stav.

Brunnerovy žlázy, lokalizované v duodenu, secernují především hlen – ochrana sliznice.

Další trávicí enzymy produkované ve střevech:

- disacharidázy (dokončují štěpení cukrů),
- peptidázy (štěpící polypeptidy na aminokyseliny),
- střevní lipáza.

Motilita tenkého střeva

- je regulována *nervově a humorálně*

Nervovou regulaci obstarávají:

- sympatikus (zpomalení),
- parasympatikus (zrychlení)
- reflexy : intestino-intestinální (roztážení jedné části zajistí relaxaci zbytku střeva,
: ileo-gastrický (rozepětí ilea sníží motilitu žaludku)
: gastro-ileální (zvýšení motility žaludku zvýší motilitu ilea)

Z humorálních působků zvyšuje motilitu substance P, bombesin a neurotensin a snižuje ji somatostatin a GIP.

Zvláštní význam má část tenkého střeva nazvaná **dvanáctník – duodenum**:

1. řídí sekreci a vyprazdňování žaludku (nervově enterogastrickým a duodenokolickým reflexem a humorálně GIP, sekretinem, CCK a somatostatinem),
2. na Vaterskou papilu ústí vývody pankreatu a žlučníku, a proto v něm působí trávicí enzymy pankreatické šťávy a žluč,
3. vstřebávají se v něm vitamíny B1, B2 a C.

Z duodena přechází trávenina do **lačníku (jejuna)** a **kyčelníku (ilea)**, kde se tvoří střevní šťáva tenkého střeva, která rozkládá natrávené živiny na jednoduché sloučeniny, a kde se živiny hlavně vstřebávají.

Tlusté střevo

hlavní funkce:

- vstřebávání iontů a vody,
- skladování zbytků chymu,
- tvorba a vylučování formované stolice (defekace),
- činností bakterií se zde produkuje vitamin K.

Pohyby tlustého střeva se dělí na:

- místní-mísící
- celkové-peristaltické (propulzivní)

Regulace pohybů je reflexní, ale je také řízena parasymptikem (zrychluje motilitu).

Tlusté střevo je osídleno populací různých bakterií, které štěpí část rostlinné vlákniny. Činností bakterií vznikají vitaminy, především K, thiamin (B1) a riboflavin (B2). Vznikají zde také střevní plyny složené z CO₂, vodíku, sirovodíku a metanu.

Tlak 2,5 – 5,5 kPa vyvolá pocit nucení na stolicí a po zvýšení tlaku na 5,5 – 6,5 kPa (50 torrů) vzniká **defekační reflex**.

Samovolnému odchodu stolice brání 2 svěrače (sfinktery): vnitřní svěrač (hladká svalovina – neovlivnitelné vůlí) a zevní svěrač (příčně pruhovaná svalovina – ovlivnitelné vůlí). Při defekačním reflexu svěrače ochabují a zapojují se břišní svaly a bránice.

Denně se vyloučí 100 – 300 g stolice v závislosti na charakteru stravy.

Jedna z nejčastějších civilizačních chorob je zácpa.

Pankreas a žlučník

- dvě žlázy, které jsou nepřímou součástí trávicí trubice, ale vytvářejí trávicí šťávy v GIT velice potřebné.
- Vývody obou orgánů ústí do duodena na *papilla Vateri*, pankreas může mít ještě přídatný vývod (*doctus accessorius*) na malé papile (*papilla duodeni minor*), (ti, kteří ho nemají trpí častěji dvanáctníkovými vředy).

Slinivka břišní (pankreas)

- orgán se zevně sekretorickou (exokrinní) i vnitřně sekretorickou (endokrinní) funkcí.

Exokrinní oddíl - je považován za součást trávicího systému

- je to tuboalveolární žláza, která denně odvádí do duodena 1-2 litry pankreatické šťávy o pH 8,5.

Pankreatická šťáva

- je zásaditá
- je tvořena: hlavně vodou
 - : ionty HCO_3^-
 - : enzymy – *proteinázy* (enzymy štěpící bílkoviny
 - pankreatickou α -*amylázou* (štěpí v ústech naštěpené škorby)
 - pankreatickou *lipázou* (nejúčinnější enzym štěpí tuky)
 - *nukleázami*,
 - *elastázami*,
 - *fosfolipázami*,
 - *kolagenázou*

Řízení sekrece pankreatu

- *nervové* (nepodmíněnými a podmíněnými reflexy)
- *humorální*

Složení pankreatické šťávy výrazně závisí na podnětu z duodena.

Jestliže je v duodenu přítomen tuk, vyplaví se *cholecystokinin* (CCK) a zvýší sekreci pankreatické šťávy bohaté na enzymy. Posílí i sekreci žluči, takže v ní přítomné žlučové kyseliny mohou taky emulgovat.

Jestliže se do duodena dostane chymus s nízkým pH, stimuluje vydávání *sekretinu*, a ten způsobí, že pankreas začne secernovat šťávu s bohatým obsahem vody a HCO_3^- a nízkým obsahem enzymů.

Žlučník

- skladuje látky potřebné pro trávení a vstřebávání tuků – *žlučové kyseliny* (vznik v *játrech*).

Ve žlučníku se jaterní žluč zahušťuje a podle potřeby se vydává do duodena.

Denně vzniká 500-600 ml žluči o neutrálním až slabě kyselém pH.

Kontrakce a vyprazdňování žlučníku jsou vyvolány reflexně a hormonálně cholecystokininem (CCK).

Silným podnět pro uvolnění žluči ze žlučníku je např. vaječný žloutek, MgSO_4 a některé léky (**cholagoga**).

Choleretika – léky podporující produkci žluči v játrech.

Trávení jednotlivých živin

Cukry, tuky a bílkoviny nemohou být organizmem resorbovány přímo, musí nejdříve projít procesem *štěpení*.

Základní chemická reakce trávení je **hydrolyza** = jednoduchý chemický proces štěpení, závislý na přítomnosti specifických enzymů (*proteinové povahy*).

Hydrolyza je opakem **kondenzace** = reakce, jíž škroby, cukry tuky (triglyceridy) i bílkoviny vznikají.

Obecné schéma hydrolýzy

(štěpení za přítomnosti vody a specifického enzymu)



Trávení cukrů

Nejobvyklejší cukry v lidské potravě:

- *sacharóza (řepný cukr)*
- *laktóza* (v mléce)
- *škroby*
- *celulóza*: lidský organizmus ji není schopen strávit, mírně ji naštepi pouze bakteriální procesy v tlustém střevě

Trávení cukrů začíná už v **ústech**, kde **slinná α -amyláza** (ptyalin) štěpí škroby na dextriny. Štěpení **pokračuje** při průchodu jícnem a chvíli v žaludku, než se začne secernovat kyselá žaludeční šťáva.

V **duodenu**, kam se vylučuje vysoce aktivní **pankreatická α -amyláza**, se štěpí dextriny na disacharidy, které jsou v **tenkém střevě** štěpeny specifickými disacharidázami **střevní šťávy** na monosacharidy.

Jednoduché cukry mohou být resorbovány do portální krve a dopraveny do jater, odkud se dostávají dále do tkání jako zdroj energie, nebo v játrech zůstávají v podobě zásobní látky – *glykogenu*.

Jestliže je příjem cukru nadbytečný, ukládá se v tkáních v podobě tuku.

Trávení tuků

V lidské potravě se vyskytují především neutrální tuky (triglyceridy – triacylglyceroly), které se skládají z glycerolu a tří mastných kyselin. Dále jsou to i tuky v podobě fosfolipidů, cholesterolu a esterů cholesterolu.

Tuky se začínají štěpit v **žaludku** žaludeční lipázou – téměř bez významu. Skutečné trávení začíná až v **duodenu**, kde **žlučové kyseliny** ze **žluči** emulgují tuky na malé kapénky, a tím umožňují **pankreatické lipáze** působit na větším povrchu, a proto účinněji.

Trávení bílkovin

Proteiny jsou dlouhé řetězce aminokyselin, spojené peptidovými vazbami.

Trávení proteinů začíná v **žaludku** denaturací bílkovin v přítomnosti HCl a enzymu **pepsinu**. V žaludku se rozštěpí 10-20% proteinů.

Naštěpené proteiny procházejí do **duodena** v podobě peptonů a polypeptidů. Trypsin, chymotrypsin a karboxypaptidázy z **pankreatické šťávy** je dále štěpí na dipeptidy a tripeptidy, které v **tenkém střevě** rozštěpí peptidázy **střevní šťávy** na částice vstřebávající se do krve.

Vstřebávání

Základním mechanismem resorpce v trávicím traktu je prostá difuze a aktivní transport.

Mechanismy resorpce:

- *pasivní resorpce* – látky jsou vstřebávány po koncentračním spádu (gradientu); tímto mechanismem jsou většinou vstřebávány látky s malou molekulou,
- usnadněná neboli *fascilitovaná difuze* (látky je vstřebávány současně s jinou látkou),
- *aktivní vstřebávání* – pro přenos látky je potřebný specifický nosič a také energie, která vstřebávání umožní.

Ústa

- pouze částečné vstřebávání alkoholu a některých léků, např. nitroglycerin.
- Vstřebání léků v ústech je výhodné, protože se dostanou přímo do tělního oběhu

Žaludek

- do jisté míry se brání vstřebávání odolnou sliznicí, vysokou vrstvou hlenu a dalšími mechanismy → Obrana proti působení vysoce koncentrované HCl, která se zde secernuje.
- vstřebává se zde v omezeném množství alkohol

Tenké střevo

- hlavní funkce je vstřebávání (cukry, tuky bílkoviny, ionty, voda, vitamíny)

Resorpce cukrů – do krve se vstřebávají výhradně monosacharidy.

- nejvíce cukrů se vstřebává v duodenu a proximálním jejunu.
- většinou jde o sekundární aktivní transport (kontransport).

Resorpce tuků

Žlučové kyseliny tvoří v lumen střeva micely (transportní forma tuků ve střevě) s mastnými kyselinami (MK) a monoglyceridy.

Jakmile se micely dostanou membránou do buněk enterocytů, micely se rozpadnou, MK a monoglyceridy projdou membránou do buněk a žlučové kyseliny se vracejí do lumen střeva.

MK s absorbovaným cholesterolem, fosfolipidy a β -lipoproteiny vytvářejí triglyceridy **chylomikra**, tukové kapénky, které se exocytózou dostávají do lymfy a pak hrudním mizovodem do krve.

Resorpce proteinů

- vstřebávají se pouze ve formě aminokyselin, méně v podobě dipeptidů.
- Mechanismus vstřebávání je podobný jako u glukózy – sekundární aktivní transport (Na^+ kontransport)
- Některé aminokyseliny mají svůj specifický přenašečový systém (např. arginin)

Resorpce vody

- probíhá v podstatě po osmotickém gradientu
- jak se z hyperosmotického roztoku chymu postupně vstřebávají živiny, stává se tento roztok hypoosmotickým a střevní sloiznice začne resorbovat vodu.
- denně se v GIT resorbuje kolem 9 l vody (z toho 7 litrů trávicích šťáv)

Resorpce iontů

- jednomocné ionty se vstřebávají snadno a ve velkém množství, dvojmocné obtížněji a většinou aktivním transportem

Resorpce vitamínů

- vitamíny rozpustné ve vodě se vstřebávají hlavně v duodenu přímo do krve
- vitamíny rozpustné v tucích společně s tuky v tenkém střevě do lymfatických cév
- B12 se vstřebává v terminálním ileu.

Tlusté střevo

- denně přijde do tlustého střeva 1 500 ml tráveniny a většina se v první polovině vstřebá
- vstřebává se především voda, ionty, žlučové kyseliny a vitamin K, který vzniká činností střevních bakterií

Játra

- ústřední orgán intermediárního metabolismu
- pro život nezbytný orgán
- vysoká schopnost regenerace
- po úplném odstranění pokles hladiny glukózy a močoviny v krvi, nárůst aminokyselin a bilirubinu → pokud není přiváděna glukóza nastává smrt pro těžkou hypoglykémii
- makroskopicky houbovitý vzhled
- mikroskopicky jsou tvořena trámci buněk, které jsou obklopeny sinusoidami – širokými krevními prostory; jaterní buňky (hematocyty) jsou tak omývány krví.

Krevní oběh játry

- velmi důležitý
- existují dva krevní oběhy:

1. Funkční krevní oběh

- přivádí krev plnou živin z trávicího traktu ke zpracování v játrech
- je tvořen portální žilou (*vena portae*), která postupně přechází až do terminálních portálních venul, sinusoid a centrální vény (*vena centralis*). Odtud krev odchází do *vena hepatica* a *vena inferior*.
- za minutu tudy proteče 1 200 ml krve.

2. Nutritivní krevní oběh

- přivádí krev nezbytnou pro výživu jaterní tkáně; je to krev z *arteria hepatica*, která se vylévá do krevních sinusoid a odtud se stejně jako

v případě funkčního krevního oběhu dostává *vena centralis* do *vena hepatica* a do *vena cava inferior*.

- přivádí 350 ml arteriální krve za minutu

Celkový průtok krve játry je 1 500 ml krve za minutu, což odpovídá 30% minutového srdečního objemu.

Anatomickou jednotkou jater je jaterní lalůček.

Vena centralis pokračuje za sinusoidami, které jsou velmi široké, do *vena hepatis*.

Krevní sinusoidy jsou vystlány endotelem s velkými póry a fixními makrofágy – Kupfferovými buňkami = ochranná bariéra před cizorodým materiálem.

Mezi endotelem a trámci jaterních buněk je **Disseho prostor**, kde se filtruje plazma a kam přes póry procházejí různé molekuly. Vzniká lymfa, která se odvádí do lymfatických cév v septu a dále do mízních uzlin.

Mezi trámci hepatocytů se nacházejí **žlučové kanálky**, které sbírají žluč a odvádějí ji do terminálních žlučodů v septu.

V sepru se tedy sejdou: **terminální portální venula**, z nichž teče krev do sinů a do *vena centralis*, **arteria hepatica**, která přestavuje nutritivní krevní oběh v játrech, **terminální žlučod**, jímž se odvádí žluč do větších žlučodů, a **lymfatická céva** odvádějící lymfu vzniklou v Disseho prostoru.

Funkce jater

- chemická továrna organismu
- první orgán, který prostřednictvím portálního oběhu dostává skoro všechny látky vstřebané v trávicím ústrojí
- zprostředkovávají metabolismus hlavních živin (cukrů, tuků, bílkovin)
- odpovídají na tvorbu a degradaci steroidních hormonů
- plní funkci detoxikační, exkreační a sekreční
- skladují různé látky
- mají význam pro krevní oběh, křevtvorbu a ovlivňují vlastnosti krve
- význam pro termoregulaci

Metabolická funkce jater

- neaktivnější metabolická tkáň v těle

1. Metabolismus cukrů:

- játra udržují v rovnováze glykémii organismu, fungují jako glukostat
- při zvýšené glykémii se glukóza vychytává v játrech a přeměňuje se na *jaterní glykogen* (zásobní forma glukózy pro udržování glykémie),
- při nedostatku glukózy v krvi se jaterní glykogen odbourává (glykogenolýza) a uvolňuje glukózu do krve
- játra jsou hlavním orgánem glukogeneze (tvorba glukózy z jiných zdrojů: např. laktátu, aminokyselin...)
- koncentrace glukózy ve *vena portae* 0 – 27,8 mmol/l,
ve *vena hepatica* 2,28 – 5,27 mmol/l

2. Metabolismus tuků:

- probíhá v celém těle, ale v játrech daleko intenzivněji,
- vysoká intenzita β -oxidace mastných kyselin,
- vznik většiny fosfolipidů,

- místo biosyntézy cholesterolu,
- v játrech se mohou tuky přeměňovat na cukry a zvyšovat tak zásobu glykogenu,
- při nadbytku glykogenu se mohou aminokyseliny i glukóza přeměnit na tuky a ukládat v tkáních,
- v játrech se vychytávají i tvoří plazmatické lipoproteiny

3. Metabolismus proteinů:

- v podstatě neprobíhá v jiné tkáni než v jaterní,
- vznikají zde bílkoviny účastníci se kaskády krevního srážení,
- vznikají zde všechny plazmatické bílkoviny kromě imunoglobulinů ,
- mohou zde transformacemi vznikat různé aminokyseliny,
- v době hladovění se mohou přeměňovat proteiny na glukózu, nebo v nadbytku na tuk.

Játra regulují poměr zásob cukrů, tuků a bílkovin a **podle zásob cukrů**, které hrají určující roli, **řídí metabolismus ostatních živin.**

4. Metabolismus steroidů:

- v játrech vzniká většina steroidů, jenž se substrátem pro tvorbu steroidních hormonů,
- steroidní hormony se zde také inaktivují.

Biotransformační funkce jater

Játra přeměňují:

1. látky, které v těle vznikly, ale už *nejsou potřebné* (např. steroidní hormony);
2. látky, které sice v těle vznikly, ale jsou *pro tělo jedovaté*: amoniak (NH₃), produkty intermediárního metabolismu, které mohou být jinak odstraněny (bilirubin), a nevstřebané látky metabolizované bakteriemi (deriváty indolu);
3. látky *tělu cizí* (léky, jedy).

Pro tuto funkci jsou játra vybavena množstvím enzymů umožňujících nejrůznější chemické reakce: metylaci, hydrataci, hydrolýzu, deaminaci, redukci, oxidaci a další na něž navazuje druhá fáze – konjugace.

Při konjugaci se nežádoucí látka naváže na některý substrát (sulfáty, glycin, taurin, kyselinu octovou, kys.glukuronovou). ————— výsledkem není vždy látka méně toxická, ale látka snadno vylučitelná z těla.

Sekreční a exkretční funkce jater

= schopnost tvořit **žluč** a secernovat ji do střeva.

Žluč má význam pro trávicí funkce střeva – žlučové kyseliny se uplatňují při emulgaci a vstřebávání tuků.

S tvorbou žluči souvisí také **exkretční funkce jater**: do žluči se dostávají látky, které nemají pro trávení žádný význam, jde jen o to, aby se střevem vyloučily z těla (např. těžké kovy, vápenaté ionty, bilirubin).

Za 24 hodin vznikne 500 až 600 ml žluči. Primární žluč se secernuje z hepatocytů do žlučových kanálků a odtud odtéká žlučovody až do pravého a levého žlučovodu. Dále odchází společným žlučovodem do žlučníku, který má obsah 60 - 80 ml. V něm je obsah vstřebávání iontů a vody 5x až 20x zahuštěn.

Žlučník

- přirozený rezervoár žluči,
- žluč se v něm skladuje zhruba v tomto složení:
bilirubin, lecithin, cholesterol, žlučové kyseliny, voda, ionty (Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+}) a těžké kovy
- pH žluči je 7,1 – 7,3.

Žlučové kyseliny

- vylučované žlučí, mají trojí význam:
 - : vylučování zbytku cholesterolu z organismu
 - : účast na emulgaci a tvorbě micel při vstřebávání tuků
 - : indukci sekrece tekutin do tlustého střeva
- většina žluč.kyselin se ze střev vstřebává zpět a enterohepatálním oběhem (*venou portae*) se vrací zpět do jater, kde je velmi účinně (z 90-80%) aktivně vychytávána hepatocyty,
- cyklu žlučových kyselin se využívá při léčbě **hypercholesterolemie** – pacientům se podává cholestyramin, který zabraňuje jejich zpětné resorpci, a tak se střevem vyloučí větší množství cholesterolu.

Další funkce jater

- fungují jako **rezervoár krve** = při poklesu krevního tlaku nebo sníženém srdečním žilním návratu se krev z jater vyplavuje do oběhu,
- v játrech se tvoří asi 1/2 v těle vznikající lymfy,
- ve fetálním období slouží játra jako **krvetvorný orgán** – místo, kde se tvoří krevní elementy,
- v játrech se tvoří přibližně 10% **erythropoetinu** – hormon řídící erytropoézu,
- tvoří se zde bílkoviny kaskády krevního srážení (**koagulační faktory**) a bílkoviny komplementu,
- důležitý orgán **termoregulace** – nejteplejší orgán v těle (40-41 °C),
- podílejí se na vodním a minerálním hospodaření organismu
- mají schopnost skladovat různé důležité látky,
- je zde skladováno železo ve formě **feritinu**,
- v jaterních sinusoidách jsou uloženy **Kupfferovy buňky** = tkáňové makrofágy, které ochraňují vnitřní prostředí před cizorodými látkami a bakteriemi