

Om diet och fasta

Studium efter Shri Shyam Sundar Goswamis föreläsningar sammanställt av Dr. Ulf Jansson, f d överläkare och elev till Shri Goswami.

Innehåll

Inledning (3)

Översikt över matspjälkningsprocessen (3)

Mekaniska funktioner. Sekretion av matspjälkningsvätskor. Enzymatisk spjälkning av organiska näringsämnen. Absorption från matspjälkningskanalen. Matspjälkningskanalens vägg.

Munhålan(7)

Svalget och matstrupen.

Magsäcken (7)

Magsäckens motoriska funktioner. Magsäckens pacemakerceller. Reglering av magsäckskontraktionernas styrka. Sekretion av magsaft. Celltyper i magsäckens slemhinna och deras produkter. Reglering av magsaftssekretionen. Magsaftens spjälkning av näringsämnen.

Bukspottkörteln (12)

Sekretion av vätekarbonatjoner. Bukspottets funktioner. Aktivering av pankreas enzymer. Reglering av bukspottsekretionen.

Levern och gallvägar (14)

Leverfunktioner. Produktion av galla. Gallsyror och gallsalter. Reglering av gallsekretionen. Hormonell återkoppling.

Tunntarmen (18)

Tunntarmens rörelser. Sekretionen i tunntarmen.

Matspjälkning (20)

Kolhydraternas uppbyggnad. Spjälkning av kolhydrater i tunntarmen. Proteinernas uppbyggnad. Spjälkning av proteiner i tunntarmen. Uppbyggnad av fett. Spjälkning av fett i tunntarmen.

Absorption i tunntarmen (25)

Tunntarmens absorptionsyta. Cellmembranet. Passiv membrantransport. Aktiv membrantransport.

Absorption av kolhydrater. Absorption av proteiner. Absorption av fett.

Absorption av vatten.

Absorption av joner. Aktiv transport av natrium. Absorption av kaliumjoner.

Absorption av kloridjoner. Absorption av vätekarbonatjoner i duodenum och

jejunum. Sekretion av vätekarbonatjoner i ileum och grovtarmen. Absorptionen av järn. Absorptionen av kalcium.

Grovtarmen (32)

Absorption. Faeces innehåll. Bakterier. Flatus.

Grovtarmens rörelser. Segmenteringsrörelser. Massarörelser. Antiperistaltiska rörelser. Tömning av ändtarmen.

Transporthastigheten för mat genom matsmältningskanalen.

Om blodet

Om njurarna

Intag av animaliskt protein och brist på träning (37)

Effekter på magtarmkanalen. Om förruttnelse i grovtarmen. Effekter på tunntarm, tolvfingertarm och magsäck. Om "flytande protein". Omvandling av proteiner till fett och kolhydrater enligt fysiologi. Aminosyror. Levern och vävnadsceller buffrar blodets aminosyrekoncentration. Celler i kroppen.

Aminosyror. Proteiner. Plasmaproteiner.

Överskott av födointag och brist på kroppsövningar.

Övervikt. Reglering av energilagren.

Omsättning och lagring av kolhydrater, proteiner och fett (43)

Kort inledning om födans ämnesomsättningsprocesser.

Energiomsättningen i cellerna.

Omsättning och lagring av näringsämnen.

Absorptionsfasen. Glukos. Nedbrytningsprodukter av fett. Aminosyror.

Postabsorptionsfasen. Mobilisering av glykogen från leverns förråd. Nybildning av glukos (glukoneogenes). Användning av fett som energikälla.

Reglering av näringsämnenas omsättning.

Fasta (46)

Allmänt om fasta. Principer vid fasta. Grovtarmsrengöring.

Diet. Mjolk. S S Goswami rekommenderar: 7 punkter.

Jämvikt av syror och baser.

Kompletterande kost: Kolhydrater. Proteiner. Fetter.

Vitaminer. Fria radikaler och antioxidanter.

Mineraler. Spårämnen: Järn

Hur genomförs en fasta praktiskt? (54)

Före fasta. Fasta. Att bryta fasta. Mjöldiet.

Efter fasta: Mjöldiet. Mjolkfruktdiet. Förstoppning.

Kroppsövningar (56)

Åldershänsyn.

Sinnet fungerar genom kroppens förmedling. Cerebration/mentation.

Sensorisk nivå. Vrittis. Karmendriyas/Jnanendriyas. Om blodrening

Facklitteratur (59)

Inledning

Genom fysiologisk träning kan vår komplicerade kropp och dess perfekta nervsystem renas och förfinas, så att det normala sinnesmedvetandet närmar sig ett andligt medvetandetillstånd. Tillvägagångssättet är att välja rätt slags föda, rätt slags aktivitet och att eliminera inflytande av felaktigt slag av föda och aktivitet.

Shri Goswami föreläste teoretiskt om de fysiologiska metoderna att förvärva en stark och vital kropp och därutöver uppnå ett utomsinnligt medvetandetillstånd. Själv levde som han lärde och tillämpade dem praktiskt i sitt eget liv. Ofta återkom han till värdet av diet för rening och vitalitet, vikten av grovtarmsrengöring, effekter på magtarm, den enskilda cellen och kroppssystemen, blodrening, tillvägagångssätt vid fasta, kroppsövningar, andningsövningar, effekt på CNS och metabolisk balans.

Översikt över matspjälkningsprocessen

I den mat vi äter ingår de stora näringsämnesmolekylerna kolhydrat, fett och protein, som måste brytas ned till små molekyler, innan de kan användas för att underhålla energikrävande processer eller ge material för att bygga upp celler i kroppen. Maten måste också innehålla vitaminer som är oumbärliga för ämnesomsättningen. Antioxidanter i maten behövs som skydd mot skador. Det allestädes i kroppen närvarande vattnet och mineralämnena och spårämnena måste tillföras för att ersätta kontinuerliga förluster.

Mekaniska funktioner. Maten sönderdelas genom tuggning i små partiklar, så att enzymerna får en större yta att verka på. Glatta muskler i magsäck och tunntarm drar omväxlande ihop sig och slappar av så att maten blandas med enzymer och kan brytas ned till kymus, matgröt. Nytt innehåll får kontakt med tarmepitelet, som beklär tarmens inre yta, vilket gynnar absorptionen. Samtidigt som innehållet blandas transporteras det genom tarmkanalen i en takt, som gynnar effektiv matsmältning. Fort genom svalget och matstupen, långsamt

genom magsäcken och tunntarmen så att spjälkningen av näringsämnen och absorptionen av produkterna hinns med.

Matspjälkningskanalen har glatta och involuntära (icke viljestyrda) muskler, medan tuggmusklerna, svalgmusklerna och ringmusklerna som kontrollerar tarmtömningen är tvärstrimmiga och voluntära (viljestyrda).

Sekretion av matspjälkningsvätskor. Körtlarna i matspjälkningssystemet utsöndrar såväl stora mängder joner och vatten som enzymer till hålrummen i magen och tunntarmen. Enzymerna härrör från näringsmaterial i kapillärblod. Materialet transporteras genom basalmembranet över i epitelcellerna, som aktivt producerar, förpackar och utsöndrar enzymer. Enzymer spjälkar näringsämnena i tarmlumen. Jonsammansättning och vätejonkoncentration ger de bästa förutsättningarna för enzymatisk aktivitet i de olika delarna av magtarmkanalen. Pepsinet som spjälkar protein i magsäcken fungerar bäst i sur miljö. Sekreten från bukspottkörteln, levern och tunntarmen är alkaliska och neutraliserar därför det sura innehållet från magsäcken. Detta bidrar till att tillståndet i tunntarmen blir optimalt för enzymernas nedbrytning av näringsämnena.

Sekreten produceras från körtlar som bildar trånga hål i matsmältningskanalens vägg och från större körtlar, vilka är belägna utanför själva kanalen, som spottkörtlarna, bukspottkörteln och levern. En vuxen människa producerar dagligen ungefär 7 liter matsmältningsvätskor och 30 gram natriumjoner. Nästan allt vatten, större delen av jonerna och proteinerna absorberas från tarmen när de har gjort sina uppgifter. Aktiv absorption av natriumjoner drar med sig stora mängder negativa kloridjoner och vatten. När proteinerna har brutits ned till sina mindre beståndsdelar, aminosyror, suges de upp igen.

Enzymatisk spjälkning av organiska näringsämnen. Maten innehåller tre energirika näringsämnen i form av kolhydrater, proteiner och fetter, som består av sammansatta, stora molekyler, som inte kan passera genom matsmältningskanalens vägg. De måste först brytas ned av enzymer till små molekyler, som kan transporteras igenom. T. ex. stärkelse består av många glukosmolekyler sammankopplade med bindningar. Enzymer i matspjälkningsvätskorna bryter kemiskt ned bindningarna och frigör glukosmolekyler. Glukos kan i motsats till stärkelse transporteras genom tarmväggen till kroppens celler och användas som kraftkälla och byggmaterial. Cellerna omvandlar energin i näringsämnena till

adenosintrifosfat (ATP), som har kallats det energimynt som cellerna lätt kan använda i sina livsprocesser. Proteinerna i dieten är kemiskt sett långa kedjor av aminosyror, som hålls samman av peptidbindningar. En aminosyra har en aminogrupp i ena änden och en karboxylgrupp i den andra, vilka båda kan användas för att bilda peptider. Vid matsmältningen bryts bindningarna stegvis ned av olika enzymer till aminosyror, som absorberas från tarmen och utnyttjas av cellerna främst som byggmaterial för konstruktioner.

Fetter är inte vattenlösliga och flyter i vatten som fettdroppar, som måste sönderdelas, dvs emulgeras, av gallsalter från levern i ytterst fina droppar för fettnedbrytning. Den sammanlagda ytan är mycket större för många små fettdroppar än för få stora. Ett vattenlösligt fettspjälkande enzym, lipas, från bukspottkörteln kan få kontakt med fettdropparnas yta men kan inte tränga igenom till deras inre. Därför sker fett nedbrytningen endast i gränsytan mellan fett och vattenlösning. Ju större gränsytan är desto snabbare går fettspjälkningen. Emulgering och nedbrytning av fett sker således praktiskt taget enbart i tunntarmen. Absorption av fett likaså.

Genom att maten transporteras genom en rörformad kanal kan näringsämnen brytas ned stegvis under passagen genom hålrummen. Spjälkningen av stärkelse påbörjas i munhålan av ett svagt amylas och fortsätter i tunntarmen med ett starkt amylas från bukspottkörteln. Spjälkningen av proteiner sker stegvis i olika delar av tarmkanalen. I magsäcken bryter saltsyra ned vissa bindningar i bindväven och pepsin spjälkar andra bindningar i kollagenet. I tunntarmen spjälkar olika enzymer från bukspottkörteln i tur och ordning ned särskilda bindningar i proteinmolekylen, tills den har brutits ned till aminosyror och små peptider, som kan passera cellmembranet. Ospjälkat material uttöms genom ändtarmsöppningen.

Näringsämnen i maten är nästan likadant uppbyggda som kroppens molekyler och i vissa fall identiska. Därför måste kroppen företa vissa åtgärder för att skydda sig mot att enzymer, som bryter ned maten, inte också angriper magtarmkanalens egen vävnad.

Absorption från matspjälkningskanalen. När de energirika organiska näringsämnen har brutits ned till små molekyler absorberas de jämte vitaminer, antioxidanter, joner och vatten nästan fullständigt från tunntarmens lumen. Absorptionen sker genom epitelet till lymfan eller blodet antingen passivt genom

diffusion eller aktivt genom att ATP hydrolyseras till ADP och oorganiskt fosfat plus energi. Glukos och aminosyror upptas i levern för lagring eller skickas direkt vidare i venblodet. Fetter kan inte passera genom kapillärernas endotel utan forslas vidare i lymfan, som töms i venblod och därmed undgår att först passera levern. Vid ordinärt kostintag absorberas så mycket som 95 % av de intagna näringsämnen och resten är faeces som avförs. Om man äter mycket vegetabilier, som inte kan spjälkas i tarmen, ökar denna andel.

Merparten av **matspjälkningskanalens vägg** byggs upp av

1. *serosa* som tillåter att många av bukhålans organ förskjuts i förhållande till varandra och bukväggen .
2. *muskularis* som består av ett yttre, tunnare skikt av glatta muskler och ett inre, tjockare. Aktiviteten i de två muskelskikten resulterar i blandning och framdrivning (peristaltik) av tarminnehållet. Mellan skikten ligger *plexus myentericus*, det ena av kanalväggens två nätverk. Nervcellerna bildar synapser, omkopplingsställen , med varandra och med nervceller i det andra nätverket, *plexus submucosus*, som ligger i submukosan.
3. *submukosa*, som innehåller blod- och lymfkärl och *plexus submucosus*. Nervcellerna i de båda nervplexa bildar tillsammans matspjälknings-kanalens "eget" nätverk, det enteriska.
4. *mukosa*, slemhinnan, som består av a) ett tunt lager av glatta muskelceller (*muscularis mucosae*). Muskelcellerna kan dra sig ihop eller slappna av och ändra på formen av tarmens inre yta. Formförändringarna orsakar rörelser i tarminnehållet så att absorptionshastigheten ökar.
b) ett luckert bindvävsskikt, som innehåller små arterioler, kapillärer, venoler och lymfkärl, vilka transporterar näringsämnen genom tarmepitelet. Lymfvävnad bidrar till att hämma bakteriespridning.
c) innerst bekläds tarmen av ett enkelt lager av cylinderformade epitelceller, som förbinds tätt med varandra. Det sammanhängande lagret av epitelceller utgör absorptionsytan för näringsämnena och skyddar mot att bakterier och giftiga ämnen tar sig igenom. Epitelcellerna utbyts efter 2-3 dagar, vilket också bidrar till försvar. De enskilda epitelcellerna har också särskilda uppgifter. De flesta deltar i absorptionen, dvs transporterar näringsämnen från tarmens lumen till blodkärl och lymfkärl. Andra epitelceller bidrar till att tillverka matspjälknings-

sekret, som behövs för att bryta ned stora näringsämnen i små som kan tas upp. Vissa epitelceller framställer hormoner, som deltar i styrning av ämnesomsättningsprocesser. I magsäcken och tarmen finns inbuktningar av epitelet som bildar rörformade körtlar. Celler som producerar matspjälkningssekret eller hormoner ligger i de rörformade körtlarna, medan de celler som absorberar ingår i epitelets fria yta mot tarminnehållet.

Munhålan

I munhålan tuggas maten sönder i små bitar så att matsmältningsenzymernas angreppsytta ökar. Spottkörtlarna producerar under ett dygn c:a 1,5 liter saliv bestående av 99% vatten och 1% joner och organiska föreningar. Saliven innehåller mucin, som underlättar sväljning och skyddar epitelceller mot skada, enzymet amylas, som påbörjar spjälkningen av stärkelse, enzymet lysozym och antikroppar, som angriper bakterier i munhålan, samt vätekarbonat i saliven, som neutraliserar syror som produceras av bakterier i munhålan och motverkar därmed att syrorna löser upp tandemaljen.

Maten sväljs ned från munhålan till matstrupen, som transporterar maten till magsäcken genom peristaltiska kontraktioner. Ovanför maten blir matstrupens lumen trängre, medan den utvidgas nedanför. Detta trycker maten nedåt i matstrupen och in i magsäcken.

Magsäcken

Magsäckens motoriska funktioner. Magsäcken, som rymmer 1-1,5 liter, fortsätter att bearbeta maten mekaniskt genom muskelkontraktioner och kemiskt genom magsaften, som innehåller saltsyra och pepsin. Svaga sammandragningar av magsäcksväggen i den övre delen, *canalis digestorius*, utvecklas till starka i den nedre delen, *canalis ejectorius*. Öppningen mellan magsäcken och tolvfingertarmen är delvis tillsluten av en *musculus sphincter pylori*. De kraftiga kontraktionerna kastar tillbaka magsäcksinnehållet mot den övre delen och blandar innehållet med magsaften och sönderdelar små matbitar i mindre partiklar. Detta bildar en tunn matgröt, kymus, som i små portioner kan pressas över i tolvfingertarmen.

Magsäckens pacemakerceller. I en skara glatta muskelceller i den övre delen av magsäcken försiggår upprepade, spontana svängningar i den elektriska membranpotentialen c:a 5 gånger per minut. Normalt är depolarisationen så svag att membranpotentialen inte når tröskelvärdet och därmed utlöses inga aktionspotentialer och muskelkontraktioner. Särskilda hormoner och acetylkolin kan emellertid depolarisera muskelmembranet ytterligare så att utöver de långsamma svängningarna i membranpotentialen också utlöses aktionspotentialer. Aktionspotentialerna beror på att spänningsstyrda kalciumjonkanaler i muskelmembranet öppnas och kalciumjoner strömmar in i muskelcellen och utlöser kontraktioner genom att aktin- och myosinmolekyler glida längs varandra. Aktionspotentialer uppstår alltid i den mest depolariserade perioden av de långsamma svängningarna i membranpotentialen. Ju mer depolariserat membranet är desto fler aktionspotentialer utlöses under varje långsam depolarisering. Aktionspotentialerna sprids genom öppna cellförbindelser från cell till cell i glatt muskelvävnad.

De långsamma svängningarna i membranpotentialen har nästan konstant frekvens och därmed varierar magsäckens kontraktionsfrekvens inte nämnvärt. Styrkan i magsäckens kontraktioner ökar däremot med antalet aktionspotentialer för varje långsam membransvängning, ty detta avgör hur stor mängd kalciumjoner som strömmar in i cellerna. Och antalet aktionspotentialer är från sitt håll beroende av nervös och hormonell påverkan på cellerna.

Reglering av magsäckskontraktionernas styrka. Magsäckens tömningsfart styrs av styrkan i kontraktionsvågorna och hur öppen den nedre magmunnen är. Pylorusringens muskel förblir emellertid svagt sammandragen nästan hela tiden. Hur starka kontraktionerna blir bestäms av samverkan mellan stimulerande mekanismer, som utlöses i magsäcken och hämmande mekanismer som utlöses i tolvfingertarmen. De olika faktorerna påverkar membranpotentialen hos magsäckens pacemakerceller.

Magsäckens tömningshastighet stimuleras från mekanismer i magsäcken själv. Nervösa signaler utlöses när magsäcken vidgas under en måltid. Sinnesceller i magsäcksväggen aktiveras och det utlöser korta reflexer i själva magsäcksväggen och långa reflexer genom vagusnerven så att acetylkolin frisätts. Under

den första delen av en måltid ökar farten på uttömningen. När volymen minskar avtar också kontraktionsstyrkan och tömningshastigheten.

Magsäckskontraktionerna stimuleras också av hormonet gastrin, som frisätts från epitelceller i magsäckens pylorusdel, när maten kommer ned i magsäcken. Gastrin har dock bättre effekt på produktionen av magsaft.

Mekanismer i tolvfingertarmen. Tolvfingertarmen måste främst själv se till att magsäcken inte tömmer över mer mat än tunntarmen kan klara av att ta emot, emulgera, spjälka och absorbera.

Magsäckstömningen kan därför bromsas av flera duodenala faktorer såsom ökat tryck i tolvfingertarmens lumen, irritation av slemhinnan, hög koncentration av vätejoner (lågt pH), högt fettinnehåll och hög koncentration av peptider.

Hämmande effekt av *enterogastriska nervösa reflexer* från tolvfingertarmen. När för mycket mat från magsäcken kommer in i tolvfingertarmen utlöses många reflexer från sinnesceller i duodenalväggen. Dessa reflexer bromsar uttömningen genom att de hämmar kontraktionerna i magsäckens glatta muskler och delvis sluter pylorusmuskeln. Reflexerna tar främst följande vägar: 1) korta reflexer i de enteriska nervplexa i tarmväggen, där motoriska nervändslut frisätter hämmande transmittorsubstanser, 2) långa reflexer, som går till sympatiska prevertebrala ganglia och sedan tillbaka genom hämmande sympatiska nervfibrer till magsäcken 3) troligen också i viss utsträckning långa reflexer, som går genom vagusnerven till förlängda märgen, där de hämmar de normala stimulerande motoriska impulserna till magsäckens glatta muskler genom vagusnerverna. Om ett överskott av vätejoner i duodenum inte neutraliseras av vätekarbonatjoner motverkas matspjälkningen, eftersom de digestiva enzymerna inte fungerar vid hög vätejonkoncentration. Hämningen av magsaftstömningen fortsätter tills vätejonerna är neutraliserade av tunntarmens alkaliska sekret.

Sekretion av magsaft. Mucinproducerande celler täcker hela ytan i magtarmkanalen och skyddar mot mekanisk och kemisk skada.

Epitelcellerna bildar också djupa, delvis förgrenade körtelrör in i magsäckens vägg. Merparten av magsaften upp till nästan 2 liter per dygn bildas i rörkörtlarna i magsäckens övre och mellersta delar. Dessa körtlars utförsgång mynnar i magsäcken i en trång öppning, körtelhalsen. De mucinproducerande cellerna är lokaliserade i körtlarnas hals. Längre in i körtlarna påträffas parietal-

celler, som producerar saltsyra, vilket bryter ned muskelfibrer, bindvävsfibrer och i växtceller väggar, aktiverar pepsinogen så att aktivt pepsin bildas och dödar bakterier. Parietalceller utsöndrar också *intrinsic factor*, ett protein som behövs för absorptionen av vitamin B 12. Längre in i körtlarna finns också *huvudceller*, som framställer inaktivt pepsinogen. När pepsinogen påverkas av det sura magsäcksinnehållet avspjälkas en peptid så att aktivt pepsin bildas. Pepsin spjälkar protein genom att bryta ned vissa peptidbindningar. Det bryter ned kollagen, som ingår i den bindväv som omger muskelcellerna i kött. Bland övriga epitelceller hittas också enterokromaffinliknande (*ECL-celler*), som när de stimuleras frisätter ett hormon histamin, vilket direkt påverkar närliggande parietalceller att producera saltsyra.

I magsäckens nedre del lokaliserar *G-celler*, som producerar ett hormon gastrin. Vid stimulering frisätter G-cellerna gastrin till blodet så att saltsyrasekretionen och magsäckens kontraktioner stimuleras.

Parietalcellernas produktion av saltsyra. Koldioxid och vatten inne i en magsäckskörtels parietalceller bildar kolsyra. Vatten dissocierar till vätejoner och hydroxyljoner. Genom primär aktiv transport överförs vätejoner till körtelns lumen, medan hydroxyljoner neutraliseras av vätejoner som kommer från dissociering av kolsyra. För varje vätejon som transporteras till körtelns lumen överförs en vätekarbonatjon till blodet.

Reglering av magsaftens sekretion. Magsaftssekretionen styrs på i stort sett lika sätt som magsäckens kontraktioner. Acetylkolin, gastrin och histamin har alla tre en direkt stimulerande effekt på körtelcellerna i magsäcken och förstärker varandras verkan. Acetylkolin stimulerar huvudcellerna, parietalcellerna och de slemproducerande cellerna, medan gastrin och histamin i synnerhet stimulerar parietalcellernas sekretion av saltsyra.

Huvudfasen i regleringen av magsaftsekretionen inträffar redan innan maten kommit ned magsäcken. Den följer av syn, lukt, smak av eller tanke på mat. Nervsignaler som ger upphov till magsekretionen börjar i hjärnbarken och i aptitcentra i mandelkärnan (*amygdala*) och hypotalamus. De överförs via vagus nervens motoriska kärnor i förlängda märgen (*medulla oblongata*) och vidare genom vagusnerverna till magsäcken.

Nervimpulserna i n. vagus stimulerar körtelcellerna i de övre två tredjedelarna av magsäcken direkt till ökad sekretion. Huvudcellerna frisätter pepsinogen,

parietalcellerna producerar saltsyra och ECL-cellerna frisätter histamin. Samtliga stimulerar magsaftsekretionen.

Dessutom stimulerar vagala nervimpulser G-celler i den nedre tredjedelen av magsäcken att frisätta gastrin till blodet, som transporteras till parietalceller i de övre två tredjedelarna av magsäcken, något som ökar saltsyreproduktionen.

Magsäcksfasen. När maten kommer ner i magsäcken spänns magsäcksväggen ut samtidigt som det bildas peptider vid proteinnedbrytningen i magsäcken. Dessa förändringar stimulerar sinnesceller i magsäcksväggen och utlöser

1) långa vagovagala reflexer från magen till förlängda märgen och tillbaka till magsäcken, 2) korta enterala reflexer där de efferenta nervfibrerna slutar nära körtelcellerna och frisätter acetylkolin, som stimulerar sekretionen av magsaft under åtskilliga timmar, medan mat finns kvar i magsäcken.

Hormonell stimulering. Peptider frisätter främst gastrin genom att direkt påverka de gastrinproducerande cellerna. Dessutom frisätts gastrin både via nervimpulser i vagusnerven och genom korta reflexer i magsäckens nedre tredjedel. Gastrinet transporteras i blodet till parietalcellerna, som stimuleras till ökad magsaftsekretion. Histamin som frisätts från histaminproducerande celler stimuleras också.

När parietalcellerna efter en måltid påverkas av acetylkolin, gastrin och histamin produceras saltsyra med högsta fart.

Hämning av magsaftsekretinen. De signaler från tolvfingertarmen som hämmar magsäckens kontraktioner hämmar i stort sett också sekretionen av magsaft. Även magsäcken själv har en egen broms för magsekretionen. När pH i magsäckens kymus har sjunkit ned mot 2,0 avstannar frisättningen av gastrin nästan helt. Detta bidrar till att magsäckens slemhinna skyddas mot frätskador från för höga saltsyrenivåer.

Magsäckens spjälkning av näringsämnen. I den övre delen av magsäcken är kontraktionerna svaga och maten blandas i centrum av matinnehållet i ringa utsträckning med magsaft. Amylas som i munhålan tillförts maten kan därmed fortsätta att bryta ned stärkelse innan dess enzymaktivitet blockerats av för hög vätejonkoncentration. I den nedre delen av magsäcken blandas kymus väl med

saltsyra och pepsin och därmed kan pepsin först och främst här få en proteinspjälkande effekt. Pepsin bryter ned kollagen, som ingår i den bindväv som omger muskelceller i kött. Kollagenet måste brytas ned, innan proteinerna i muskelcellerna kan spjälkas. Även saltsyra är här verksam med att bryta ned muskelfibrer, bindvävsfibrer och växtcellsväggar.

Bukspottkörteln

Tunntarmen är 4-6 m lång. Dess övre del kallas tolvfingertarmen (*duodenum*). Där blandas födan med bukspott från bukspottkörteln, galla från levern och tarmsaft från körtlar i tarmväggen. Dessa tarmsafter medverkar till födans nedbrytning till enklare beståndsdelar som sedan tas upp av lymfan och blodet.

Bukspottkörteln (pankreas) är en både endokrin och exokrin körtel. Den endokrina delen producerar insulin och glukagon, som reglerar glukosomsättningen. Den exokrina delen består av blåslänkande utvidgningar (acini) invändigt beklädda med ett skikt epitelceller, som utsöndrar pancreaszymer. Från acini går fina och så småningom grövre utförsgångar, som utsöndrar joner och vatten. Sekretet från utförsgångarna samlas vartefter i en gemensam stor utförsgång som leder innehållet till *duodenum*. Pankreasgången förenas med leverns gallgång strax före mynningen i tolvfingertarmen, där det töms en blandning av bukspott och galla i tarmen.

Sekretion av vätekarbonatjoner. Bukspottkörtelns små utförsgångar bekläds av ett encelligt epitel, som från blodet tar upp koldioxid och vatten, som med hjälp av ett enzym bildar kolsyra. Kolsyran dissocieras i vätejoner, som aktivt transporteras till blodet och vätekarbonatjoner, som aktivt transporteras till utförsgångarnas lumen och genom osmos drar med vatten så att volymen ökar och utflödet till tolvfingertarmen tilltar.

Bukspottets funktioner. Bukspottets höga halt av vätekarbonatjoner kan neutralisera den sura kymus, som kommer över i tolvfingertarmen från magsäcken. Den skyddar därmed tolvfingertarmens slemhinna från frätskador av

surt tarminnehåll och åstadkommer en optimal koncentrationen av vätejoner för pankreasenzymerna.

Bukspottkörteln (pankreas) producerar multipla enzymer, som kan spjälka kolhydrater, fett och proteiner. Enzymerna från bukspottkörteln kan nästan helt bryta ned näringsämnen i maten även om andra matspjälkningsvätskor fattas.

Amylas spjälkar polysackarider som stärkelse och glykogen till maltos och korta glukoskedjor.

Lipas spjälkar fett och avspjälkar fettsyran i position 1 och position 3 från triglycerider, så att det bildas fria fettsyror och monoglycerid. *Fosfolipas* spjälkar fosfolipider och avspjälkar fettsyran i position 2 från fosfoliper som lecitin.

Pankreasenzymerna spjälkar proteiner. Trypsin(ogen), kymotrypsin(ogen) och (pro)elastas spjälkar inre peptidbindningar. (Pro)karboxypeptidas avspjälkar aminosyror vid proteinets karboxylände. Ribonukleas spjälkar RNA till nukleotider. Deoxiribonukleas spjälkar DNA till nukleotider.

Aktivering av pankreasenzymer. De proteinspjälkande enzymerna från bukspottkörteln produceras och utsöndras från körtelcellerna i inaktiv form. I duodenum lumen kommer trypsinogen i kontakt med ett enzym kallat enterokinas, som bildas av epitelceller i tunntarmen, när kymus kommer i kontakt med mukosan. Enterokinas spjälkar av en del av trypsinogenmolekylen så att aktivt trypsin formas. Det först formade trypsinet aktiverar i sin tur nya trypsinogenmolekyler. Det är således självförstärkande, dvs autokatalytiskt. Dessutom påverkar trypsin inaktiva förstadier (proenzymer) av andra proteinspjälkande enzymer så att dessa blir aktiva enzymer.

Det är ändamålsenligt att de proteinspjälkande enzymerna i pankreas-saften inte blir aktiverade förrän de har utsöndrats till tarmlumen där näringen finns, eftersom trypsinet och de andra aktiva enzymerna skulle ha spjälkat pankreas egen vävnad. Lyckligtvis bildar samma celler, som utsöndrar proteinspjälkande enzymer till acini i pankreaskörtlarna, samtidigt en annan substans som kallas trypsinhämmare. Denna substans förhindrar angrepp på själva körtelcellerna och utförsgångarna.

Reglering av bukspottsekretionen. Redan när man tuggar maten och den sedan kommer ned i magsäcken ökar aktiviteten i vagusnervens fibrer, som via tarmens egna nervplexa frisätter acetylkolin, som ökar sekretionen av magsaft,

tarmsaft, bukspott och galla. Efter att surt kymus lämnar magsäcken och kommer ner i tunntarmen blir bukspottsekretionen riklig huvudsakligen som svar på hormonet sekretin.

Sekretin är en polypeptid som utsöndras från specialiserade epitelceller i tolvfingertarmen till blodet när innehållet är surt av magsäckens saltsyra. Sekretinet transporteras med blodet till epitelceller i pankreas utförsgångar. Epitelcellerna utsöndrar vätekarbonatjoner och vatten i riklig mängd.

Vätejonerna neutraliseras av vätekarbonatjoner och efterhand som vätekoncentrationerna minskar avtar stimulus för sekretininsöndringen och produktionen av bikarbonatjoner minskar.

Kolecystokinin (CCK) är en polypeptid som frisätts från andra specialiserade epitelceller i tolvfingertarmen och tunntarmen till blodet. Kolecystokinin utlöser sekretion av enzymrikt bukspott från körtelcellerna i tolvfingertarmen till pankreas utförsgång och framkallar dessutom kontraktion av gallblåsan. Sekretionen av kolecystokinin ökar när koncentrationerna av spjälkningsprodukterna av proteiner (peptider och aminosyror) och fett (fettsyror och monoglycerider) ökar i tolvfingertarmen. Enzymerna leder till att det bildas mer av nedbrytningsprodukter och detta medför att utsöndringen av CCK och enzymer ökar ännu mer. Enzymutsöndringen fortsätter så länge tolvfingertarmen tillförs näringsämnen från magsäcken.

Lever och gallvägar

Levern väger c:a 1,5 kg. Den är uppbyggd av rader av leverceller (hepatocyter), som sprids ut från en centralven. Grenar av portådern och av leverartären från aorta leder blod till de ganska vida leverkapillärerna (sinusoider). Intill sinusoidernas vägg ligger makrofager (Kupffers celler), som angriper bakterier. Gallkapillärerna mellan levercellerna övergår i gallgångar, som vartefter blir större. Blod från sinusoiderna avflyter i små vener, centralvener, som i sin tur mynnar i *venae hepaticae*.

Mellan rader av leverceller och omgivande sinusoiders vägg bildas ett rum (Spaces of Disse) innehållande interstitialvätska (*interstitium* betyder mellanvägg t.ex. mellan celler eller cellhopar i ett organ eller en vävnad), som avflyter

genom lymfkärl. Sinusoidernas endotel är emellertid fenestrerat, vilket tillåter ett fritt utbyte av stora molekyler, som proteiner, mellan leverceller och blodet.

Leverfunktioner. Levercellerna producerar galla, som är nödvändig för spjälkning och absorption av fett. Levern är det viktigaste organet i kroppen, som hanterar näringsämnen efter att de spjälkats och upptagits från tarmen till blodet. Se senare kapitel om omsättning och lagring av koldhydrater, fett och äggviteämnen. T.ex. upptar levern ungefär 2/3 av glukosen och 1/3 av proteinerna från blodet, innan de når den allmänna cirkulationen så att stora svängningar av plasmakoncentrationerna undviks.

Levern omformar eller lagrar vitamin A, D och B12, mineraler och antioxidanter. Den lagrar järn i form av apoferritin. Den utsöndrar bilirubin och andra gallfärgämnen. Levercellerna binder bilirubin till glukuronsyra och bildar en vattenlöslig förening som utsöndras i gallan.

Den producerar kolesterol, som utsöndras både till blodet och till gallan.

Den utsöndrar många kroppsegna och kroppsförämmande ämnen genom gallan. Den omformar och inaktiverar många ämnen bland annat hormoner, giftämnen och läkemedel. Flera omformas så att de bli mer vattenlösliga och därmed lättare kan utsöndras genom urin eller galla.

Den producerar transportproteiner, som binder hormoner och transporterar dem i blodet. Den producerar de flesta plasmaproteinerna.

Den producerar många koagulationsfaktorer.

Produktion av galla. Levern producerar ett svagt guldfärgat sekret, galla, som utsöndras i små kanaler mellan de enskilda levercellerna, gallkapillärer. Levercellens cellmembran fungerar som vägg i dessa små kanaler och är småveckad. Cellmembranet närmast kanalväggen är avstängt från resten av cellmembranet genom täta cellförbindelser. Den mest betydande beståndsdel i gallan är gallsalterna, som transporteras aktivt från leverceller över i gallkapillärer. Täta cellförbindelser förhindrar att gallsalterna läcker från gallkapillärerna till extracellulärvätskan, som omger levercellerna. Gallan flyter genom gallkapillärer, som successivt blir större och slutligen sammanförs i en gemensam gallgång (*ductus choledochus*). Gallgången förenas med pankreasgången strax före

myningen i duodenum. Från gallgången leder en gång till ett litet hålrum under levern, gallblåsan.

Lagring och koncentration av galla i gallblåsan. När ingen matspjälkning pågår i tunntarmen är gallblåsan avslappad och gallan leds över till gallblåsan, där den lagras och koncentreras. Samtidigt förhindras utflöde från gallgångsmynningen i duodenum av en ringmuskel av glatta muskler (Oddis sphincter), som drar ihop sig. Absorptionen i gallblåsan orsakas av att natriumjoner, kloridjoner och vätekarbonat joner aktivt transporteras från blåsan till blodet, medan vatten dras med genom osmos. Nästan alla andra utsöndrade substanser utom dessa joner återabsorberas inte och blir därför högt koncentrerade i gallblåsegallan, särskilt gallsalter, fosfolipiden lecitin, kolesterol och bilirubin.

Gallsyror och gallsalter. Gallsalterna spelar en huvudroll vid spjälkningen och absorption av fett. De hjälper till att emulgera stora fett droppar till ytterst små, vilkas yta kan angripas av fettspjälkande enzymer i bukspott och de bidrar till att absorbera ändprodukter av fettspjälkningen genom tunntarmsepitelet.

Levercellerna syntetiserar gallsalter. Föregångaren är kolesterol, som finns i födan eller syntetiseras i levercellerna under fettomsättningen. Kolesterol ombildas till gallsyror, som binds till bestämda aminosyror. Detta medför att gallsyrorna huvudsakligen föreligger i joniserad form, som gallsalter. Fosfolipider och kolesterol utsöndras också av leverceller. Fosfolipiden lecitin föreligger i joniserad form och bidrar också till fettnedbrytning.

Gallsalterna transporteras aktivt från levercellerna och över i galla. Det sekret som primärt utsöndras från levercellerna späds sekundärt på, när det strömmar genom utförsgångarna. Epitelcellerna som beklär de små kanalernas lumen utsöndrar en vattmig lösning av natrium- och vätekarbonatjoner över i gallan. Gallvolymen kan därmed fördubblas och koncentrationen av vätekarbonatjoner kan bli betydligt högre än i blodplasma.

Gallsalterna fungerar så här. Den ena sidan är negativt laddad och vattenlöslig, hydrofil, medan den andra är vattenavstötande, hydrofob. Gallsaltmolekyler i vatten har en benägenhet att bilda aggregat, miceller, genom att de vänder sin hydrofoba sida inåt och bort från vattnet, medan den negativa, hydrofoba vänds mot vattnet. Bildning av miceller inträffar när koncentrationen av

gallsaltmolekyler överstiger en viss nivå. Fosfolipider och kolesterol löser sig i micellens inre, hydrofoba del.

Gallsalterna är i motsats till fettsyror inte fettlösliga. De absorberas därför i liten utsträckning från tunntarmen genom diffusion. Gallsalterna kan därmed sköta sina uppgifter att bidra till spjälkning och absorption av fett längs hela tunntarmen, innan de aktivt absorberas i slutet av tunntarmen till portåderns blod och returneras till levern, där de på nytt utsöndras med gallan. En liten förlust av gallsalter sker också via avföringen. Förlusten utgör c:a 5 % av den mängd som levern utsöndrar och ersätts genom nybildning i levercellerna.

Reglering av gallsekretionen. Gallsekretionen stimuleras vid ökad parasympatisk aktivitet i vagusnerven och genom påverkan av sekretin i samband med måltid.

Levercellernas tillgång på gallsalter är emellertid den främsta anledningen till ökad gallsekretion. Gallsalterna som levercellerna aktivt utsöndrar i gallkapillärerna härrör från två källor. Delvis absorberas de från sinusoider via vävnadsvätskan och delvis nybildas de i levercellerna. När gallsalter aktivt utsöndras i de minsta gallgångarna uppstår en osmotisk tryckskillnad mellan lumen i gallgångarna och den omgivande vävnadsvätskan. Vatten och lågmolekylära ämnen dras därmed från vävnadsvätskan genom de täta cellförbindelserna och över i gallkapillärerna. Efter en måltid när koncentrationen av gallsalter stiger i portavenen utsöndras mer gallsalter av levercellerna och ökar därmed gallvolymen. Mellan måltiderna lagras och koncentreras gallsalterna i gallblåsan, vilket medför att plasmakoncentrationen är låg och produktionen av galla i levern liten.

Surt innehåll i tolvfingertarmen reglerar frisättningen av sekretin, som utöver att öka utsöndringen av vätekarbonatjoner i bukspottkörteln också ökar produktionen av vätekarbonatjoner och volymen av galla i leverns gallgångar.

Hormonell återkoppling. I tunntarmen produceras flera hormoner, som bildas från endokrina celler belägna bland övriga epitelceller, vilka bekläder tunntarmen. Undantag är vasoaktiv intestinal peptid (VIP), som produceras i nervceller. Varje typ av endokrin cell har en huvudsaklig lokalisering, fordrar särskilda stimuli för frisättning av hormoner och utför bestämda uppgifter. De

frisatta hormonerna överförs till blodet, som forslar dem till målcellerna, där de stimulerar eller hämmar aktiviteten.

Magsäckstömningen bromsas av flera hormoner som frisätts från epitelceller i första delen av tunntarmen. Den verksammaste tycks vara kolecystikinin (CCK), som frisätts från jejunums slemhinna som svar på fettsubstanser och aminosyror i kymus. Detta hormon verkar genom att blockera ökad magsäcksrörlighet orsakad av gastrin. Sekretin frisätts främst från duodenal slemhinna som respons på saltsyra uttömd från magsäcken genom pylorus. Den bromsar magsäckstömningen. Gastrisk inhibitorisk peptid. (GIP) frisätts från den övre delen av tunntarmen som svar på fett och glukos. Den hämmar tömning av magsäcken. Dess viktigaste effekt är troligen att stimulera insulinproduktionen från bukspottkörteln.

Fettnedbrytningen är begränsad till tunntarmen och sker långsamt. Efter en fettrik måltid dröjer det innan fettets brutits ned och bortskaffats från tunntarmens översta del så att mer mat kan tas emot från magsäcken. Surt innehåll i tolvfingertarmen hämmar också magsäckstömningen. Vätejoner frisätter emellertid sekretin från epitelceller i duodenum. Sekretinet utlöser sekretion av vätekarbonatrikt bukspott, som neutraliserar saltsyran och avlägsnar hämningen av magsäckstömningen. Fett och peptider överförs därmed till tolvfingertarmen och utlöser från epitelceller frisättning av kolecystikinin (CCK) till blodet. CCK frisätter sekretion av fettspjälkande enzymer i bukspottkörteln och utlöser kontraktion av gallblåsan samtidigt som ringmuskeln, Oddis sfinkter, i gallgångens mynning i duodenum slappnar av. När ingen matspjälkning pågår i tunntarmen är Oddis sfinkter i duodenum stängd, medan gallblåsan är avslappad. Därmed transporteras gallan till gallblåsan, där innehållet inklusive gallsalter koncentreras.

Tunntarmen

Tunntarmen är 3 m lång. Dess övre del kallas tolvfingertarmen eller duodenum. Där blandas födan med bukspott från bukspottkörteln, galla från levern och tarmsaft från körtlar i tarmväggen. Dessa tarmsafter medverkar till födans nedbrytning till enklare beståndsdelar som sedan tas upp av lymfan och blodet.

Tunntarmens rörelser. När kymus kommer ner i tunntarmen uppträder *segmenteringsrörelser*, som blandar innehållet. De utlöses i glatta muskelceller som har långsamma svängningar i vilomembranpotentialen. Om depolariseringen blir tillräckligt stor utlöser de långsamma svängningarna serier av aktionspotentialer, som i sin tur utlöser kontraktion av muskelcellerna. Frekvensen av aktionspotentialer påverkas av autonoma nervsystemet och hormoner. Segmenteringsrörelserna är ringformade kontraktioner som delar innehållet i nästan jämna mellanrum i en del av tarmen. Kontraktionerna efterföljs av nya kontraktioner nära mitten av de nybildade segmenten. Segmenteringsrörelserna flyttar tarmens innehåll fram och tillbaka så att det blandas effektivt med matsmältningsvätskorna. När det mesta av näringsämnen har absorberats från tunntarmen, ersätts segmenteringsrörelserna av *peristaltik* med oregelbundna perioder, där varje kontraktionsvåg börjar litet längre ned i tarmen jämfört med föregående. Detta aktivitetsmönster kallas det *migrerande myoelektriska komplexet (MMC)*. Det tömmer tunntarmen på rester av föregående måltid, avstötta epitelceller och bakterier troligen för att avstyra att grovtarmsbakterier invaderar tunntarmen.

MMC-peristaltiken styrs främst av tarmens eget nervsystem. De flesta av de motoriska nervcellernas fibrer är parasympatiska som frisätter acetylkolin, som stimulerar glatta muskler men några av nervcellerna frisätter neuropeptider, som hämmar muskelcellerna. När kymus närmar sig en del av tunntarmen aktiveras båda typerna av nervceller. Nedanför kymus kontraheras det längsgående muskelskiktet medan det cirkulära skiktet slappar av, så att tarmdelen blir kortare och vidare. Ovanför kymus kontraheras det cirkulära muskelskiktet och slappar det längsgående muskelskiktet av. Det gör att tarmen ovanför kymus blir trängre så att kymus ganska motståndslöst skjuts mot den utvidgade tarmdelen. Dessa förändringar fortplantar sig tills den peristaltiska rörelsen avstannat.

Tömning av tunntarmen. Där tunntarmen mynnar ut i grovtarmen är öppningen försedd med en kraftig ringmuskel, som vanligen är stängd genom lokala reflexer. När kymus kommer över i änden av tunntarmen slappar sfinktern av och innehållet föres ut i grovtarmen. Därmed vidgas grovtarmen och det får

reflektoriskt sfinktern att sluta till, så att återflöde av innehåll till tunntarmen förhindras. Ett kraftigt slemhinneveck bidrar till att täcka öppningen.

Sekretion i tunntarmen. Över tunntarmens yta är lokaliserade tarmludd (*villi*), mellan vilka bildas små hålformade gropar kallade Lieberkyhns kryptor. Ytorna är täckta av ett måttligt antal slemceller, som producerar skyddande mucus, och av ett encelligt skikt av ett stort antal epitelceller.

Epitelcellerna som täcker tarmens insida lever bara i 2-3 dagar. Nybildning av epitelceller sker från botten av de talrika djupa körtlarna. Vartefter nya epitelceller bildas skjuts de mot ytan, där de avstöts.

Cellerna nere i körtlarnas fickor producerar tarmsaft, medan epitelcellerna på tarmluddet står för absorption. Detta vätskeflöde från kryptorna till villi blir bärare av vatten för absorptionen av substanser från kymus. Tarmsaften består av vatten, natriumjoner och vätekarbonatjoner och slem. Ungefär 1.5 liter lätt alkaliskt tarmsaft produceras på ett dygn.

Epitelceller i mikrovillis membran, särskilt de på toppen av villi, innehåller födoämnespjälkande enzymer, som spjälkar speciella substanser, medan dessa absorberas genom epitelet. Dessa enzymer är följande: 1) åtskilliga peptidaser för att spjälka små peptider till aminosyror, 2) tre enzymer sackaras, laktas och maltas för att spjälka disackariderna till monosackarider och 3) små mängder tunntarmslipas för att splittra triglycerider till monoglycerider och fettsyror.

Matspjälkning

De viktigaste födoämnen som kroppen lever av är kolhydrater, äggviteämnen och fett samt vatten, mineraler, vitaminer, antioxidanter och spårämnen. De tre förstnämnda kan inte absorberas genom tarmslemhinnan i sin naturliga form utan måste spjälkas till tillräckligt små ämnen för absorption. Spjälkningsprocessen beskrivs först och sedan de mekanismer genom vilka ändprodukterna av matspjälkningen såväl som vatten, elektrolyter och andra ämnen absorberas.

Kolhydraternas uppbyggnad. Kolhydrater består av kol, väte och syre. De sätts samman till enkla kolhydrater kallade *monosackarider*. Oftast

förekommande är glukos, fruktos och galaktos, som innehåller sex kolatomer i kolskelettet. De kan antingen ha en öppen struktur eller bilda en sluten ring. I den öppna syns tydligare en karbonylgrupp - CHO och en hydroxylgrupp - OH. Den öppna strukturen kan variera mellan olika vinklade former. Molekylens ändrar kan därför komma så nära intill varandra att de reagerar och bildar en sluten ring.

När två molekyler av glukos kombineras genom kondensation förlorar den ena glukosmolekylen en vätejon och den andra en hydroxyljon. Väte och hydroxyljonerna kombineras och bildar vatten och de två glukosmolekylerna kopplas samman på de ställen, där jonerna togs bort, och bildar en *disackarid*, maltos. Sackaros eller rörsocker bildas genom kondensation av en glukosmolekyl och en fruktosmolekyl. Sackaros kallas i dagligt tal socker. Laktos eller mjölksocker är sammansatt av en glukosmolekyl och en galaktosmolekyl. Mjölksocker bildas i körtelepitelceller i bröstet.

Polysackarider. I växter bildar polysackariden *stärkelse* förråd, medan djur lagrar glukos i form av *glykogen*. Stärkelsemolekylerna består av raka eller svagt förgrenade glukosmolekyler sammankopplade med så kallade alfa-glykosidbindningar, medan glykogenmolekylen är starkt förgrenad.

Växternas cellväggar är uppbyggda av polysackariden *cellulosa*, som består av raka kedjor av glukosmolekyler sammankopplade med så kallade beta-glykosidbindningar. Kedjorna är sammanbundna till fibrer och bildar fasta nätverk. Flercelliga djur framställer inte några enzymer som kan bryta ned cellulosa. Cellulosa kan dock spjälkas i grovtarmen genom mikrobiella enzymer från talrika bakterier.

Spjälkning av kolhydrater i tunntarmen. För att kunna absorberas måste kolhydraterna brytas ned till sina grundenheter. Nedbrytningen sker i två steg. I luminalfasen spjälkar enzymet amyloas stärkelse och glykogen till föreningar, som innehåller 2-9 glukosenheter. Det svagt verkande amyloaset från spottkörtlarna spjälkar långsamt en del stärkelse i magsäckens lumen, innan det inaktiveras. Det kraftigt verkande amyloaset från bukspottkörteln innehåller mycket amyloas och bryter snabbt ned stärkelse i tunntarmens lumen. Den vanligaste nedbrytningsprodukten är maltsocker, som är en disackarid. De produkter som bildas vid den luminala spjälkningen kan inte absorberas av epitelcellerna.

Under membranfasen spjälkas maltsocker och andra enkla kolhydrat-föreningar vidare ned till monosackarider av enzymer belägna i cellmembranet hos epitelcellernas mikrovilli. Den fortsatta spjälkningen sker därmed i mikrovillis membran. Enzymerna sackaras, laktas och maltas framställs i epitelcellerna och transporteras till cellmembranet och binds kemiskt på det viset att den katalytiska delen av enzymerna vänds mot tarmlumen. Vid spjälkningen av maltsocker bildas många molekyler glukos, medan nedbrytningen av mjölksocker ger glukos och galaktos och nedbrytningen av rörsocker ger glukos och fruktos. Nedbrytningen sker så hastigt att det är transporten genom epitelcellerna som bestämmer hur fort monosackariderna överflyttas från tarmen. Undantag är mjölksocker, laktos, där hydrolysstegets hastighet bestämmer hur fort överföringen sker från tarmen till blodkapillärerna.

Proteinernas uppbyggnad. Aminosyror består av en central kolatom till vilken en aminogrupp, - NH₂, och en karboxylgrupp, - COOH, är bundna. Till den centrala kolatomen är också bundna en väteatom och en sidokedja. Sidokedjan kan vara en enda väteatom eller en kedja med olika funktionella grupper. Sidokedjan bestämmer aminosyrans typ och kemiska egenskaper.

Det finns kända 23 olika aminosyror i kroppens proteiner, varav 13 kan syntetiseras från andra aminosyror och 10 måste tas in med maten för att bilda de proteiner, som är nödvändiga för livet, essentiella.

En aminosyras aminogrupp och en annan aminosyras karboxylgrupp kan länkas ihop till raka kedjor av aminosyror sammanbundna av peptidbindningar. Aminosyror bildar långa raka kedjor utifrån vilken sidogrenarna sticker ut. Aminosyrornas ordningsföljd i polypeptidkedjan bestämmer dess form. Proteinerna består av en eller flera kedjor, som kan vara vridna eller vikta.

Spjälkning av proteiner i tunntarmen. Proteinerna i maten kan komma från både växter och djur. En vuxen människa behöver tillräcklig mängd protein för att ersätta den dagliga förlusten, c:a 0,5 - 0,7 gram per dag och kg. Matspjälkningssystemet skall utöver proteinerna i maten även bryta ned och absorbera proteinerna i matsmältningssekreten och proteinerna i de celler som avstöts från tarmluddet. Totalt bryts ned 0,5—1,0 g endogent protein per dag och kg.

Pepsin från magsäckskörtlarna spjälkar proteiner i maten till polypeptider i magsäckens lumen. Merparten av proteinspjälkningen sker i den övre delen av tunntarmen i tarmlumen under påverkan av flera proteinspjälkande enzymer i pankreassekret. Flera enzymer behövs för att kunna bryta ned de olika peptidbindningar som finns mellan de 20 aminosyror, som bygger upp proteinmolekyler. Trypsin och kymotrypsin spjälkar proteinmolekyler i små polypeptider. Karboxypeptidas spjälkar av enskilda aminosyror från karboxyländarna hos polypeptider. Elastas bryter ned elastinfibrer, som delvis håller ihop kött. Endast några få procent av proteinerna bryts ända ned till sina beståndsdelar aminosyror, det mesta återstår som di- och tripeptider.

Den sista nedbrytningen sker i epitelcellernas "brush border", översatt borstbräm, som består av hundratals mikrovilli, som sticker ut från varje epitelcell. I membranet hos varje mikrovilli finns multipla peptidaser som skjuter fram genom membranet till lumen, där de kommer i kontakt med tarmvätskorna. Två typer av peptidaser är särskilt viktiga, amino-polypeptidas och flera dipeptidaser. Peptidaser spjälkar de återstående polypeptiderna i tripeptider och dipeptider och några få aminosyror, som lätt transporteras genom mikrovillis membran till epitelcellernas inre. Hydrolysen av proteinerna sker så snabbt att det är transporten av nedbrytningsprodukterna in i epitelcellen, som avgör hur snabbt proteinerna tas upp från tarmlumen.

Till sist finns i epitelcellernas cytosol multipla andra peptidaser som är specifika för återstående typer av bindningar mellan aminosyror. De dipeptider och tripeptider som är kvar spjälkas till aminosyror.

Uppbyggnad av fett. Merparten av fett i kosten utgöres av triglycerider, som är sammansatta av en glycerolmolekyl och tre fettsyramolekyler. Fettsyrorna binds till glycerol genom kondensationsreaktioner mellan hydroxylgrupperna i glycerol och karboxylgruppen i fettsyrorna under vattenutträde. De flesta fettsyrorna har ett långt kolskelett, som innehåller 16 eller 18 kolatomer.

Fosfolipider har bara två fettsyror bundna till glycerol. Den tredje kolatomen i kolesterol är bunden till en negativt laddad fosfatgrupp. Till fosfatgruppen kan också andra molekyler vara bundna t. ex. kolin och de innehåller vanligen en positivt laddad kväveatom, som gör dem lösliga i vatten (hydrofila).

Varje kroppscell omges av ett cellmembran, som åtskiljer två vattenlösningar. Merparten av membranlipiderna utgöres av fosfolipider och inströdda proteiner.

Fosfolipiderna har en elektriskt laddad ände och två fettsyrasvansar med opolära bindningar, något som gör änden vattenlöslig (hydrofil) och svansen olöslig (hydrofob) i vatten. I cellmembranet bildar således fosfolipiderna ett dubbelt molekyllager, där de polära ändarna pekar ut mot den extracellulära respektive intracellulära vattenlösningen. De opolära svansarna, som stöter bort vatten men ömsesidigt attraherar varandra, bildar ett hydrofobt mellanlager i membranet. I membranet ingår också kolesterol som bidrar till att hålla ihop membranet. Kolesteroler innehåller också fettsyror. Kolesterol som är en sterolförening innehåller inte fettsyror men avledes från fetter och metaboliseras som sådana. Vid matspjälkningen spjälkas två fettsyror från triglyceridmolekylen och bildar två fria fettsyror och en monoglycerid, som består av en fettsyra bunden till den mittersta kolatomen i glycerol.

Spjälkning av fett i tunntarmen. Fett är inte vattenlösligt utan flyter i vatten som stora fett droppar, som måste brytas ned till ytterst små droppar, dvs emulgeras, så att vattenlösliga enzymer från bukspottkörteln, lipas och fosfolipas, kan verka på fett dropparnas yta. Blandningsrörelserna i tarmen sørjer för att fett dropparna delas i mindre droppar. Levergalla som innehåller rikligt med gallsalter och fosfolipiden lecitin uttöms i tolvfingertarmen. Bukspottsekret som innehåller lipas och fosfolipas uttöms också i tolvfingertarmen. Gallsalterna lägger sig runt fett dropparna som ett nät. Ytspänningen mellan fett droppar och vatten minskar därmed och blandningsrörelserna i tarmen sørjer för att fett dropparna delas upp i mindre droppar.

Att gallsalterna hamnar i ytskiktet beror på att de har en fettlöslig (hydrofob) ända, som vänds inåt och löses i fett droppen och en vattenlöslig (hydrofil) ända, som sticker ut i vattenlösningen och är negativt laddad. Vattenlöslig lipas spjälkar i fett droppens gränsyta triglyceriden, som bryts ned i en monoglycerid, som har en fettsyra kvar på en glycerolmolekyl, och två fria fettsyror, vilka löses i fett droppen. Vattenlöslig fosfolipas avspjälkar från lecitin fettsyran i position två, vilken också löses i fett droppen.

Gallsalterna har en tendens att bilda aggregat, miceller, genom att de vänder sin hydrofoba sida inåt och bort från vattnet och bildar en fettliknande kärna, medan den negativa, hydrofila sidan riktas mot vattnet så att micellerna hålls lösta i vattnet och inte smälter samman. Bildning av miceller inträffar när koncentrationen av gallsaltmolekyler och lecitiner överstiger en viss nivå.

Micellerna är en miljon gånger mindre än en emulgerad fettdroppe och rör sig slumpvis runt i tarmvätskan. När pankreaslipaser attackerar de emulgerade fettdropparna i gränsytan spjälkar de av främst monoglycerider och fettsyror. När micellerna sedan kommer nära fettdropparna tar de upp monoglycerider och fettsyror, som löses i micellens inre. Därmed avlägsnas nedbrytningsprodukterna från bildningsstället så att fettspjälkningen kan fortsätta.

Micellerna är så små att de kan tränga in mellan mikrovilli och hela tarmens epitelyta blir tillgänglig för fettabsorption. När de kommer i kontakt med de absorberande epitelcellerna avger de fettsyror och monoglycerider, som diffunderar genom epitelcellernas membran. Micellerna stannar kvar i tarminnehållet och kan därmed ta upp mer fettsyror och monoglycerider, när de återigen kommer i kontakt med en emulgerad fettdroppe.

Absorptionen i tunntarmen

Vid absorptionen överförs olika substanser, vatten och joner från magtarmkanalens lumen till lymf- eller blodkapillärer. De transporteras till epitelytan, genom eller mellan epitelcellerna över i intercellulärvätskan och därifrån bort med lymfan eller blodet.

Tunntarmens uppbyggnad bidrar till att skapa en stor inre absorptionsyta, c:a 200 kvadratmeter. Man ser med blotta ögat att den inre ytan är kraftigt veckad. Den är också försedd med trådfina utskott, tarmludd, och körtlar. Varje tarmludd har ett lager av epitelceller inåt lumen. Varje epitelcell är beklätt med c:a 1000 hårfina utskott, mikrovilli. Tunntarmen är nästan tre meter cm lång hos en levande vuxen människa och cellmembranet består huvudsakligen av ett dubbelt lager av fosfolipider och olika typer av membranproteiner.

Cellmembranet. Substanser, vatten och joner absorberas genom ett cellmembran i tarmepitelet, som består av ett dubbelt lager av fosfolipider (lipid bilager) och olika typer av membranproteiner. Fosfolipiderna i membranet har polära, vattenlösliga (hydrofila) fosfathuvuden, som pekar in mot intracellulärvätskan och ut mot extracellulärvätskan. De opolära fettsyre-svansarna bildar membranets vattenolösliga (hydrofoba) mellanskikt.

Passiv membrantransport. Fettlösliga ämnen, syrgas och koldioxid kan lösa sig i det dubbla lipidskiktet och passerar membranet genom diffusion.

Vattenlösliga joner kan däremot inte lämna vattenfasen och lösa sig i lipidskiktet. Men särskilda membranproteiner bildar vattenfyllda kanaler tillräckligt vida så att t. ex. oorganiska joner kan passera membranet genom diffusion. Den passiva transporten av joner regleras av både koncentrationskillnader och elektriska spänningsskillnader mellan celler-nas insida och utsida.

Många joner och vattenlösliga molekyler är för stora för att passera genom jonkanaler men kan trots det transporteras passivt med hjälp av bärarproteiner i cellmembranet. Molekylen som skall transporteras binds löst på den ena sidan av litet hål i bärarproteinet, som ögonblickligen ändrar form och frigör molekylen på den andra sidan. Transporten kallas bärarmedierad diffusion eller underlättad diffusion. Bäraren kan endast binda ett specifikt ämne och ökning av transportkapaciteten är möjlig till en viss gräns, innan alla bärare blir upptagna av molekyler, som skall transporteras.

Aktiv membrantransport. Aktiv membrantransport kräver tillförsel av energi som regel i form av ATP. När adenosintrifosfat (ATP) reagerar med vatten och bildar adenosindifosfat (ADP) frigörs mycket energi. Vid primär aktiv transport är ATP den direkta energikällan varav en del utnyttjas för transporten. Vid sekundär aktiv transport är den energikrävande transporten kopplad till samtidig transport av en jon, som regel natriumjonen, i en riktning som reducerar jonens potentiella energi. Transportproteinet utnyttjar en del av den frigjorda potentiella energien till transporten.

Energitillskottet gör det möjligt att transportera ett ämne från ett område med låg koncentration till ett område med högre, det vill säga mot ämnets koncentrationsgradient. De olika substanser som aktivt transporteras genom cellmembranet inkluderar natriumjoner, kaliumjoner, kalciumjoner, järnjoner, vätejoner, kloridjoner, jodidjoner, fluoridjoner, uratjoner, flera olika sockerarter och de flesta aminosyror.

Absorption av kolhydrater. Absorptionen av glukos och galaktos från tunntarmen sker genom *sekundär aktiv transport*, så kallad *co-transport* knuten

till absorption av natriumjoner. Jämförbar transport sker i njurarnas tubulsystem.

Natrium-kalium-pumpar är bärarproteiner i det bakre eller laterala membranet av epitelcellen. Energi för transporten utvinns direkt genom hydrolys av adenosintrifosfat (ATP). Varje pump transporterar tre natriumjoner ut från epitelcellen och över till extracellulärvätskan, samtidigt som två kaliumjoner transporteras motsatt väg. Koncentrationen av natriumjoner inne i cellen blir därmed lägre än i vävnadsvätskan.

Den låga koncentrationen av natriumjoner inne i epitelcellen och överskottet av negativa laddningar på cellmembranets insida leder till att natriumjoner diffunderar från lumen in i epitelcellerna. När natriumjoner följer sin elektrokemiska gradient in i cellen frigörs energi. Transporten genom epitelcellens främre membran sker med hjälp av ett särskilt bärarprotein, som har en egen plats för en natriumjon och en egen plats för en glukosmolekyl. När båda samtidigt har fäst sig på bärarproteinet sker en formförändring, så att båda förs över till epitelcellens inre, där bindningen bryts, och de frigörs i cytosolen. Detta leder till högre glukoskoncentration i cellens inre än i den extracellulära vätskan och glukos diffunderar genom ett andra transportprotein i cellens bakre membran till extracellulärvätskan. En sådan form av passiv transport kallas *underlättad diffusion*. Från extracellulärvätskan diffunderar glukosmolekylen genom porer i kapillärväggen till blodet.

Energien som frisätts vid natriumjondiffusionen används för att transportera ämnen som glukos, galaktos, aminosyror, di- och tripeptider, gallsalter och vitamin B in i cellerna. Men fruktos diffunderar genom det luminala membranet med hjälp av bärare. Efter absorptionen transporteras monosackariderna med portåderblodet till levern, där de lagras som glykogen, eller sänds till systemkretsloppet i form av glukos.

Absorption av proteiner. En så kallad co-transport (eller sekundär aktiv transport) av peptider och aminosyror sker genom tarmcellernas luminala membran. Natrium-kaliumjonpumpar ut motvävnadsvätskan transporterar natriumjoner ut ur tunntarmens epitelceller och kaliumjoner in. Därmed sjunker natriumjonkoncentrationen inne i epitelcellen. Inuti epitelcellen finns en normalt negativ laddning. Utanför epitelcellerna i tarmlumen är natriumjonkoncentrationen hög. Matens proteiner är redan i tunntarmens lumen spjälkade till di-

och tripeptider och några få aminosyror. De flesta av dessa molekyler binds i cellens mikrovillusmembran till ett specifikt transportprotein, som kräver natriumjonbindning innan transport kan ske. Efter bindning förflyttas natriumjonen enligt sin elektrokemiska gradient till det inre av cellen och drar med sig peptiden eller aminosyran.

Minst fem typer av transportproteiner för transport av aminosyror och peptider har upptäckts i de luminala membranerna hos tarmens epitelceller. Denna mångfald av transportproteiner behövs på grund av de skilda bindande egenskaperna hos olika aminosyror och peptider.

Under matsmältningen är koncentrationen av aminosyror och di- och tripeptider högre inne i cellerna än i blodet. Dessa molekyler transporteras därför passivt genom transportproteiner till interstitialvätskan och därifrån vidare till blodkapillärerna.

Absorption av fett. Micellerna är så små att de kan tränga in mellan mikrovilli och hela tarmens epitelyta blir tillgänglig för fettabsorption. När de kommer i kontakt med de absorberande epitelcellerna avger de fettsyror och monoglycerider, som diffunderar genom epitelcellernas membran. Micellerna stannar kvar i tarminnehållet och kan därmed ta upp mer fettsyror och monoglycerider, när de återigen kommer i kontakt med en emulgerad fett滴pe.

I epitelcellerna bildar monoglycerider och fettsyror på nytt triglycerider i det endoplasmatiska retiklet. Många triglycerider flyter samman till små sfäriska kylomikroner, vari också ingår fosfolipider och kolesterol, som är ändprodukter av en separat spjälkning och absorption av fosfolipider och kolesterolestrar. Kylomikronerna omges också av ett proteinnät och är således lipoproteiner.

Kylomikronerna samlas ihop och packas i vesikler, som transporteras till det cellmembran, som gränsar till interstitialvätskan. Där töms de över i interstitialvätskan genom exocytos. Kylomikronerna, som innehåller långa fettsyrekedjor, är för stora för att kunna passera genom porerna i kapillärernas endotelceller. De forslas i stället uppåt i lymfan genom lymfkärlen och den stora lymfgången och töms i venöst blod utan att först passera levern.

Absorption av vatten. Vatten är livsnödvändigt och allestädes närvarande som vätska inuti och kring cellerna och som transportmedel i kroppen. Kroppen hos

en vuxen man består till 60 % av vatten, varav 40 % intracellulärt och 20 % extracellulärt, varav 5 % är blodplasma.

När olika ämnen, som natrium, kalium, klorid, vätekarbonat, glukos och aminosyror i kymus, absorberas av tarmens epitelceller till blodplasma uppstår koncentrationsskillnader som gör att vatten dras med genom osmos.

Tunntarmen tillförs omkring 9 liter vatten varje dag. Av dessa är bara c:a 2 liter vatten från mat och dryck, medan återstående 7 liter härrör från körtelsekret i matspjälkningskanalen, uppskattningsvis 1,5 l saliv, 2 l magsaft, 0,5 l galla, 1,5 l bukspott och 1,5 l tarmsekret.

Tunntarmens epitel är mycket genomsläppligt för vatten och 8 liter suggs upp i tunntarmen och lämnar kvar bara 1 liter, som töms genom ileocekalclaffen över i grovtarmen. Nästan allt vatten som når grovtarmen suggs upp och bara c:a 100 ml uttöms som avföring.

Absorption av joner. I matspjälkningskanalen utsöndrar sekreten stora mängder natriumjoner, som måste ersättas genom intag av natrium i maten och absorption av natriumjoner i tunntarm och grovtarm för att förebygga förluster i avföringen. Man beräknar att tarmarna uppsuger c:a 25 till 35 gram natrium varje dag, vilket utgör ungefär en sjundedel av allt natrium, som finns i kroppen. Natriumjoner absorberas i alla delar av tarmen. Tarmen absorberar alltid nästan hela den mängd natriumjoner som tillföres, oberoende av kroppens behov.

En grundläggande mekanism för aktiv transport av natriumjoner genom cellmembranen i epitelceller sker genom tarmepitel, epitel i njurtubuli, epitel i gallblåsan och epitelet i alla exokrina (försedda med utförsgångar) körtlar.

Aktiv transport av natriumjoner genom tarmens epitel kan beskrivas på följande sätt. Behövlig energi för processen katalyseras av aktiva transportpumpar, oftast ATP-pumpar, i epitelcellerna nära vävnadsvätskan. Dessa transporterar natriumjoner genom laterobasala membraner över i vävnadsvätskan och reducerar därmed natriumjonkoncentrationen inne i epitelcellerna till ett lågt värde (omkring 50 mEq/l). En del natriumjoner drar vid transporten till vävnadsvätskan med sig negativt laddade kloridjoner. En låg natriumjonkoncentrationen i epitelcellens cytoplasma jämfört med en hög natriumjonkoncentration i kymus, som normalt är 142 mEq/l (d.v.s. ungefär lika med den i plasma), skapar en brant elektrokemisk gradient över det luminala membranet i epitelcellernas borstbräm. Natriumjonerna rör sig därmed längs

gradienten och diffunderar genom membranet över i epitelcellens cytoplasma. Tillförseln av natriumjoner gör att den aktiva transport-pumpen transporterar fler natriumjoner genom basolaterala membraner vidare över i vävnadsvätskans hålrum och till sist över i blodets kapillärer.

Nästa steg i transportprocessen är osmos av vatten till de paracellulära utrymmena. En sådan transport av vatten inträffar, eftersom en stor osmotisk gradient har skapats genom höga koncentrationer av joner och andra substanser i vävnadsvätskan i utrymmena mellan cellerna. Delvis sker vattenosmosen genom de täta förbindelserna mellan epitelcellernas apikala membraner och delvis sker den också genom cellerna själva. Osmotiska rörelser av vatten skapar ett vätskeflöde in i och ut ur de paracellulära utrymmena, vilket slutligen leder vävnadsvätskan till det cirkulerande blodet i villis kapillärer.

Absorption av kaliumjoner. Kaliumjoner tas upp från tarmen via diffusion. Absorptionen av kaliumjoner är liksom absorptionen av natriumjoner nästan fullständig.

Absorption av kloridjoner. I den övre delen av tunntarmen tas kloridjoner upp snabbt huvudsakligen via diffusion. När natriumjoner absorberas genom tarmepitelet blir kymus negativt laddat och de extracellulära rummen mellan epitelcellerna positivt laddade, vilket leder till att kloridjoner förflyttas längs den elektriska gradienten och följer natriumjonerna över i extracellulärvätskan.

Absorption av vätekarbonatjoner i doudenum och jejunum. Vätekarbonatjoner utsöndras ofta i stora mängder i galla och bukspottkörtelsekret och måste återabsorberas från den övre delen av tunntarmen för att kroppens syrabalans skall kunna upprätthållas. En stor men otillräcklig del av vätekarbonatjoner som tillförts tarmen neutraliseras av saltsyra från magsäcken. Återstående del absorberas på ett indirekt sätt. När natriumjoner aktivt absorberas utsöndras ett antal vätejoner till tarmlumen i utbyte mot ett antal natriumjoner. Dessa vätejoner reagerar i sin tur med vätekarbonatjoner i tarmen och bildar karbonsyra, som sedan dissocieras och bildar vatten och koldioxid. Vattnet stannar kvar i kymus men koldioxiden absorberas raskt till blodet och utandas genom lungorna

Sekretion av vätekarbonatjoner i ileum och grovtarmen. Epitelcellerna på villis ytor i ileum liksom på ytorna i grovtarmen kan utsöndra vätekarbonatjoner i utbyte mot absorption av kloridjoner. Vätekarbonat kan utnyttjas för att neutralisera sura produkter, som bildats av bakterier i grovtarmen.

Absorptionen av järn. Järnet i kroppen är till c:a 70 % bundet till hemoglobin, medan av återstående 30 % det mesta lagras i levern i form av en proteinjärnförening, ferritin. Proteinet kallas ensamt för sig apoferritin och tillsammans med järn ferritin. Det är ett stort klotformat globulin, som omger många järnatomer och är kroppens lagringsform för järn. Alla celler i kroppen innehåller minimala mängder av järnhaltiga enzymer. Järn transporteras från tarmen eller mobiliseras från lagren genom att det binder sig till en annan proteinförening, transferrin, som är kroppens transportform för järn.

Järn i maten omvandlas i magsäcken av magsekret från 3-värda till 2-värda ämneskomplex. Järnet kan sedan i den 2-värda formen aktivt absorberas i den övre delen av tunntarmen till epitelceller, som är utrustade med en intracellulär järnbärare. Något järn från järnbäraren tillhandahålls mitokondrierna men resterande fördelas mellan apoferritin inne i epitelcellerna och transferrin i blodkapillärernas plasma. Apoferritin kombineras med järn till ferritin. Det järn som är bundet till ferritin i epitelcellerna går förlorat med cellerna, när dessa i slutet av sin livscykel lossnar från epitelskiktet i tarmlumen och töms ut med avföringen.

Absorptionen av järn från tarmen ökar, när kroppens järndepåer är uttömda eller när bildningen av röda blodkroppar tilltar. Vid järnbrist ökar mängden transferrin i plasma och minskar dess procentuella mättnad så att fler bindningsställen för järn blir lediga. Följaktligen överförs mer järn från den intracellulära järnbäraren i tarmepitelet till transferrin och binds mindre till apoferritin. Ferritinlagren i epitelcellerna minskar och följaktligen, när epitelcellerna lossnar och sedan bortskaffas med avföringen, förloras mindre järn.

Omvänt, vid överlast av järn i kroppen minskar mängden cirkulerande transferrin och ökar dess mättnad så att mer järn avleds till apoferritin och kombineras med järn till ferritin. När epitelcellerna lossnar och sedan bortskaffas förloras mer järn från ferritinlagren.

Absorptionen av kalcium. 30 till 80 % av intaget kalcium absorberas från tarmen till blodet genom både aktiv transport och diffusion. Aktiv transport ut från lumen sker främst i den övre delen av tunntarmen och underlättas av *1,25-dihydroxykolekalciferol*, en vitamin D-metabolit, som produceras i njurarna. Denna metabolit stimulerar den aktiva absorptionen av kalciumjoner, bland annat genom att öka syntesen av ett kalciumjonbindande transportprotein. När kalciumjonnivån i plasma sjunker, stiger produktionsfarten av *1,25-dihydroxykolekalciferol* så att absorptionen av kalcium ökar i tunntarmen. Omvänt, när kalciumnivån i plasma stiger, sjunker produktionsfarten av metaboliten så att absorptionen av kalcium minskar i tunntarmen. Följaktligen anpassas kalciumjonabsorptionen efter organismens behov.

Absorptionen genom diffusion sker i proportion till kalciumjon-koncentrationen i tunntarmen. Vid stort kalciumintag upptas därför passivt stora mängder kalciumjoner. Samtidigt minskar den aktiva absorptionen. När behovet av kalcium är stort som hos växande barn och när kosten är fattig på kalcium ökar den aktiva transporten av kalciumjoner. Upptaget av kalciumjoner anpassas på det sättet efter kroppens behov.

Kalciumjonabsorptionen underlättas också av protein. Den hämmas av fosfater och oxalater, eftersom dessa anjoner bildar olösliga salter med kalciumjoner i tarmen. Absorptionen av magnesium underlättas av protein.

Grovtarmen

Absorptionen av natriumjoner i grovtarmen sker liksom i tunntarmen genom aktiv transport av natrium. I grovtarmen kan absorptionen dessutom regleras efter kroppens behov via ett binjurebarkhormon kallat aldosteron, som stimulerar absorptionen vid brist på natrium i kroppen. Aldosteron binder sig till receptorer i epitelcellerna och ökar syntesen av natriumkanaler och natrium/kaliumjonpumpar. De täta förbindelserna mellan epitelceller i grovtarmen är mycket tätare där än i tunntarmen. Detta förebygger att viktiga mängder av natriumjoner och kloridjoner diffunderar tillbaka genom förbindelserna och tillåter att grovtarmens epitelceller mer fullständigt suger upp natriumjoner och kloridjoner mot en mycket högre koncentrationsgradient.

Slemhinnan i grovtarmen utsöndrar som tidigare omnämnts vätekarbonatjoner, medan det absorberar ett lika stort antal kloridjoner. Vätekarbonatjonerna bidrar till att neutralisera de sura ändprodukterna av bakteriell aktivitet i grovtarmen. Där är också normalt en nettosekretion från blodet av kalium till grovtarmen.

Absorptionen av natrium- och kloridjoner skapar en osmotisk gradient över grovtarmslemhinnan, som i sin tur orsakar absorption av vatten.

100 gram *faeces innehåller* 75 gram vatten och 25 gram fasta bestånds-delar. Av de fasta beståndsdelarna är 30 % bakterier, 15 % oorganiskt material (mest kalcium och fosfater), fetter 10 %, protein 2-3 %, cellulosa och osmältbara växtfibrer från födan, dessutom avflagnade epitelceller, slem och torkade rester av matsmältningsenzymer tillsammans 30 %. Sammansättningen är relativt opåverkad av omväxlingar i dieten, eftersom en stor del av faecalmassan härrör från tarmarnas egen substans. Därför fortsätter märkbara mängder att avgå även under en långvarig fasta.

I grovtarmen vistas tusentals miljarder av bakterier som *Escherichia coli* och *Enterobacter aerogenes* och mikroorganismer som *Bacteroides fragilis*, olika typer av kulformade bakterier, gasganggrän baciller med flera.

Vissa tarmbakterier förbrukar några för näringen betydelsefulla substanser som askorbinsyra och cyanokobalamin, som behövs för blodbildningen medan tvärtom andra tarmorganismer, som bland annat syntetiserar vitaminer som kan sugas upp, kan vara ett näringsmässigt tillskott, om vitamintillförseln genom kosten är liten. De tillverkar t.ex. vitamin K och en del B komplexvitaminer och folinsyra samt aktiverar immunförsvaret. En frisk tarmflora minskar troligtvis även risker för tjocktarmscancer. De nyttiga tarmbakterierna hämmar sjukdomsframkallande bakterier och läker inflammationer på tarmslemhinnan.

Bakterierna kan också bryta ned cellulosa och andra av tarmsafternas enzymer icke matsmälta polysackarider. Bakterierna använder själva det mesta av nedbrytningsprodukterna som energikälla och byggstenar. Men de kortkedjade fettsyrorerna absorberas genom passiv diffusion och utgör ett betydande energitillskott hos de, som lever på vegetarisk kost. Organiska syror bildade från kolhydrater av bakterier ger avföringen en lätt sur reaktion.

Luften i matsmältningskanalen framför allt kväve kommer delvis från den luft vi sväljer ned tillsammans med maten. En del rapas upp och en del absorberas genom magtarmslemhinnans epitelceller. Resten följer med kymus och kommer ut genom ändtarmen. Delvis bildas gas (*flatus*) i grovtarmen under bakteriell

jäsning av icke matsmälta polysackarider t. ex. cellulosa. Gasen är en blandning av kväve, som kommer från nedsväld luft, och gaser producerade av jäsning såsom koldioxid och små mängder av lättantändliga gaser som väte, metan och vätesulfid. Vissa näringsämnen t.ex. ärtor och bönor, som innehåller stora mängder kolhydrater, som inte kan brytas ned av tarmenzymer men väl av bakterier i grovtarmen, producerar stora mängder av gas.

Ammoniak produceras också i grovtarmen och absorberas. Om levern är sjuk avlägsnas ammoniak, som är giftigt, inte från blodet och framkallar neurologiska symptom.

Grovtarmens rörelser. Kontraktioner i grovtarmen blandar innehållet och sörjer för att det får god kontakt med lumens epitel. Innehåller förskjuts samtidigt långsamt nedåt ordinärt med 5–10 cm per timme men farten ökar längre ner i tarmen. Innehållet tjocknar under transporten beroende på uppsugning av vattenlösningen och blir vartefter degliknande.

Rörelserna i grovtarmen inkluderar segmenteringsrörelser och peristaltiska vågor liknande dem som förekommer i tunntarmen. Peristaltiska kontraktioner är relativt sällsynta.

Segmenteringsrörelser blandar innehållet i grovtarmen och exponerar mer av innehållet med slemhinnan underlättande absorption. De rör sig långsammare i grovtarmen än de gör i tunntarmen och förflyttar innehållet sakta fram och tillbaka samtidigt som de bidrar till att transportera innehållet mot ändtarmen.

Några gånger under dagen oftast i samband med måltid utlöses samtidig kontraktion av glatta muskler över sammanflytande områden i mellersta delen av grovtarmen. Dessa ofta decimeterlånga kontraktioner som kallas *massarörelser*, pressar över faecalt material i den nedåtgående delen av grovtarmen och vidare till ändtarmen. Att massarörelser uppträder efter måltid beror på att förtärd mat utspänner tarmvägg och utlöser gastrokoliska och duodenokoliska långa reflexer, som påverkar grovtarmen. Samtidigt öppnas ringmuskeln mellan tunntarm och grovtarm. När mat kommer ner i magsäcken utlöses således reflexer, som flyttar in nytt innehåll i grovtarmen och samtidigt pressar redan befintligt nedåt.

Antiperistaltiska rörelser i grovtarmen skjuter kymus tillbaka och försenar transporten så att tarmen kan absorbera mer vatten.

Tömning av ändtarmen. När grovtarmen trycker sitt innehåll mot rektum, som för det mesta är tom, reagerar tryckkänsliga sinnesceller i ändtarmens vägg så att avföringsreflexen utlöses. Därvid framkallas kraftiga kontraktioner av tarmväggen i kolon och rektum. Samtidigt börjar den inre av glatta muskler bestående analsfinktern att öppna sig. Då uppstår en känsla av att vi vill tömma tarmen. Vi kan nu öppna den yttre viljestyrda tvärstrimmiga sfinktern och tömma tarmen. Vi kan också knipa ihop tills trängningen upphör.

Avföringsreflexen kan framkallas av medvetna sammandragningar av buk- och bröstorgsmuskler mot tilltäppt struplock. Detta framkallar ett ökat tryck i buken och därmed även kring kolon och ändtarmen.

Transporthastigheten för mat genom matspjälkningskanalen. Om innehållet tillbringar längre tid i grovtarmen ökar tillväxten av förruttnelsebakterier, mängden avfall och toxinproduktionen. Därför är förutom typ av intagen föda också transportfarten av tarminnehållet av betydelse.

Ett experiment med färgämnet karmin företogs av Goswamis Yogainstitut på några unga män, som tränade muskelövningar 2-3 timmar dagligen, återges. De åt mjölk, smör, frukt, grönsaker, säd, ägg och något litet kött. Avföringen var frisk och välformad. De kunde eliminera resterna av en måltid inom 16 – 20 timmar, hade utmärkt hälsotillstånd och musklerna utvecklades tillfredsställande. När den fysiska motionen inskränktes nåddes bättre resultat med en diet på mjölk, frukt, grönsaker, säd och baljväxter utan kött.

Om blodet. En transport äger också rum i blodet. Från tarmkanalen kommer i sina finare delar nedbrutna och sedan absorberade näringsämnen, mineraler och vatten till blodet och från lungluften diffunderar syre till blodet. Tillskotten transporteras med blodet till intercellulärvätskan och därifrån till vävnadscellerna. I cellerna sker en omsättning av finare närings-substanser, som producerar avfallsämnen och koldioxid, som avlämnas först till intercellulärvätskan och sedan till blodet. Alltså transporteras i blodet samtidigt både näringsämnen och avfallsprodukter. Därutöver upptar blodet från olika vävnader mer eller mindre temporära produkter av ämnesomsättningen samt transmittorsubstanser, hormoner, immun-försvarsmolekyler m.m. Blodet behåller nyttiga ämnen men rensar bort onödiga och skadliga substanser genom utsöndringsorganen såsom njurar, lungor, hud och tarmkanalen.

När finare näringsmolekyler och annat material har upptagits i blodet cirkulerar de genom hjärta, lungor och blodkärl och distribueras (fördelas) genom blodet till vävnadscellerna i kroppen. Blodet transporteras slutligen genom fina artärer, så kallade arterioler, över i ett nät av tunnväggiga och mångförgrenade hårrörskärl, så kallade kapillärer, och avflyter genom fina vener, så kallade venoler, vidare i blodomloppets kärl. I början av kapillärernas kärl pressar blodtrycket ut blodplasma, undantagandes dess plasmaproteiner, genom kärlväggen och blir interstitialvätska, även kallat vävnadsvätska, som också innehåller små näringsmolekyler. Interstitialvätskan omger cellerna. Den innehåller näringsmolekyler, som passerar genom cellväggen in i cellen och där bryts ned och oxideras och levererar energi eller bildar och återbildar substanser för eget behov eller för export.

Uppkommet metaboliskt avfall och för export producerade molekyler inne i cellen passerar genom cellmembranet till interstitialvätskan.

Interstitialvätskan omger kapillärerna och i den distala änden av kapillärerna, där det hydrostatiska trycket är lågt och det osmotiska trycket högt, absorberas interstitialvätskan delvis åter med sitt innehåll till blodet, som avflyter i stora kretsloppets vener. Vad som inte absorberas genom kapillärväggen avflyter genom lymfkärlen som lymfan, som slutligen töms i det stora kretsloppets blod.

Om njurarna. Njurarna fungerar i grova drag på följande sätt. Först filtrerar glomeruli (kapillärnystan) alla beståndsdelar i blodplasma med undantag för plasmaproteiner ut i tubulussystemet. Av de c:a 180 liter vatten som filtreras per dygn reabsorberas c:a 178,5 liter primärurin. Det återstår att kasta bara c:a 1,5 liter urin.

Eftersom stora mängder substanser filteras genom glomeruskapillärerna till primärurinen i tubuli måste också stora mängder substanser reabsorberas. Tubuli reabsorberar c:a 150 gram glukos och c:a 1,5 kg salt per dygn. Det mesta av den energi som fordras för processerna i njurarna går åt för drift av natrium/kalium pumpen. Viktiga ämnen som organismen behöver som t.ex. glukos och aminosyror reabsorberas genom tubulis vägg till intercellulärvätskan och blodet. Avfallsprodukter som t.ex. urinämne (från metabolism av aminosyror), kreatinin (från muskelkreatin), urinsyra (från nukleinsyror), fenoler,

metaboliter av olika hormoner, fosfater, sulfater och nitrater lämnas kvar i mycket höga koncentrationer i tubuli och utsöndras med urinen.

Beroende på vilka mängder salter och vatten, som intas fördelas dessa till blodet och extracellulärvätskan. Utsöndring och reabsorption av joner, t.ex. natrium och kalium, i urinen justeras så att koncentrationen i extra-cellulärvätskan normalt hålls stabil.

Njurarna kan med hjälp av ADP-pumpen aktivt pumpa ut natriumjoner och kloridjoner från tubuli och samlingsrören över i interstitialvätskan. Koncentrationen i interstitialvätskan blir således hög, medan urinen blir utspädd. Kroppen kan t. ex. vid överskott på vatten fortsätta att pumpa ut joner i interstitial vätskan från urinen i samlingsrören, vilka sedan kan tömma ut överskottet av vatten med urinen. Eller tvärtom t. ex. vid vattenbrist och hotande intorkningstillstånd tillföres antidiuretiskt hormon, som öppnar vattenkanalerna i samlingsrörens epitelceller, så att vatten strömmar från samlingsrören in i njurmärgens extracellulärvätska och lämnar kvar i samlingsrören endast en liten mängd koncentrerad urin.

Intag av animaliskt protein och brist på fysisk träning

Effekter på magtarmkanalen. S S Goswami observerade att om man äter mycket av olämplig föda, särskilt sådan som innehåller rikligt med animaliskt protein, och dessutom inte gör några kroppsövningar finns det risk för att kroppen inte kan värja sig utan råkar i ett ohälsosamt tillstånd. Det utmärks av överväxt av förruttelsebakterier, som bidrar till att ruttnande innehåll stannar kvar för länge i grovtarmen och producerar en del giftigt avfall, som sätter ned kraften i de glatta musklernas kontraktioner bidragande till att förstoppning uppstår. Hos en ordinär försöksperson innehåller 100 gram faeces 75 gram vatten och 25 gram fasta beståndsdelar. Av de fasta beståndsdelarna är c:a 30 % bakterier. Om stora mängder föda tillföres, särskilt av *kött, fisk och ägg*, medan den digestiva kraften är svag t.ex. hos folk, som för ett stillasittande liv, kommer protein att ackumuleras i grovtarmen. Protein upptar emellertid jämförelsevis liten volym, som otillräckligt spänner ut tarmen för att framkalla verk samma kontraktioner. Tarminnehållet stannar således kvar länge och skapar en gynnsam jordmån för växt av putrifikativa bakterier. Riklig överväxt av dylika bakterier kan ge upphov till *förruttelse* av coloninnehållet, alkalisk miljö, för-

stoppling, ökade avfall och kanske även produktion av toxiner, som absorberas till blodet.

Ökat avfall delvis toxiskt leder till nedsatt ämnesomsättning i slemhinneepitel och glatta muskler. Därmed reduceras förflyttningsfarten av coloninnehållet ytterligare och föroreningarna hopsamlas i dilaterade tarmfickor, haustreae. Ruttnande protein och alkalisk miljö är utmärkt jordmån för växt av putrifikativa bakterier, som underhåller förstoppningen. Processerna i grovtarmen underhåller sig själv särskilt vid fortsatt ätande av animaliskt protein.

Dessa processer nedsätter och stör verksamheterna i alla delar av matspjälkningskanalen och återverkar också ogynnsamt på hälsotillståndet och funktionen av andra organ i kroppen. Till exempel kan blodet bli överbelastat av avfall och det centrala nervsystemets funktioner kan försämrats, vilket man själv kan uppleva .

Colonbakterierna kan indelas i två grupper, nämligen de giftbildande eller förruttnelsebefordrande, som förökar sig och växer på diet rik på kött, fisk och ägg. De producerar toxiskt avfall och minskar de glatta colonmusklernas ämnesomsättning och rörelseförmåga. De mer eller mindre utkonkurrerar de mjölksyrabildande, lactacida bakterierna, som växer främst på mjölkrik mat och som också stimulerar tarmrörelserna. Ett antagonistiskt förhållande mellan de båda bakteriearterna föreligger. Om de lactacida bakterierna tillåts växa och frodas genom lämplig näring rik på mjölk, grönsaker och frukt kan de också motverka tillväxten av de förruttnelsebildande bakterierna och själva bli i majoritet.

Vanligen äter vi tre eller två mål mat under dagen och tar inte någon mer fast föda efter kvällsmålet. Om vi på morgonen inte äter någonting före frukosten kommer smältningen och absorptionen av tidigare förtärda matportioner att vara fullständig. Resterna av föregående dags kvällsmål är då *ackumulerade i grovtarmen* och vanligen är vissa rester av lunchmålet också där. Om vi sedan har en uttömning före frukosten kommer det mesta av resterna från kvällsmålet att vara eliminerade och kanske också litet rester från lunchen. Om vi är vanda vid att ha en uttömning efter frukost men bryter och inte äter frukost kommer rytmen troligen att brytas. I några fall kan en tarmöppning ske men i de flesta inte. Under en sådan nattlig fasta finns således ackumulation i grovtarmen. Uttömning kan inträffa men är inte fullständig och kan i varje fall inte helt rensa tarmen. Fasta kan inte ensam rena systemet.

Magsäck och *tunntarm* är ganska tomma, när maten har brutits ned och absorberats men sekretionen fortsätter därefter i liten omfattning och produkterna härav kan ackumuleras. Av galla, varav det mesta är gallsalter, som till 95 % reabsorberas till levern men 5 % är kvar i ileum, kan små mängder ackumuleras i tunntarmen. Dessutom kan en del avflagnade epitelceller, slem och enzymrester ansamlas i tunntarmen. En portion kan tömmas ut nedåt i colon men andra portioner kan stötas upp i magsäcken och kan ibland till och med reta till kräkningar. Vid förstoppning i grovtarmen och ökad växt av förruttnelsebakterier där kan inhiberande ileocaekala reflexer utlösas i tarmväggen. Reflexerna hämmar att avfall från tunntarmen tömmas ut genom ileocaecalvalveln till caekum. Därmed ackumuleras galla och annat avfall i tunntarmen och kan framkalla uppstötningar i magsäcken.

Tolvfingertarmen innehåller ibland för stor mängd kvarvarande odigererade och sura kymusrester för att kunna ta emot ny kymus. Främst fett behöver emulgeras av galla och både fett och protein måste brytas ner ytterligare av enzymer från pankres och tunntarm. Dessutom måste saltsyran neutraliseras av bikarbonatjoner utsöndrade av bukspottkörteln. Det är som bekant ganska stor risk för att frätsår uppstår i den övre delen av tolvfingertarmen.

Även *magsäcken* själv kan ha svårt för att bryta ned kymus till en finfördelad välling, som inte heller får ha för hög koncentration av vätejoner. Pepsinogen och saltsyra börjar att bryta ned protein och saltsyra mer eller mindre dödar bakterier. Mukösa körtlar täcker hela magtarmkanalen med ett kontinuerligt skyddande skikt och är särskilt betydelsefullt i magsäck och tolvfingertarm.

Trycket i magsäckens nedre del, *canalis ejetorius*, bör vara tillräckligt stark för att pressa en matskvätt genom en mer eller mindre vid nedre magmun, *pylorus*. Förutsättningar finns förutom sårbildning också för uppkomst i magsäcken av avfall och kanske funktionsstörande beläggningar. De kan ge upphov till långdragna besvär som belagd tunga, sura uppstötningar, klen aptit och brist på ork.

S S Goswami säger i en föreläsning följande. Överflöd av föda är till en viss gräns möjligt att tolerera. Om vi t.ex. har ett proteinöverskott kan det sedan återstå som "*flytande protein*" i blodet, från vilket njurar, hud och tarmkanal sedan kan eliminera det. När där intas mycket protein och matsmältningskraften är stark, nedbrytes mycket till polypeptider, små peptider och aminosyror. De

sistnämnda assimileras från tunntarmen och transporteras via vena portas kärlsystem till levern. Levern har en viss kapacitet för att undansätta protein för förvaring. Resterande protein, övervägande aminosyror, transporteras i blodet via levervenor vidare i det stora kretsloppet kärlsystem till vävnadscellerna, som upptar vad de kan använda. Det protein, övervägande aminosyror, som lämnas kvar i blodet, kan endast delvis elimineras därifrån genom njurarna, huden och tarmkanalen. Resterande överskottsprotein, så kallat "flytande protein", återverkar ogynnsamt och delvis toxiskt på funktionen i organismens celler, särskilt nervsystemets celler. Och när där är mycket protein i intagen föda kommer där att vara en ackumulation av protein i någon form i grovtarmen.

Omvandling av proteiner till fetter och kolhydrater enl fysiologin.

Kroppens celler måste syntetisera c:a 45 gram protein varje dag för att ersätta vad som förbrukas genom förslitning. Denna mängd betyder inte lagring i samma betydelse som lagring av t.ex. glykos i form av glykogen eller fett i form av triglycerider. Om kvantiteter av aminosyror utöver denna förslitningsmängd ätes, deamineras dessa och omvandlas till fett eller kolhydrater eller förbrukas för energi. Överskott av protein tillfört med födan lagras därför inte ens i normala fall som proteiner, undantagandes hos växande barn och kroppsbyggare.

Alla de olika *aminosyror* finns i *blodet* och extracellulärvätskan i små mängder. Den sammanlagda koncentrationen av dem alla är emellertid bara 30 mg per 100 ml vätska eller jämfört med glukos ungefärligen bara en tredjedel av dennas. Den låga koncentrationen beror på att aminosyror, när de kommer i kontakt med cellerna, snabbt absorberas.

Levern och vävnadscellerna buffrar blodets aminosyrekoncentration.

Levern verkar som en buffert för aminosyror på samma sätt som den verkar som en buffert för glukos. När blodkoncentrationen av aminosyror stiger mycket högt, absorberas en stor portion av dem i leverceller, där de kan lagras, förmodligen kombinerade tillsammans för att bilda proteinmolekyler. När aminosyrekoncentrationen i blodet faller under det normala, överföres de aminosyror, som lagrats i levercellerna, tillbaka till blodet för att användas vid behov någon annanstans i kroppen.

De flesta celler i kroppen har också förmågan att vid för hög koncentration av aminosyror i blodet ta upp och lagra sådana, åtminstone i viss utsträckning, och

att frisätta dem till blodet, när dess innehåll av aminosyror minskar. Resultatet blir att aminosyror är i ett tillstånd av ständigt flöde från en del av kroppen till en annan och att aminosyreutbytet upprätthåller ett reversibelt jämviktstillstånd mellan proteinerna i olika områden av kroppen. Om mängden aminosyror i cellerna i ett område av kroppen faller för lågt, då kan aminosyror från blodet gå in i dessa celler och ersättas av aminosyror frisatta från andra celler. Frisättning av aminosyror från andra celler möjliggörs av att alla celler syntetiserar vida mer proteiner än de oundgängligen behöver för livets bestånd. Därför tillåts protein i vävnadsceller att ställas om med hjälp av enzymer till aminosyror, som sedan kan transporteras i blodet.

En nära nog konstant balans upprätthålls mellan aminosyror och protein i cellerna och mellan aminosyror och plasmaproteiner. Om en vävnad vidkänns förlust av proteiner eller om blodet vidkänns förlust av plasmaproteiner, kommer många av proteinerna i återstoden av kroppen att snart omvandlas till aminosyror, som transporteras till passande ställe för att bilda protein.

Överskott av födointag och brist på kroppsövning. Övervikt är ett funktionellt tillstånd, där ökad mängd fett bidrar till att markant försämra hälsotillståndet från olika sjukdomar som högt blodtryck, hjärtkärlförfettning, hjärtsjukdom, diabetes mellitus och belastningsbesvär från ryggraden.

Det kan vara svårt att avgöra den kroppsmassa vid vilken övervikt börjar nedsätta hälsotillståndet och börjar resultera i sjukdom. Ett bättre mått anses vara *body mass index (BMI)*, beräknad på kroppsvikten (i kilogram) dividerad med längden (i meter)upphöjd i kvadrat. Många experter menar att man inte har räknat med förbryllande omständigheter som stillasittande leverne. De tror att ökad risk för ohälsa beror mer på brist på fysisk aktivitet än på att man är överviktig. Människor som har fettet anhopat på buken rekommenderas att ta fram måttbandet och mäta omfånget i navelhöjd, ty de löper högre risk för att ådra sig diabetes mellitus och hjärtkärlsjukdomar än de som samlat fett på skinkor och lår.

Om bakomliggande orsaker till obesitas är känt att identiska tvillingar, som skilts kort tid efter födelsen och uppfostrats i helt olika hushåll visade påfallande likheter i kroppsvikt och frekvenser av obesitas i vuxen ålder. Det betyder att ärftligheten spelar en viktig roll för förekomst av övervikt.

Men också de omständigheter under vilka människor lever har stor betydelse. Folk för 100 år sedan och dessförinnan var övervägande bönder, som levde på jordbruk och boskapsskötsel och i sitt dagliga arbete förbrukade c:a 5 ggr så många kalorier som nutidens människor gör, som sitter framför dataskärmen och knackar på tangentbordet och vid förflyttningar använder trafikmedel i stället för att gå. Men folk nuförtiden äter lika mycket som bondfolk gjorde förr i världen. Därför har fetma, nedsatt förflyttningförmåga på grund av svaghet och sjuklighet i hjärtkärlsystem, sockersjuka och belastningsbesvär från ryggraden blivit folksjukdomar.

Benen är i stånd att förbränna fett beroende sannolikt på att de undre extremiteterna anpassats till längre och tyngre förflyttningar under långvarig tid. Armarna däremot kan inte förbränna fett och utför mestadels finmotoriska rörelser.

Beträffande behandling av fetma framhålls numera att kaloriinskränkningen skall vara ringa men utvecklas till en vana under många år samt att den måste vara förenad med program för fysisk träning.

Reglering av energilagren. Råden att minska på matintaget och öka på den fysiska aktiviteten överensstämmer med kroppens mekanismer för att bevara kroppsvikten relativt oföränderlig. Den största delen av kroppens energilager består av fett. När kroppens fettmassa växer och blir större än individens normala fettmassa ökar plasmatsöndringen av ett peptidhormon, leptin, som tillverkas i fettcellerna och som verkar i hypotalamus.

Leptin binds till receptorer i cellmembranet och utlöser flera biologiska effekter, som samverkar för att minska mängden fett. Den dämpar aptiten och minskar därmed på matintaget beroende på att den hämmar produktionen av det aptitstimulerande hormonet neuropeptid Y. Leptin ökar också energiförbrukningen genom att stimulera det sympatiska nervsystemet. Det leder till att den basala ämnesomsättningen, värmeproduktionen och den fysiska aktiviteten ökar. Leptin ändrar därutöver på hormoninsöndringen. Insulinets sjunker och tillväxthormonets stiger, vilket leder till minskad bildning och ökad nedbrytning av fettvävnad. Fettmassan reduceras således till ett visst normalvärde under vilket hämningen bortfaller.

Leptin är avgörande för den långsiktiga avpassningen av kaloriintag och energiförbrukning. Därutöver verkar olika signaler på hypotalamus för att reglera

hur mycket eller litet mat som intas till enstaka mål och hur ofta. Dessa mättnadssignaler gör att en person inte längre känner sig hungrig och avgör hur länge det dröjer, innan han blir hungrig igen. Signaler utlösas t.ex. av själva ätandet av mat i munnen, insulinet som ökas vid absorbering av mat, stimulering av sträckreceptorer och kemoreceptorer i magsäck och tolvfingertarm etc. Likaså åsyn, smak och lukt av mat inverkar både positivt och negativt på födointag.

Omsättning och lagring av kolhydrater, proteiner och fett

S S Goswami förklarar inledningsvis kortfattat att födan i kroppen undergår följande metabola processer:

1. matspjälkningen i tarmkanalen
2. distributionen (fördelningen) genom blodet
3. utnyttjandet genom vävnaderna

och att födan huvudsakligen utnyttjas på två vägar

4. för konstruktion och rekonstruktion av vävnaderna
5. för syreförbränning av födan för att producera värme och energi

Överskott på tillförd föda utnyttjas för uppbyggnad och återuppbyggnad av vävnaderna i kroppen. Därvid används företrädesvis äggviteämnen, vitaminer, mineraler, spårämnen och vatten. Om mer föda tillförs än som kan utnyttjas för värme och energi omvandlas överskottet till fett. Kolhydrater används då företrädesvis.

Det tar ungefär 4 timmar att smälta och uppsuga en måltid och vi äter vanligen mat tre gånger per dag. Näring tillförs således kroppens celler direkt genom tarmen under dagens 12 timmar. Kroppen använder energi för att upprätthålla sina funktioner under hela dygnet och därför måste den på dagen lagra ett förråd av näring, som utnyttjas på natten. Kroppen skiftar således mellan två faser i ämnesomsättningen. I *absorptionsfasen* (uppsugningsfasen) anskaffar cellerna energi genom att bryta ned näringsämnen, som direkt upptas från tarmen till blodet och distribueras till de olika organen. I *postabsorptionsfasen* (svältfasen) mobiliseras näringsämnena från förråd av lagrad energi i kroppen.

Hjärnan kan normalt inte tillgodogöra sig energi för sina aktiviteter från någon annan källa än glukos, som därför kontinuerligt måste tillföras hjärnan. Nattetid

tillföres hjärnan glukos frisatt från kroppens egen lagringsform glykogen. Men glykogenupplaget i lever och skelettmuskulatur förbränns till koldioxid och vatten plus energi på kortare tid än en natt. Därför måste protein och triglycerider kunna omvandlas till glukos.

Under den så kallade **absorptionsfasen** upptar kroppen således på dagen näringsämnen för att tillgodose kroppens omedelbara behov av energi för ämnesomsättningen och också för att förse den med byggnadsmaterial. Monosackarider huvudsakligen *glukos* upptas från tarmen och transporteras till levern, där ungefär två tredjedelar undansätts i levern och lagras som glykogen. Glukos kan i levern också reagera med ketosyror härrörande från deaminerade aminosyror och bilda triglycerider och lipoproteiner. I levern upptaget glukos kan omvandlas till en metabolit, alfavlycerofosfat, som syntetiseras med fettsyror till triglycerider, som med specifika proteiner aggregeras till så kallade *lipoproteiner*. Lipoproteinerna delas in i VLDL (very low-density lipoproteins), som innehåller huvudsakligen triglycerider, LDL (low-density lipoproteins), som innehåller betydande mängder kolesterol och fosfolipider och HDL (high density lipoproteins), som innehåller ungefär lika mycket fett som protein.

Alla vävnader använder glukos för energi. En del glukos bildar glykogen i skelettmuskulaturen och en annan del upptas i fettväv och bildar med fettsyror triglycerider och lipoproteiner.

Av tillförda *aminosyror* avsätts uppskattningvis hälften till levercellerna. Levercellerna bildar proteiner med särskilda arbetsuppgifter som t. ex. plasma-proteiner, enzymer, koagulationsfaktorer och de hormontransporterande globulinerna. Merparten av aminosyrorna transporteras till skelettmuskulaturen och återstoden cirkulerar överallt till cellerna, som fort tar upp vad de behöver för syntes av egna proteiner.

Lipider upptas direkt i lymfan som chylomikroner och töms i blodet och transporteras runt. Kapillärernas endotel särskilt i fettväv innehåller lipoproteinlipas, som spjälkar triglyceriderna i glukos och fettsyror, som upptas i fettceller och reagerar med glukos upptaget från annan källa och bildar triglycerider.

Under den så kallade **postabsorptionsfasen** mobiliseras glykogen från levern. När tillförseln av glukos från tarmen upphör, sjunker glukoskoncentrationen i portablodet, vilket betyder att levern inte avlägsnar mer glukos från blodet.

Andra kroppsvävnader fortsätter emellertid att uppta glukos från blodet, så att plasmaglukoskoncentrationen nu sjunker litet under den vanliga nivån. Sänkningen av glukoskoncentrationen i blodet leder till att levern börjar bryta ned sina glykogenreserver och exporterar glukos.

När koncentrationen av glukos i blodet och i cellerna sjunker stimuleras levern till att *nybilda glukos* från andra substanser, som transporteras till levern. Protein i skelettmuskulatur mobiliserar vid långvarig svält mer aminosyror, som i levern deamineras till så kallade alfaketosyror. Avspjälkad ammoniak, som är giftig, ombildas jämte koldioxid till urinämne, som utsöndras med urinen. Glykogen lagrat i skelettmuskulatur bildar vid ofullständig förbränning pyrodruvsyra + mjölksyra, som fraktas till levern, som har enzymer för att bilda glukos. I fettväv spjälkas triglycerider till fettsyror och glycerol, som fraktas till levern och ombildas till glukos. Glukos bildas således i dessa processer och kan transporteras från levern till nervvävnad, som normalt inte kan använda någon annan energikälla.

I postabsorptionsfasen används huvudsakligen *fett som energikälla*. Nybildningen av glukos och användningen av fettsyror gör att koncentrationen av glukos i blodet kan upprätthållas på normal eller nära normal nivå. I fettväv spjälkas triglycerider till glycerol och fettsyror. Glycerol transporteras till levern och bildar glukos. Fettsyror avges till blodet och cirkulerar till nästan alla vävnader, där de undantagandes det centrala nervsystemet tas upp och avspjälkar genom så kallad alternativ oxidation ättiksyror, som oxideras till koldioxid och vatten. Energin som frigörs vid förfaringssättet utnyttjas till att bilda ATP.

I svältfasen tar levern upp en stor del av de fettsyror, som frigjordes i fettväven. Levercellerna avspjälkar genom upprepad alternativ oxidation *ättiksyror*, som bildas i stort antal. Men levercellerna är unika på det sättet att endast en mindre del av ättiksyror oxideras till koldioxid och vatten, medan i stället flertalet ättiksyror kondenseras två åt gången och bildar acetättiksyra och andra så kallade ketosyror eller ketoner. Ketosyror är högst diffusibla genom cellmembraner och diffunderar från levercellerna till blodet och transporteras överallt till andra vävnader och upptas där och oxideras under avgivande av energi till koldioxid och vatten.

Nettoresultatet av att utnyttja fettsyror och ketoner under svältfasen blir att kroppen försörjs med energi och glukos sparas för *hjärnan*. Till detta kommer att hjärnan förutom glukos kan använda ketoner som energikälla, allteftersom

glukosnivån i blodet sjunker och ketoner byggs upp i blodet. Stora delar av hjärnan har nämligen enzymer, som gör det möjligt att använda ketoner som energikälla. När hjärnan reducerar sitt glukosbehov genom att utnyttja ketoner behövs mycket mindre proteinnedbrytning för att skaffa fram aminosyror för nybildning av glukos.

Övergång till fettmetabolism och nybildning av glukos motverkar att koncentrationen av glukos sjunker mer än acceptabelt vid *fasta*. En person med ordinärt fett på kroppen överlever i en till två månader utan energitillskott, om han eller hon får tillräckligt med vätska. Dödsfall inträffar till sist inte på grund av glukosbrist utan som följd av att proteinet bryts ned och cellfunktionen sviktar.

Näringsämnenas omsättning styrs huvudsakligen genom hormoner och i någon grad av autonoma nerver. När man äter normalt bestäms näringsämnenas metabolism främst av insulin och glukagon från bukspottkörteln. Adrenalin bidrar till att styra ämnesomsättningen t. ex. vid fysisk aktivitet. Vid svält är kortisol från binjurebarken och tillväxt-hormon från hypofysen av betydelse.

Intag av mat ökar koncentrationen av glukos i blodet, vilket stimulerar betacellerna i bukspottkörteln att insöndra *insulin*. Insulin är det viktiga anaboliska hormonet, som ökar upptaget av glukos till alla celler och bildar glykogen i lever och skelettmuskler. Insulin ökar också upptag av aminosyror och bildning av protein i flertalet celler, särskilt i skelettmuskelceller. Insulin upptas i fettceller och bildar med fettsyror triglycerider.

Fasta leder till att koncentrationen av glukos börjar att sjunka i blodet, vilket stimulerar alfacellerna i bukspottkörteln att insöndra glukagon.

Glukagon ökar frisättning av glukos från leverglykogenet, vid behov snabbt, och bidrar i levern till nybildning av glukos och bildning av ketoner, det har således en katabolisk effekt.

Förhållandet mellan plasmakoncentrationerna av insulin och glukagon har avgörande betydelse för näringsämnenas växelvisa lagring och mobilisering under normala förhållanden.

Fasta

Allmänt om fasta. Under fastan intages ingen föda men väl dryck. En årlig fasta kan vara lång, 5-15 dagar, så kallad slutfasta. Den kan företas av många

anledningar. Den är inte lätt att genomföra, ty naturligt blir systemet därvid utmärslat och svagt. Den bör företas under ledning av en expert. En periodisk fasta kan företas en gång i månaden, en gång på två månader, en gång på tre månader. Om vi är över 40 år gamla kommer en gång i månaden att ge bra resultat. Om verklig fasta skall göras är tre dagar inte tillräckligt, den behöver 3-5 dagar. För en längre fasta behöver man speciell instruktion. Men fasta under 3-5 dagar bör i varje fall rengöra oss grundligt.

En slutfasta ger två resultat:

1. De individuella vävnadscellerna reduceras till deras minimala storlek. Fettackumuleringen blir minimal eftersom ingen ackumulering då är möjlig. Vävnaderna är då reducerade till deras minimumpunkt men man skall aldrig gå till svält genom vilket vävnaderna disintegreras.

Organismen har således blivit utomordentligt renad, när ackumuleringen av fett och äggvita är fullt övervunnen och de subjektiva effekterna är då följande:

återkomst av hunger

ren tunga

rent tillstånd av andedräkten

försvinnande av dålig smak i munnen

tänkandet skall sedan vara klart igen och sinnena arbetar exakt, ty

där är också en nervregeneration och minimal puls.

2. Vävnadscellerna har en inneboende kraft att växa på rätt sätt. Tillväxt som sådan skulle inte vara nog, den måste också vara rationell upp till en viss punkt. Därefter skulle den då vara ätande men inte mer tillväxt. Så föda är inte den enda punkten här, den andra är växtkapaciteten hos vävnaderna. När vävnaderna reduceras till sin minimumpunkt återvinner de sin juvenila tillväxtkapacitet. Sedan kommer de också att börja växa, om före starten fastan var 15 eller 16-18 dygn.

Det mest rationella sättet att utveckla musklerna är rätt föda och träning. Och det mest rationella sättet att utveckla musklerna till deras minimumpunkt är att genomföra en fasta. Effekten av fasta kommer då att vara:

- 1) rening

- 2) utveckling av vävnadernas växtkapacitet

Det är svårt att fasta av praktiska skäl, eftersom man under fastetiden inte kan arbeta. Ingen vet hur länge den kommer att ta, eftersom den kan pågå en eller

två veckor. Men pågår den tre veckor skall vi känna till att där kan finnas några farliga punkter, fastän folk kan uthärda mycket.

Vid ett experiment som gjordes i Indien förelåg dubbelsidig lung-inflammation. Den behandlades med komplett fasta i 12 dygn. Därutöver lades hela kroppen i ett kallt bad under 20-30 minuter varje morgon. Omsorgsfullt reglerade rörelser anbringades också varje morgon. På 12:e dygnet var temperaturen normal och det var inte nödvändigt att låta fastan pågå mer än 16 dygn, varefter föda intogs igen.

Också hjärtfall, när där inte finns någon organisk hjärtsjukdom, kan på det här sättet varaktigt botas, eftersom övningar kan regleras även för de svagaste såväl som för de starkaste. Det är en exakt vetenskap men den kräver mycken träning och lång tid för att verkligen förstå dess principer.

Principer vid fasta. Att rena grovtarmen från avfall och äta sådan mat att ett frisk grovtarmstillstånd uppkommer och bibehålles.

Att inta sådan föda att kroppen tillförs den näring som den behöver för en god funktion samtidigt som grovtarmen bevaras i friskt tillstånd.

Att dieten behöver kompletteras med fysiska kroppsövningar.

Grovtarmsrengöring. Eftersom folk i västliga länder äter för mycket kött, fisk och ägg och rör på sig för lite uppkommer inte så sällan för mycket avfall i grovtarmen och växt av förruttnelsebakterier. Det är då befogat att försöka bli av med orenheterna till exempel genom att dricka hett vatten och göra bukövningar.

Enklare är det kanske att ta ett lavemang helst av fysiologisk koksaltlösning, som man kan iordningsställa själv.

Man kan också göra Jala-Vasti, självlavemang av grovtarmen. Om man har tränat upp bukmuskeln kan man suga upp vatten eller gärna fysiologisk koksaltlösning per rektum och tömma ut det. Det går till på det sättet att man först andas ut luften ur lungorna, täpper till lufttillträdet i halsen och gör en inandningsrörelse. Buken dras då kraftigt in och man kontraherar sedan kraftigt den raka bukmuskeln. Det kallas Nauli. Därvid uppkommer ett undertryck, som gör att vattnet suges upp genom anal-öppningen. Därefter krystar man ut vatten på vanligt sätt.

Man kan också dricka vatten gärna tillsatt med litet salt och omedelbart kräka upp vattnet. Uppstötning kan utlösas om man sticker fingrarna i halsen och försöker kasta upp.

En sann yogi utövar Vari-sara genom att dricka vatten och sedan med hjälp av bukmuskelkontraktioner driva vattnet genom magsäcken, tunntarmen och grovtarmen och ut per rektum. Men Vari-sara är en svår process, om man inte har en mycket effektiv kontroll av bukmusklerna, ty där erfordras starka muskler och kontrollerade rörelser.

Kött, fisk och ägg framkallar förstoppning och växt av förruttelsebildande bakterier, som producerar ohälsosamma och kanske toxiska ämnen. Glatta grovtarmsmuskler orkar inte hålla farten på motoriken, körtlar absorberar inte salter och vatten effektivt och epitelcellerna mår inte bra. Överskott av animalisk och vegetabilisk äggvita gynnar växt av förruttelsebakterier med undantag för mjölk pga närvaro av mjölksocker.

Mjölk är voluminöst, spänner ut tarmväggen och befordrar peristaltiken. Mjölk har mjölkäggvita, kallat kasein, som innehåller alla aminosyror inklusive de essentiella och inte är syrligt. Mjölksocker (laktos) spjälkas i tunntarmen till glukos som absorberas och galaktos, som bara ofullständigt absorberas och resten uttöms till grovtarmen, där den bidrar till växt av mjölksyrebakterier och motverkar utveckling av förruttelsebakterier. En del galaktos omvandlas till mjölksyra, som stimulerar glatta tarmmuskler att kontrahera sig. Smör som uppvärms befrias från salter och orenheter och är nyttig och bl. a. inte höjer blodtrycket.

Stärkelse består av raka eller svagt förgrenade kedjor av glukos och gynnar växt av laktacida bakterier. Finns i grönsaker gärna råa, frukter och nötter. Cellulosa, som består av glukosmolekyler i raka kedjor, är cellväggens främsta beståndsdel hos alla växter. Den är en icke vattenlöslig fibertyp, som ökar volymen på tarminnehållet och förhindrar förstoppning.

Dieten skall således gynna en mjölksyrabildande, giftförstörande bakterieflora och då skall vi använda den typ av kolhydrater, som har en chans att nå grovtarmen och inte helt smältes och absorberas i tunntarmen. Födan skall också tas i tillräckliga mängder för att stimulera peristaltiken och den borde nog innehålla cellulosa.

1. Stärkelse får vi framför allt från sädeslag, fröskideväxter, rötter etc.
2. Sedan bör intas sådan föda som är rik på cellulosa, t.ex. vissa grönsaker och fruktsocker. De grönsaker som är rika på cellulosa innehåller ibland också stärkelse och disackarider. Således bör vi använda morötter, blomkål, vitkål, bönor, spannmål (vete, hela sädeskorn), tomater etc.
3. Frukt, t.ex. äpplen, päron, bananer (inte rika på cellulosa men stimulerar tarmrörelser), körsbär, aprikoser, sviskon, plommon, russin etc.
4. Nötter, t.ex. valnötter, mandel, cashewkärnor, jordnötter, para-nötter.
5. Mjölk och grönsaker rika på cellulosa, nödvändiga bland dem spenat och andra gröna blad.
6. För att få tillräckligt rå stärkelse är vi tvungna att äta råa grönsaker, särskilt alla bladgrönsaker.
7. Föda som innehåller mycket järn har en mer eller mindre förstoppande effekt. Banan är förstoppande p g a rikligt med järn men om den äts med mjölk och grönsaker har den en chans att nå grovtarmen.

Grovtarmen behöver särskilt bistånd när den är förstoppad. Även en avföring om dagen betyder förstoppning. När en behandling mot förstoppning påbörjas är första hjälpen att städa undan de gamla anhopningarna av faekalier. Ett minimum av 2-3 dygns fasta är nödvändig. Var förruttnelsebakterier växer eller är en dominerande faktor, där kommer också mer än tre dygns fasta att vara nödvändig men den borde då göras under överinseende av en expert.

Förstoppning motverkas av råa grönsaker och mogna frukter med tillräcklig celulosahalt, vindruvor innehållande stimulerande syror, färska och torkade fikon och plommon, russin o s v.

Jämvikten mellan *syror och baser* i kroppen är nära förbunden med födoämnen. Nedsatt koncentration av alkali är ofta orsak till nedsatt vitalitet, ohälsa och flera sjukdomar. Genom att man ökar förtäringen av de alkalihaltiga födoämnen och minskar på de syrabildande upprätthålles det normala innehållet av alkali i blodet. I yogadieten vidmakthålls denna balans mellan syror och baser på ett naturligt sätt. Mjölk, grönsaker, frukt och kokosnötter i dieten utgör här de alkaliserande födoämnen medan de syrabildande är kött, fisk, ägg och säd. I yogadieten där kött och fisk inte förekommer är således praktiskt taget sädeslagen de enda födoämnen, som hör till den syrabildande gruppen.

Kolhydrater. Kroppen är inställd på att hålla en jämn nivå av glukos i blodet. En sockerrik måltid ökar absorptionen av glukos och höjer glukoskoncentrationen i blodet, som stimulerar till ökad insulinproduktion. Därmed ökar farten på upptaget av glukos i cellerna och koncentrationen av glukos i blodet sjunker till normal nivå. Om måltiden innehåller kolhydrater som tas upp långsammare behöver bukspottkörteln inte producera insulin så fort och därför i mindre mängd. Ät således t.ex. krossade eller hela korn, råa eller kokta, balgväxter och syrlig mat som syrade grönsaker och surdegsbröd.

Proteiner. Ungefär hälften av den organiska massan i en vuxen människas kropp utgörs av proteiner. Det rekommenderade dagliga proteinintaget är 0,8 g per kg kroppsvikt. Vegetarianer kan ha svårt för att få tag på livsmedel som innehåller essentiella aminosyror. Sojaböner liksom animaliska födoämnen innehåller den aminosyrasammansättning, som bäst stämmer överens med den vi behöver. Sojabönan innehåller c:a 40 % protein. Man kan också kombinera ris och dal, böner och majs för att få fullvärdigt protein. Nötter och frön ger ett nästan fullvärdigt tillskott.

Fetter. Triglyceriderna är den ämnesgrupp som i dagligt tal kallas fett. Ett fett består av en glycerol och tre fettsyror. Fettsyrorna indelas efter uppbyggnaden i mättat fett, enkelomättat fett och fleromättat fett. En omättad fettsyra innehåller en eller flera dubbelbindningar, vilket ger färre väteatomer i skelettet än en mättad. Mättat och omättat fett kan vi tillverka själva men inte de fleromättade fettsyrorna linolsyra och alfa-linolensyra. Fett behövs för att ta upp de fettlösliga vitaminerna A, D, E och K.

Mättat fett finns i animaliska fetter. Minska på dem. Fett tas upp i mindre utsträckning om kosten är fiberrik. Enkelomättat fett finns rikligt i oliv-, raps- och jordnötsolja. Det sänker blodfetter lika bra som fleromättat. Fleromättat finns i många växtoljor och i solrosfrön, fullkornsprodukter och fisk. E-vitamin behövs för att förhindra oxidation. Fleromättade oljor oxiderar, dvs lätt härsknar i kontakt med syre och ljus samt under upphettning. Linolsyra och alfalinolen omvandlas i kroppen i flera steg till olika fettsyror. Stress kan försvåra omvandlingen och ge fettsyrabrist.

Linolsyra bildar fettsyror, som är gynnsamt för bl.a. premenstruell spänning, diabetes och atopiskt eksem. Alfa-linolensyra bildar fetter, som sänker blodfetter och blodtryck samt motverkar blodkoagulation och blodpropp. Det ökar halten av

ett signalämne serotonin i hjärnan, som gör oss glada och lugna. Det bidrar till hjärnans utveckling och förbättrar inlärningsförmågan och minnet.

Vitaminer. De är livsviktiga och kan inte ersätta varandra. Vitaminer delas upp i två grupper. Fettlösliga vitaminer A, D, E, och K, som kan lagras i lever och hud. Vattenlösliga vitaminer: B-gruppens vitaminer och C-vitaminer måste tillföras varje dag. De kan tas upp av kroppen bara i små mängder och överskott utsöndras med urinen.

Grönsaker och rotsaker ätes nykokta. Hålls de varma för länge förstörs det mesta av C-vitaminer och somliga B-vitaminer.

Fria radikaler och antioxidanter. Syre traktar efter att rycka till sig elektroner från andra små molekyler. Om det lyckas blir den andra molekyl en elektron för kort och transformeras till en fri radikal, också kallad oxyradikal, som i sin tur törstar efter att rycka till sig en elektron. Fria radikaler är reagerar mycket lätt med andra ämnen och är därför ytterst kortlivade. De kan bl.a. reagera (oxidera) med cellens väggar, vilka huvudsakligen är uppbyggda av fettsyror. En enda cell kan få 10000-100000 angrepp av fria radikaler varje dag.

Radikalerna kan ge skador på fleromättade fettsyror i cellmembranet, deoxiribonukleinsyror som är bärare av arvsanlag och enzymer, vilket kan leda till cancer, hjärtkärlsjukdomar och för tidigt åldrande.

Kroppen är därför ständigt utsatt för angrepp av fria radikaler, som kan reagera med cellens olika beståndsdelar och bryta ned systemet. Därför har cellen skapat både intracellulärt verksamma enzymer, som kan montera ned oxyradikaler, och extracellulärt aktiva biomolekyler, som skyddar i intercellulärvätskan och blodet. Det viktigaste enzymet intracellulärt är glutathion peroxidase, som skyddar mot alla typer av skador från oxyradikaler och som finns hos alla organismer från bakterien till människa. Den är nödvändig förutsättning för liv.

Superoxid dismutas är det enzym som tillför en elektron till syreradikalen kallad superoxid, som är molekylärt syre, som har gripit tag i en extra elektron (O₂.)

För att ytterligare förebygga att oxyradikaler reagerar med celler i kroppen behövs en grupp skyddande ämnen kallade antioxidanter. De består av flera olika ämnen, som främst finns i vegetabilier. I gruppen ingår bl.a. betakaroten, flavonider, vitamin C, vitamin E, mangan, zink, koppar och selen, som bildar antioxidanter tillsammans med enzymer.

Mineraler. Oorganiska mineraler finns i jorden. Växterna tar upp mineraler och omvandlar dem så att de blir lättare tillgängliga för människan. Konstgödning innehåller endast fosfor, kalium och för hög halt av kväve. I ekologisk gödning använder man naturgödsel, som är rik på mineraler och spårämnen. Mineraler behövs i celler, benvävnad och vätskebalansen. Vi behöver ett dagligt tillskott av fosfor, kalcium, kalium, natrium och svavel.

Mjölk och bladgrönsaker innehåller rikligt med *kalcium*, som behövs för skelett- och benbyggnad och muskeltillväxt samt förhindrar muskelkramper. Samverkar med D-vitamin och fosfor. D-vitaminbrist kan ge rakitis hos barn och ökar risken för ålderssjukdomar. Kalkbrist ökar risken för frakturer hos kvinnor och gamla. Rika på kalcium är mjölk, yoghurt, keso, tofu, proteiner i säd, grönsaker, särskilt bladrika sådana.

Magnesium är en viktig beståndsdel i ben och muskler och förekommer där i högre % än ben. Födoämnen, som är rika på kalk innehåller också tillräckligt med magnesium.

Spårämnen. De mineraler som vi behöver i ytterst små mängder, ibland inte ens mätbara, kallas spårämnen. Alla behöver tillföras med kosten och kan inte ersätta varandra. Spårämnen ingår som nödvändiga ingredienser i de enzymer som styr ämnesomsättningen. Mellan vitaminer, mineraler och spårämnen måste det finns ett bestämt förhållande. Zink ingår som antioxidant tillsammans med enzymer (superoxid dismutas). Koppar antioxidant tillsammans med enzymer (superoxid dismutas). Mangan antioxidant tillsammans med enzymer (superoxid dismutas). Selen antioxidant tillsammans med enzymer (glutation peroxidase). Mineraler och spårämnen förblir oförändrade efter skörd men kan mistas under raffinering av råvaror för framställning av t.ex. vitt mjöl, socker och ris. Om man inte använder kokvattnet går en del av mineral- och spårämnen förlorade.

Järn. Omkring 30 % av alla skandinaviska kvinnor i fertil ålder har järnbrist. Kvinnor är mer utsatta för blodbrist än män p g a menstruationsblödningar, graviditet och amning. Järn utvunnet på blod är mer lättillgängligt än järn i vegetabilier. Mjölk innehåller bara 0.0002% men är av överlägsen art och lätt att absorbera. Om man dricker mycket mjölk kan tarmen absorbera tillräckligt med

järn för kroppens behov. Vegetarianer får järn främst från vete, havre, ris, grönsaker, äggplanta, rädisor, bananer, dadlar, russin och mjölk.

Hur genomförs en fasta praktiskt?

Före fasta

Det är fördelaktigt att förbereda en fasta genom att ta frukter och dricka mjölk under ett eller två dygn. Mjölken innehåller mjölksocker (laktos) och mjölkprotein och frukten innehåller kolhydrater och tillsammans uppmuntrar de mjölksyrebakterierna att växa och konkurrera ut förruttnelsebakterierna. Grovtarmen bör rensas från faekalt innehåll med vatten eller hellre fysiologisk koksaltlösning som lavemang eller genom Jala-Vasti. Man kan dessutom dricka något vatten och kräkas upp det för att skölja magsäcken. Effektivaste och för kroppen skonsammaste metoden för rengöring sker genom Vari-Sara, då man dricker vatten och sedan med hjälp av varierande kontraktioner av bukmuskulerna pressar vattnet genom magsäcken, tunntarmen och grovtarmen ut genom analöppningen.

Fasta

Fastan pågår under tre dygn. Under fastan drickes ett glas varmt vatten tillsatt med nypressat citronjos med 30 till 45 minuters mellanrum under 3 timmar på förmiddagen. Därefter dricks ett glas kallt vatten av och till. Det är tillrådligt att dricka vatten eftersom cirkulationen, när tillförd vätska kommer till blodet, blir mer aktiv och överskottet också påverkar njurarna. Drickandet bör göras med särskilda intervaller. Medelst ett sådan kopiöst vattendrickande spoljas njurarna grundligt på den första fastedagen. Dessutom blir vi tvungna att rensa grovtarmen från fekal innehåll några gånger med vatten eller hellre fysiologisk koksaltlösning som lavemang eller genom Jala-Vasti. Man kan dessutom dricka något vatten och kräkas upp det. Om Vari-Sara praktiseras bör där vara vattendrickande under första dygnet av hänsyn till blodcirkulationen och njurspolningen. Och genom Vari-sara kommer tarmkanalen att göras ren från ackumuleringen. Sedan kan på den andra dagen vattendrickningen avslutas och bara

Vari-Sara göras. Men fastan skall fortsättas också på den tredje dagen. På det här sättet kan vi få grovtarmen ren.

Avbryta fasta

Efter tre dygn kan fastan brytas genom att dricka apelsinjos 3-5 gånger på första dagen. På den andra dagen av fastebrytet kan man ta hela frukter som t.ex. äpplen, bananer etc. Grovtarmsrengöring med vätska om behövt. Efter tre dygn kan man övergå till mjölkdieten.

Mjölkdieten har tre fördelar. Den befördrar tillväxt. Den gynnar växt av mjölksyrabildande bakterier i grovtarmen och stimulerar peristaltik. Den är rik på sekretion från de endokrina körtlarna.

Under mjölkdieten kan moderata kroppsövning göras och sol- och luftbad tas. Ett varmt eller snarare neutralt vattenbad företas dagligen. Grovtarmsrengöring med vätska om behövt.

Mjölkdiet dag ett och dag två, då man intar någon mjölk med ett intervall på $\frac{3}{4}$ timme i 12 timmar. På tredje dagen dricker man ett glas, dvs drygt två deciliter, med ett intervall på $\frac{1}{2}$ timme med början kl 8 på morgonen till kl 8 på morgonen, vilket kommer att bli ungefär 20-24 gånger. Härtill fogas ett glas apelsinjos som det första på morgonen och ett kl. 15 på eftermiddagen varje dag under mjölkdieten. En sådan mjölkdiet kommer att spola organismen riktigt mycket och vissa fall av förstoppning är storligen hjälpta genom denna. Den kan ge uttömningar upp till 12 gånger om dagen. Mycket av mjölken passerar då ut som den är, ty så mycket mjölk kan matsmältningskanalen inte absorbera. På det här sättet kommer den att ge mycket bra rengöring. Om sedan efter brytet av den här mjölkdieten en laktovegetarisk diet återupptas kommer den att fungera underbart.

Efter fasta

Efter fasta antas mjölkdiet eller mjölkfruktdiet.

Mjölkdieten är för flertalet människor mest tillfredsställande. Ty där kommer mycket galaktos att nå grovtarmen, genom vilken tillväxten av förruttnelsebakterierna hämmas. När hela tarmkanalen är fylld med mjölk är en stor del av mjölken bunden att nå tarmkanalen och spola den. Många människor leder av förstoppning. Mjölkdirandet kommer att visa sig vara en särskild

åtgärd för att motverka förstoppning genom att rensa tarmen genom många tömningar och eliminera förruttnelsematerial.

Mjölkfruktdiet kommer att vara nyttig. Stärkelse och råa grönsaker eller bananer motverkar envis grovtarmsobstipation. Bäst är att ta en banan före ett mål och sedan mjölk eller banan före frukost och sedan frukter (här undvikande smör och bröd) och sedan mjölk. Den här dieten hjälper oss att hålla en normal colonrytm även när förstoppningen varit betydande.

Förstoppning. För det mesta finner folk en tarmtömning om dagen vara helt tillräckligt. Ändock kan de äta tre eller fler mål om dagen. Vi anser att bara en öppning om dagen betyder förstoppning. Om där endast är en eller två öppningar i veckan är där faktiskt ett dåligt tarmtillstånd. Men om där är bara en öppning om dagen, vilket kan kallas regelbunden förstoppning, är tarmen redan ganska svag och kan inte behålla hela kroppen i ett tillstånd av perfektion. Det behöver korrigeras. Naturligtvis kan vi utstå alla sorters utsvävningar för någon tid men hur lever vi efteråt. Snart nog kommer vi att visa nervös irritabilitet, brist på uppmärksamhet och koncentration, inte känna oss bra även när vi inte är verkligen sjuka. Men om grovtarmen är propert rengjord och rörligare kommer det att vara möjligt att slippa undan många sådana nackdelar.

Det är alltså viktigt för oss att hålla grovtarmen ren och verksam. Vi bör därför som nyttig och verksam föda ha mjölk och frukter och också nötter, särskilt mandlar och valnötter. Av torkade frukter kan vi ta stora och små russin, katrinplommon, aprikoser och fikon. (Vitt bröd passar inte här). Vi kan också till dieten foga gröna blad, som befördrar fri tarmrörelse, och bananer och honung till mjölken. Dessa är rätt föda för grovtarmen

Om vi kan behålla ett fint grovtarmstillstånd kommer det också att vara möjligt för oss att vidmakthålla hälsan och vår naturliga immunitet och kraft att övervinna sjukdomar kommer att ökas. På så sätt kommer också vår fysiska effektivitet att förbättras och tillåta oss att göra vårt arbete mycket bättre.

Kroppsövningar

Indiens atleter t ex äter riktigt mycket och tränar mycket och uppnår också ett maximum av kraft men de kan inte behålla den. I Europa bryr man sig vanligen

inte om att uppnå maximal kraft. Man tycker det är bättre och viktigare att behålla effektiviteten av kraften för längre tid i stället för att uppnå ett maximum och sedan gå ned ganska hastigt, som fallet är hos indiska atleter, vars effektivitet inte är långvarig. Men då utvecklar heller inte atleter i Europa ett sådant överskott av muskulär effektivitet.

Åldershänsyn. Om en sådan muskulär tillväxt når sitt maximum har den gått långt över vad ordinärt folk visar. Om dessa muskler sedan kontinuerligt tränas är det bra. Men efter någon period vanligen i 40-45-50-årsåldern kommer det inte längre att vara möjligt att fortsätta med sådan muskelträning. Den här muskelkraften, som är så starkt utvecklad och kräver tillräcklig träning, kommer att avta så snart träningstakten går ned. Det kan vara möjligt att bevara ens energi för ännu någon tid men musklerna kommer att degenerera och vid en viss ålder brytas ned. Om man har tur kommer man att kunna fortsätta träna upp till 50 år eller så. En liten tillväxt av hjärtat är möjlig men den kan i varje fall inte fortsätta med den aktivitetsnivå, som musklerna skulle kräva. Därför är det bäst att vid den här punkten minska muskelträning och att långsamt reducera dieten. Därigenom kommer också muskelstorleken att reduceras. Och det där är en viktig punkt i träning.

En annan inte så välkänd företeelse är att man efter att ha uppnått 50-60 år kan fortsätta med någon träning mycket regelbundet och ostört, inte i avsikt att öka någon tillväxt men att behålla och även öka ens kraft till en viss nivå genom en begränsad diet och väl reglerad rengöring och tömning. Därigenom kan en fysisk perfektion behållas på ett allsidigt sätt, då kroppen följer ett mönster baserat på statisk och dynamisk träning. Men ställningsträning kan där reduceras till ett minimum och vi fortsätter endast med Pranayama, vilket kommer att vara möjligt, när träningsdelen har byggts därefter. Det här skulle följaktligen baseras på en helt välbalanserad kropp, där de yttre skelettmusklerna som producerar kroppens rörelser är perfekt kontrollerade.

Ty den här processen består av Asana-Mudra, ställningsövningar och där har vi också avslappningkontraktion eller kontrollövningar. Den grund-läggande övningen är ställningsövning, sedan kommer kontrollövningar och när allt det där är fullt utvecklat kan man börja med Pranayamaövning. Det finns faktiskt ett antal möjligheter. Genom några av dem kan man få alla erforderliga muskler

övade inom 30 minuter och återstoden kan göras genom Pranayama, med hjälp av vilken man t.ex. kan påskynda cirkulationen.

Delvis citerat från S S Goswami: På den fysiska nivån *fungerar sinnet genom kroppens förmedling* och har i allmänhet endast den möjligheten. Således kan fysiska övningar, om de är systematiska, utöva ett starkt inflytande på sinnet.

Vi tränar både för vår fysiska och mentala utveckling. I kroppsövningarna är inblandade inte bara det muskuloskelettära systemet utan också hjärta- kärl- lungapparaten, det centrala nervsystemet och de endokrina körtlarna. Men vi måste önska att få träna, annars gör vi inte övningarna. Den dominerande faktorn är följaktligen sinnet, som påbjuder och också upplever verkningarna. Därför finns bakom allt vårt handlande, om den beror av viljan, sinnet i bakgrunden. Om vi använder sinnet mer förståndigt i muskelövningarna, kan bättre resultat uppnås också påverkande de olika medvetna stegen.

Kroppen utnyttjas som ett instrument, ty vår hjärna är en del av kroppen och sinnet manifesteras särskilt genom stora hjärnan (cerebrum). Således är det i varje ögonblick hjärnaktivitet (*cerebration*) å ena sidan, som är den fysiska effekten av sinnesaktivitet (*mentation*) å andra sidan. Båda hänga ihop så att det vanligen inte är möjligt att isolera den ena från den andra. Under mentation är hjärnans verksamhet inte endast aktiviteten av nervcellerna, ty hjärnans verksamhet är oupplösligt förenad med blodet. Och blodet bär med sig inte bara näringen och avfallen utan också insöndringar från endokrina körtlar, vilket betyder att hjärnan behöver och får alla substanser från de andra cellerna. På det här sättet är hela kroppen innefattad i cerebration och mentation. Därför är vår mentala funktion beroende av vårt kroppstillstånd. Den mentala funktionen genom kroppens förmedling förbättras, när instrumentet blir mer effektivt.

Kroppsövningar, föda och fasta tillsammans renar och stärker instrumentet d v s kroppen.

Sinnet fungerar på flera nivåer, av vilka den *sensoriska* är lägst. Här mottages sinneselementen eller förnimmelserna genom sinneskanalerna och utnyttjas som råmaterial, av vilket sinnet kan bilda ideer och föreställningar. Det här vetandet och bildandet av föreställningar, sammantagna kallade sinnets modifikationer eller *Vrittis*, ger oss ett sensoriskt mönster eller en sinnesform som bas, och den beror definitivt på kroppstillståndet. Ty här har vi sinnena eller *Karmendriyas*,

handlings-organen, med deras mentala delar, *Jnanendriyas*, instrumenten för att förvärva kunskap, de förstnämnda är i kroppen, de sistnämnda är i sinnet.

Karma betyder handling. Karma-indriya, skrivet *Karmendriya*, avser de fem konativa eller handlingsorganen, som är uttömning, fortplantning, händer, fötter och tal. Beträffande *Jnanendriyas* hänvisas till citat. (Citat efter Georg Feuerstein, *The Yoga Tradition*. Indriya ("tillhörande Indra eller instrument") sinnesorgan, inkluderande det lägre sinnet (manas) som det sjätte instrumentet. Jnana ("knowledge, wisdom"). Beroende på sammanhanget kan termen avse antingen konventionell kunskap eller befriande visdom. I den senare betydelsen är Jnana av samma natur som den transcendental Verkligheten. Slut på citat.)

Den mottagande förmågan att se, att höra, känna, smaka och lukta, särskilt syn- och ljudperceptioner är viktiga inte bara på direkt sensorisk nivå utan indirekt också på högre nivå. Vad man t.ex. inte ser så tydligt kan man inte förstå så klart. Vad man inte hör så bra kan man lätt missförstå. Ty på en viss funktionsnivå hos kroppen kommer den här skarpa kraften att ta emot materia från omgivningen att bli avtrubbad. Där är alltså en tröskelnivå, nedan vilken sinnesförmågan börjar att försämrans i stället för att behållas klar och stark, vilket vi med framskridande ålderdom erfar. Nedan nivån kan kroppen inte längre behålla sina krafter och då kommer sinnet att uppleva att sinnena blir grövre, även om kroppen som helhet inte är märkbart oren eller försvagad.

Ty den sensoriska delen är alltid mer förfinad än resten av kroppen och därför kommer allt förfall att först träffa sinnena, som får en nedsatt funktion, vilket vi märker av.

Facklitteratur

Hatha Yoga, Shyam Sundar Goswami

Review of Medical Physiology, William F. Ganong

Textbook of Medical Physiology, Arthur C. Guyton, John E. Hall

Vetenskapen om varandet och livets konst, Maharishi Mahesh Yogi

Människans fysiologi, Olav Sand, Øystein V. Sjaastad, Egil Haug

Freedom from Disease, Hari Sharma

Vegetariska kokboken, Inga-Britta Sundqvist