

Absorption

Absorption av näringsämnen sker genom tarmväggen, antingen med hjälp av aktiv transport eller av diffusion. En aktiv transport kräver energi och går vanligtvis mot en koncentrationsgradient eller elektrisk potential. En aktiv transport kräver ofta även specialiserade bärarproteiner. Diffusion är däremot en rörelse av substanser genom ett membran i samma riktning som en elektrokemisk gradient. Diffusion kräver inga transportproteiner eller energi i form av ATP. Många näringsämnen förflyttar sig emellertid genom underlättad (faciliterad) transport, vilket kräver ett transportprotein eller en transportkanal.

Kolhydratabsorption

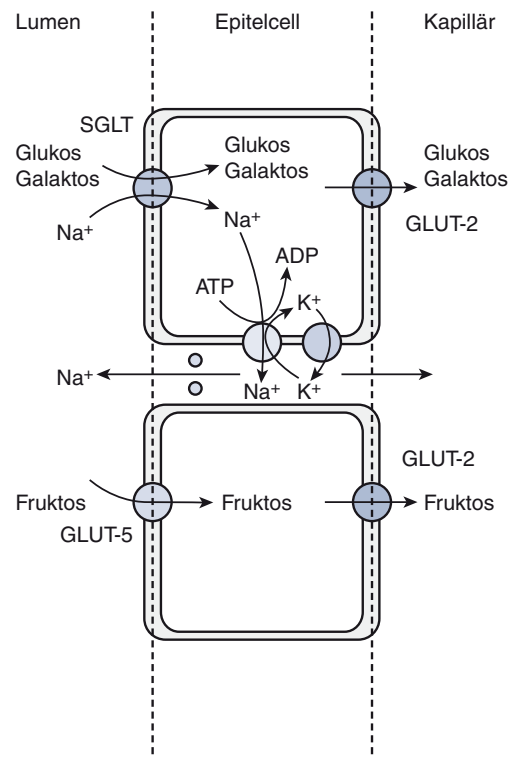
Vid spjälkning av polysackarider och disackarider bildas monosackariderna glukos, fruktos och galaktos. Dessa monosackarider absorberas av bärarmedierade transportprocesser. Det finns en hel grupp transportörer som förmedlar upptaget av monosackarider i epitelcellerna, bland annat en natriumberoende transportör (SGLT) och en natriumboeroende aktiv diffusions-transportör som specifikt hjälper fruktos (GLUT-5). För varje glukosmolekyl transporteras två natriumjoner till epitelcellen. Natrium transporteras sedan aktivt tillbaka till lumen genom natrium-kaliumpumpen. Galaktos använder sig också av SGLT (se figur 5.11).

En separat monosackaridtransportör (GLUT-2), som finns på den motsatta sidan av epitelcellens lumen, tar emot alla tre monosackariderna. Monosackariderna transporteras slutligen via portådern till levern.

Fettabsorption

Monoglycerider och fettsyror som sammanfogats i miceller transporteras till villi och rör sig sedan mot mikrovillis mellanrum. Här diffunderar fettsyrorerna genom epitelmembranet och går till epitelcellen. Micellerna förflyttar sig sedan bort från villi, infogar nya fettsyror, och transporterar dem åter tillbaka till villi. Miceller bildas inne i tarmslemhinnan och utför således en viktig transportfunktion. I närvaro av gallsalter (och följaktligen miceller) är fettabsorptionen nästan komplett (97 %), men i frånvaro av galla absorberas enbart 50 % av fettsyrorerna.

Fettsyraabsorptionen genom epitelmembranen sker via diffusion, eftersom fettsyrorerna är mycket lösliga i lipidmembranen (se figur 5.12). I epitelcellerna återbildas fettsyror till triglycerider i det endoplasmatiska retiklet. Därefter slår sig triglyceriderna samman med kolesterol och fosfolipider för att bilda kylomikroner (se även figur 1.4). I kylomikronen är fosfolipidens lipofila delar vända inåt mitten och de polära hydrofila delarna är belägna ytterst. Kylomikroner möjliggör transport av fetter i de vattenlösliga miljöerna i lymfan och blodplasman. Dessa stora molekyler förflyttar sig mot den centrala delen av villi och transporteras sakta genom lymfsystemet och därefter vidare ut i blodet. Korta och medellånga fettsyror har högre vattenlöslighet än de långa fettsyrorerna och följer därför en något annorlunda absorptionsväg. De går in genom epitelcellen, och utan att



Figur 5.11.
Kolhydratabsorption.

reesterifieras till triglycerider diffunderar de direkt genom tarmslemhinnan till portådern. Där binds de till plasmaproteinet albumin och går till levern via portådern. Gallsalterna återabsorberas igen av tarmslemhinnan i den sista delen av ileum. De går till portådern och sedan till levern. I levern återutsöndras de i gallan. På detta sätt återanvänds 94 % av gallsalterna. Återcirkulationen av gallsalterna kallas det enterohepatiska kretsloppet.

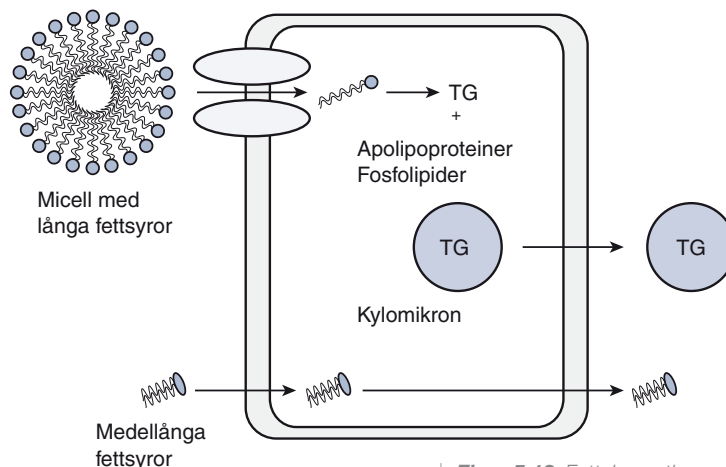
Absorption av aminosyror

Fria aminosyror, dipeptider och tripeptider absorberas genom aktiv transport i tunntarmen och därifrån levereras de till levern via portådern. Denna aktiva transport sker kopplad till natriumtransporten. Dipeptider och tripeptider, som har transporterats genom epitelmembranet, bryts ned inne i cellen av specifika dipeptidaser och tripeptidaser till de enskilda aminosyror (se figur 5.13).

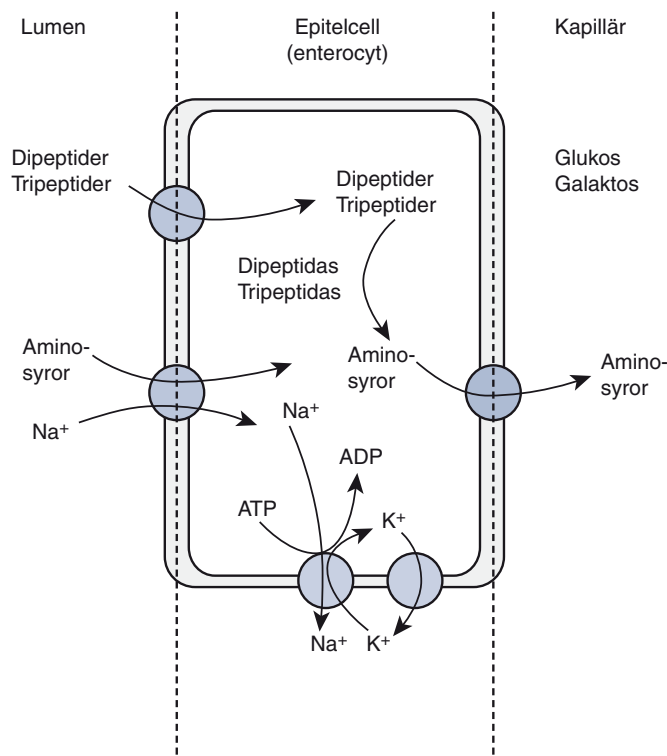
De flesta aminosyror transporteras genom epitelet mot en koncentrationsgradient och därför behövs transport med hjälp av bärarproteiner (se figur 5.13). Minst sju olika specifika transportproteiner i mikrovilli har identifierats. Tarmslemhinnan innehåller vanligtvis ett natriumberoende transportsystem, medan membrantransporten ut till den motsatta sidan inte behöver natrium. Tunntarmens kapacitet att absorbera aminosyror och små peptider är mycket stor och effektiv. Mindre än 1 % av det intagna proteinet återfinns vanligen i feces. När aminosyror har gått genom slemhinnan, transporteras de till levern, där de ombildas till glukos, fett eller protein. De kan också släppas ut i blodet som fria aminosyror.

Vattenabsorption

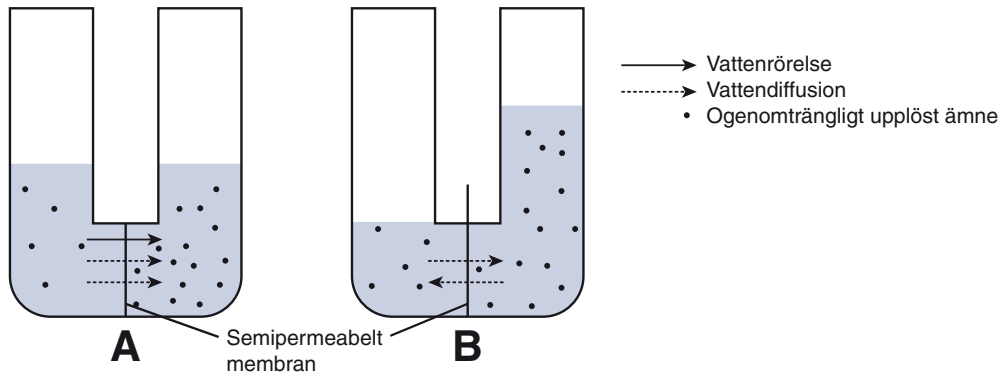
Den största delen av vattenabsorptionen (99 %) sker i tunntarmen, framför allt i duodenum (72 %) via diffusion. Absorptionen sker med osmos (se figur 5.14). Ett membran som är ogenomträngligt för lösta partiklar, men permeabelt (genomsläppligt) för vatten skiljer de två vätskerummen åt med samma mängd vätska, men med olika mängd lösta partiklar. Vatten diffunderar genom membranet i båda riktningar, men den större mängden vatten rör sig mot vätskerummet med den lägre vattenkoncentrationen (högre koncentration av lösta partiklar). Den totala vattenförflyttningen resulterar i att lösningarna får en liknande koncentration av lösta partiklar på båda sidor av mem-



Figur 5.12. Fettabsorption.



Figur 5.13. Absorption av aminosyror.



Upplöst ämne	5 mOsm	15 mOsm	Upplöst ämne	5 mOsm	15 mOsm
Volym	1 liter	1 liter	Volym	0,5 liter	1,5 liter
Osmolaritet	5 mOsm/l	15 mOsm/l	Osmolaritet	10 mOsm/l	10 mOsm/l

Figur 5.14. Osmos.

branet. Vattenmängden hos den del som inledningsvis hade lägre vattenkoncentration har emellertid ökat.

Termen *osmol* är ett mått på mängden lösta partiklar och densiteten av dessa uttrycks i mOsm/kg (osmolalitet) eller mOsm/l (*osmolaritet*). Osmolariteten i de flesta kroppsvätskor ligger på cirka 290 mOsm/l (se tabell 5.5). När kymus har låg osmolaritet (< 280 mOsm/l) rör sig vätsket mot epitelcellen och blodplasman i vilka osmolariteten är högre. Om kymus har hög osmolaritet (> 300 mOsm/l, som t ex koncentrerad glukoslösning) rör sig vätsket till tarmen. Vid absorptionen av lösningar som till exempel innehåller glukos och natrium förändras den osmotiska gradienten och drar vatten in i epitelet.

För en stillasittande vuxen kan utsöndringarna av sekret från olika organ till tarmen uppgå till 7 l/dag (se tabell 5.3). Dessa sju liter vätska produceras genom en kombinerad utsöndring från spottkörtlarna, magsäcksväggen, gallblåsan, pancreas och tarmen. Det dagliga vattenintaget är i snitt två liter och den totala vattenabsorptionen kan därför bli så hög som nio liter. Under träning, speciellt i varma miljöer, då vätskeförluster och vätskeintag är höga, kan den dagliga vattenabsorptionen lätt överstiga tio liter. Vid diarré är vattenabsorptionen minimal och vätskeförlusterna från kroppen kan bli höga och i vissa fall livshotande.

Absorption av vitaminer

Den största vitaminabsorptionen sker i jejunum och ileum och är vanligtvis en passiv process (diffusion). De fettlösliga vitaminerna A, D, E och K absorberas tillsammans med fettsyror. De infogas även i kylomikroner och transporteras genom lymfsystemet ut i blodet och slutligen till lever och andra vävnader. Den största delen av absorptionen av de fettlösliga vitaminerna sker i tunntarmen.

Även de vattenlösliga vitaminerna absorberas främst i tunntarmen via diffusion. Kroppens olika vävnader håller inte kvar de vattenlösliga vitaminerna länge och när stora mängder intas utsöndras de till största delen genom urinen. Vitamin C absorberas främst i den sista delen av tunntarmen. Ett överdrivet intag av vitamin C (över cirka 1 200 mg/dag) minskar njurens effektivitet att återabsorbiera vitamin C, och därför försvinner det mesta ut i urinen. B-vitaminer intas ofta som delar av coenzym i mat och

Lösning	Osmolaritet (mOsm/l)
Vatten	10-20
Svett	170-220
Magsaft	280-303
Blodserum	300
Lucozade sport	280
Isostar	296
Gatorade	349
Powerade (UK)	285
Powerade (US)	381
Allsport	516
Pepsi-cola	568
Coca-cola	650
Fruktjuice	450-690

Tabell 5.5. Osmolaritet hos kroppsvätskor och olika drycker.