

Fyziologické poznámky ke gastrointestinálnímu traktu

MUDr. Zdeněk Wilhelm, CSc., MUDr. Peter Hegyi

Článek v přehledu uvádí základní morfologii trávicího traktu. Všímá si jednotlivých regulačních mechanismů sekrece i střevní motility, včetně autonomního nervového systému. Ten pak ovlivněním dynamiky hladké svaloviny modifikuje transit time tráveniny, čímž v jednotlivých funkčních úsecích gastrointestinálního traktu ovlivňuje její mechanické i chemické zpracování. Motilita tak ovlivňuje i resorpci jednotlivých složek potravy, přičemž jako taková nemusí být vázána pouze na přítomnost potravy v lumen. Klíčová slova: morfologie trávicí trubice, střevní motilita.

V době, kdy na jedné straně v naší zemi přibývá lidí s nadváhou a na straně druhé převážně ve skupině mladých je čím dále častější nález výrazného poklesu hmotnosti, který nebezpečně ohrožuje přímo život (mentální anorexie), se o trávicím traktu často hovoří, ale mnohé souvislosti i vzájemné vztahy zůstávají v pozadí. Jejich znalost by mohla významně

příspěť nejenom k řešení symptomatologie onemocnění gastrointestinálního traktu.

Anatomicky je trávicí trakt vymezen dutinou ústní na jedné straně, konečníkem na straně druhé. Pouze tyto terminální oddíly jsou pod přímou volní kontrolou, zatímco na dutinu ústní navazující oddíly (hltn, jícen, žaludek, tenké i tlusté střevo) jsou pod kont-

rolou útrobního autonomního nervového systému – sympatiku a parasympatiku, které vůli nedokážeme přímo ovlivnit. K vyjmenovaným oddílům trávicího traktu patří i orgány, bez nichž by funkce trávicího traktu nebyla úplná a myslitelná (obrázek 1).

Sekreci trávicích šťáv na úrovni dutiny ústní zajišťují párové slinné žlázy podčelistní, podjazykové i příušní. Další významnou žlázou a orgánem je slinivka břišní a játra.

Objem sekrece i resorpce trávicích šťáv jednotlivých oddílů trávicího traktu uvádí tabulka 1 včetně minimálního denního příjmu tekutin.

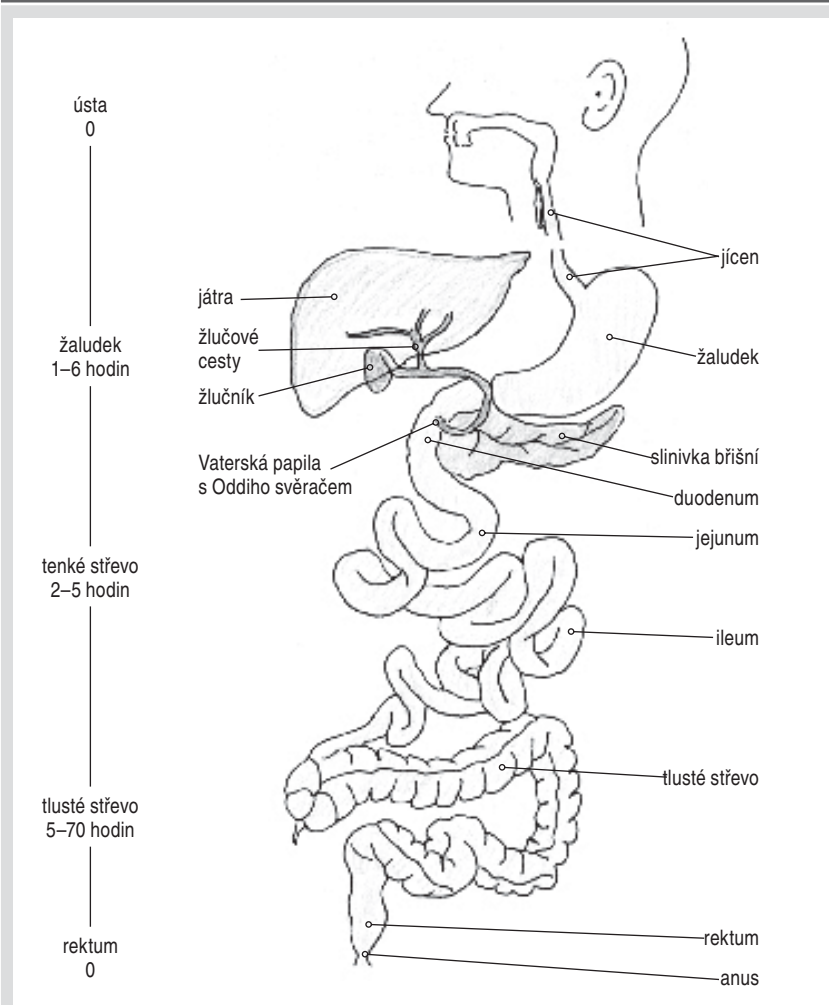
Jinými slovy řečeno, snížený perorální příjem tekutin se významně projeví nejenom v celkové bilanci sekrece i resorpce, jak by se mohlo zdát na první pohled, ale i v dalších funkcích trávicího traktu.

Morfologie a fyziologie gastrointestinálního traktu

Trávicí trakt je tvořen trubicí, která má základní uspořádání ve všech svých oddílech stejné. Jednotlivé vrstvy stěny v pořadí od střevního lumen jsou: sliznice (mukóza), podslizniční vazivo (submukóza) s musc. *laris mucosae*, podslizniční nervová pleteň (submukózní Meissnerova pleteň), kruhová (cirkulární) svalovina, svalová nervová pleteň (myenterická pleteň Auerbachova) a podélná svalovina. Povrch střeva je pak kryt jemnou blánou (serózou) – obrázek 2.

Svalovina trávicího traktu je hladkou svalovinou, která, na rozdíl od svaloviny kosterní, či srdeční, má nestabilní klidový membránový potenciál. Důsledkem je, že se střevo vyznačuje vysokou mírou plasticity. V praxi to například znamená, že na protažení nereaguje stažením – kontrakcí, jako je tomu u kosterní svaloviny, ale nastavením nové tenze střeva, které odpovídá i nové délce střeva. Jinými slovy řečeno – plasticita je příčinou, proč nelze například exaktně změřit délku střeva.

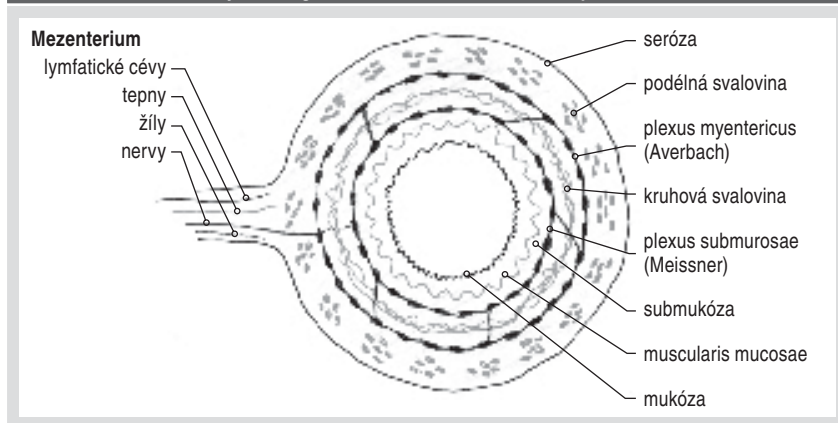
Obrázek 1. Gastrointestinální trakt s průměrnými časy setrvání potravy v jednotlivých oddílech



Tabulka 1. Sekrece a resorpce tekutin trávicího traktu za 24 hodin v litrech

Část GITu	Sekrece	Resorpce
Příjem tekutin ústy	1,5	
Slinné žlázy	1	
Žaludeční šťávy	2	
Žluč	0,4	
Pankreatická šťáva	1,5	
Jejunum	2	5
Ileum	0,6	2,9
Tlusté střevo		1
Konečník		0,1

Obrázek 2. Schematický obraz gastrointestinálního traktu na příčném řezu



Submukózní i myenterická nervová pletě tvoří enterický nervový systém. Submukózní plexus se uplatňuje v regulaci nejenom místní segmentace, ale i v regulaci střevní sekrece a resorpce. Myenterický plexus ovlivňuje vedle tonu svěračů trávicího traktu (například dolní svěrač jícnu, kardia, pylorus), i samotný tonus střevní trubice, čímž významně ovlivňuje pohyb sousta – chymu střevem směrem aborálním (vzdalujícím se od úst), tedy střevní motilitu.

Čas průchodu sousta od úst po konečník se nazývá transit time. Fyziologicky v závislosti na typu stravy a dalších faktorech činí 5–70 hodin. V případech zkrácení či prodloužení bývá zdrojem řady subjektivně nepříjemně vnímaných pocitů.

První část tenkého střeva je metabolicky exponovaná oblast dvanáctníku (duodena), kam se přesouvá kyselý chymus z žaludku a kam ústí vývod žluči i slinivky břišní (pankreatu) – její zevně sekretorická část. Přibližně první 2/5 délky tenkého střeva má relativně silnou stěnu s výraznými řasami a nazývá se lačník – jejunum, zbylé 3/5 tenkého střeva se vyznačují tenkou střevní stěnou, která má i nižší prokrvení. Tomuto oddílu se říká kyčelník – ileum. Tenké střevo je od tlustého odděleno ileocékální chlopní, tzv. Bauhimskou. Tato chlopně nejenom zajišťuje, že se obsah tlustého střeva nedostává zpětně do tenkého střeva, ale současně brání, aby obsah tlustého střeva, obsahující nepatogenní bakterie, infikoval tenké střevo, které se řadí k části trávicího traktu, kde by se bakterie vyskytovat neměly.

Všechny funkce střeva jsou bezprostředně vázány na neporušený a plnohodnotný krevní oběh. Útrobní – splachnickou – oblast protéká 25–30 % klidového minutového objemu (pro srovnání mozkem – 13 %, srdeční svalovinou 5 %). Můžeme říci, že prokrvení střeva je nejvyšší ze všech orgánových systémů. Střevo

se také podílí na spotřebě celkové energie za 24 hodin 20 %, jaterní tkáň 27 %. Jinak řečeno, oblast střeva a jaterní tkáň spotřebuje v průběhu dne téměř polovinu veškeré energie organismu vzniklé za den (pro srovnání – mozek 19 %, kosterní sval 17 %, srdce 10 %).

Samotné střevo má průměr okolo 4 centimetrů a délku 3–4 metry. Směrem do střevního lumen je bohatě členěno – nacházíme zde řasu (plicu), na řase klk, výrůstek (villus) i mikroklik či vlas (microvillus). Toto členění významně zvyšuje povrch střeva z relativní hodnoty 1, kterou bychom přiřadili střevu ve tvaru trubice na hodnotu 600, započteme-li povrch řas, klků i mikrokliků. V plošných jednotkách pak dostáváme výsledných 200 m², což je výrazná nejenom resorpční, ale i sekreční plocha. Tato plocha střeva se věkem snižuje, přičemž toto snížení tvoří u lidí nad 70 let až 1/3. Zejména oblast mikrokliků je významná z hlediska trávení a to pro přítomnost trávicích enzymů. Stačí několik hodin nepřítomnosti obsahu ve střevě, aby právě aktivita enzymů této oblasti významně poklesla. Tak se nejenom mění dostupnost potřebných substrátů pro organismus, ale i pro vlastní střevní buňku – enterocyt a kolonocyt, jejichž mitotická aktivita je značná (v průběhu 48 hodin se obmění všechny střevní buňky). V případě tlustého střeva hrozí navíc v důsledku přítomnosti ne plně funkčních kolonocytů prolomení antibakteriální bariéry střevní a celková sepsa organismu.

Pro resorpci jednotlivých komponent střevem má zásadní význam velikost mezibuněčných pórů (prostorů). Tato velikost ovlivní neje-

nom elektrický potenciál, ale i elektrický odpor dané střevní oblasti. V závislosti na těchto faktorech se pak zásadně mění množství resorbované látky ve vztahu k místu resorpce – viz tabulka 2.

Nepřekvapí, že objemově větší substráty se resorbují v horních částech trávicí trubice, objemově menší v částech aborálnějších. Podrobnosti uvádí tabulka 3.

Motilita gastrointestinálního traktu

V regulaci motility, ale i dalších funkcí, se významně projevuje vliv autonomního nervstva. Zatímco **sympatikus** – jeho pregangliová vlákna vystupují z oblasti 5.–12. hrudního a 1.–3. bederního segmentu a jsou v oblasti prevertebrálních ganglií přepojována na vlákna postgangliová, která následně inervují především cévy. Mediátorem postgangliových vláken je zejména noradrenalin. Vliv sympatických vláken na hladkou svalovinu trávicí trubice není nijak významný, výjimkou je hladká svalovina sfinkterů (dolní jícnový svěrač – kardia a pylorus), která funkčně člení jednotlivé části trávicí trubice (sfinkter jako část hladké svaloviny trávicího traktu není přesně morfologicky ohraničená jednotka, jedná se o část hladké svaloviny se zvýšenou afinitou k mediátorům autonomní plexu). Účinek je zprostředkovan přes α -1 receptory. Celkově můžeme vliv sympatiku označit za blokující (inhibující) vzrušivé – excitační neurony autonomního plexu trávicí trubice.

Parasympatikus, přesněji vlákna inervující trávicí trubici, přicházejí z mozkového kmenu cestou n. glossopharyngeus (žlázy průšně), n. facialis (dolní čelist a podjazykový prostor), a n. vagus (jícen, žaludek, tenké střevo, proximální část tlustého střeva, játra, žlučové cesty, slinivka břišní). Parasympatická vlákna oblasti křížové (nn. splachnicki pelvini) inervují oblast sestupné části tlustého střeva, sigmoidu a oblasti rekta. Stovky pregangliových vláken končí na gangliích intraluminálního plexu trávicí trubice i na gangliích parenchymu slinných žláz i jater. Mediátorem pregangliových vláken je acetylcholin s afinitou k nikotinovým receptorům. Acetylcholin je současně také mediá-

Tabulka 2. Parametry, které ovlivňují resorpci a propustnost střeva

	Jejunum	Ileum	Tlusté střevo
Velikost pórů (nm) Tight junction	0,75–0,80	0,35–0,35	0,25–0,25
Plocha pórů (nm ²)	50	10	5
Prostupnost	vysoká	střední	nízká
Elektrický odpor (Ω cm ²)	25	50	200
Potenciálový rozdíl (mV)	0–3	1–6	20–40



Tabulka 3. Místa resorpce jednotlivých substrátů

substrát	hlavní místo resorpce
Monosacharidy (glukóza, galaktóza, fruktóza)	horní oddíly tenkého střeva
Proteiny (tri- a dipeptidy, aminokyseliny)	horní oddíly tenkého střeva
Lipidy mastné kyseliny SCFA, MCFA, cholesterol, monoacylglycerol, žlučové kyseliny	horní oddíly tenkého střeva ileum
Elektrolyty Na ⁺ K ⁺ Cl ⁻ HCO ₃ ⁻ Ca ²⁺ Mg ²⁺ HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	jejunum, ileum, proximální i distální tlusté střevo distální tlusté střevo ileum, tlusté střevo jejunum duodenum celé tenké střevo horní oddíly tenkého střeva
Voda	žaludek, horní oddíly tenkého střeva tlusté střevo
železo Fe ²⁺ Hem	dvanačník
Vitaminy rozpustné ve vodě C, biotin, kyselina pantotenová niacin, kyselina listová B ₁₂ B ₁ , B ₂ , B ₆	horní oddíly tenkého střeva horní oddíly tenkého střeva ileum horní oddíly tenkého střeva
Vitaminy rozpustné v tucích A, D, E, K ₂	horní oddíly tenkého střeva
SCFA – mastné kyseliny s krátkým řetězcem (počet uhlíkových atomů 2–4)	
MCFA – mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem (počet uhlíkových atomů 6–10).	

torem postgangliových vláken parasymptiku, kde ovlivňuje efektorové buňky s muskarinovými receptory.

Parasympatická postgangliová vlákna se vyznačují excitačními účinky, kdy zvyšují především motilitu a sekreci střeva.

Po přijetí stravy se dostavuje **postprandiální motilita**, která celkově sestává z několika typů pohybů – obrázek 3.

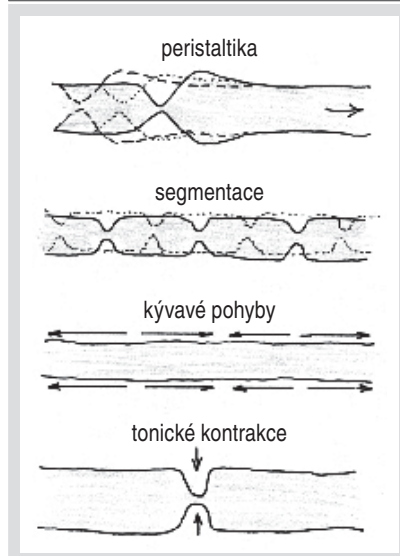
Propulsní peristaltika, která je typická pro jícen, žaludek i tenké střevo se vyznačuje tím, že ve vzdálenosti 20–30 cm směrem aborálním povolí cirkulární svalovina trávicí trubice a naopak se zvýší tonus svaloviny podélné. Ve směru orálním pak v odstupu asi 2 mm dochází naopak ke kontrakci kruhové – cirkulární svaloviny a povolení svaloviny podélné. Toto střídání kontrakce cirkulární svaloviny vyvolá propulzní, vlnovitý pohyb, který pokračuje na žaludek a střevo. Složka propulzní vede k transportu, nepropulzní složka vede k promísení přijaté stravy.

Za promísení rozmělněné a natrávené stravy jsou zodpovědné další pohyby – segmentace a kývavé pohyby.

Segmentace je pohyb typický pro tenké a tlusté střevo a má za úkol promísení obsahu střevního. **Kývavé pohyby** mají za cíl posun obsahu střevního podél stěny střeva, čímž zvyšují dostupnost substrátů pro střevní resorpci.

K úplnosti nutno dodat, že pohyby střevní se vyskytují i v období, kdy je střevo prázdné, hovoříme o **interdigestivní motorické aktivitě**. Zatímco první fáze této aktivity je fáze klidu a trvá okolo 1 hodiny, na ni navazuje motorická nijak přesně orientovaná fáze v délce okolo 30 minut, po níž následuje motorická aktivita. Tento tzv. **myoelektrický motorický komplex** začíná v oblasti antra žaludku s frekvencí 10–12 za minutu, ve dvanačníku je charakterizován salvami akčních potenciálů, které se vyznačují pohybem tekutého obsahu a plynů. Tento pohyb se může navenek projevit škroukáním; proběhne celým

Obrázek 3. Motilita



tenkým střevem až k ileu, přičemž se jej účastní i sfinktery (kardie, pyloru, svěrače extrahepatických žlučových cest). Po dosažení ilea (rychlost se pohybuje okolo 6–8 cm/minutu) v horních oddílech tenkého střeva, v dolních oddílech začíná tento cyklus přibližně po 100 minutách znovu rychlostí 2 cm/minutu. Tak je zajištěn „jakýsi pomyslný“ úklid střeva po jídle, kdy na čele této motorické fronty jsou unášeny zbytky potravy, shluky bakterií, ale například také na kyselinu chlorovodíkovou acidorezistentní tobolky léčiv. Tímto mechanismem je zamezeno osídlení střeva bakteriemi. Při poruše motorického komplexu může dojít k patologickému osídlení tenkého střeva bakteriemi.

Celkově můžeme shrnout, že je to právě motilita střevní, její neporušenost, integrita jednotlivých dějů i jejich vzájemná návaznost, která ovlivňuje nejenom procesy trávení a resorpce ve střevě, ale také spolurozhoduje o řadě symptomů a projevů, které jsou příčinou stesků řady nemocných ať už u lékaře, nebo v lékárně.

MUDr. Zdeněk Wilhelm, CSc.
Fyziologický ústav LF MU
Komenského nám. 2, 662 43 Brno
e-mail: zwillhelm@med.muni.cz

Literatura

1. Boron WF, Boulpaep EL. Medical physiology. Philadelphia, Saunders 2003: 1319 s.
2. Deetjen P, Speckmann EJ, Hescheler J. Physiologie. München, Urban & Fischer 2005: 944 s.
3. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. Philadelphia, W. B. Saunders company 2000: 1064 s.
4. Kohlmeier M. Nutrient metabolism. Amsterdam, Academic press 2003: 829 s.
5. Price SA, Wilson LM. Pathophysiology. St. Luis, Mosby 2003: 1183 s.
6. Schmidt RF, Lang F, Thews G. Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. Heidelberg, Springer 2005: 994 s.