

# Metabolism och överlevnadens fysiologi: en introduktion

Pär Leijonhufvud\*

© 2019

## Innehåll

<b>Metabolism: hur din kropp får energi</b>	<b>3</b>
Basalomsättningen . . . . .	3
Energi mäts i joule eller kalorier . . . . .	4
Kemisk energi finns lagrad i olika molekyler . . . . .	4
Glykogen . . . . .	6
Huvudspåret: socker till energi . . . . .	7
Fett . . . . .	9
Proteiner . . . . .	9
Fler källor . . . . .	10
Nytt socker: glukoneogenesen . . . . .	11
<b>Vad händer när du svälter?</b>	<b>12</b>
Protein . . . . .	13
Fett . . . . .	14
Vad innebär detta i praktiken? . . . . .	15
Vitamin B <sub>1</sub> : tiamin. . . . .	16

---

\*Kontakta författaren på [par@borealbushcraft.se](mailto:par@borealbushcraft.se) om du vill återanvända hela eller delar av detta i din egen verksamhet, eller distribuera det.

Risker med att äta efter en längre svältperiod . . . . .	17
Sammanfattning . . . . .	17

## Metabolism: hur din kropp får energi

### Viktiga punkter

- Din kropp förbrukar alltid energi, de s.k. basalomsättningen. Förutom den tillkommer den energi som förbrukas för att hålla dig varm eller vid fysisk aktivitet.
- I din mat – och din kropp – finns energi lagrad i form av energirika molekyler: proteiner, fett och olika kolhydrater.
- Att utvinna energi ur olika energikällor är flerstegsprocesser, där vissa steg går snabbare än andra, och vissa kräver syre, medan andra inte gör det.
- Vi kan även få energi ur mjölksyra och ketonkroppar.

Du gör av med energi hela tiden. Det sker hela tiden ett stort antal kemiska reaktioner för att röra muskler, sända nervsignaler och mycket mer: mycket av detta kräver energi. Hur mycket energi beror på ett antal faktorer, dels på vem du är men även på vad du gör.

### Basalomsättningen

Den mängd energi som kroppen gör av med för att upprätthålla livsfunktioner varierar med ålder, kroppstorlek och kön. Det finns ett antal formler för att uppskatta denna, den som mest används idag är den så kallade Mifflin St Jeor ekvationen:

$$P = (10 \cdot m + 6,25 \cdot h - 5 \cdot a + s) \text{ kcal/dygn}$$

där

m är din kroppsvikt i kg

h är din längd i cm

a är din ålder (i år)

s är en korrektionsfaktor för kön: +5 för män, och -161 för kvinnor

P är basalomsättningen, i kcal/dygn

Om vi som exempel beräknar denna för en 30 årig man på 70 kg som är 180 cm lång:

$$P = 10 \cdot 70 \text{ kg} + 6,25 \cdot 180 \text{ cm} - 5 \cdot 30 + 5 = 1680 \text{ kcal/dygn}$$

Detta är alltså det absoluta minimum som kroppen behöver för att leva.

## **Energi mäts i joule eller kalorier**

Energiinnehåll i mat mäts traditionellt kalorier (förkortas *cal*), medan ett modernare mått är joule (J). Skillnaden är att det går 4,18 J på en kalori, samt att joule är en enhet som tillhör det så kallade SI-systemet: kalori är en äldre enhet<sup>1</sup>. Båda enheterna är mycket små, och man använder därmed oftast kilokalori (kcal) respektive kilojoule (kJ). I vardagstal skrivs och pratas det ofta om kalorier när det egentligen avses kilokalorier, vilket kan orsaka en viss förvirring (samt irritation hos alla med en naturvetenskaplig bakgrund).

Givetvis finns det en individuell variation, som kan vara avsevärd. För exaktare uppskattningar måste andelen kroppsfett tas med i beräkningen (förbrukningen är till stor del berende på den fettfria kroppsmassan), och det sker även en anpassning nedåt efter perioder av fasta eller svält.

### **Aktivitet avgör den verkliga förbrukningen.**

Detta innebär att även om man bara ligger still i en säng kommer man att förbruka nästan 1700 kcal/dygn. Om man sedan är aktiv tillkommer en del: för en normal "kontorsarbetare" blir det i storleksordningen ytterligare 1000 kcal<sup>2</sup>. Om man är i ett kallt klimat, anstränger sig extremt hårt kan man komma upp i mycket högre siffror: för polarexpeditioner när deltagarna drar pulkor med flera hundra kg utrustning har man uppskattat en energiförbrukning i storleksordningen 7000–8000 kcal/dygn, möjligen ännu mer[1, 2].

## **Kemisk energi finns lagrad i olika molekyler**

Din kropp får normalt energi från maten du äter, och i den är det främst kolhydrater, fetter och aminosyror som fungerar som energikällor (se tabell 1 på följande sida). Alla dessa är molekyler, alltså föreningar av ett antal olika atomer.

<sup>1</sup>Definierad som den mängd värme som krävs för att öka temperaturen på 1 g vatten med 1 °C.

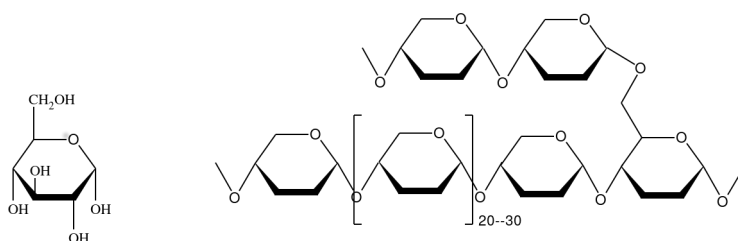
<sup>2</sup>Se <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/energi-kalorier> för mer information.

1 gram av	Energiinnehåll	
	kcal	kJ
protein	4	17
kolhydrater	4	17
kostfibrer	2	8
fett	9	37
alkohol	7	29

Tabell 1: Energiinnehåll i olika näringsämnen. Källa: Livsmedelsverket, <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/energi-kalorier>

## Kolhydrater

Kolhydrater är i detta sammanhang främst socker och stärkelse, där stärkelse är en s.k. makromolekyl<sup>3</sup> som består av långa, förgenade kedjor av sammanlänkade sockermolekyler (se figur 1). Det finns ett antal olika sockerarter (med lite olika kemisk uppbyggnad), men här och nu kan vi ignorera skillnaden mellan dessa. Socker tas upp snabbt av kroppen, medan stärkelse tar längre tid, och därmed ger en jämnare energitillförsel till kroppen. När kroppen skall tillgodogöra sig energin i stärkelse bryts den ned till enskilda glukosmolekyler<sup>4</sup>.



Figur 1: Socker (glukos) respektive stärkelse. Det är ca 20–30 glukos-molekyler mellan varje förgreningspunkt i stärkelsen: totalt kan en stärkelsemolekyl innehålla flera hundra glukosmolekyler

Eftersom stärkelse är kraftigt hydrofilt (vattenälskande), lagras en stor mängd vatten tillsammans med stärkelsen, ca 3–4 gånger massan (m.a.o. minst 3 g vatten för varje gram stärkelse). Detta gör stärkelse till ett för en människa ineffektivt

<sup>3</sup>En makromolekyl är en mycket stor molekyl.

<sup>4</sup>Det finns ett stort antal olika typer av socker, som liknar varandra kemiskt och som hanteras lite olika i kroppen. För vårt ändamål här kan vi dock ignorera dessa skillnader. Den huvudsakliga sockerarten som används av kroppen är glukos, även kallad druvsocker, som t.ex. är byggstenen i stärkelse och många andra polysackarider.

sätt att lagra energi, varför vi endast lagrar några hundra gram kolhydrater (i form av glykogen, som liknar stärkelse, men har tätare förgreningar).

## Glykogen

Glykogen är en polysackarid, med andra ord det är en molekyl som består av ett större antal glukosmolekyler. Det är en lång kedja som förgrenas relativt ofta (med 8-12 enheters intervall), vilket gör att molekylen snabbt kan brytas ned. Vi har i storleksordningen 75 g/300 kcal värt av glykogen i levern, men även ungefär dubbelt så mycket lagrat i musklerna (se tabell 2). Detta räcker som du säkert snabbt inser inte särskilt länge (en normal människa gör av med ca 1800 kcal/dygn bara för att upprätthålla de basala kroppsfunctionerna, se avsnitt om basalmetabolismen på sidan 3), utan kommer att ta slut inom ett dygn i de flesta fall, ofta mycket snabbare än så.

Glykogen är kroppens snabb-lager av energi, eftersom den i levern snabbt kan brytas ned till socker (i form av glukos) när blodsockret sjunker. Vid överskott av socker i blodet används socker i stället till att bygga upp nytt glykogen. På så sätt hålls blodsockret stabilt. De två hormonerna glukagon och insulin styr denna process, som sker i levern.

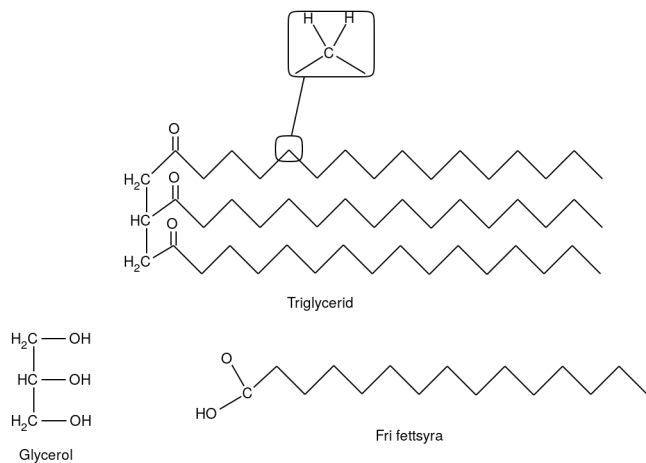
Det glykogen som finns i musklerna används där och hos människa sparar musklerna på glykogen och tömmer i princip aldrig dessa förråd helt. När glykogen bryts ned bildas dock mjölksyra, som kommer att gå ut i cirkulationen och därmed kommer resten av kroppen till del (se avsnittet om glukoneogenesen, på sidan 11).

Vävnad	Typisk person	Normalt intervall
Muskler	500 g	300–700 g
Lever	80 g	0–160 g

Tabell 2: Kroppens glykogenförråd

## Fett

Det finns måna olika typer av fett, men i kosten dominerar de så kallade *triglyceriderna*, som består av en glycerol och tre fettsyror (se figur 2 på nästa sida). När vi skall bryta ned fett för att använda det som energikälla spjälkas först glycerolen av från fettsyror, och dessa bryts sedan ned stegvis.



Figur 2: En triglycerid består av tre fettsyror och en glycerol.

Eftersom fett inte behöver vatten för att lagras och är en energirik molekyl är fett ett mycket effektivt sätt för kroppen att lagra energi.

### Proteiner och aminosyror

Proteiner är långa kedjor av aminosyror (vi använder lite drygt 20 st olika aminosyror, sammanlänkade i kedjor om flera hundra stycken). I kroppen används proteiner till många olika saker, från att bygga upp muskler till livsviktiga enzymer. De proteiner som kroppen inte behöver bryts ned i aminosyror (även de proteiner som kommer in via matsmältningen). De aminosyror som kroppen inte använder för att tillverka nya proteiner bryts ned och de flesta av dem kan då ge energi.

### Huvudspåret: socker till energi

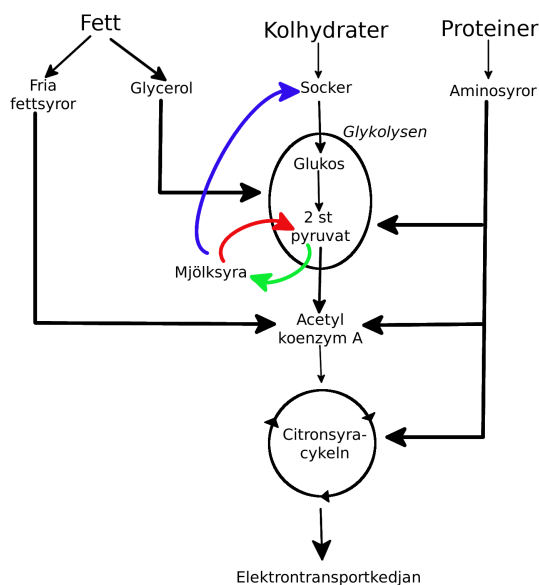
I de flesta fall får du huvuddelen av din energi från kolhydrater, med andra ord socker (se figur 3 på följande sida). Det är en process i tre steg:

1. **Glykolysen** när en sockermolekyl bryts ned till två pyruvat (pyruvat) och de frigörs en del energi. Denna del är viktig för att det är den enda delen som

kan genomföras utan syre. Det är också snabbare än de efterföljande: vid kraftig ansträngning kommer det därför att bildas ett överskott av pyruvat.

2. **Citronsyrecykeln** bryter ned pyruvat ytterligare, och frigör dels lite direkt användbar energi, men främst molekyler som kan användas i det sista steget. Både detta och nästa steg kräver syre.
3. **Elektrontransportkedjan** är där större delen av energin kommer från.

De två senare stegen sker inne i cellernas mitokondrier<sup>5</sup>



Figur 3: Översikt över energimetabolismen hos människa. Vid snabb förbränning bildas mjölksyra (grön pil), som antingen i väl syresatta vävnader kan återbilda pyruvat (röd pil), eller (i levern, blå pil) användas av glukoneogenesen för att nyttillverka glukos. Se texten för vidare diskussion.

<sup>5</sup>Celler har, liksom en människa ett antal "inte organ", kallade organeller. Mitokondrier är ett av dessa, och det är i dem större delen av energin i t.ex. en sockermolekyl frigörs.



## Fett

När en triglycerid (se figur 2 på sidan 7) bryts ned frigörs det dels en glycerol och dels tre fettsyror. Glycerolen kan smita in "från sidan" i den normala sockerprocessen (se figur 3 på föregående sida) och funkar därmed ungefär som socker (eller snarare en halv socker). Fettsyrorna däremot måste brytas ned vidare innan de kan utnyttjas som energikälla (detta kallas för  $\beta$ -oxidationen). Denna kan bara ske i närvaro av syre, och det bildas ett antal molekyler som kallas för *acetyl-koenzym A*. Och acetyl-koenzym A är det som används som första steg i citronsyracykeln (se ovan), och ger därmed i slutänden upphov till en stor mängd frigjord energi.

Den observante ser i bild 6 på sidan 16 att massorna ibland inte stämmer: hur kan  $160\text{ g} = 160\text{ g} + 16\text{ g}$ ? Förklaringen är dock enkel: när triglyceriden bryts ned binds lite vatten, och detta är medräknat i de slutgiltiga massorna. Egentligen skall det alltså vara

$160\text{ g triglycerid} + 16\text{ g vatten} \rightarrow 160\text{ g fria fettsyror} + 16\text{ g glycerol}$ : inom biokemin förutsätter man helt enkelt ofta att vatten alltid finns och binds eller frigörs efter behov utan anmärkning. Allt levande består som bekant till större delen av vatten, varför detta är ett acceptabelt antagande.

## Proteiner

Proteiner består som bekant av aminosyror, och dessa är alla lite olika. Vissa av dem kan ge energi när de bryts ned, men inte alla, och detta kan se på lite olika sätt beroende på vilka aminosyror vi har att göra med. Men eftersom vi i verkligheten har att göra med många biljardert aminosyror från ett stort antal olika proteiner<sup>6</sup> kan vi använda ett genomsnitt när vi talar om hur mycket energi som finns i proteiner.

Däremot går det inte att leva på bara proteiner: vi klarar helt enkelt inte av att hantera nedbrytningen av den mängden protein som skulle krävas. När vi bryter ned protein bildas urea, som vi utsöndrar med urinen. Vår maximala kapacitet till detta ligger långt under det behovet som en ren proteindiet skulle kräva[3, 4]. Det finns exempel på detta i praktiken, t.ex. när en del tidiga polarexpeditioner levde på en extremt proteindominerande kost, med förgiftningssymtom som följd[5].

---

<sup>6</sup>I 1 g protein finns ungefär fem triljarder – 5 000 000 000 000 000 000 – aminosyror.

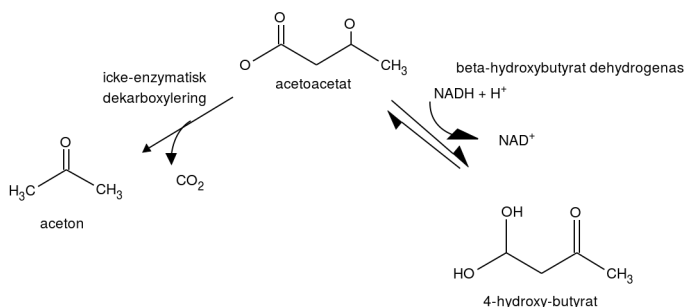
## Fler källor

De tre stora ovan är de vi normalt får i oss med maten, men när kroppen måste utnyttja sina egna reserver, eller vid hög ansträngning, sker det även lite andra processer där andra molekyler kan användas. För oss gäller främst två av dessa: mjölksyra och ketonkroppar.

## Mjölksyra

Mjölksyra (ibland kallad *laktat*) bildas när vi får ett överskott av pyruvat. Ofta ser man det som en slaggprodukt (med andra ord skräp som måste rensas bort), men i verkligheten är det en källa till energi. Levern, och i viss mån vår hjärna kan utnyttja laktat som energikälla (t.ex. genom att omvandla den till glukos). Kroppen kan även återbilda pyruvat, men endast i vävnader<sup>7</sup> som har gott om syre.

## Ketonkroppar



Figur 4: De tre ketonkropparna acetoacetat, aceton och 4-hydroxy-butyrat.

Ketonkroppar bildas från två källor: fettsyror och vissa aminosyror<sup>8</sup>. Från fettsyror och dessa aminosyror bildas ett antal acetyl-koenzym A, och dessa kan reagera med varandra och bilda acetoacetat, som i sin tur kan bilda aceton och  $\beta$ -hydroxybutyrat<sup>9</sup> (se figur 4). Dessa kan sedan användas som energikälla i muskler, hjärna och hjärta. Faktum är att hjärnan i grunden bara använder två källor till

<sup>7</sup>I en kropp finns det fyra olika vävnader: muskel-, bindväv-, epitel- och nervvävnad. Dessa är uppbyggda på lite olika sätt och har olika typer av celler. Vävnaderna bygger tillsammans upp våra olika organ.

<sup>8</sup>Aminosyrorna leucin, lysin, fenylalanin, isoleucin, treonin, tryptofan och tyrosin kan bilda ketonkroppar när de bryts ned

<sup>9</sup>Denna ketonkropp kallas även 4-hydroxybutyrat eller 4-OH-butyrat

energi: socker och ketonkroppar. Av denna anledning är produktionen av ketonkroppar mycket viktig.

En liten andel av ketonkropparna läcker ut till urinen via njurarna, det är dem vi ser med de välbekanta urinstickorna[3].

### **Nytt socker: glukoneogenesen**

Som jag berättat ovan kräver din hjärna (och dina njurar) socker för att kunna fungera. Din kropp kan producera socker, men för att detta skall fungera krävs dels ett lämpligt utgångsmaterial, och dels energi. Lämpliga utgångsmaterial Som utgångsmaterial används t.ex. mjölksyra och glycerol, men även vissa aminosyror. Glycerol frigörs när en triglycerid (m.a.o. fett) bryts ned, mjölksyra bildas från pyruvat, medan aminosyrorna antingen kommer från maten eller genom att bryta ned proteiner i muskelvävnaden.

## Vad händer när du svälter?

### Viktiga punkter

- Din kropp har ett energilager som räcker mycket länge, i bästa fall långt över 100 dagar.
- Fett står för den största mängden lagrad energi i kroppen.
- I din lever och dina muskler finns kolhydraten glykogen, som ger snabb energi. Denna räcker dock endast något dygn.
- Din kropp kan tillverkas socker från aminosyror, glycerol och mjölk-syra.
- När fetter och proteiner bryts ned i hög takt bildas ketonkroppar, som kan användas som energikälla av muskler och hjärnan.
- Vid kortvarig svält (eller de första dyggen av en längre svältperiod) förbränns både fett och muskelprotein som energikälla.
- Efter några dagars svält förbränns huvudsakligen fett som energikälla, och musklernas proteiner sparas i möjligaste mån.
- Utan vitamin B<sub>1</sub> kan vi inte tillgodogöra oss kolhydrater, och det är därmed livsviktigt att förnya kroppens depåer av detta inom en månad.

Svält är kanske det du först tänkte på när du började läsa om om fysiologi och överlevnad, men på ett sätt är det också det du under en förvånansvärt lång period kan ignorera. Människor svälter inte ihjäl snabbt, det tar flera veckor i värsta fall, och många månader i bästa fall[6, 7, 8]. Men vad händer i din kropp när du slutar äta?

Din kropp har i grunden tre energilager som kommer att utnyttjas i en svält-situation (se figur 5 på sidan 14)

**Glykogen** som ger snabb energi för att kompensera för kortvarig näringsbrist.

**Protein** som dels är kroppens byggstenar, men även kan användas som energikälla.

**Fett** som kroppen lagrat som långsiktigt energiförråd, isolering, osv.

Du har även en mycket liten mängd socker i blodet (20 g, motsvarande 80 kcal), men det tar slut mycket snabbt, och är därför ointressant för en svältsituation[7, 8, 9, 10].

### Svältens tre faser

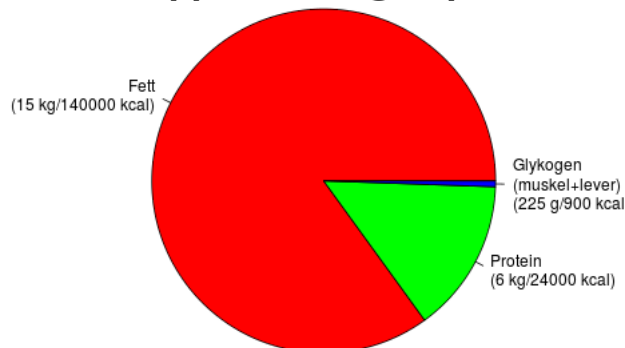
	<b>Post-absorbativ fas</b> 6–24 h efter måltid	<b>Glukoneogenes</b> 1–10 dygn av svält	<b>Proteinkonsivering</b> Över 10 dygn av svält
<b>Nedbrytning av glykogen</b>	Pågår initialt för fullt, men minskar till närmare noll efter ca 24 h av svält.	Ingen (glykogenet är förbrukat)	
<b>Glukoneogenes från proteiner</b>	Ökar gradvis	Når ett maximum efter ca 3 dygn, för att sedan avta något	Minskar gradvis efter ca 10–15 dygn av svält, för att sedan nå en konstant nivå.
<b>Fettnedbrytning och ketonkroppsproduktion</b>	Ökar kraftigt under de första 12–18 h av svält	Når en hög nivå efter ca 1–2 dygn av svält, för att sedan vara konstant.	

Tabell 3: I samband med svält går kroppen genom tre faser: den post-absorbativa, när den senaste måltiden är förbrukat men och kroppen försörjs delvis med leverns glykogenförråd, fasen när nyproduktion av glukos från främst proteiner dominerar, och den långsiktiga när proteinnedbrytningen av tar och kroppen huvudsakligen får sin energi från fettnedbrytning. Källa: Yartsev (2017) och Cahill (1976)[9, 8]

### Protein

En normal människa har ca 6 kg protein lagrat i kroppen, och åtminstone delar av detta kan utnyttjas som en energireserv: totalt skulle det ge ca 24 000 kcal energi. När glykogenet är förbrukat sjunker blodsockret från sin normala nivå, och kroppen börjar kompensera genom att tillverka nytt socker. Det snabbaste sättet att göra detta är att bryta ned proteiner i dess aminosyror. Dessa används antingen för att tillverka ketonkroppar eller i glukoneogenesen för att bilda socker.

## Kroppens energidepåer



Figur 5: Kroppens energidepåer: fett står för den övervägande delen, med relativt små andelar protein och mycket små lager av kolhydrater[9].

Så långt är allt väl: blodsockret stiger igen till nivåer som gör att hjärnan och andra viktiga organsystem fungerar. Men proteinerna är kroppens byggmaterial, är det verkligen en bra ide att bryta ned dem? Nej, inte i längden, vi har byggt upp en massa muskler och bindväv av en orsak, och inte för att "käka upp" dem så fort vi missar några måltider. Kroppen börjar därför bryta ned fett, vår egentliga energireserv (se bild 5). Det tar dock lite längre tid att få igång detta system, därav proteinförbränningen.

Om man får i sig bara lite kolhydrater (några hundra kcal värt räcker) kommer proteinnedbrytningen att avstanna, men kroppen fortsätter till viss del att bryta ned fett: dock bildas i så fall inga ketonkroppar, och hjärnan är därmed helt beroende av att kolhydraterna fortsätter att tillföras. Vid försök som gjorts har det visat sig att den fysiska och psykiska prestationsförmågan var i princip lika mellan grupper som fick och de som inte fick små mängder kolhydrater(500-1000 kcal), däremot skedde givetvis en mycket mindre (eller obefintlig) produktion av ketonkroppar[11, 12]. Det pågår forskning inom SÖS för att närmare studera detta.

## Fett

Fetter finns det många olika, men de som våra kroppar lagrar som energidepå är främst av typen triglycerider, vilket är det kemiska sättet att säga att det är tre fettsyror som binder till en glycerolmolekyl. När vi skall bryta ned fettet spjälkas fettsyror bort från glycerolen (den kan vi använda som energikälla), och fettsyror (långa kolvätekedjor med 12-18 kolatomer) bryts stegvis ned i mindre fragment med två kol i form av acetyl-koenzym A som kroppen sedan utnyttjar

som energikälla. Några vävnader – t.ex. hjärna, röda blodkroppar och njurar – vill fortfarande ha socker, men de flesta delarna är nöjda med fett som energikälla. Totalt har en typisk människa ca 15 kg fett, som totalt motsvarar över 140000 kcal. När den här fettförbränningen är i full gång, vilket tar några dygn av svält, finns det ganska gott om dessa, och kommer att kombineras till så kallade ketonkroppar. Om du har haft att göra med någon som kör med en kolhydratfri kost och hamnat i ketos så har du kanske känt en vag doft av aceton: det är dessa ketonkroppar som ger upphov till detta (samma effekt märks efter några dagar på en SÖS-strapats). Tidigare trodde man i överlevnadssammanhang att ketos var något farligt, något som skulle undvikas, men numera har man insett att ketosen är något bra. Skälet till detta är att hjärnan kan utnyttja ketonkropparna som energikälla, och vi kan därmed slippa en del av glukoneogenesens "dyrbara" sockerproduktion (se tabellerna 3 på sidan 13 och 4). Halterna av ketonkroppar kommer att gradvis öka under de första dagarna, för att sedan vara tämligen stabila: normalt har vi endast spår av ketonkroppar i blodet, efter ca 1 vecka har vi 4,0 mmol/l 4-hydroxybutyrat i blodet, som sedan ökar till ungefär 6,0 mmol/l och sedan stabiliseras där[8].

Tidsrymd	Glukos (mmol/liter)	Fria fettsyror (mg/dl)	Ketonkroppar (mmol/liter)
4–6 h efter måltid	4,4	0,5	0,01
1 veckas svält	3,6	1,5	4,0
4–5 veckors svält	3,6	1,5	6,0

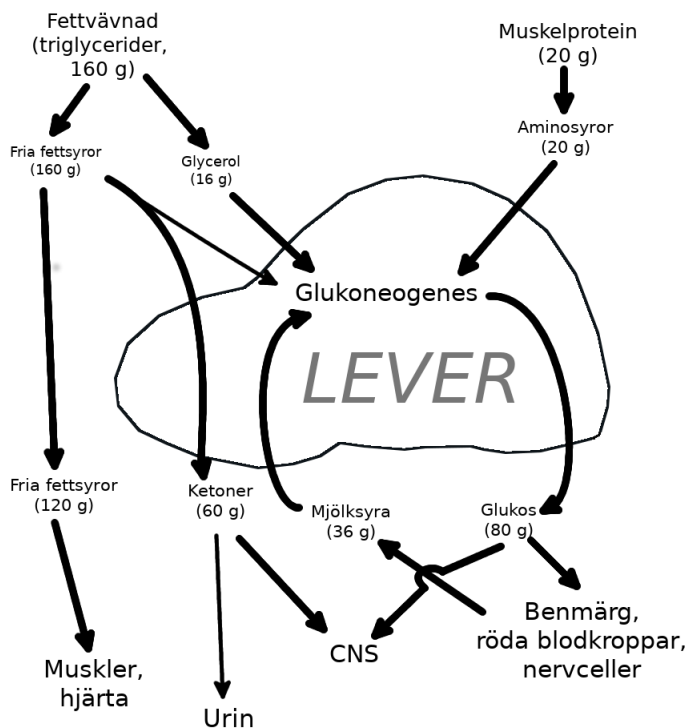
Tabell 4: Mängden av olika energikällor i blodet efter olika perioder av svält. Blodsocker sjunker lite under den första veckan, men är därefter tämligen konstant, fria fettsyror tredubblas eftersom kroppen ökar fettnedbrytningen. ketonkropparna ökar samtidigt, vilket tyder på att hjärnan nu får en stor del av sin energi från dessa. Efter Cahill (1976)[8]

I och med detta är vi helt inne i svälten: vi går gradvis över från att förbränna proteiner till att förbränna fett, och vi kan fortsätta med det i 6-8 veckor innan vi svälter ihjäl. Jag har summerat dessa tre faser i tabell 3 på sidan 13.

## Vad innebär detta i praktiken?

I praktiken kommer du att uppleva att du funkar bra, ungefär som vanligt, i 12-24 h, för att sedan gradvis bli tröttare, mer orkeslös och i en del fall illamående. Efter ytterligare 1–2 dygn kommer du att må bättre, och du kan sedan fortsätta att överleva mer eller mindre i lugn och ro i minst 10 dagar till.

Efter en längre periods svält kommer du att huvudsakligen leva på fett, även om en mycket liten mängd proteiner kommer att förbrukas, se figur 6.



Figur 6: Kroppens energikällor efter en längre tids svält. Baserat på Cahill 1976 och Yartsev 2017.

### Vitamin B<sub>1</sub>: tiamin.

Fast ovan skrev jag att man kunde överleva i flera månader utan mat, hur hänger det ihop med 8 veckor? Svaret är i grunden enkelt. För att kroppen skall kunna tillgodogöra sig energi måste vi ha en kofaktor till ett enzym (ett så kallat koenzym, alltså ett ämne som enzymet måste ha för att kunna fungera), och det koenzymet är just vitamin B<sub>1</sub>[6], se tabell 5 på nästa sida. Våra lager av vitamin B<sub>1</sub> räcker i bästa fall några veckor, och om vi inte förnyar dem kommer vi att svälta ihjäl. Men om vi kan få i oss mer B<sub>1</sub> kan vi leva längre, och först efter 140-160 dygn är våra kroppars energidepåer förbrukade och vi svälter slutgiltigt ihjäl. Det här visades på ett tydligt men tragiskt vis när fångar i i Turkiet och Storbritannien hungerstrejkade: de som bara drack vatten överlevde i genomsnitt ca 60 dygn, me-



dan de som fick kosttillskott i form av B-vitaminer överlevde i snitt nästan 200 dygn[7].

---

### Fakta om tiamin (vitamin B<sub>1</sub>)

---

<b>Dagligt behov</b>	Lite drygt 1 mg. Mycket svårt att överdosera.
<b>Lager i kroppen</b>	Vi har ca 30 mg lagrat i kroppen.
<b>Funktion</b>	Agerar som en kofaktor till viktiga enzymer. Utan vitamin B <sub>1</sub> kan vi inte tillgodogöra oss energi från kolhydrater
<b>Brist</b>	Brist på vitamin B <sub>1</sub> leder till sjukdommen beriberi. Drabbar personer med mycket ensidig kost.

---

Tabell 5: Sammanfattande fakta om tiamin, vitamin B<sub>1</sub>

### Risker med att äta efter en längre svältperiod

Om man har blivit utsatt för helsvält en längre tid (minst 5 dagar) finns det en risk att drabbas av "refeeding syndrome"[13, 14, 15]. Kroppen har ställt in sig på svältläge, depåerna av vitamin B<sub>1</sub> har minskat, och ett plötsligt intag av mat, i synnerhet kolhydratrik sådan, kan leda till allvarliga och livshotande effekter (t.ex. Wernickes syndrom). Inom sjukvården behandlar man därför dessa patienter genom att dels ge tillskott av vitamin B och dels börja med lite mat (som mest halva det basala dagsbehovet det första dygnet) för att sedan gradvis öka det medan man fortsätter att tillsätta B-vitaminer. Om du hamnar i en längre tids svält är det därför bra om du kan få tag på vitamin B<sub>1</sub> för att minska riskerna om du får tag på föda innan du blir räddad.

### Sammanfattning

I en svältsituation kommer du alltså att genomgå ett antal olika stadier:

**De första timmarna efter en måltid** lever du på maten i ditt matsmältningssystem

**Glykogenet bryts ned** (främst det i levern)

**Proteiner bryts ned och omvandlas till socker** som ger energi till hjärnan, medan de flesta andra vävnader försörjs med ketoner och fett. Under den första delen av denna period mår en del dåligt, men det går över.

**Efter några dagar minskar proteinnedbrytningen** och fettsyror används som energikälla i hela kroppen utom det centrala nervsystemet, som får sin energi från ketoner.

Räkna med att det är detta som kommer att hända dig och de du är ute med i en svältsituation. Alla kommer inte att vara i fas, en del kommer att må bättre än andra, men efter några dagar bör samtliga känna sig bättre, och då kan man lättare samarbeta för att lösa sin situation. Under denna period är det viktigt att stödja varandra i en grupp.

## Referenser

- [1] Fiennes R. *Mind Over Matter: Epic Crossing of the Antarctic Continent*. New ed ed. Mandarin; 1994.
- [2] Stroud M, Coward W, Sawyer M. Measurements of energy expenditure using isotope-labelled water ( $2\text{ H } 2\text{ }^{18}\text{ O}$ ) during an Arctic expedition. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1993;67(4):375–379. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF00357638>.
- [3] Cahill, Jr GF. Fuel Metabolism in Starvation. *Annual Review of Nutrition*. 2006;26(1):1–22. PMID: 16848698. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.26.061505.111258>.
- [4] Rudman D, DiFulco TJ, Galambos JT, III RBS, Salam AA, Warren WD. Maximal Rates of Excretion and Synthesis of Urea in Normal and Cirrhotic Subjects. *The Journal of Clinical Investigation*. 1973 9;52(9):2241–2249. Available from: <https://www.jci.org/articles/view/107410>.
- [5] McKinlay WL. *The Last Voyage of the Karluk*. St. Martin Griffin; 1999.
- [6] Ståhle L. Vitamin B1 store is decisive for survival of human beings without food. *Läkartidningen*. 2012;109(11):528.
- [7] Altun G, Akansu B, Altun BU, Azmak D, Yilmaz A. Deaths due to hunger strike: post-mortem findings. *Forensic Science International*. 2004;146(1):35–38.
- [8] Cahill GJ. Starvation in man. *Clinics in Endocrinology and Metabolism*. 1976;5(2):397–415.

- [9] Yartsev A. Physiological Adaptation to Prolonged Starvation; 2013-2017. Retrieved 2017-02-05. Available from: <http://www.derangedphysiology.com/main/required-reading/endocrinology-metabolism-and-nutrition/Chapter%203.1.8/physiological-adaptation-prolonged-starvation>.
- [10] Cahill Jr GF. Starvation in man. *New England Journal of Medicine*. 1970;282(12):668–675.
- [11] Taylor HL, Buskirk ER, Brožek J, Anderson JT, Grande F. Performance Capacity and Effects of Caloric Restriction With Hard Physical Work on Young Men. *Journal of Applied Physiology*. 1957;10(3):421–429. Available from: <http://jap.physiology.org/content/10/3/421>.
- [12] Sapir DG, Owen OE, Cheng JT, Ginsberg R, Boden G, Walker WG. The effect of carbohydrates on ammonium and ketoacid excretion during starvation. *Journal of Clinical Investigation*. 1972 Aug;51(8):2093–2102. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC292366/>.
- [13] Boateng AA, Sriram K, Meguid MM, Crook M. Refeeding syndrome: treatment considerations based on collective analysis of literature case reports. *Nutrition*. 2010;26(2):156–167.
- [14] Hearing SD. Refeeding syndrome. *BMJ*. 2004;328(7445):908–909. Available from: <http://www.bmj.com/content/328/7445/908>.
- [15] Khan LU, Ahmed J, Khan S, MacFie J. Refeeding syndrome: a literature review. *Gastroenterology Research and Practice*. 2010;2011.