

# FYZIOLOGIE TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ

## Trávicí soustava (Gastro-intestinální trakt – G.I.T.)

1

## Úkoly G.I.T.

- mechanické zpracování potravy – trávení
- přestup tráveniny stěnou G.I.T. – vstřebávání
- skladování potravy
- ochrana před cizorodými látkami (lysozym ve slinách)
- uvolňování endokrinních látek pro trávení a vstřebávání

2

### Řízení G.I.T.

- nervové
  - humorální
  - přímé působení (mechanické, chemické) obsahu

### Trávení v ústech

- kontakt stravy se slinami, pohyb žvýkacími svaly, uplatnění chuti, čichu, jazyka, polykání, zvlhčování
- síla žvýkacích svalů (až 100 N) – člověk udrží svou váhu žvýkacími svaly

3

## Sliny

- 0.5-4 ml/min., pH neutrální
- slinné žlázy: velké (příušní, podjazykové, podčelistní), malé

### Sekrece slin

- podněty cholinergní – peptidergní – substance P – řídká a vodnatá slina
- cholinergní podněty – dráždění tzv. muskarinních receptorů – kallikreiny – bradykinin – rozšíření cév
- alfa-adrenergní aktivace – cAMP – viskózní, enzymy a mucinem bohatá slina

4

## Význam slin

- zvlhčují stravu – usnadňují zpracování enzymem ptyalinem (alfa-amyláza) – tráví uhlohydráty
- stimulují chuťové pohárky (uvědomění si chuti stravy)
- ochrana před infekcí (imunoglobulin a lysozym)
- časové složení sekrece slin – okamžitá sekrece: vyšší K, nižší Na a Cl, HCO<sub>3</sub>
- déle trávající sekrece – opačné složení slin než shora

5

### Hltan a jícen

- svalovina příčně pruhovaná (hltan), hladká (jícen)
- epiglottis – rozdíly u kojenců a dospělých (kojenci při polykání dýchají, dospělí ne)

### Polykání

- fáze ústní, hltanová, jícnová
- doba polykání: tekutin 3-5 s, plného sousta 5-10 s
- polykací reflex: podráždění kořene jazyka, zavření úst, polknutí, přerušování dýchání, strava do jícnu, peristaltické pohyby, horní a dolní svěrač jícnu, oba zavřeny v klidu

### Řihání

- reflux stravy z žaludku do jícnu, i do hltanu
- hiátová hernie – projevy „pálení žáhy“ – nutno operovat

6

## Žaludek

- vakovitý orgán, jeho části: kardia, fundus, pylorus
- skladovací funkce – žlázy – buňky hlavní – pepsinogen, krycí – HCl

### Motilita žaludku

- kontrolována plexus coeliacus (n.X.), podporována gastrinem
- sympaticus – kontrakce pylorického svěrače
- přívod stravy – receptivní relaxace – řízena n.X, mediátory VIP (vazoaktivní intestinální peptid), NO
- žaludeční peristola – zástava peristaltiky – 1 hod.
- peristaltika – rytmické kontrakce GIT, centra v plexus submucosus a myentericus žaludeční tkáně – 3-4 kontrakce/min
- místní pohyby – střídání kontrakce a relaxace, retropulze, kývavé pohyby

7

### Zvracení

- ochranný reflex
- typy zvracení: s nauseou (nevolnosti) – periferní, bez nevolnosti (centrální)
- antiperistaltika tenkého střeva, žaludku a jícnu s vyvrácením obsahu ústy
- centrum zvracení – prodloužená mícha – podrážděna z receptorů v duodenu po konzumaci nevhodné neb toxické stravy
- nausea – nevolnost – slinění, bledost, pocení
- časté zvracení
- ztráta vody, elektrolytů, nebezpečná hlavně u novorozenců a kojenců
- zvracení bez nausey (centrální) – při podráždění mozkových plen (meningitis)
- zvracení „obloukem“ – edém mozku

9

## Tvorba a sekrece HCl (kyseliny solné)

- aktivována nervově, humorálně, parakrinně (místně)
- zvýšení sekrece – acetylcholin, gastrin, histamin
- místo tvorby kyseliny solné: buňky krycí; aktivace K/H/ATPázy (protonové pumpy); nejmodernější léčba žaludečních vředů: blokátory protonové pumpy (lansoprazol, omeprazol), dále antibiotikum proti *Helicobacter pylori*
- snížení sekrece HCl – somatostatin (D-buňky) při poklesu pH
- mucin (hlen) – chrání sliznici před natrávením
- hlavní funkce HCl: denaturace bílkovin, příprava na trávení pepsinem

11

### Vyprazdňování žaludku

- spolupůsobí pylorus duodeni
- množství, obsah a složení chymu (tráveniny) v žaludku – ovlivňuje přesun do dvanáctníku
- faktory zpomalující přesun: velký objem, nízké pH, změny osmolality, zvýšené množství tuků, mastných kyselin, acylglycerolů, aminokyselin, peptidů

### Lokální (tkáňové) hormony ovlivňující motilitu žaludku

- zvyšují: cholecystokinin, motilin, gastrin
- snižují: sekretin, glukagon (gastric inhibitory peptide), somatostatin
- účel řízení: umožnit řádnou trávicí funkci dvanáctníku
- enterogastrický reflex: snížení vyprazdňování žaludečního obsahu do tenkého střeva, není-li tam chymus dosud ztráven

## Žaludeční sekrece

- 2-3 litry žaludeční šťávy denně, obsah a složení dle přijaté stravy
- převaha bílkovin ve stravě – nízké pH žaludeční šťávy
- části žaludku – kardia, fundus, pylorus

10

- parietální buňky – zdroj tzv. intrinsic faktoru – glykoprotein, m.v. 55 000
- v tenkém střevě komplexy s vitaminem B 12 (nedostatek – perniciozní anémie)
- pepsiny (proteázy) – enzymy štěpící bílkoviny v žaludku
- místo tvorby pepsinů – hlavní buňky sliznice žaludku
- nejprve jako pepsinogeny – neaktivní – aktivovány pH pod 4
- optimální pH v žaludku: 1.8-3.5

12

**Trávení živin v žaludku**

- polysacharidy – jen zčásti, předtím již ptyalinem – alfa-amylázou v dutině ústní
- tuky – zčásti emulgate, dokončená v tenkém střevě žlučovými kyselinami
- bílkoviny – štěpení peptidových vazeb fenylalaninu a tyrozinu (albumozy a peptony)

**Tenké střevo**

- duodenum (dvanáctník), jejunum (lačník), ileum (kyčelník)
- povrch: obrovský – klky – výčlipky sliznice – základní absorpční jednotky

13

- M buňky – přeměněné enterocyty – imunitní systém, lymfatická tkáň
- motilita tenkého střeva – obdobné pohyby jako u žaludku, řízeny vilikininem
- střevní šťáva
- enzymy v enterocytech klků: peptidázy (enterokináza) – štěpí malé peptidy (polypeptidy) na aminokyseliny
- sacharáza, maltáza, laktáza – štěpí disacharidy na monosacharidy: glukózu, fruktózu a galaktózu
- lipáza – štěpí tuky na glycerol a mastné kyseliny (MK)
- aktivní sekrece elektrolytů do lumen střeva: Cl, Na, K

14

**Pankreatická šťáva**

- pankreas (slinivka břišní) tuboalveolární žláza – sekrece  $\text{HCO}_3^-$ , vody
- enzymy štěpící peptidy, cukry, tuky, n.X. – zesiluje, sympaticus brzdí činnost
- humorální řízení – sekretin (voda a  $\text{HCO}_3^-$ ), cholecystokinin – enzymy
- enzymy štěpící bílkoviny – endopeptidázy, exopeptidázy (trypsinogen, chymotrypsinogen)
- enzymy štěpící nukleové kyseliny – deoxyribonukleáza, ribonukleáza
- enzymy štěpící škrob – alfa-amyláza
- lipolytické enzymy – lipáza, fosfolipáza, cholinesteráza

15

**Žluč**

- tvorba v játrech – 0.7-1.2 l denně; rezervoár ve žlučníku (30-60 ml); pH = 6.5
- funkce žluči – emulgate tuků
- spolupráce při trávení + transportu lipidů, jejich vylučování
- vyrovnávání pH a osmotického tlaku v duodenu
- vylučování cholesterolu jako žlučového barviva
- funkce žlučníku – resorpce vody mechanismem Na/K/ATPázou
- odvádění žluči do duodena – reflexně – podporuje n. X, CCK, vaječný žlutek,  $\text{MgSO}_4$  (cholagoga)

16

**Trávení tuků**

- triacylglyceroly (TG) – emulze z lipidů vlivem žluč. kyselin
- TG + kolipáza – rozklad pankreatickou lipázou – mono- a di-acylglyceroly + MK + glycerol – micely – vstřebávány

**Dokončování trávení základních živin v tenkém střevě**

- cukry: amyláza – štěpeny na glukózu, fruktózu, galaktózu
- tuky: lipáza (monoacylglyceroly) – štěpeny na glycerol a mastných kyselin
- tvorba lipoproteinových komplexů: VLDL, LDL, HDL chylomikrony
- bílkoviny: peptidázy – štěpí malé peptidy na aminokyseliny

17

**Vstřebávání v tenkém střevě**

- přechod živin z GIT cestou krevní a mízní do jater
- glukóza – spolu s Na mechanismem Na/K pumpy
- fruktóza rychleji vstřebává – vlastní transportní systém
- vázne-li vstřebávání cukrů – průjmy, bakteriemi mastné kyseliny (MK), alkoholů, plynů

18

### Vstřebávání aminokyselin a bílkovin

- možnost i vstřebávání jednoduchých bílkovin v placích Payerských – lymfatická tkáň ve sliznici – tzv. M buňky – součást imunitního systému (IgA)
- princip enzymoterapie – podávání enzymů p.o. – vstřebávání a ovlivnění některých enzymů v organizmu (Wobenzym)
- kotransport aminokyselin s  $\text{Na}^+$

19

### Transportní systémy pro vstřebávání aminokyselin

- neutrální, iminokyseliny, fenylyalanin + methionin
- kyselé (kys. glutamová, asparagová)
- bazické (arginin, lyzin, ornitin)

### Vstřebávání vody

- 9-10 l denně
- dále iontů  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  (Na/K/ATPáza),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , vitamínů rozpustných v tucích v micelách, rozpustných ve vodě na nosičích

20

### Vstřebávání tuků

- micely velikosti do 5 nm tvořené žluč. kyselinami – tvoří 2 monoacylglyceroly + MK + cholesterol + lyzofosfatidy
- MK s dlouhým řetězcem nad 12C – vázány na proteiny – specifický transportní systém – chylomikrony – do lymfy
- tuky – resorbovány v jejunu, žluč. kyseliny v ileu
- MK s krátkým řetězcem – přímo do krevních kapilár
- chylomikrony (50-750 nm) – do lymf. kapilár

21

### Tlusté střevo – funkce

- rezervoár – skladování – stolice
- regulace objemu a elektrolytů ve stolici
- nemá klky, obsah 1.5 l chymu, koncentrace obsahu na 120 ml vstřebáním vody
- kartáčový lem ve sliznici, obměna buněk za 5-7 dní, lymfatická tkáň ve slepém střevu
- pohyby – velké, aborální, peristaltika

### Řízení činnosti tlustého střeva

- vegetativní – parasympatikus (+), sympatikus (-)
- reflexy: gastro-duodeno-kolono-kolický a defekační
- gastrin (+), CCK a sekretin (-) na motilitu

22

## Defekace

- vyprazdňování tlustého střeva
- rychlost pasáže tlustým střevem: 2-3 dny
- vláknina – jen 36 hod (Afričané) – zvýšení objemu stolice při konzumaci vlákniny – nepatrný výskyt ca kolorektálního u Afričanů a vegetariánů
- vlastní defekace: zvýšení tlaku v rektu – relaxace vnitřního svěrače – kontrakce příčně pruhovaného svalstva zevního svěrače – relaxace (břišní lis) – vyprazdnění

23

### Sekrece a vstřebávání v tlustém střevě

- hlen v colon,  $\text{HCO}_3^-$
- bakterie + toxiny + kvašení – průjem
- vstřebávání v colon – až 5 l tekutin (glukóza)
- větší přísun vody z ilea – průjem z přelití

24

## Složení stolice

- 3/4 voda, dále nestávené + nestravitelné zbytky potravy, mrtvé bakterie, anorg. látky, žlučové pigmenty; méně  $\text{Na}^+$  (40 mM) než  $\text{K}^+$  (60 mM)
- zápach dle stravy
- bakterie *Escherichia coli* – 1 % - (důležitý saprofyt), tvorba vitaminů B1, 2, B12, vitamínu K, dále plyny,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , methan (flatulence)
- nálezy  $\text{H}_2$  – malabsorpce

25

## Elektrické projevy G.I.T.

- pacemakerové buňky ve sliznici a muskulatuře hladkých svalů podobné funkčně buňkám sinoatriálního uzlíku v srdci ev. buňkám ureteru a děloze
- bazální elektrický rytmus (BER) – různá frekvence v tenkém a tlustém střevu
- řízení a membránové biofyzikální vlastnosti podobné u všech buněk

26

## Endokrinní řízení G.I.T.

- hlavní hormony: adrenalin (-), acetylcholin (+)
- tkáňové hormony v G.I.T. vznikající: glukagon, gastrin, somatostatin .....
- substance P (tachikinin) – v excit. vlákněch myenter. plexu
- enkefaliny a endorfiny – v CNS po najedení

## Průtok krve v G.I.T.

- proměnlivý, závisí na příjmu potravy
- změny tlaku ve v. portae – vazodil – VIP, gastrin, sekretin, CCK, dtto kallidin, bradykinin + stimulace n. X.

27

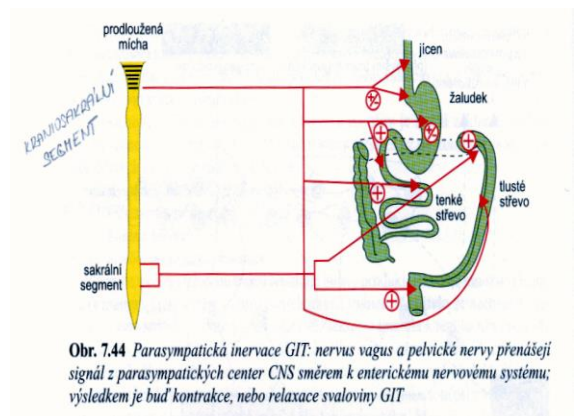
- vazokonstrikčně – sympaticus
- řízení příjmu potravy
- lačnění – 12 hod bez jídla – vyprázdnění horní části GIT
- hladovění – víc než 12 hod – chuť – hlad, kontrakce žaludku
- hypothalamus – centrum hladu (later. jádra), centrum sytosti (ventromed. jádra)
- zničení centra sytosti – zvýšení inzulínu v plasmě – snížení lipolýzy – přejídání
- elektrické dráždění centra sytosti – zvýší tonus sympatiku – sníží sekreci inzulínu – zvýší lipolýzu – zastaví příjem potravy
- motivačně-emoční děje – limbický systém
- stresy – přejídání, hlavně u žen
- leptin – protein – tvořený primárně v tukové tkáni – snižuje příjem potravy – dtto interleukin, melanokortiny (MSH, ACTH)

28

## Imunitní systém G.I.T.

- lymfatická tkáň – 20 % sliznice střev
- typy tkáně – Peyerské plaky – lymfatické folikuly, do nich ze střev antigeny, proti nim ve folikulech tvořeny protilátky;
- Lymfocyty + plasmatické buňky – v lamina propria – sekreční IgA
- intraepiteliální lymfocyty – T typ
- drenážní systém lymfy a portální krve, mezenterální lymfatické uzliny a RES jater
- neporušená sliznice GIT – slizniční blok (bariéra) proti cizorodým látkám
- M buňky Payerských plátů – prezentace antigenů
- interakce M buněk s T lymfocyty i B lymfocyty – tvorba IgA

29



Obr. 7.44 Parasympatická inervace GIT: nervus vagus a pelvické nervy přenášejí signál z parasympatických center CNS směrem k enterickému nervovému systému; výsledkem je buď kontrakce, nebo relaxace svaloviny GIT