

Oversigt over mavetarmsystemet

Fordøjelsessystemet sørger for optagelse af livsnødvendige stoffer såsom næringsstoffer, vand, vitaminer, mineraler m.m. Føden består af komplekse molekyler, der bliver bearbejdet gennem mange processer og herefter kan de blive optaget i kroppen og resten kan blive udskilt som fæces.

Anatomi, histologi og fysiologi

Fordøjelsessystemet består af en kanal og en del kirtler, der ligger uden for selve kanalen, men gennem udførselsgange tømmer de deres sekret over i kanalen.

Fordøjelseskanalen er ca. 5 m lang og løber fra læberne til endetarmsåbningen. Den består af mundhulen (cavum oris), svælget (oro pharynx), spiserøret (oesophagus), mavesækken (ventriklen), tyndtarmen (enteron), tyktarmen (colon) og endetarm (rectum).

Mundhulen

- Mundhulen og tungen er dækket af et flerlaget pladeepithel, hvor der findes et stort antal sanseceller, som er følsomme for smerte, berøring og temperaturvariationer. Føden tygges ved hjælp af tænderne i små bidder og der tilføres spyt fra de 3 store dobbeltsidige spytkirtler, der tilsammen producerer 1,5 liter spyt i døgnet. Tyggemusklene er tværstribede og derfor viljestyrede.
- Mucin i spyttet består af kulhydrat og protein. Det har særlig betydning som smøremiddel i forbindelse med synkning.
 1. α -Amylase (=ptyalin) er et enzym og spalter kulhydrater (pancreas danner også amylase deres aminosyresekvens er ca. 94 % identisk) – Ptyalin nedbryder kun α 1.4-bindinger og ikke α 1.6-bindinger. Det spalter stivelse til dekstriner. Ptyalinets virkning fortsætter en kort tid i ventriklen, indtil ptyalinet inaktiveres af mavesyren, derfor er fordøjelsen af kulhydrat kun delvis i ventriklen.
 2. Enzymer angriber bakterier (lysozymer).
 3. Indeholder IgA, der forebygger infektioner
 4. Lingual lipase, secerneret af de von Ebnerske kirtler, der har betydning for spaltningen af mælkefedt.
- Spyttet består af over 99 % vand og indeholder meget HCO_3^- . Den neutraliserer syrer, som produceres af bakterier i mundhulen og hindrer derved, at syrerne opløser tændernes emalje.
- Sekretionen stimuleres dels reflektorisk ved påvirkning af smagsløg og almindelige følelser mundslimhinden, dels indirekte af visse psykiske eller olfaktoriske stimuli som følge af betingede reflekser.
- Læberne forsynes af a. labialis superior og inferior, der afgår fra a. facialis, og veneafløbes af v. facialis. Den sensitive innervation varetages af 2. og 3. trigeminusgren ved grene rami labiales superiores fra n. infraorbitalis (n. maxillaris) og rami labialis inferiores fra n. mentalis (n. mandibularis). N. buccalis når med sine endegrene frem til mundvinklen på hver side (n. mandibularis). M. Orbicularis oris innerveres af n. facialis.

- Lamina muscularis mucosa og tela submucosa mangler i dele af munden og svælget. Lamina propria er af relativt tæt bindevæv. Et yderst lag af bindevæv, tunica adventitia, hæfter pharynx, oesophagus og rectum til omgivelserne, mens mavesækken og tarmkanalen helt eller delvist er beklædt med bughinden, peritoneum, på deres ydre overflade. Bughinden er en serøs membran og betegnes også tunica serosa.
- Underlæben udvikles fra underlæbelapperne. Overlæben udvikles dels fra midtpandelappen, som danner philtrum, dels fra overkæbelapperne, som danner læbens sidedele. Manglende sammenvokning mellem midtpandelap og overkæbelap medfører læbespalte, enkelt eller dobbeltsidigt, der kan fortsætte bagud som en kæbe- og ganespalte.

Oesophagus

- Er en forholdsvis lige muskelbeklædt kanal, som går fra svælget (fra cartilago cricoidea) gennem m. diaphragma og munder ind i ventriklen nogle få cm under m. diaphragma.
- Den øverste 1/3 del er tværstribede muskulatur, mens den nederste 1/3 er glat muskulatur og midten er blandede.
- Transport af føden foregår ved hjælp af peristaltiske bevægelser, som kommer i stand ved et koordineret samarbejde mellem det ydre og indre glat muskellag.
- Epithelet består af et flerlaget pladeepithel, der ved overgangen til ventriklens cardiaregion og videre i tarmen brat ændres til enlaget cylindrisk epithel. Epithelcellerne er forbundet ved tight junctions, hvilket gør den indre overflade uigennemtrængelig bl.a. for den bakterieflora, der findes i tarmen.
- Oesophagus forsynes arterielt af mange små grene, på halsen af aa. thyroideae inferiores, i thorax fra rr. bronchiales og aorta thoracica, i abdomen fra a. gastrica sinistra. Nn. vagi danner plexus oesophageus opadtil med tilskud fra nn. recurrentes og der kommer mindre grene fra sympatikus.
- Tre snævre steder bør nævnes:
 1. Overgangen mellem strubesvælget og spiserøret betinget af den cricophagyngale sphincter og af cartilago cricoidea, der buler ind, dvs. 15 cm fra tandrækken.
 2. Hvor arcus aortae krydser oesophagus, ca. 22-25 cm fra tandrækken.
 3. Passagen gennem diaphragma (hiatus oesophageus), ca. 40 cm fra tandrækken.

Ventriklen

- Fundus er den øverste del.
- Corpus udgør den største del.
- Antrum er den nederste del, der går over i et tykt bundt cirkulær muskulatur m. pylori. Den kan yderligere deles op i et mere udvidet, antrum pyloricum som fortsætter i den snævre canalis pyloricus enden ved duodenum.
- Tunica muscularis består af 3 lag, et ydre longitudinelt, et mellem cirkulært og et indre, skråt forløbende lag. Det skråt forløbende lag findes hovedsageligt på for- og bagfladen af ventriklen, hvor det ydre longitudinelt kun findes som et ganske tyndt lag, få steder ufuldstændigt på for- og bagfladen. Det mellemste cirkulære lag bliver kraftigere i retning af m. sphincter pylori. Selve overfladeepithelet er et højt enlaget cylinderepithel.
- Peritonealbeklædningen på ventriklens for- og bagflade samler sig ved de to kurvaturer i et dobbelt blad. Ved curvatura minor slår det sig over leveren som lig. hepatogastricum sammen med

peritoneum fra den tilstødende del af duodenum, lig. hepatoduodenale, tilsammen betegnet omentum minus. Ved curvatura major fortsætter et lignende dobbeltblad, som opadtil til venstre danner lig. gastrophrenicum og nedadtil lig. gastrosplenicum; på de resterende ca. 2/3 af curvatura major fortsætter peritoneum i omentum majus.

- Ventriklen forsynes af grene fra truncus coeliacus. A. gastrica dxt. sammen med a. gastrica sin. forsyner ventriklen lang med curvatura minor. A. gastricoommentales dxt. sammen med a. gastricoommentales sin. forsyner ventriklen langs curvatura major. A. gastrica breves forsyner fundus.
- Nerverne kommer dels n. vagus og dels fra sympathicus. Truncus vagalis anterior sender rami hepatici gennem omentum minus til leveren og fortsætter som Latarjet's nerve til antrum pyloricum og canalis pyloricus og afgiver rami gastrici til forsiden af fundus og corpus. Truncus vagalis posterior afgiver grene til bagsiden af fundus og corpus samt afgiver rr. coeliaci til plexus coeliacus.
- Maven er foldet helt sammen når den er tom pga. tonus i den glatte muskulatur i mavevæggen. Når der kommer føde ned i maven fra spiserøret, vil tonus nedsættes i takt med mavens fyldning.
- I slimhinden forekommer der kirtler. I corpus-funduskirtlerne forekommer der 5 celletyper:
 1. Hovedceller danner pepsinogen, som er et forstadium til det proteinspaltende enzym pepsin. Det spalter proteiner til mindre forbindelser og er specielt vigtigt ved sin evne til at nedbryde kollagen, der ikke spaltes af andre proteolytiske fordøjelsesenzymmer. (Normalt er det kunproteinerne der bliver spaltet ned i ventriklen, men der er også lidt gastrisk lipase til lipiderne. Kulhydrater bliver ikke spaltet ned i ventriklen.
 2. Parietalceller danner saltsyre og er med til at aktivere pepsinogen, så der dannes aktivt pepsin og samtidigt dræber syren bakterier, der er kommet ned i ventriklen sammen med føden. (Helicobakter pylori kan overleve i syren og er derfor en patogenetisk faktor i udviklingen af mavesår).
 3. Desuden udskilles der et glykoprotein intrinsic factor, som er nødvendigt for opsugning af vitamin B12 i ileum da den ellers bliver ødelagt af syren. Intrinsic faktor binder sig til vitamin B12 og mener at fremme absorptionen ved at stimulere endocytose.
 4. I parietalcellernes cytoplasma frigøres H⁺ i lumen for veksling med K af en H/Kpumpe, familie med P-type ATPase i de apikale membran i parietalcellerne, der er ansvarlig for sekretion af syre. H⁺ bliver dannet ud fra kulsyre der bliver katalyseret af enzymet carbonisk anhydrase. Bikarbonat der bliver dannet ved reaktion, forveksles med Cl i det interstielle rum gennem en antiporter, hvor Cl passiv diffunderer ud i lumen. K-kanaler findes også basolateralt og sætter et negativt membranpotentiale opretholdt af Na/K-ATPasens aktivitet.
 5. Mukøse halsceller udskiller mucin, der er med til at neutralisere syren der trænger igennem mucin og beskytter epitelet. (Overfladeepitelet udskiller også mucin samt HCO₃⁻ der binder sig til mucinlaget og bliver under det og har derfor en pH på 7 i modsætning til i ventriklen, hvor pH er ca. 2. Det er impermeabel for diffusion af H⁺ og pepsin. Hvis uheldet skulle være ude, HCO₃⁻ neutraliserer begge stoffer). Mucin dannet af mucøse halsceller er mere tyndflydende, men beskytter ligeledes slimhinden.
 6. Endokrine celler udskiller 2 stoffer som har en stimulerende virkning på syresekretionen, somatostatin og histamin. Histamin fra enterokromaffin lignende celler (ECL) stimulerer parietalcellernes sekretion af saltsyren ved H₂-receptorerne. Histamin binder sig til G-protein, hvor den stimulerer adenylyl cyklase, der genererer cAMP. Resultatet bliver aktivering af

protein kinase A, der fosforylerer parietalcellers proteiner inkl. H/K-pumpen. Somatostatin fra D-celler har primær rolle i at hæmme gastrinfrigørelse og sekretion af saltsyre og bliver udskilt pga. syreindholdet i chymus. I corpus bliver den udskilt pga. histamin; i antrum pga. gastrin og i duodenum pga. lav pH.

- I antrum findes der 2 slags celler G-celler (G-17; i duodenum finder der G-34) og som nævnt D-celler (også i pancreas) der hhv. udskiller gastrin og somatostatin. Gastrinfrigørelsen sker først og fremmest ved at modtage stimuli fra peptider via de apikale mikrovilli, der efter proteinnedbrydningen når ned til antrum. Den transporteres til parietalcellerne via blodbanen og binder sig til gastrin-cholecystokinin CCKB-receptorer. Desuden stimulerer de også hovedcellernes pepsinogenproduktion. Til sidst stimuleres den af neuratransmitteren GRP. Den hæmmes af syre, dvs. den regulerer sig selv ved et negativ feedback mekanisme samt somatostatin. Den regulerer også mucosa's vækst i corpus.
- Vagal stimulation (neural mekanisme) stimulerer G-celler og ECL-celler til at frigøre hhv. gastrin og histamin, der øger sekretion af syre, samtidigt hæmmer den D-celler mod at udskille somatostatin, som ellers vil forhindre udskillelse af gastrin og histamin. Allerede ved duft af maden er der en neural aktivitet af n. vagus, der resulterer i frigørelse af transmitteren acetylcholin, der binder sig til M3-receptorerne på basolateral membranen på parietalceller, der medfører sekretion af syre i ventriklen. GRP gastrin frigørende peptid er en anden transmitter fra vagustrådene, der stimulerer G-cellerne til sekretion af gastrin.
- Både gastrin og acetylcholins receptorer er koblet til G-protein, der medfører en aktivitet af fosfolipase C, der omdanner fosfatidylinositol 4,5-bisfosfat til inositol 1,4,5-trifosfat og diacylglycerol, som aktiverer protein kinase C, der påvirker Ca-afhængige receptorer og dermed frigørelse af calcium.
- Stamceller kan differentiere sig en af de ovenstående celler.
- Der produceres ca. 1.5 l mavesaft i døgnet. De kemiske processer starter i form af hydrolyser.
- Der findes en lipase der virker bedst ved stærk sur reaktion. Den har dog kun yderst ringe virkning på de almindelige triglycerider, men ser ud til at have en specifik virkning på særligt kortkædede fedtsyrer (mælkefedt). Lipasen har derfor størst betydning for børn.

Vitamin-B12 absorberes i den nedre del af tyndtarmen under medvirken af intrinsic factor. Ved mangel af intrinsic faktor absorberes kun små mængder af vitaminet. Sygdommen pernicious anæmi manifesterer sig især ved utilstrækkelig dannelse af røde blodlegemer som er større end normalt og ved forstyrrelser i nervesystemet. Anæmien svinder ved tilførsel af vitaminet, hvorimod forstyrrelserne i nervesystemet ofte er permanente. Mangel på vitamin-B12 opstår hyppigt ved kronisk gastritis, efter operativ fjernelse af store del eller hele mavesækken samt ved sygdomme i den nedre del af tyndtarmen.

Duodenum

- Den øverste del af tyndtarmen. Den ligger retroperitonealt.
- Her udmunder kanaler fra bugspytkirtlen (tilførsel af bugspytt) og galdeblæren (tilførsel af galde).
- Duodenum deles i 4 dele:
 - 1) pars superior med bulbus duodeni,

- 2) pars descendens, (overgangen benævnes flexura duodeni superior)
 - 3) pars horizontalis, (overgangen benævnes flexura duodeni inferior)
 - 4) pars ascendens. Den ender ved flexura duodenojejunalis.
- Særligt karakteristisk for duodenum er de brunnerske kirtler med gastrin producerende G-celler som ligger i tela submucosa men kan ses gennem slimhinden små grårøde pletter af meget varierende udstrækning.
 - Arterierne kommer hovedsageligt som a. pancreaticoduodenalis superior fra a. gastroduodenalis og a. pancreaticoduodenalis inferior fra a. mesenterica superior.
 - Innervationen kommer fra n. vagus og sympaticus via plexus coeliacus og mesentericus superior.
 - Duodenum signalerer bl.a. en hæmning af peristaltikken i ventriklen og hermed hindrer ventriklen i at tømme mere indhold over i tyndtarmen end denne er i stand til at fordøje. Dvs. når mavesyren er blevet neutraliseret af HCO₃⁻ fra pancreas, vil m. sphincter pylori igen blive afslappet og en del af chymus vil blive presset ud i duodenum. M. sphincter pylori vil lukke af igen, når den sur chymus er kommet ud.
 - Maltose og de øvrige dekstriner bliver nedbrudt af 3 tarmenzymer til monosaccharider (maltase, saccharase og laktase)
 - Efterhånden som chymus kommer over i duodenum, stimulerer den lave pH sammen med indholdet af fedt og peptider, frigørelse af 2 hormoner i duodenum, sekretin og cholecystokinin.
 - Sekretin udskilt fra S-celler i duodenum stimulerer frigørelse af HCO₃⁻ fra pancreas. Den hæmmer sekretion af gastrin og stimulerer somatostatin sekretion.
 - Cholecystokinin frigøres fra duodenum og jejunum ved indtagelse af et fedtholdigt måltid (mere end 10 kulstof) og ved tilstedeværelse af peptider og aminosyrer i tyndtarm-lumen. Normalt er spincter Oddi lukket så galden løber ned i galdeblæren. Cholecystokinin afslapper spincter Oddi og får galdeblæren til at kontrahere sig hvorved galden tømmes ud i duodenum. CCK når galdeblæren som et hormon via blodbanen. Samtidigt forstærker den stimulation af sekretin og mere udskillelse af HCO₃⁻. Den forøger også sekretion af enterokinase der aktiverer trypsinogen.
 - Fra K-celler frigøres gastrisk inhibitoriske peptid, der har hæmmende virkning på syresekretion og indirekte hæmmende virkning på antral sekretion af gastrin. Den har også vist en betydning ved stimulation af insulin.
 - Kulhydrater absorberes væsentligst i duodenum og jejunum. Ca. 10 % passerer ufordøjet til colon, hvor det metaboliseres af bakterie-floraen.
 - Glucose og galactose optages af Na-Glucose transportprotein 1 (SGLT1) (sekundær aktiv transport). Fructose optages af GLUT5 (faciliteret transport). I den basolaterale membran transporteres alle tre via GLUT2. Glucose-galactose malabsorption skyldes en missense mutation i SGLT1.

Enteron (intestinum tenue)

- Er et langt stykke, krøstarmen eller interstinum tenue mesenteriale, der hæfter sig på abdomens bagvæg. Den kan deles i jejunum og ileum.
- Tunica mucosa har plica cirkulare, der øger overfladen ca. 3 gange. Desuden er der også vill intestinales der forøger med faktor 10. Til sidst er der Lieberkuhnske krypter.

- Kendetegn fra jejunum til ileum er at man i lamina propria i ileum vil altid finde de peyerske plaques, klynger af solitærfollikler. Det er det lymfoide væv, samt plicae circulares bliver mindre tæt og lavere caudalt.
- Blodforsynes af a. mesenterica superior hvor der dannes arkaderækker, aa. jejunalis og aa. ilealis. Nerverne stammer fra n. vagus og sympatikus som udgår fra plexus mesentericus superior. Samt i tarmene er der det enteriske nervesystem.
- Bevægelsen af tyndtarmen er karakteriseret af segmenteringsbevægelser, hvor chymus bliver opdelt, så det blandes effektivt med fordøjelsesvæskerne, samtidigt med at nyt indhold bringes i kontakt med de absorberende epithelceller af de peristaltiske bevægelser.
- Slimhinden er beklædt med enlaget cylinderepitel, der består af 6 celler: absorptive celler, bægerceller, paneth-celler, entero-endokrine celler, stamceller og M-celler.
 - 1) Absorptive cellers overflade har børstesøm, der består af mikrovilli, der kan øge overfladen 20 gange yderligere samt der er lokaliseret en række tarmzymer peptidaser, dipeptidaser, tarmlipaser og nukleinsyrespaltende enzymer, der kan transporteres med ind igennem børstesømmen, hvor peptiderne spaltes i cytosolen og udskilles som aminosyrer basolateralt.
 - 2) Tyndtarmens absorptive funktion er at natriumioner pumpes aktivt ud i det basolaterale intercellulærrum af Na/K-pumpen, hvorefter natriumion koncentrationen i absorptive cellen falder, hvilket fremkalder faciliteret diffusion af natriumioner fra lumen ind i cellen som formidles af samporter. Glukose og aminosyrer optages på samme måde, hvorefter glucosen diffunderer faciliteret ud basolateralt ved et ikke-Na-afhængig transporter.
 - 3) Bægerceller udskiller mucin
 - 4) Paneth-celler forekommer i bunden af de lieberkuhnske krypter. Deres funktion kendes ikke.
 - 5) Entero-endokrine celler er karakteriseret ved at indeholde serotonin der stimulerer peristaltik. Desuden kan der lokaliseres hormonet motilin, der bliver udskilt under fasten. Der forekommer også somatostatin producerende celler, der virker parakrint og hæmmer peristaltik.
 - 6) Stamceller forekommer i de Lieberkuhnske krypter.
 - 7) M-celler udgør en funktionel del af det slimhinde-associerede lymfoide væv (MALT)

Colon

- Består af blindtarmen caecum, blindtarmsvedhængen appendix og den egentlige colon.
- Caecum ligger intraperitonealt.
- Overgangen ileocaecalstedet angives på legemsoverfladen som skæringspunktet mellem den højre medioclaviculærlinie og planum intertuberculare.
- Tucina mucosa i tyktarmen har ingen villi, med længere og lige Lieberkuhnske krypter med panethceller. Lamina epithelialis består af enlaget cylinderepitel med mange bægerceller og lave børstesøm. Lamina propria er løst bindevæv med lymfocytter, der gennemtrænger lamina muscularis mucosa.
- Appendix vermiformis har en tynd væg, lille lysning, heller ikke nogen villi, og Lieberkuhnske krypter forekommer i mindre antal. Epithelet er der argentaffine celler. Lamina propria er helt indfiltreret af lymfoide væv. Tela submucosa er løst bindevæv med kar og plexus submucosus. Tunica muscularis består af et tyndt indre cirkulært og et tyndt ydre longitudinalt glat muskulatur med nerveceller. Helt

yderst findes tunica serosa. Appendix har sit eget krøs, mesoappendix, mesenteriolum appendicis vermiformis.

- Colon kan inddeles i fire dele: colon ascendens, transversum, descendens og sigmoideum. Flexura coli dxt. og sin. ligger i hhv. det højre hypochondrium og det venstre hypochondrium. Flexura coli dxt er i berøring med leverens underside, derfor benævnes den også flexura hepatica. Flexura coli sin er i berøring med splen, derfor benævnes flexura splenica og er fæstet til bageste bugvæg med lig. phrenicocolicum.
- Lamina muscularis mucosae består af indre circulært og ydre longitudinelt lag, hvor det ydre danner 3 flade bånd, taeniae coli.
- Imellem er der plexus myentericus og cajals interstitielcelle, der er specialiserede muskelceller, der fungerer som tarmens pacemaker på samme måde som de nodale muskelceller i hjertet.
- Tunica serosa er mesotel med et subserøst bindevæv og danner appendices epiploicae.
- Blodforsyningen foregår ved a. colica dexter et media fra a. mesenterica superior og den anale 1/3 af colon transversum foregår ved aa. colica sin, a. sigmoideae og a. rectalis superior fra a. mesenterica inferior.
- Postganglionære sympatiske nervefibre fra plexusmesentericus superior, og de præganglionære sympatiske fibre fragrænsstrengen overvejende føres gennem nn. Splanchnici thoracici. Fordenbagtarmsderiverede del er det nn. splanchnici lumbales og plexusmesentericus inferior.
- I tyktarmen absorberes elektrolytter og væske, men ikke næringsstoffer. Der tabes lidt vand gennem fæces, ca. 200 ml.
- I tyktarmen er der kraftig vækst af bakterier. Nogle af dem nedbryder galaktose til mælkesyrer. De skaber derved en svag sur reaktion, der forhindrer forrådnelse af tarmindholdet. Andre bakterier kan nedbryde cellulose til mindre sammensatte kulhydrater. Endelig er der nogle bakterier, der gør gavn ved at syntetisere vigtige stoffer som vitamin K.
- De fedtsyrer der bliver dannet i tyktarmen af bakterierne, eller kulhydrater der ikke blev absorberet i tyndtarmen, bliver absorberet her.

Fordøjelseskanaalen i forhold til peritoneum

Milten (intraperitoneal), duodenum (sekundært retroperitoneal undtagen det første stykke af pars superior duodeni), ventriklen (intraperitoneal), ileum (intraperitoneal), jejunum (intraperitoneal), colon ascendens (sekundært retroperitoneal), colon transversum (intraperitoneal med krøs, mesocolon transversum), colon descendens (sekundært retroperitoneal), colon sigmoideum (intraperitoneal), hepar (intraperitoneal bortset fra area nuda, pancreas (sekundært retroperitoneal), nyrene (primært retroperitoneal).

Lukkemuskler gennem mavetarmkanaalen

- Øvre oesophageal sphincter
- Nedre oesophageal sphincter
- Pylorisk sphincter
- Ileocecalstedet
- Internal anal sphincter
- Eksternal anal sphincter

Motilitet

- Segmentale bevægelser – blanding og æltning af maden
- Peristaltiske bevægelser – propulsive bevægelser af maden
- Masseperistaltik
- MMC (Migrating myoelektrisk (eller motor) complex) – rytmiske bevægelser i tyndtarm registrerede under fasten. Renser tarmen for residualt indhold. Hormonet motilin, 22-aminosyre-peptid syntetiseret i duodenal mucosa bliver udskilt under fasten og hæmmes ved fødeindtagelsen.