Anatomija, histologija i fiziologija tankog i debelog cijeva

Fabjanović, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, University of Split, Faculty of science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:166:435254

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Science







Sveučilište u Splitu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Odjel za biologiju

Marija Fabjanović

ANATOMIJA, HISTOLOGIJA I FIZIOLOGIJA TANKOG I DEBELOG CRIJEVA

Završni rad

Split, 2015.

Ovaj rad, izrađen u Splitu, rujan 2015., pod vodstvom dr.sc. Ivane Bočine, izv.prof., predan je na ocjenu Odjelu za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu radi stjecanja zvanja sveučilišne prvostupnice nutricionizma.

Sadržaj

Sadržaj 3
1.UVOD 3
2.RAZRADA TEME 4
2.1. TANKO CRIJEVO 4
2.1.1. Anatomija tankog crijeva 5
2.1.2. Histologija tankog crijeva 7
2.2. DEBELO CRIJEVO 9
2.2.1. Anatomija debelog crijeva 9
2.2.2. Histologija debelog crijeva 12
2.3. FIZIOLOGIJA CRIJEVA 14
2.3.1. Crijevni živčani sustav 14
2.3.2. Žlijezde 16
2.3.2.1. Izlučivanje u tankom crijevu 17
2.3.2.2. Izlučivanje u debelom crijevu 18
2.3.3. Probava 19
2.3.3.1. Kretnje u crijevima 19
2.3.3.2. Probavni hormoni 23
2.3.3.3. Probava ugljikohidrata, bjelančevina i masti 24
2.3.3.4. Apsorpcija u tankom crijevu 26
2.3.3.5. Apsorpcija u debelom crijevu 29
2.3.3.6. Feces i defekacija 30
3. SAŽETAK 32
4. LITERATURA 33

1. UVOD

Čovječje tijelo sastavljeno je od velikog broja organa, od kojih svaki ima svoj poseban oblik i funkciju. Više organa tvore sustave u kojima se njihovo djelovanje međusobno upotpunjuje služeći zajedničkoj zadaći. Primjerice, mnogi organi služe probavi hrane: organi usne šupljine, ždrijelo, jednjak, želudac te tanko i debelo crijevo s pridruženim žlijezdama kao što su jetra i gušterača. Svaki od ovih organa ima svoju vlastitu funkciju, ali svi imaju zajedničku ulogu u probavi i apsorpciji hrane. U ovom radu posebnu pozornost obratit ćemo na završni dio ovog sustava, a to su tanko i debelo crijevo. Oni su svojim položajem i građom jako dobro prilagođeni probavi i apsorpciji hrane, što je i njihova glavna uloga.

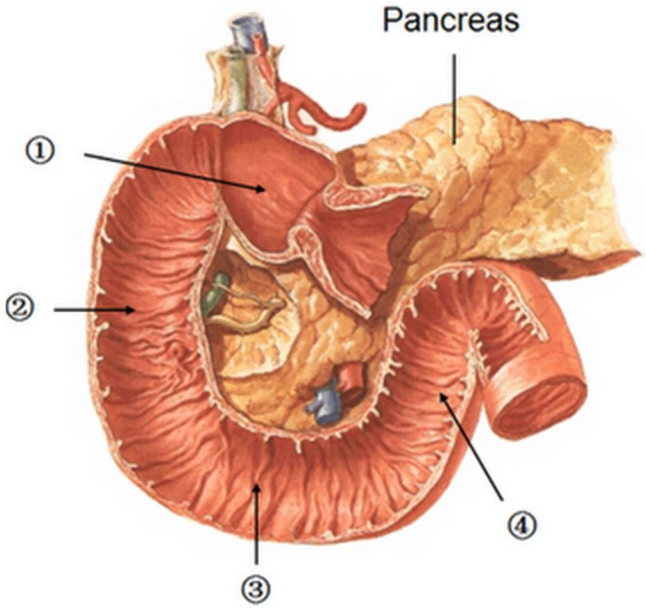
2. RAZRADA TEME

2.1. TANKO CRIJEVO

2.1.1. Anatomija tankog crijeva

Tanko crijevo dio je probavne cijevi između želudca i debelog crijeva. To je cjevasti šuplji organ prosječne duljine od pet do sedam metara i u njemu se događa najveći dio razgradnje i apsorpcije hrane (Krmpotić, 2007.). Započinje na *pilorusu*, a završava ušćem u debelo crijevo. Razlikujemo tri dijela: dvanaesnik (*duodenum*), tašto crijevo (*jejunum*) i vito crijevo (*ileum*).[1]

Dvanaesnik je početni dio tankog crijeva i dugačak je otprilike dvadeset i pet centimetara, odnosno dvanaest širina palca pa je prema tome i dobio ime. Savijen je u obliku slova C ili potkove (Slika 1.), s konkavitetom usmjerenim ulijevo, u koji je uložena glava gušterače (Krmpotić, 2007.). Dvanaesnik je pričvršćen za stražnju trbušnu stijenku, a nalazi se ispred kralježnice, u razini od prvog do trećeg slabinskog kralješka (Bajek, 2007.).

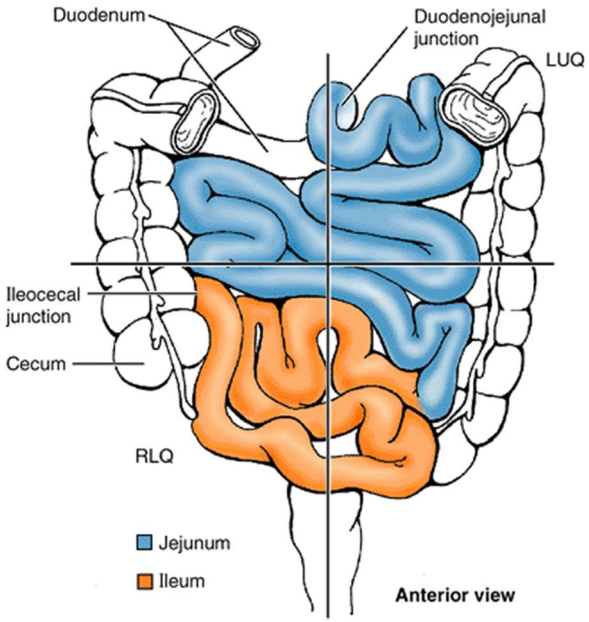


Slika 1. Dvanaesnik (http://medicina-islamica-lq.blogspot.com/2012/02/anatomi-fisiologi-intestinum-tenue.html)

Dijelimo ga na četiri dijela: gornji dio (*pars superior*), silazni dio (*pars descendens*), vodoravni dio (*pars horizontalis*) i uzlazni dio (*pars ascendens*). Gornji dio ide od *pilorusa* do vrata žučnjaka i na početku ima proširenje, *ampullu* (*bulbus*), koje se polako sužava. Kada dođe do pregiba (*flexura duodeni superior*) tu prelazi u silazni d io. Silazni dio se okomito spušta i u blagom zavoju (*flexura duodeni inferior*) prelazi u vodoravni dio koji ide preko mjesta gdje prelaze velike krvne žile i tu počinje uzlazni dio. On se proteže do zavoja (*flexura duodenojejunalis*) gdje završava dvanaesnik i počinje *jejunum*. Donji odsječak silaznog dijela, cijeli vodoravni dio i desni dio uzlaznog dijela prekriveni su sekundarnim peritonejem koji je zapravo mezenterij uzlaznog debelog crijeva koji je prirastao uz stražnju trbušnu stijenku. Početni odsječak silaznog dijela te lijevi dio uzlaznog dijela nalaze se intraperitonealno, odnosno slobodni su, pa su kirurški lako dostupni. Dio dvanaesnika ispod sekundarnog peritoneja nazivamo i skrivenim (*pars tecta duodeni*) (Krmpotić, 2007.). Na sluznici silaznog dijela dvanaesnika nalazi se izbočenje (*papilla duodeni major* ili *papilla Vateri*) na kojemu se otvara proširenje (*ampulla hepatopancreatica*) (Bajek, 2007.). Tu se spajaju žučovod (*ductus choledochus*) i glavni izvodni gušteračni vod (*ductus pancreaticus*). Ampularni sfinkter regulira dovod žuči i gušteračnih sokova, ovisno o probavi. Malo iznad i naprijed nalazi se još jedna kvržica (*papilla duodeni minor*) na koju se spaja pomoćni izvodni vod gušterače (*ductus pancreaticus accesorius*).

Tašto crijevo (*jejunum)* i vito crijevo (*ileum*) imaju slobodan mezenterij, pa ih zajedno zovemo mezenterijalno crijevo (*intestinum tenue mesenteriale*). Ono počinje od zavoja *flexura duodenojejunalis* i završava ušćem *ileuma* u debelo crijevo (*ostium ileale*). Prosječna duljina je šest do sedam metara, s time da gornje dvije petine pripadaju *jejunumu*, a donje tri petine *ileumu* (Slika 2.). Pošto *jejunum* i *ileum* imaju svoj mezenterij, oni nemaju stalan položaj u trbušnoj šupljini, nego su pomični (Krmpotić, 2007.). Mezenterij tankog crijeva ima izgled lepeze te na mjestu svoga korijena (*radix mesenterii*) prijelazi u parijetalni peritonej stražnje trbušne stijenke. Korijen mezenterija se proteže ukoso, od *flexure duodenojejunalis* do *ostium ileale*, odnosno od lijeve strane drugog slabinskog kralješka koso prema dolje i desno te završava u desnoj bočnoj udubini (*fossa iliaca*) (Bajek, 2007.). S obzirom na mezenterij, razlikujemo dva crijevna ruba: mezenterijalni, gdje se mezenterij hvata za crijevo, i slobodni, nasuprot hvatištu za crijevo.
Prijelaz taštog crijeva u vito crijevo može se razaznati pipanjem stijenke tankog crijeva. Stijenka *jejunuma* je deblja i crvena zbog obilja krvnih žila, dok je stijenka *ileuma* vrlo tanka i prozirna. *Jejunum* se nalazi u abdomenu, a *ileum* u zdjelici te preponskom području. Kružni

nabori u *jejunumu* su dobro razvijeni, dok se niz *ileum* polako gube. Nasuprot hvatišta mezenterija u *ileumu* se nalaze nakupine limfnih čvorića (*nodi lymphoidei aggregati*), a u *jejunumu* su pojedinačni čvorovi (*nodi lymphoidei solitarii*). U otprilike 2% ljudi se na slobodnom rubu *ileuma* nalazi slijepi ogranak (*diverticum ilei*). To je ostatak embrionalne tvorbe koji je povezivao tanko crijevo sa žumanjčanom vrećom (Krmpotić, 2007.).



Slika 2. Jejunum i ileum (http://perpetuum-lab.com.hr/wiki/plab_wiki/anatomija-covjeka-enciklopedija/tasto-i-vito-crijevo-r35/)

2.1.2. Histologija tankog crijeva

Cijelo tanko crijevo građeno je od više slojeva: vanjski serozni omotač (*tunica serosa*) koja je visceralni peritonej, tanak sloj vezivnog tkiva (*tunica subserosa*), mišićni sloj (*tunica muscularis*) ima vanjski uzdužni (*stratum longitudinale*) i unutarnji kružni sloj (*stratum circulare*), podsluznica (*tela submucosa*) i sluznica (*tunica mucosa*).

Podsluznica je nabrana u Kerckringove kružne nabore (*plicae circulares*), koji su najbolje razvijeni u *jejunumu,* a slabije u dvanaesniku i *ileumu*. Sluznica je također nabrana u sitne resice (*villi intestinales*) (Krmpotić, 2007.). Resice su 0,5 do 1,5 mm dugi izdanci epitela i lamine proprije koji strše u lumen tankoga crijeva (Slika 3.). Nalaze se u svim dijelovima tankog crijeva i služe za povećavanje površine tankog crijeva te tako omogućuju bolju

apsorpciju razgrađene hrane. U dvanaesniku resice imaju oblik lista, dok u *ileumu* poprimaju oblik prsta (Junqueira, 2005.).

Između baza resica otvaraju se jednostavne tubularne žlijezde, crijevne žlijezde ili Lieberkühnove kripte. Epitel resica prelazi u epitel žlijezda. Crijevne žlijezde se sastoje od matičnih stanica, apsorpcijskih stanica, vrčastih stanica, Panethovih te enteroendokrinih stanica.

Apsorpcijske stanice su visoke, cilindrične stanice u bazalnom dijelu. Na slobodnoj plohi stanice nalazi se homogeni sloj, tj. prugasta ili četkasta prevlaka, koja se sastoji od gusto zbijenih mikrovila. Svaka mikrovila je cilindrični izdanak apikalne citoplazme, visoka 1 μm i debela 0,1 μm. Sastoji se od stanične membrane koja obavija središnji snop aktinskih filamenata povezanih s dugim proteinima citoskeleta. Svaka apsorpcijska stanica ima oko tri tisuće mikrovila. One također imaju važnu fiziološku ulogu, značajno povećavaju dodirnu plohu između crijeva i hrane. Skupa sa kružnim naborima i resicama povećavaju površinu crijevne stijenke oko šesto puta te ona iznosi oko dvjesto m^2 (kružni nabori – 3x, resice – 10x, mikroresice – 20x). Uloga cilindričnih stanica je apsorpcija metabolita koji nastaju razgradnjom kao što su disaharidi i dipeptidi (Junqueira, 2005.).

Vrčaste stanice se nalaze između apsorpcijskih stanica, ima ih manje u dvanaesniku, a prema *jejunumu* sve više. One proizvode mucine (kisele glikoproteine) koji hidrirani i međusobno povezani čine sluz. Glavna uloga sluzi je zaštita i podmazivanje stanica tankog crijeva. Panethove stanice su egzokrine stanice sa sekretnim zrncima u apikalnoj citoplazmi. U eozinofilnim zrncima tih stanica nalazi se enzim lizozim koji razgrađuje staničnu stijenku bakterija (Junqueira, 2005.).

M-stanice su epitelne stanice koje se nalaze iznad nakupina limfocita u Peyerovim pločama. Imaju mnoge udubine bazalnog djela stanične membrane. To su jamice u kojima se nalaze limfociti i makrofazi. Ove stanice mogu primati antigene i prenositi ih do makrofaga i limfocita ispod sebe te su veoma važne u imunosnom sustavu crijeva. Prva linija zaštite su sekretni imunoglobulini IgA skupine, a drugo su međustanični čvrsti spojevi i epitelne stanice koje tvore barijeru i tako sprječavaju prodor mikroorganizama. Najvažnije su plazma stanice koje luče protutijela, makrofazi i velik broj limfocita u sluznici i podsluznici (Junqueira, 2005.). U lamini propriji se nalaze pojedini limfni čvorići (*noduli lymphoidei solitarii*), a u *ileumu* su veće nakupine limfnih čvorića (*noduli lymphoidei aggregati* ili Peyerove ploče) (Krmpotić, 2007.). Sve te stanice zajedno se nazivaju limfatičko tkivo crijeva (Junqueira, 2005.).



Slika 3. Histološki preparat duodenuma (https://www.studyblue.com/notes/note/n/digestive-histology-small-intestine/deck/10623625)

2.2. DEBELO CRIJEVO

2.2.1. Anatomija debelog crijeva

Debelo crijevo je završni dio probavne cijevi i proteže se od ilealnog ušća do analnog otvora (Slika 4). Kraće je od tankog crijeva i duljina mu iznosi od 1,5 m do 1,8 m (Bajek, 2007.). Dijelimo ga na četiri dijela: slijepo crijevo s crvuljkom (*caecum et appendix vermiformis*), obodno crijevo (*colon*), ravno crijevo (*rectum*) i analni kanal (*canalis analis*). Također unutar obodnog crijeva razlikujemo četiri dijela, a to su uzlazni dio (*colon ascendens*), poprečni dio (*colon transversum*), silazni dio (*colon descendens*) i sigmoidni dio (*colon sigmoideum*) (Krmpotić, 2007.).

Slijepo crijevo (*caecum*) početni je dio debelog crijeva duljine sedam do osam centimetara i nalazi se u desnoj bočnoj udubini. Slijepo crijevo spušta se približno šest centimetara ispod ilealnog ušća i tu završava kao slijepo zatvorena vrećica. Na medijalnoj površini cekuma nalazi se ušće tankog crijeva (*ostium ileale*) koje omeđuju dva nabora sluznice: *labrum ileocolicum* i *labrum ileocaecale* i tako tvore zalistak. On priječi vraćanje sadržaja debelog crijeva nazad u tanko crijevo (Bajek, 2007.). Kad se slijepo crijevo proširi zbog sadržaja u sebi, nabori se napnu i uvuku jedan u drugi. Kad je cekum pun, prednjom površinom dodiruje prednju trbušnu stijenku, a kad je prazan, onda se tu umeću vijuge tankog crijeva. Stražnja površina slijepog crijeva leži na parijetalnom peritoneju koji pokriva bočnu udubinu. Slijepo crijevo najčešće je potpuno obavijeno visceralnim peritonejem, ali ako je

slijepo crijevo priraslo uz bočnu udubinu, peritonej na tom mjestu nedostaje (Krmpotić, 2007.).

S dna slijepog crijeva polazi mali crvoliki izdanak odnosno crvuljak (*appendix vermiformis*) duljine oko devet centimetara. On se otvara u slijepo crijevo na ušću *ostium appendicis vermiformis* (Bajek, 2007.). To je tanka i suha cijev, započinje na medijalnoj strani slijepog crijeva, dva do tri cm ispod ilealnog ušća i završava slobodno u trbušnoj šupljini. Crvuljak ima svoj mezenterij (*mesoappendi*). Crvuljak i slijepo crijevo mogu imati sasvim različiti položaj u trbušnoj šupljini, ovisno o svojem razvoju najčešće se crvuljak odvaja od stražnje stijenke slijepog crijeva, a može izlaziti i iz sredine donjeg pola. Pri embrionalnom razvoju crvuljak je ljevkast, tj. počinje širokim otvorom na dnu slijepog crijeva, pa se lumen sužava. Položaj crvuljka može biti silazni, uzlazni, medijalni, lateralni, zavijen oko *ileuma* i zavijen oko slijepoga crijeva (Krmpotić, 2007.).

Obodno crijevo (*colon*) proteže se od cekuma do rektuma. Dijelovi kolona su: uzlazni kolon (*colon ascendens*), poprečni kolon (*colon transversum*), silazni kolon (*colon descendens*) i sigmoidni kolon (*colon sigmoideum*).

Colon ascendens ili uzlazni kolon polazi do cekuma, ide do ispod jetre i oblikuje desni zavoj kolona (*flexura coli dextra*). Ide približno okomito od dolje sprijeda prema gore natrag. Duljina mu je otprilike oko četrdeset i pet centimetara i pretežno se nalazi u trbušnom području. Uzlazni kolon je sprijeda i sa strana pokriven peritonejem, te pošto je priraslo uz stražnju trbušnu stijenku, sa stražnje strane nema peritoneja. Srastanje nije posvuda jednako, pa postoje zatoni (*sulci paracolici*) između crijeva i trbušne stijenke. *Flexura coli dextra* je zavoj oblika oštrog ili pravog kuta kojim uzlazno obodno crijevo prelazi u poprečno obodno crijevo. Ovaj zavoj naliježe na donji dio prednje površine bubrega (Krmpotić, 2007.).

Colon transversum ili poprečni kolon nalazi se između dva zavoja. Počinje od desnog zavoja (*flexura coli dextra*) te završava lijevim zavojem (*flexura coli sinistra*). Ide poprečno zdesna nalijevo i odozdo prema gore, tako da mu je lijevi kraj na višoj razini od desnog kraja. Poprečni kolon je u cijelosti obavijen visceralnim peritonejem (*mesocolon transversum*) te ga tako veže za stražnju trbušnu stijenku. Mezokolon omogućuje veliku gibljivost tog dijela debelog crijeva i istovremeno tvori pregradu koja odjeljuje želudac i slezenu od vijuga tankog crijeva. *Flexura coli sinistra* je oštar zavoj preko kojeg poprečno obodno crijevo prelazi u silazno obodno crijevo. Straga dodiruje gornji dio lijevog bubrega, a lateralno slezenu (Krmpotić,2007.).

Colon descendens ili silazni kolon se spušta od lijevog zavoja u lijevu ilijačnu jamu odnosno

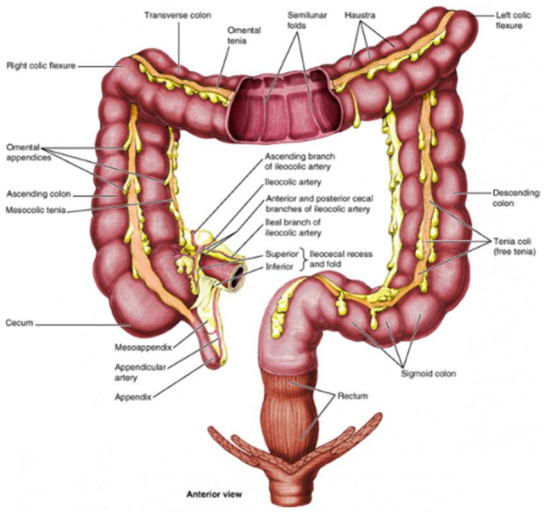
do bočnog grebena (*crista iliaca*) gdje prijelazi u sigmoidno obodno crijevo. Početak mu je smješten malo više, pa je duži od uzlaznog dijela obodnog crijeva te ide jednako okomito. Obavijen je visceralnim peritonejem kao i uzlazni kolon, a s lateralne strane nastaju zatoni (*sulci paracolici*). S prednjom trbušnom stijenkom dolazi u dodir jedino ako je ispunjeno (Krmpotić, 2007.).

Colon sigmoideum ili sigmoidni kolon je dio obodnog crijeva koji povezuje silazni kolon i rektum. Proteže se od bočnog grebena do visine trećeg križnog kralješka. Sigmoidno crijevo je smješteno u lijevoj bočnoj udubini i u maloj zdjelici. U početku nastavlja smjer silaznog kolona, zatim ide u malu zdjelicu slijeva nadesno te zatim opet zavija i ide koso prema dolje i natrag (Krmpotić, 2007.). Mjesto gdje prelazi u rektum se nalazi petnaest centimetara od anusa (Bajek, 2007.). U potpunosti je obavijeno visceralnim peritonejem, koji na rubu prelazi u mezokolon i omogućuje gibljivost. Hvatišna crta mezokolona svijena je u obliku slova S (Krmpotić, 2007.). Dio sigmoidnog kolona obavijeno je vijugama tankog crijeva (Bajek, 2007.). Ispred sigmoidnog kolona u muškaraca se nalazi mokraćni mjehur, a u žena maternica. Straga su križna kost i rektum.

Ravno crijevo (*rectum*) povezuje sigmodni dio obodnog crijeva sa analnim kanalom. Započinje na prednjoj strani trećeg križnog kralješka i silazi na stražnjoj strani male zdjelice. Rektum ima dva zavoja: prvi je križni zavoj (*flexura sacralis*) koja slijedi zavoj križne kosti te ima konkavitet prema naprijed i gore, a drugi je perinealni zavoj (*flexura perinealis*) koji je suprotno usmjeren i prolazi kroz mišićno dno male zdjelice. Na zavojima se nalaze izbočenja sluznice (*plicae tranversi recti*) koji djelomice zatvaraju rektalni kanal. Najizraženiji nabor nalazi se oko osam centimetara od anusa (Krmpotić, 2007.). Iznad mišićnog dna male zdjelice nalazi se proširenje rektuma (*ampulla recti*) (Bajek, 2007.). Sa stražnje strane rektum prilježe uz križnu i trtičnu kost, dok su lateralne strane pokrivene peritonejem samo u gornjoj trećini. Donje dvije trećine rektuma leže uz mišići *m.levator ani*, a između mišića i rektuma nalazi se vezivo. Kod muškaraca peritonej u donjoj trećini prelazi na mokraćni mjehur, sjemenovod i sjemenske mjehuriće te tu nalazimo vezivo i glatka mišićna vlakna (*septum rectovesciale*). U žena je isti odnos kod peritoneja, osim što kod njih prelazi na stražnju stranu rodnice i maternice i postoji vezivna pregrada (*septum rectovaginale*) (Krmpotić, 2007.).

Analni kanal je završni dio probavne cijevi, dugačak oko četiri centimetra. U stijenci mu se nalazi glatki mišić (*m.sphincter ani internus*). Unutarnji analni kanal s vanjske strane okružuje manji skeletni mišić (*m.sphincter ani externus*). Na analnoj sluznici nalazi se pet do osam uzdužnih nabora (*columnae anales*). Oblikuju ih uzdužne mišićne niti i unutarnji venski

spletovi. Prema dolje se spajaju s poprečnim naborima ispod kojih nastaju slijepi zatoni (*sinus anales*). Sluznica analnog kanala prelazi u kožu i ima oblik valovite, nazubljene crte (*linea pectinata*). Analni kanal završava čmarom (*anus*). Kod muškaraca analni kanal se nalazi iza vrha prostate, a prema dolje dodiruje mokraćnu cijev i bulbus penisa, dok se u žena analni kanal nalazi iza stražnje stijenke rodnice (Krmpotić, 2007.).



Slika 4. Anatomija debelog crijeva (http://perpetuum-lab.com.hr/wiki/plab_wiki/anatomija-covjeka-enciklopedija/debelo-crijevo-r21/)

2.2.2. Histologija debelog crijeva

Debelo crijevo se makroskopski razlikuje od tankog crijeva po tome što ima uzdužne trake i vrećasta proširenja. Uzdužni glatki mišići debelog crijeva nisu jednolično raspoređeni po obodnom crijevu, nego oblikuju tri uzdužne vrpce (*taeniae coli*). Razlikujemo tri tenije na slijepom crijevu te uzlaznom, poprječnom i silaznom dijelu obodnog crijeva: mezenterična (*taenia meseocolica*), omentalna (*taenia omentalis*) i slobodna (*taenia libera*). Na gornjem dijelu rektuma postoje samo dvije tenije, a to su prednja i stražnja. U donjem dijelu rektuma i na crvuljku mišići su jednoliko raspoređeni. Zbog toga što je debelo crijevo dulje od tenija, ono se nabire u vrećice (*haustrae coli*). Između izbočenja se nalaze brazde koje oblikuju polumjesečaste nabore (*plicae semilunares coli*). Oni nastaju zbog mišićnih kontrakcija i mogu mijenjati svoj položaj (Krmpotić, 2007.).

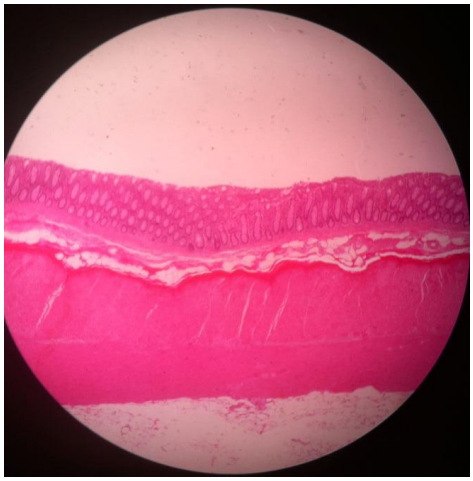
Debelo crijevo je šuplji organ građen od tri osnovna sloja: sluznica, mišićnica i serozna ovojnica (Slika 5.).

Sluznica (*tunica mucosa*) slijepog crijeva i kolona oblikuje poprečne polumjesečaste nabore, dok sluznica rektuma ima nekoliko poprečnih nabora (*plicae transversae*) od kojih je stalan i najveći Kohlrauschov nabor u desnoj stijenci rektuma. Na sluznici analnog kanala nalaze se uzdužni nabori čiju podlogu izgrađuju spletovi vena. Oni se spajaju s poprečnim naborima te tvore hemoroidnu zonu ispod koje se sluznica anusa nastavlja u kožu (Bajek, 2007.). Nema resica, crijevne žlijezde su duboke, a oblaže ih epitel koji sadržava apsorpcijske stanice i mnogo vrčastih i enteroendokrinih stanica. Apsorpcijske stanice su cilindrične i imaju kratke, nepravilne mikroresice. U lamini propriji sluznice debelog crijeva mnogi su limfni čvorići koji se često šire i u podsluznicu, a najviše ih ima u sluznici crvuljka koji se stoga naziva i trbušna tonzila (Junqueira, 2005.).

Mišićnica debelog crijeva (*tunica muscularis*) ima dva sloja glatkih mišićnih vlakana: vanjski uzdužni sloj i unutarnji kružni. Uzdužni sloj mišića u području slijepog crijeva i kolona je udružen u trima uzdužnim trakama (*taeniae*). U području rektuma, uzdužna mišićna vlakna su jednoliko raspoređena. Kružna mišićna vlakna raspoređena su jednoliko u svim dijelovima debelog crijeva, osim u razini analnog kanala, gdje su zadebljana i tvore unutrašnji sfinkter (*m.sphincter ani internus*). Periferno od unutrašnjeg sfinktera nalazi se i vanjski sfinkter (*m.sphincter ani externus*) koji je izgrađen od poprečnoprugastih mišićnih vlakana. Taj mišić dio je mišićnog dna male zdjelice i u trajnoj je toničkoj kontrakciji, a opušta se pod utjecajem volje jedino tijekom defekacije.

Serozna ovojnica debelog crijeva (*tunica serosa*) jest visceralni peritonej. Nema je na mjestima gdje je debelo crijevo priraslo uza stražnju trbušnu stijenku, a to je stražnja strana uzlaznog i silaznog dijela kolona te djelomično slijepog crijeva. Peritonej prekriva gornji i prednji dio rektuma (Bajek, 2007.).

Debelo crijevo je dobro prilagođeno svojoj funkciji: apsorpcija vode, oblikovanje fekalne mase i proizvodnja sluzi. Sluz je vrlo hidrirani gel koji podmazuje površinu sluznice te prekriva bakterije i druge čestice. Epitelne stanice debelog crijeva propadaju, a zamjenjuju ih nove koje nastaju mitozom matičnih stanica koje su smještene u bazalnom sloju u donjoj trećini kripti. Iz te proliferacijske zone stanice se premještaju do zone sazrijevanja u kojoj se diferenciraju. Tako se stalno obnavlja funkcionalna populacija stanica (Junqueira, 2005.).



Slika 5. Histološki preparat debelog crijeva (izvor: praktikum iz histologije, odjel za biologiju, PMF Split)

2.3. FIZIOLOGIJA CRIJEVA

2.3.1. Crijevni živčani sustav

Probavni sustav ima vlastiti unutarnji živčani sustav koji se zove crijevni živčani sustav. Nalazi se u stijenci crijeva, počinje u jednjaku i proteže se sve do anusa te je iznimno važan za upravljanje gibanjem probavnog sustava i njegovim izlučivanjem (Guyton, 2006.).

Crijevni živčani sustav sastoji se od dvaju spletova: vanjski splet koji leži između uzdužnog i kružnog mišićnog sloja – mijenterični splet (Auerbachov splet) i unutarnji splet koji leži u podsluznici – podsluznični splet (Meissnerov splet). Mijenterični splet uglavnom nadzire pokrete probavnog sustava, a podsluznični pretežno njegovo izlučivanje i lokalni krvni optjecaj. Parasimpatičko i simpatičko podraživanje mogu snažno pojačati ili smanjiti gastrointestinalne funkcije (Guyton, 2006.).
Mijenterični splet se uglavnom sastoji od ravnih lanaca međusobno povezanih neurona koji se protežu cijelom duljinom probavnog sustava. On upravlja mišićnom aktivnošću koja se odvija duž crijeva. Glavni učinci su: 1) jačanje tonične kontrakcije, 2) pojačanje intenziteta ritmičnih kontrakcija, 3) povećanje učestalosti ritmičnih kontrakcija, 4) povećanje brzine provođenja ekscitacijskih valova uzduž crijevne stijenke, što ubrzava peristaltične valove. Neki neuroni mijenteričnog spleta su i inhibicijski. Završeci njihovih vlakana izlučuju inhibicijski živčani

prijenosnik i tako inhibiraju mišićje nekih crijevnih sfinktera koji inače usporavaju prijelaz hrane iz jednog dijela crijeva u drugi.
Za razliku od mijenteričnog spleta, podsluznični splet pretežno nadzire funkcije unutarnjeg dijela stijenke svih dijelova crijeva. Brojni osjetni signali nastaju u gastrointestinalnom epitelu, a zatim se aktiviraju u podsluzničnom spletu kako bi pomogli u nadzoru lokalnog crijevnog izlučivanja, lokalne apsorpcije i lokalne kontrakcije podsluzničnog mišićja, koje tada različitim intenzitetom nabire sluznicu probavnog sustava (Guyton, 2006.).

Postoji više vrsta živčanih prijenosnika koje izlučuju krajevi crijevnih neurona: acetilkolin, noradrenalin, adenozin-trifosfat, serotonin, dopamin, kolecistokinin, tvar P, vazoaktivni intestinalni polipeptid, somatostatin, leu-encefalin, met-encefalin, bombezin. Acetilkolin najčešće potiče gastrointestinalnu aktivnost, a noradrenalin je gotovo uvijek inhibira. Ostali navedeni prijenosnici mješavina su ekscitacijskih i inhibicijskih čimbenika (Guyton, 2006.).

Opskrba crijeva parasimpatičkim vlaknima dijeli se na kranijalni i sakralni dio. Kranijalna vlakna nalaze se u vagusnim živcima. Ta vlakna inerviraju jednjak, želudac i gušteraču, a nešto manje crijeva, i to do kraja prve polovice debelog crijeva. Sakralni parasimpatikus potječe od drugog, trećeg i četvrtog sakralnog segmenta kralježnične moždine, a preko zdjeličnih živaca odlazi u distalnu polovicu debelog crijeva sve do anusa. Sigmoidni, rektalni i analni dijelovi debelog crijeva opskrbljeni su parasimpatičkim vlaknima mnogo bolje nego ostali dijelovi crijeva. Posebna funkcija tih vlakana jest u refleksima defekacije. Postganglijski neuroni parasimpatičkog sustava smješteni su uglavnom u mijenteričnom i podsluzničnom spletu. Podraživanje tih parasimpatičkih živaca izaziva opće povećanje aktivnosti cijelog crijevnog živčanog sustava. To ipak pojačava aktivnost većine probavnih funkcija (Guyton, 2006.).

Simpatička vlakna za probavni sustav potječu iz kralježnične moždine, između segmenata T5 i L2. Pošto napuste kralježničnu moždinu, većina preganglijskih vlakana koja inerviraju crijevo ulazi u simpatičke lance koji se pružaju lateralno uz kralježničnu moždinu. Mnoga od tih vlakana prolaze kroz te lance i dolaze do perifernih ganglija, kao što su celijačni ganglij i različiti mezenterični gangliji. Ondje su smještena tijela većine postganglijskih simpatičkih neurona od kojih se postganglijska vlakna postganglijskim simpatičkim živcima šire u sve dijelove crijeva. Simpatikus inervira sve dijelove probavnog sustava. Završetci simpatičkih živaca izlučuju uglavnom noradrenalin, ali i male količine adrenalina.

Podraživanje simpatičkog živčanog sustava obuzdava aktivnost probavnog sustava, izazivajući brojne učinke suprotne učincima parasimpatičkog sustava. Djeluje na dva različita načina: 1) u manjoj mjeri izravnim učinkom noradrenalina na glatki mišić koji inhibira i 2) u većoj mjeri inhibicijskim učinkom noradrenalina na neurone cijelog crijevnog živčanog sustava (Guyton, 2006.).

2.3.2. Žlijezde

Sekrecijske žlijezde u cijelom probavnom sustavu obavljaju dvije glavne funkcije. Prvo, gotovo u cijelom probavnom sustavu, od usta do distalnog kraja ileuma, izlučuju probavne enzime. Drugo, mukozne žlijezde stvaraju sluz koja služi za podmazivanje i zaštitu svih dijelova probavnog sustava. Većina probavnih izlučevina stvara se samo pri reakciji na prisutnost hrane u probavnom sustavu (Guyton, 2006.).

Nekoliko vrsta žlijezda proizvodi različite vrste izlučevina probavnog sustava. U većem dijelu probavnog sustava na epitelnoj površini nalaze se milijarde jednostaničnih mukoznih žlijezda koje zbog njihova oblika nazivamo vrećastim stanicama. One uglavnom djeluju odgovarajući na lokalno nadraživanje epitela te na epitelnu površinu izbacuju sluz, koja je podmazuje i štiti od ozljeđivanja i probavljanja. Brojna su područja probavnog sustava na svojoj površini prekrivena jamicama koje su nastale uvrtanjem epitela u podsluznicu. U tankom crijevu te su jamice nazvane Lieberkühnove kripte, duboke su i sadrže specijalizirane sekrecijske stanice. U želudcu i gornjem dijelu dvanaesnika nalazi se velik broj dubokih tubularnih žlijezda, koje izlučuju kiselinu i pepsinogen. S probavnim sustavom je povezano i nekoliko složenih žlijezda – slinovnice, gušterača i jetra – koje stvaraju sekrete koji služe za probavu i za emulgiranje hrane. Slinovnice i gušterača su složene acinusne žlijezde koje su smještene izvan stijenke probavnog sustava i time se razlikuju od svih ostalih probavnih žlijezda. Sastoje se od milijuna acinusa, koji su obloženi sekrecijskim žljezdanim stanicama (Guyton, 2006.).

Mehanička prisutnost hrane u određenom dijelu probavnog sustava uzrokuje da žlijezde iz toga područja izlučuju umjerene ili velike količine sokova. Taj lokalni učinak nastaje zbog izravnog podraživanja površinskih žljezdanih stanica dodirom hrane. Osim toga, lokalno podraživanje epitela također aktivira crijevni živčani sustav u crijevnoj stijenci. Djelotvorni su podražaji: 1) podraživanje dodirom, 2) kemijski nadražaji i 3) rastezanje

crijevne stijenke. Izazvani živčani refleksi podražuju i mukozne stijenke na površini crijevnog epitela i duboke žlijezde u crijevnoj stijenci, pa one pojačavaju svoje izlučivanje (Guyton, 2006.).

2.3.2.1. Izlučivanje u tankom crijevu

U prvih nekoliko centimetara u dvanaesniku, između pilorusa i *Vaterove papille*, gdje se u dvanaesnik ulijevaju gušteračni sok i žuč, nalazi se velik broj složenih mukoznih žlijezda koje se zovu Brunnerove žlijezde. Te žlijezde izlučuju velike količine lužnate sluzi kao odgovor na: 1) dodirne podražaje ili nadraživanje sluznice dvanaesnika, 2) vagusne podražaje koji pojačavaju njihovo izlučivanje istodobno s pojačanjem želučanog lučenja i 3) probavne hormone, pogotovo sekretin. Funkcija je sluzi iz Brunnerovih žlijezda zaštita stijenke dvanaesnika od probavljanja vrlo kiselim sokom koji dolazi iz želudca. Osim toga, sluz sadrži golemu količinu hidrogenkarbonatnih iona, koji se pridružuju hidrogenkarbonatnim ionima iz gušteračnog soka i jetrene žuči u neutralizaciji solne kiseline koja iz želudca pristiže u dvanaesnik. Simpatičko podraživanje inhibira Brunnerove žlijezde (Guyton, 2006.).
Po cijeloj površini tankog crijeva razasute su jamice koje nazivamo Lieberkühnovim kriptama. Te kripte leže između crijevnih resica, a crijevna površina i kripti i resica prekrivena je epitelom koji se sastoji od dviju vrsta stanica: 1) umjerenog broja vrčastih stanica, koje izlučuju sluz za podmazivanje i zaštitu površine crijeva i 2) velikog broja enterocita, koji u kriptama izlučuju velike količine vode i elektrolita, a na površini susjednih resica reapsorbiraju vodu i elektrolite zajedno s konačnim proizvodima probave. Crijevni sok stvaraju enterociti u kriptama brzinom oko 1800 ml na dan. Sok je gotovo čista izvanstanična tekućina blago lužnatog pH, raspona 7,5 – 8,0, kojeg crijevne resice brzo reapsorbiraju. To protjecanje tekućine iz kripti u resice tvori vodeni medij za apsorpciju tvari iz himusa kad on dođe u dodir s crijevnim resicama. Primarna je funkcija tankog crijeva apsorpcija hrane i njezinih probavnih proizvoda u krv (Guyton, 2006.).
U izlučivanju vodenaste tekućine iz Lieberkühnovih kripata sudjeluju barem dva aktivna sekrecijska procesa: 1) aktivna sekrecija klorida u kriptama i 2) aktivna sekrecija hidrogenkarbonatnih iona. Izlučivanje tih iona dovodi do električnog povlačenja pozitivno nabijenih natrijevih iona kroz membranu i u izlučevine. Svi ti ioni zajedno izazivaju osmotski pomak vode (Guyton, 2006.).

Enterociti crijevne stanice, pogotovo oni koji prekrivaju resice, sadrže probavne enzime, koji razgrađuju odgovarajuće sastojke hrane u tijeku njihove apsorpcije kroz epitel. To su: 1) peptidaze koje male peptide razlažu na aminokiseline, 2) četiri enzima koji disaharide razlažu na monosaharide - saharaza, maltaza, izomaltaza i laktaza, i 3) male količine crijevne lipaze koja neutralne masti razlaže na glicerol i masne kiseline. Epitelne stanice smještene duboko u Liberkühnovim kriptama neprestano se mitotički dijele, a nove se stanice penju uzduž bazalne membrane prema gore te iz kripti odlaze prema vršcima crijevnih resica, obnavljajući tako epitel resica i stvarajući nove probavne enzime. Kako stanice resica stare, naposljetku se izljušte u crijevni sok. Životni ciklus crijevne epitelne stanice traje približno pet dana.
Najvažniji nadzor nad izlučivanjem u tankom crijevu jesu različiti lokalni crijevni živčani refleksi, pogotovo refleksi koji se pobuđuju dodirnim i nadražajnim podražajima iz himusa u crijevima (Guyton, 2006.).

2.3.2.2. Izlučivanje u debelom crijevu

Sluznica debelog crijeva obložena je mnogobrojnim Lieberkühnovim kriptama, ali na njoj, za razliku od tankog crijeva, nema resica. Epitelne stanice gotovo uopće nemaju enzima, to su uglavnom mukozne stanice koje izlučuju samo sluz. Sluz čini pretežan dio sekreta u debelom crijevu. Ona sadrži umjerene količine hidrogenkarbonatnih iona. Brzina izlučivanja sluzi ovisi o izravnom dodirnom podraživanju epitelnih stanica koje oblažu debelo crijevo i o lokalnim živčanim refleksima koji podražuju mukozne stanice u Lieberkühnovim kriptama. U debelom crijevu sluz štiti stijenku od oštećenja, a osim toga služi i kao ljepilo koje povezuje fekalne mase. Sluz također štiti crijevnu stijenku od goleme bakterijske aktivnosti u fecesu. Zajedno s lužnatošću sekreta (pH – 8,0 – hidrogenkarbonati), ona onemogućuje kiselinama stvorenim u fecesu da nagrizaju crijevnu stijenku (Guyton, 2006.).

2.3.3. Probava

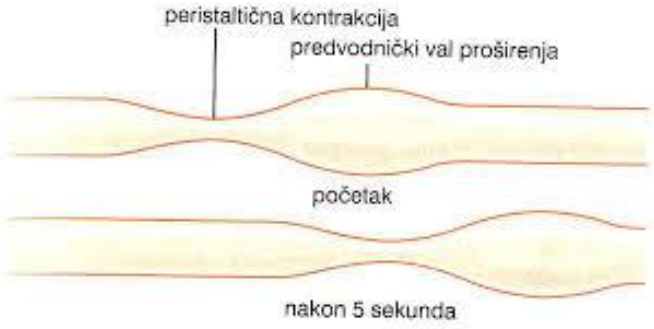
2.3.3.1. Kretnje u crijevima

Pojedinačne niti glatkog mišićja crijevnog sustava su postavljene u snopovima koji sadrže i po tisuću usporednih vlakana. U uzdužnom mišićnom sloju snopovi se protežu duž crijevnog sustava, dok su u kružnom mišićnom sloju oko crijeva. U svakom su snopu mišićne niti povezane međusobno velikim brojem pukotinskih spojišta koja omogućuju gibanje iona od jedne stanice do druge. Električni signali koji započinju mišićne kontrakcije mogu putovati unutar snopa od niti do niti, ali brže idu uzdužno nego bočno. Svaki snop je odijeljen od drugog snopa rahlim vezivnim tkivom, ali se na nekim mjestima i spajaju, pa prema tome, svaki mišićni sloj djeluje kao sincicij, što bi značilo da akcijski potencijal koji nastane bilo gdje u mišićnoj masi putuje u svim smjerovima mišića (Guyton, 2006.).

U probavnom sustavu postoje dvije vrste kretnji: 1) propulzivne kretnje pomoću kojih se hrana potiskuje prema naprijed i 2) kretnje miješanja, kojima se neprestano i temeljito miješa crijevni sadržaj.
Temeljna je propulzivna kretnja probavnog sustava peristaltika. Oko crijeva se pojavljuje prstenasta kontrakcija koja se pomiče prema naprijed. Sadržaj koji se nalazi ispred prstenaste kontrakcije pomicat će se prema naprijed. Peristaltika je urođeno svojstvo mnogih cijevi građenih od sincicijskog glatkog mišićja. Stoga podražaj u bilo kojem dijelu crijeva može izazvati prstenastu kontrakciju kružnog mišića koja se širi uzduž crijeva. Najčešći podražaj za peristaltiku je rastezanje crijeva. Nakupljanje veće količine hrane na nekome mjestu u crijevu izazvat će rastezanje crijevne stijenke, što će podražiti crijevni živčani sustav. To će pak izazvati kontrakciju dva do tri centimetra oralno od tog mjesta, pa će se pojaviti prstenasta kontrakcija koja će započeti peristaltično gibanje. Drugi podražaj koji može započeti peristaltiku jest kemijski ili fizički nadražaj epitela crijeva. Jaku peristaltiku izazivaju snažni parasimpatički živčani signali koji stižu u crijevo. Djelotvorna peristaltika zahtijeva aktivan mijenterični splet, pa gdje postoji prirođeni nedostatak mijenteričnog spleta, peristaltike uopće nema. Peristaltika se od podraženog mjesta može širiti u bilo kojem smjeru, ali u oralnom smjeru ona obično brzo nestaje, a u smjeru prema anusu prevaljuje mnogo dulji put. Smatra se da je takva usmjerenost posljedica toga što je mijenterični splet polariziran u smjeru anusa. Kada se dio crijevnog sustava podraži rastezanjem, pa započne peristaltika, kontrakcijski prsten koji će je pobuditi normalno se pojavljuje oralno od rastegnutog mjesta. Prsten se zatim

giba prema tom rastegnutom dijelu, gurajući crijevni sadržaj pet do deset centimetra u analnom smjeru prije nego što nestane. Istodobno, crijevo se katkad relaksira nekoliko centimetara nizvodno prema anusu, što nazivamo receptivnom relaksacijom. Ona olakšava potiskivanje hrane u analnom, a ne u oralnom smjeru. Ta se zbivanja zovu mijenterični refleks ili peristaltični refleks. Peristaltični refleks, zajedno s gibanjem u smjeru anusa, naziva se zakonom crijeva (Guyton, 2006.).

Kretnje miješanja razlikuju se u različitim dijelovima probavnog sustava. U nekim područjima glavninu miješanja uzrokuju same peristaltične kontrakcije. To je posebice izraženo kada neki sfinkter zaustavi napredovanje crijevnog sadržaja, pa peristaltični val ne može taj sadržaj potisnuti dalje nego ga samo mućka. U drugim se prilikama na svakih nekoliko centimetara crijevne stijenke pojavljuju povremene lokalne kontrakcije. One obično traju tek pet do trideset sekunda, a onda se nove pojavljuju na dugim mjestima, sjeckajući i strižući tako crijevni sadržaj (Guyton, 2006.).



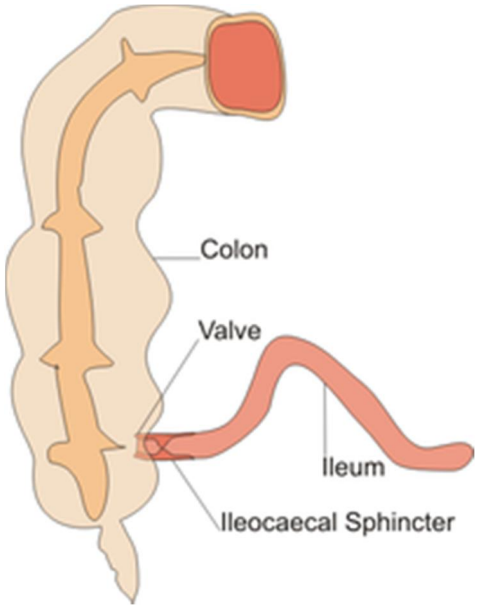
Slika 6. Prolazak himusa kroz crijevo

Himus kroz tanko crijevo potiskuju peristaltični valovi (Slika 6.). Oni se mogu javiti u bilo kojem dijelu tankog crijeva, a kreću se brzinom od 0,5 do 2 cm po sekundi u smjeru anusa, mnogo brže u gornjem nego u donjem dijelu crijeva. Većinom su vrlo slabi i najčešće se ugase pošto prijeđu tri do pet cm, malokad više od deset centimetra. Stoga je i napredovanje himusa vrlo sporo, toliko sporo da zapravo neto-gibanje himusa kroz tanko crijevo u prosjeku iznosi samo jedan centimetar u minuti. Himusu za prolazak od pilorusa do ileocekalnog zaliska treba tri do pet sati. Peristaltična aktivnost tankog crijeva povećava se poslije obroka. Dijelom je to posljedica početnog ulaska himusa u dvanaesnik čime se rasteže njegova stijenka, ali i djelovanja tzv. gastroenteričnog refleksa, koji počinje rastezanjem

želudca i iz njega se širi niz stijenku tankog crijeva uglavnom mijenteričnim spletom. Uz živčane signale, na peristaltiku tankog crijeva utječe i nekoliko hormonskih čimbenika. Među njima su gastrin, kolecistokinin, inzulin, motilin i serotonin. Svi onu pospješuju crijevnu pokretljivost, a izlučuju se u različitim fazama obrade hrane. Sekretin i glukagon inhibiraju kretnje tankog crijeva. Funkcija peristaltičnih valova u tankom crijevu nije samo u tome da pokreću himus prema ileocekalnom zalisku, nego i da himus razliju po crijevnoj sluznici. Proces biva sve jači kako u dvanaesnik ulazi novi himus. Kada stigne do ileocekalnog zaliska, himus može zastati i nekoliko sati, sve dok čovjek ne pojede drugi obrok. Tada gastroilealni refleks potiče peristaltiku u ileumu i potisne preostali himus kroz ileocekalni zalistak u slijepi dio debelog crijeva. Premda traju samo nekoliko sekunda, segmentacijske kretnje često putuju oko jedan centimetar u smjeru anusa i tako potpomažu gibanje hrane niz crijevo. Iako je peristaltika u tankom crijevu slaba, jak nadražaj crijevne sluznice, kao što se to zbiva pri teškim zaraznim proljevima, može uzrokovati snažnu i brzu peristaltiku, koja se zove peristaltična navala. Tada snažne peristaltične kontrakcije za nekoliko minuta prelaze velike dijelove tankog crijeva, otplavljujući njegov sadržaj u debelo crijevo čime se tanko crijevo oslobađa nadražujućeg himusa i prevelikog rastezanja. Mišićni sloj sluznice može stvoriti kratke nabore na crijevnoj sluznici. Pojedina vlakna iz sluzničnog mišićja protežu se u crijevne resice i čine da se one povremeno kontrahiraju, nabori povećavaju površinu sluznice koja je u dodiru s himusom i tako pojačavaju apsorpciju. Kontrakcijama crijevnih resica, skraćivanjem, izduživanjem i ponovnim skraćivanjem, muzu se crijevne resice, pa limfa lako otječe iz središnjeg limfnog sinusa u limfni sustav. Te kontrakcije sluznice i crijevnih resica pobuđuju lokalni živčani refleksi u podsluzničkom spletu, koji nastaju kao odgovor na himus u tankom crijevu (Guyton, 2006.).

Glavna je zadaća ileocekalnog zaliska (Slika 7.) sprječavanje povratka fekalne mase iz debelog crijeva u tanko crijevo. Nabori ileocekalnog zaliska strše u šupljinu slijepog crijeva, pa se čvrsto zatvore kad povišeni tlak u slijepom crijevu počne potiskivati sadržaj crijeva natrag prema naborima. Normalno zalistak može podnijeti povratni tlak od pet do šest kPa. Nekoliko centimetara neposredno ispred ileocekalnog zaliska u stijenci ileuma postoji zadebljanje kružnog mišića koje zovemo ileocekalni sfinkter. On je blago stegnut i tako usporava prijelaz ilealnog sadržaja u slijepo crijevo. Neposredno poslije obroka gastroilealni refleks pojačava peristaltiku u ileumu, pa se nastavlja prijelaz sadržaja iz ileuma u slijepo crijevo. Otpor prolasku himusa na razini ileocekalnog zaliska produljuje zadržavanje himusa

u ileumu i tako povećava apsorpciju. Dnevno u slijepo crijevo dođe tek 1500 do 2000 ml himusa. Stupanj stegnutosti ileocekalnog sfinktera, kao i jačina peristaltike u završnom dijelu ileuma, pod snažnim su nadzorom refleksa slijepog crijeva. Kada god se slijepo crijevo rastegne, stupanj se kontrakcije ileocekalnog sfinktera pojača, a ilealna se peristaltika zakoči pa to znatno uspori otpremanje himusa iz ileuma u slijepo crijevo. Bilo kakvo nadraživanje slijepog crijeva također odgađa pražnjenje. Refleksi koji idu od cekuma na ileocekalni sfinkter i ileum prenose se mijenteričnim spletom u samoj crijevnoj stijenci i izvan crijevnim autonomnim živcima (Guyton, 2006.).



Slika 7. Ileocekalni zalistak
(https://en.wikibooks.org/wiki/Medical_Physiology/Gastrointestinal_Physiology/Motility)

Najvažnije su funkcije debelog crijeva: 1) apsorpcija vode i elektrolita iz himusa i stvaranje čvrstoga fecesa i 2) pohrana fekalnih masa do njihova izbacivanja. U proksimalnoj polovici debelog crijeva zbiva se pretežno apsorpcija, a u distalnoj pohrana. Za te funkcije nisu potrebne snažne kretnje, pa su kretnje debelog crijeva vrlo trome. I te kretnje se mogu podijeliti na kretnje miješanja i kretnje potiskivanja.
Kao što segmentacijske kretnje nastaju u tankom crijevu, u debelom crijevu se pojavljuju velika kružna suženja. Na svakom od tih suženih mjesta steže se kružni mišić u duljini od 2,5 cm, što suzi šupljinu debelog crijeva gotovo do potpunog zatvaranja. Istodobno se kontrahira i uzdužno mišićje debelog crijeva. Zbog udruženih kontrakcija kružnog i uzdužnog mišićja

nepodraženi dijelovi debelog crijeva se ispupče prema van u vrećaste tvorbe nazvane haustracije. Haustracije postižu vrhunac snage za trideset sekundi, a nestaju tijekom sljedećih šezdeset sekundi. Dok traje kontrakcija, one se povremeno sporo kreću u smjeru anusa, posebice u predjelu cekuma i uzlaznog kolona, i tako blago pridonose potiskivanju crijevnog sadržaja prema naprijed. Nakon nekoliko minuta nove se haustralne kontrakcije pojavljuju u drugim susjednim područjima. Tako se fekalna masa u debelom crijevu polako miješa i prevrće. Na taj se način sva fekalna masa postupno izlaže sluzničnoj površini debelog crijeva, pa se tekućina i otopljene tvari sve više apsorbiraju, te se dnevno izbaci 80 do 200 ml fecesa. Veći dio potiskivanja u cekumu i uzlaznom kolonom obavljaju spore, ali trajne haustralne kontrakcije, kojima treba čak do osam do petnaest sati za potiskivanje himusa od ileocekalnog zaliska kroz debelo crijevo. Za to vrijeme sam himus dobije svojstva fecesa i od polutekuće postane polučvrsta žitka masa. Od slijepog do sigmoidnog crijeva funkciju potiskivanja mogu preuzeti masovne kretnje, koje mogu trajati i više minuta. One se obično pojavljuju samo jedanput do tri puta u tijeku dana, a u većine ljudi najobilnije su tijekom prvog sata poslije doručka. Masovna kretnja jest modificirani oblik peristaltike. Najprije se na rastegnutom ili nadraženom mjestu debelog crijeva pojavi prstenasta kontrakcija, najčešće u poprečnom kolonu. Odmah nakon toga debelo crijevo, u duljini od dvadeset ili više cm distalno od prstenaste kontrakcije, gubi svoje haustracije i kontrahira se u jednom mahu, potiskujući čitav fekalni sadržaj tog odsječka niz crijevo. Kontrakcija jača u tijeku trideset sekunda, a onda slabi sljedeće dvije do tri minute dok ne započne nova masovna kretnja. Takav niz masovnih kretnji obično traje deset do trideset minuta, a onda oslabi te se ponovi tek nakon dvanaest sati. Kad potisnu fekalnu masu u rektum, osjeti se potreba za defekacijom. Pojavljivanje masovnih kretnji poslije obroka olakšavaju gastrokolični i duodenokolični refleksi. Oni nastaju zbog rastezanja želudca i dvanaesnika. I nadražaj debelog crijeva može izazvati snažne masovne kretnje (Guyton, 2006.).

2.3.3.2. Probavni hormoni

Nekoliko različitih probavnih hormona pridonosi regulaciji količine i vrste izlučivanja žlijezda u želudcu i crijevima. One se otpuštaju iz gastrointestinalne sluznice kao odgovor na pojavu hrane u crijevima. Zatim se apsorbiraju u krv i prenose do žlijezda, koje potiču na izlučivanje. Ta je vrsta podraživanja osobito važna za povećanje proizvodnje želučanog i

gušteračnog soka kada hrana uđe u želudac ili dvanaesnik. Po kemijskoj građi hormoni probavnoga sustava su polipeptidi ili njihovi derivati (Bajek, 2007.).

Kolecistokinin izlučuju stanice u sluznici dvanaesnika i jejunuma kao odgovor na prisutnost razgradnih proizvoda masti, masnih kiselina i monoglicerida u crijevnom sadržaju. Taj hormon snažno kontrahira žučni mjehur, čime se žuč istiskuje u tanko crijevo, gdje ima važnu ulogu pri emulgaciji masnoća, tako da se one mogu razgraditi i apsorbirati. Također i umjereno koči pokretljivost želudca. Kada kolecistokinin izazove pražnjenje žučnog mjehura, on istodobno uspori izlaženje hrane iz želudca, pa ostaje više vremena za probavu hrane u gornjim dijelovima probavnog sustava (Bajek, 2007.).
Sekretin izlučuju stanice u sluznici dvanaesnika kao odgovor na izlaženje kiselog želučanog soka iz želudca u dvanaesnik kroz pilorus. On blago djeluje na pokretljivost sustava te potiče izlučivanje hidrogenkarbonata iz gušterače, koji pritom pridonosi neutralizaciji kiseline u tankom crijevu (Bajek, 2007.).
Želučani inhibicijski peptid izlučuje sluznica gornjeg dijela tankog crijeva kao odgovor na masne kiseline i aminokiseline, a u manjoj mjeri i na ugljikohidrate. Umjereno smanjuje motoričku aktivnost želudca i time usporava pražnjenje želučanog sadržaja u dvanaesnik kada je gornji dio tankog crijeva već pretrpan proizvodima hrane (Bajek, 2007.).
Motilin se izlučuje između obroka u gornjem dijelu dvanaesnika, a jedina mu je poznata funkcija pojačanje kretnji probavnog sustava. Motilin se oslobađa ciklički te potiče valove gastrointestinalnih kretnji koji se nazivaju interdigestivni mioelektrični kompleksi. U osobe koja nije jela, oni prolaze želudcem i tankim crijevom svakih devedeset minuta. Poslije uzimanja hrane izlučivanje motilina je zakočeno (Bajek, 2007.).

2.3.3.3. Probava ugljikohidrata, bjelančevina i masti

Gušteračni sok sadrži veliku količinu α-amilaze koja je jednaka onoj iz sline, ali djelotvornija. Sav škrob se probavi u petnaest do trideset minuta nakon što himus uđe u dvanaesnik. Prije nego što dođe do jejunuma, sav škrob postane maltoza i drugi mali polimeri glukoze.
Enterociti koji se nalaze u sluznici tankog crijeva sadrže četiri enzima: laktaza, saharaza, maltaza i α-dekstrinaza. Oni razlažu disaharide laktozu, maltozu i saharozu te druge polimere

glukoze na monosaharide. Laktoza se razlaže na molekulu galaktoze i molekulu glukoze, saharoza na molekulu fruktoze i molekulu glukoze, a maltoza na dvije molekule glukoze. Svi konačni proizvodi razgradnje su topljivi u vodi i odmah se apsorbiraju u portalnu krv (Guyton, 2006.).

Najveći dio probave bjelančevina se odvija u gornjem dijelu tankog crijeva, odnosno u dvanaesniku i jejunumu, djelovanjem proteolitičkih enzima koje izlučuje gušterača. Najvažniji gušteračni enzimi su tripsin, kimotripsin, karboksipolipeptidaza i proelastaza. Tripsin i kimotripsin razlažu bjelančevinske molekule koje dođu u tanko crijevo na male polipeptide. Zatim karboksipolipeptidaza odcjepljuje aminokiseline s karboksilnog kraja polipeptida i na kraju se proelastaza prevodi u elastazu te probavlja elastinska vlakna koji proteine drže na okupu. Gušteračni sok razgradi samo mali dio bjelančevina, dok ih većina ostane u obliku dipeptida i tripeptida.
Za završni stadij razgradnje proteina odgovorne su peptidaze koje se nalaze na mikroresicama u četkastoj prevlaci. One kroz membranu strše u okolinu, gdje dolaze u dodir s crijevnim sokovima. Najvažnije peptidaze su aminopolipeptidaza i neke dipeptidaze. One razlažu veće polipeptide na dipeptide, tripeptide i aminokiseline koji se onda dalje lako prenose kroz membranu mikroresica u enterocite. U citosolu enterocita se nalaze specifične peptidaze koje kidaju sve preostale peptidne veze. Aminokiseline tada izlaze iz enterocita i odlaze krvlju (Guyton, 2006.).

Cijela probava masti se odvija u tankom crijevu. Prvi korak je razbijanje masnih kapljica na male čestice djelovanjem žuči koja nema probavne enzime, a izlučuje je jetra. Žuč sadržava velike količine žučnih soli i fosfolipida lecitina koji su veoma bitni za proces emulgiranja masti. Dijelovi žučnih soli koji su dobro topljivi u masti otope se u mastima, dok su polarni dijelovi otopljeni u vodenastoj okolini. Tako se smanjuje površinska napetost masti, pa ona postaje topljivijom. Kada se promjer masnih kapljica smanji, ukupna se površina masti poveća, što pogoduje probavnim enzimima topljivim u vodi da djeluju na velikoj površini. Enzimi koji razgrađuju masti su lipaze koje su topljive u vodi i najvažnija je gušteračna lipaza koja se nalazi u gušteračnom soku. Ona razgrađuje trigliceride iz hrane na slobodne masne kiseline i monogliceride. Žučne soli su također bitne i za odstranjivanje tih razgradnih proizvoda masti koji se ubrzo počnu nakupljati, tako što stvaraju micele – male, kuglaste tvorbe koje imaju sterolnu jezgru te polarnu skupinu topljivu u vodi. Micele služe kao prijenosno sredstvo monoglicerida i slobodnih masnih kiselina do enterocita gdje se apsorbiraju (Guyton, 2006.).

2.3.3.4. Apsorpcija u tankom crijevu

Ukupna količina tekućine koja se svakog dana mora apsorbirati iz crijeva odgovara zbroju uzete tekućine (oko 1,5 L) i tekućine izlučene u različitim probavnim sokovima (oko 7 L). To ukupno iznosi otprilike 8 do 9 L. Sva se ta količina, osim otprilike 1,5 L, apsorbira u tankom crijevu, pa dnevno samo 1,5 L prolazi kroz ileocekalni zalistak u debelo crijevo. Voda se kroz crijevnu sluznicu u cijelosti prenosi difuzijom, koja se pokorava uobičajenim zakonima osmoze. Prema tome, kad je himus dostatno razrijeđen, sva se voda kroz crijevnu sluznicu apsorbira u krv crijevnih resica osmozom. No voda se može prenijeti u suprotnom smjeru, iz plazme u himus, što se zbiva kad iz želudca u dvanaesnik dospiju hiperosmotske tekućine. Tada se obično za nekoliko minuta osmozom prenese dostatno vode da se izjednači osmotski tlak himusa i plazme (Guyton, 2006.).

Dnevno se u crijevne sokove izluči između dvadeset i trideset grama natrija. Zdrav čovjek svakog dana hranom uzme pet do osam grama natrija. Da ne bi nastao gubitak natrija stolicom, u tankom je crijevu potrebno svakodnevno apsorbirati dvadeset i pet do trideset i pet grama natrija, što otprilike odgovara sedmini ukupne količine natrija u tijelu. Budući da se natrij brzo apsorbira kroz crijevnu sluznicu, dnevno se stolicom normalno gubi manje od 0,5% natrija koji dospije u crijeva. Pokretačku silu za apsorpciju natrija daje njegov aktivni prijenos iz unutrašnjosti epitelnih stanica kroz njihove bazalne membrane i postanične dijelove u paracelularni prostor. Taj aktivni prijenos zahtijeva energiju, a stvaranje energije kataliziraju odgovarajući ATP-azni enzimi u staničnoj membrani. Dio natrija prenosi se zajedno s negativno nabijenim kloridima. Budući da je koncentracija natrija u himusu normalno oko 142 mmol/L, natrij se pomiče niz strmi koncentracijski gradijent od himusa kroz četkastu prevlaku epitelne stanice u njezinu citoplazmu. Zatim slijedi osmoza vode u paracelularne prostore uzrokovana osmotskim gradijentom koji stvara povećana koncentracija iona u paracelularnom prostoru. Glavnina osmoze zbiva se kroz čvrsta spojišta između apikalnih dijelova epitelnih stanica, ali velik dio ide i kroz same stanice. Pri dehidraciji, kora nadbubrežnih žlijezda gotovo uvijek izlučuje velike količine aldosterona. U tijeku jednog do tri sata aldosteron povećava apsorpciju natrija, što sekundarno povećava apsorpciju klorida, vode i nekih drugih tvari. Taj aldosteronski učinak posebice je važan u debelom crijevu jer posve zaustavlja gubitak natrijeva klorida stolicom i smanjuje gubitak vode (Guyton, 2006.). Apsorpcija klorida u gornjem dijelu tankog crijeva brza je i odvija se uglavnom difuzijom. Apsorpcija natrijevih iona kroz epitel stvara elektronegativnost u himusu i elektropozitivnost

u paracelularnome prostoru između epitelnih stanica. Tada se klorid pokreće u smjeru tog električnog gradijenta da bi slijedio natrijeve ione (Guyton, 2006.).
Često se iz gornjih dijelova tankog crijeva moraju reapsorbirati velike količine hidrogenkarbonatnih iona jer se mnogo tih iona izlučilo u dvanaesnik putem gušteračnog soka i žuči. Oni se apsorbiraju posredno: kad se apsorbiraju natrijevi ioni, umjerene količine vodikovih iona secerniraju se u lumen crijeva u zamjenu za dio natrija. Ti se vodikovi ioni zatim spajaju s hidrogenkarbonatnim ionima, tvoreći ugljičnu kiselinu, koja se zatim razlaže na vodu i ugljikov dioksid. Onda postaje dio himusa u crijevu, a ugljikov se dioksid lako apsorbira u krv, te izdahne kroz pluća. To je, dakle, tzv. aktivna apsorpcija hidrogenkarbonatnih iona. Epitelne stanice na površni resica u ileumu te na površini svih dijelova debelog crijeva imaju posebnu sposobnost secerniranja hidrogenkarbonatnih iona u zamjenu za ione klora koji se apsorbiraju. To je važno zato što pritom nastaju lužnati hidrogenkarbonatni ioni koji neutraliziraju kisele proizvode što ih stvaraju bakterije u debelom crijevu (Guyton, 2006.).
Kalcijevi ioni apsorbiraju se u krv, aktivno, posebice iz dvanaesnika, a veličina te apsorpcije nadzire se tako da budu točno u skladu s dnevnim potrebama organizma za kalcijem. Važni čimbenici nadzora nad apsorpcijom kalcija jesu paratireoidni hormon koji luče paratireoidne žlijezde i vitamin D. Paratireoidni hormon aktivira vitamin D, a on pojačava apsorpciju kalcija (Guyton, 2006.).
Ioni željeza također se aktivno apsorbiraju iz tankog crijeva. Načela te apsorpcije i njezin nadzor u skladu su s tjelesnim potrebama za željezom, a pogotovo za stvaranjem hemoglobina (Guyton, 2006.).

Gotovo se svi ugljikohidrati uzeti hranom apsorbiraju u obliku monosaharida, samo se mali dio apsorbira u obliku disaharida, a gotovo ništa kao veći ugljikohidratni spojevi. Među apsorbiranim monosaharidima najobilnija je glukoza, koja obično daje više od 80% energije što potječe od apsorbiranih ugljikohidrata. Razlog je to što je glukoza konačni razgradni proizvod škroba, koji je najobilniji ugljikohidratni dio hrane. Preostalih 20% apsorbiranih monosaharida uglavnom su galaktoza i fruktoza. Prva potječe iz mlijeka, a druga je jedan od monosaharida u probavljenom šećeru od šećerne trske. Svi se monosaharidi apsorbiraju procesom aktivnog prijenosa. Kad nema prijenosa natrija kroz crijevnu membranu, nema ni apsorpcije glukoze pa se apsorpcija glukoze zbiva u obliku kotransporta s aktivnim prijenosom natrija. U prijenosu natrija kroz crijevnu membranu postoje dva stadija. Prvi je aktivni prijenos natrijevih iona kroz krv, čime se gubi natrij iz epitelne stanice. Drugo, zbog

smanjenja koncentracije natrija u stanici natrij iz crijevnog himusa ulazi kroz četkastu prevlaku u epitelnu stanicu procesom olakšane difuzije. Natrij se najprije veže s prijenosnom bjelančevinom, ali ga ona neće unijeti u stanicu dok se na nju ne veže neka druga prikladna tvar, poput glukoze. I crijevna se glukoza istodobno veže s tom istom prijenosnom bjelančevinom, a onda se i natrijev ion i molekula glukoze zajedno prenose u stanicu. Dakle, mala koncentracija natrija u stanici doslovno vuče natrij u stanicu, istodobno vukući unutra i glukozu. Kad se jednom nađe u epitelnoj stanici, druge prijenosne bjelančevine i enzimi čine da glukoza kroz bazolateralni dio stanične membrane olakšanom difuzijom odlazi u paracelularni prostor i zatim u krv (Guyton, 2006.).

Većina se bjelančevina nakon probavljanja apsorbira kroz luminalne membrane crijevnih epitelnih stanica u obliku dipeptida, tripeptida i malobrojnih slobodnih aminokiselina. Većina energije za taj prijenos dolazi od mehanizma kotransporta s natrijem. To znači da se većina peptida ili aminokiselina u membranama staničnih mikroresica veže sa specifičnom prijenosnom bjelančevinom, koja za svoje djelovanje treba vezati i natrij. Nakon vezanja natrija niz svoj elektrokemijski gradijent ulazi u stanicu i sa sobom vuče aminokiselinu ili peptid. To se zove kotransport ili sekundarni aktivni prijenos aminokiselina i peptida. Mali broj aminokiselina ne treba kotransport s natrijem, nego se prenose olakšanom difuzijom, s pomoću posebnih membranskih prijenosnih bjelančevina (Guyton, 2006.).

Razgradnjom masti nastaju monogliceridi i slobodne masne kiseline te se ta dva konačna produkta otapaju u središnjem masnom dijelu micela masnih kiselina. Micele su topljive u himusu zbog manjih molekularnih dimenzija i velikog električnog naboja na vanjskoj površini. U tom se obliku monogliceridi i slobodne masne kiseline prenose na površinu mikroresica četkaste prevlake crijevnih stanica, prodirući u prostore između mikroresica koje se pomiču i trepere. Monogliceridi i slobodne masne kiseline odmah difundiraju iz micela u epitelnu stanicu, i to je moguće zato što su lipidi topljivi i u membrani epitelnih stanica. Micele žučnih kiselina ostanu u himusu, u kojemu nastavljaju pomagati pri apsorpciji novih monoglicerida i masnih kiselina. Micele funkcioniraju kao prijenosnici. Kada micela žučnih kiselina ima u obilju, apsorbira se otprilike 97% masti, a kad nema micela, može se apsorbirati samo 40 – 50%. Pošto uđu u epitelnu stanicu, masne kiseline i monogliceridi ulaze u glatku endoplazmatsku mrežicu, gdje se uglavnom rabe za stvaranje novih triglicerida koji se potom kroz bazalni dio epitelne stanice oslobađaju u obliku hilomikrona te torakalnim duktusom odlaze prema gore, a zatim u krvni optok. Male količine kratkolančanih i srednjelančanih masnih kiselina apsorbiraju se izravno u portalnu krv, ne

pretvarajući se u trigliceride i ne odlazeći u limfu. Kratkolančane masne kiseline su topljivije u vodi i zbog toga ih endoplazmatska mrežica uglavnom ne pretvara u trigliceride. To im omogućuje da izravno difundiraju iz epitelnih stanica u kapilarnu krv crijevnih resica (Guyton, 2006.).

2.3.3.5. Apsorpcija u debelom crijevu

Otprilike 1500 ml himusa dnevno prođe kroz ileocekalni zalistak u debelo crijevo. Iz njega se u debelom crijevu apsorbira glavnina vode i elektrolita, tako da se fecesom izbacuje manje od 100 ml tekućine. Apsorbiraju se i gotovo svi ioni, pa se fecesom izgubi samo jedan do pet mmol natrija i isto toliko klorida. Glavnina apsorpcije u debelom crijevu zbiva se u njegovoj proksimalnoj polovici, koja se stoga zove apsorpcijski kolon. Distalni dio debelog crijeva uglavnom služi za pohranu fekalnog sadržaja, dok se ne pojavi prilika za njegovo izbacivanje. Taj dio debelog crijeva nazivamo spremišni kolon (Guyton, 2006.).

Sluznica debelog crijeva ima velik kapacitet aktivne apsorpcije natrija, a gradijent električnog potencijala koji se time stvara uzrokuje i apsorpciju klorida. Čvrsti spojevi između epitelnih stanica debelog crijeva mnogo su čvršća od onih u tankom crijevu. To sprečava povratnu difuziju i malo znatnijeg dijela iona kroz ta spojišta i sluznici debelog crijeva omogućuje mnogo potpuniju apsorpciju natrijevih iona, tj. apsorpciju protiv mnogo većeg koncentracijskog gradijenta od onoga u tankom crijevu. Sluznica debelog crijeva secernira hidrogenkarbonatne ione, a istodobno procesom zamjenjivanja apsorbira iste količine klorida. Hidrogenkarbonat pomaže pri neutralizaciji kiselih proizvoda koji u debelom crijevu nastaju bakterijskom aktivnošću. Apsorpcija natrijevih i kloridnih iona stvara osmotski gradijent kroz sluznicu debelog crijeva koji zatim uzrokuje apsorpciju vode (Guyton, 2006.).

Debelo crijevo može dnevno apsorbirati najviše pet do osam litara tekućine i elektrolita. Kada ukupna količina vode i elektrolita koja u debelo crijevo dolazi kroz ileocekalni zalistak ili nastaje pretjeranim izlučivanjem debelog crijeva bude veća od tog obujma, suvišak se pojavljuje u stolici u obliku proljeva. U apsorpcijskom kolonu normalno postoje brojne bakterije, a osobito Escherichia coli. One mogu probaviti male količine celuloze, čime tijelu dnevno pribavljaju nekoliko dodatnih prehrambenih energijskih jedinica. Djelovanjem bakterija stvaraju se vitamin K, vitamin B12, tiamin, riboflavin te različiti plinovi koji pridonose stvaranju flatusa, a od njih posebice ugljikov dioksid, plinoviti vodik i

metan. Posebno je važan vitamin K koji stvaraju bakterije, jer količina tog vitamina u hrani uzetoj tijekom dana obično nije dostatna za normalno zgrušavanje krvi (Guyton, 2006.).

2.3.3.6. Feces i defekacija

Feces se normalno sastoji od 3/4 vode i 1/4 krute tvari koja sadrži oko 30% mrtvih bakterija, 10 – 20% masnoća, 10 – 20% anorganskih tvari, 2 – 3% bjelančevina i 30% neprobavljenih krupnih ostataka hrane i sasušenih ostataka probavnih izlučevina kao što su žučni pigment i oljuštene epitelne stanice. Smeđu boju fecesu daju sterkobilin i urobilin, koji potječu od bilirubina. Miris uglavnom uzrokuju proizvodi bakterijskog djelovanja, koji se razlikuju od osobe do osobe, ovisno o bakterijskoj flori u debelom crijevu i vrsti uzete hrane. Među smrdljive proizvode spadaju indol, skatol, merkapatan i sumporovodik (Guyton, 2006.).

U rektumu većinom nema fecesa. To je djelomice posljedica činjenice što se otprilike dvadeset centimetara od anusa, na mjestu gdje sigmoidno crijevo prelazi u rektum, nalazi slab funkcionalni sfinkter. Ondje postoji i oštar zavoj koji stvara dodatni otpor punjenju rektuma. Kada masovne kretnje potisnu feces u rektum, odmah se pojavljuje potreba za defekacijom, uključivši refleksno stezanje rektuma i labavljenje analnih sfinktera. Nekontrolirano izlaženje fekalne tvari kroz anus sprječavaju toničnom kontrakcijom: 1) unutarnji analni sfinkter, nekoliko centimetara dugačko zadebljanje kružnog glatkog mišićja koje leži u samom anusu, 2) vanjski analni sfinkter, sastavljen od prugastog voljnog mišićja koje okružuje unutarnji sfinkter i nastavlja se distalno od njega. Vanjski sfinkter je pod voljnom i svjesnom kontrolom. Podsvjesno se vanjski sfinkter obično drži trajno stegnutim, osim ako svjesni signali ne inhibiraju kontrakciju. Defekaciju obično započinju defekacijski refleksi. Jedan od njih je vlastiti refleks, posredovan lokalnim crijevnim živčanim sustavom u stijenci rektuma. Kad feces stigne u rektum, rastezanje rektalne stijenke pobuđuje aferentne signale koji se šire mijenteričnim spletom i izazivaju stvaranje peristaltičnih valova u silaznom i sigmoidnom dijelu debelog crijeva te u rektumu, koji potiskuju feces prema anusu. Pošto se peristaltični val približi anusu, inhibicijski signali iz mijenteričnog spleta olabave unutarnji analni sfinkter. Ako se pritom svjesno i namjerno olabavi i vanjski analni sfinkter, doći će do defekacije. Vlastiti mijenterični defekacijski refleks razmjerno je slab. Da bi postao djelotvoran i izazvao defekaciju, mora ga pojačati drugi defekacijski refleks, parasimpatički defekacijski refleks. On uključuje sakralne segmente kralježnične moždine. Kada se podraže živčani završetci u

rektumu, najprije se signali odašilju u kralježničnu moždinu, a onda se parasimpatičkim živčanim vlaknima u zdjeličnim živcima refleksno vraćaju u silazni dio debelog crijeva, sigmoidno crijevo, rektum i anus. Ti parasimpatički signali snažno pojačavaju peristaltične valove i opuštaju unutarnji analni sfinkter, te vlastiti mijenterični defekacijski refleks pretvaraju od slabe kretnje u snažan proces defekacije. Njime se može u jednom mahu isprazniti cijelo debelo crijevo. Defekacijski signali koji ulaze u kralježničnu moždinu izazivaju i druga zbivanja, kao što je dubok udah, zatvaranje glotisa i stezanje mišića trbušne stijenke, čime se fekalni sadržaj iz debelog crijeva potiskuje na dolje. Istodobno ti signali uzrokuju spuštanje dna zdjelice i širenje anusa, što istiskuje feces (Guyton, 2006.).

3. SAŽETAK

Probava je proces mehaničke i kemijske razgradnje hrane te apsorpcija hranjivih sastojaka u krvni i limfni optok. Nutrijenti iz hrane su potrebni za normalno funkcioniranje organizma. Probava započinje u ustima, ali se najveći dio razgradnje i apsorpcije odvija upravo u tankom i debelom crijevu. Hrana kroz crijeva putuje valovitim stezanjem mišića, odnosno peristaltikom. U tankom crijevu se apsorbira najveći dio ugljikohidrata, bjelančevina, masti, vode i elektrolita, dok se u debelom crijevu odvija završna faza probave te stvaranje fecesa i defekacija čime se završava probava.

4. LITERATURA

[1] Bajek, Bobinac, Jerković, Malnar, Marić (2007.) Sustavna anatomija čovjeka, Digital Point, Rijeka

[2] Guyton A.C., Hall J.E. (2006.) Medicinska fiziologija, Medicinska naklada, Zagreb

[3] Junqueira L.C., Carneiro J. (2005.) Osnove histologije, Školska knjiga, Zagreb

[4] Krmpotić-Nemanić J., Marušić A. (2007.) Anatomija čovjeka, Medicinska naklada, Zagreb