



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap

Effekter på den fysiska aktiviteten, motivationen och koncentrationen vid negativ energibalans

The effects on physical activity, motivation and concentration during negative energy balance

Laura Pulkkinen

Institutionen för livsmedelsvetenskap
Uppsala 2012

Effekter på den fysiska aktiviteten, motivationen och koncentrationen vid negativ energibalans

The effects on physical activity, motivation and concentration during negative energy balance

Laura Pulkkinen

Handledare: Roger Olsson, Uppsala Universitet, Institutionen för folkhälso- och vårdvetenskap, Klinisk nutrition och metabolism

Btr handledare: Cornelia Witthöft, Sveriges lantbruksuniversitet

Examinator: Lena Dimberg, Sveriges lantbruksuniversitet

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap

Kurskod: EX0669

Program/utbildning: Agronomprogrammet - Livsmedel

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2012

Serietitel: nr: Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap

Nr: 347

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: energimetabolism, energibehov, anabolism, katabolism, negativ energibalans, glukoneogenes, ketogenes, lipolys, indirekt kalorimetri, direkt kalorimetri, serotonin, ansträngning, motivation, koncentration

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för livsmedelsvetenskap/Uppsala

1. Abstract

Negative energy balance and physical activity, both result in a shift in energy use in the body. During negative energy balance this shift is allocated into three phases, where the first phase is characterized by an increased gluconeogenesis, lipolysis and ketogenesis, the second phase by an acceleration of these processes, and the third phase by an inhibition of the gluconeogenesis. During physical activity the energy metabolism is both affected by the intensity and duration of the physical activity, where a high intensity favors glycogen breakdown and a lower intensity the use of fat as an energy source. The body's primary need is always to supply its energy needs, which means that it adapts to the prevailing conditions with regard to physical activity and the current energy and nutrient intake. Physical activity results in several physiological and peripheral changes, a lowered heart rate and respiratory frequency are few examples.

This study is based on results from an experiment performed at the Department of Public health and Caring science, in collaboration with the Laboratory of Human Nutrition, Massachusetts Institute of Technology (MIT) and Cambridge in the United States. In the study lasting one week; five setup days, one control day and one infusion day; seven subjects participated. They were all in negative energy balance during the experiment, received a standardized high protein diet and daily participated in two 90 minute cycling sessions, one during midmorning and one during afternoon. This study aims to investigate how the physical activity, concentration and motivation are affected during negative energy balance with a high protein intake.

Results from the study showed that the local (legs) exertion during the afternoon cycling sessions, significantly decreased between the first setup day and the control day. The decreased exertion could have been caused by an exercise effect, since the respiratory- and heart frequencies were significantly lower at day six compared to day one. Physiological and peripheral factors such as the hearts beating volume, blood hemoglobin and the mitochondrial- and capillary density, are other factors that might have affected the exertion. The motivation and concentration were unaffected during the time of the study and a hypothetical explanation for this result could have been the high amount of protein in the diet. This hypothesis is based on "The Serotonin Hypothesis" which argues that a high quota of branched chain amino acids versus free tryptophan in blood, maintains the motivation and concentration during fasting and exercise.

Key words: Negative energy balance, gluconeogenesis, exertion, concentration, motivation

2. Sammanfattning

Negativ energibalans och fysisk aktivitet resulterar båda i ett skifte i energianvändningen i kroppen. Vid negativ energibalans delas detta skifte in i tre faser där den första faser karaktäriseras av en ökad glukoneogenes, lipolys och ketogenes; den andra faser av en acceleration av dessa processer; och den tredje faser av en hämning av glukoneogenesen. Vid fysisk aktivitet påverkas energiomsättningen av intensiteten och varaktigheten på den fysiska aktiviteten, där en hög intensitet gynnar glykogennedbrytningen och en lägre intensitet ökar användningen av fett som energikälla. Kroppens primära behov är alltid att försörja sitt energibehov, vilket betyder att den anpassar sig efter de rådande förhållandena vad avser det aktuella energi- och näringsintaget samt den fysiska aktiviteten.

Denna studie är baserad på resultat från ett försök som gjordes vid Institutionen för Folkhälsa och Vårdvetenskap, i samarbete med Laboratory of Human Nutrition, Massachusetts Institute of Technology (MIT) och Cambridge i USA. I försöket deltog sju försökspersoner som under en vecka (fem inställningsdagar, ett kontroll- och infusionsdygn) intog en standardiserad högprotein kost under negativ energibalans och dagligen genomförde två 90 minuters cyklingar, en på förmiddagen och en på eftermiddagen. Denna studie syftar till att undersöka hur den fysiska aktiviteten, koncentrationen och motivationen påverkas vid negativ energibalans med ett högt proteinintag.

Resultaten från studien visade att den lokala ansträngningen under eftermiddagscyklingarna minskade signifikant mellan den första och sjätte dagen. Den minskade ansträngningen skulle kunna vara resultatet av en träningseffekt, detta eftersom en signifikant skillnad även noterades mellan andnings- och hjärtfrekvensen dessa dagar. Fysiologiska och perifera förändringar såsom hjärtats slagvolym och blodets hemoglobinhalt respektive den mitokondriella- och kapillära tätheten, är andra faktorer som kan ha påverkat ansträngningen. Koncentrationen och motivationen förändrades inte under försöksperioden och en hypotetisk förklaring till detta skulle kunna vara den höga proteinandelen i kosten. Denna hypotes bygger på "Den centrala trötthetshypotesen" som hävdar att en hög kvot av grenade aminosyror jämfört med fritt tryptofan i blodet, upprätthåller motivationen och koncentrationen under fasta och fysisk aktivitet.

Nyckelord: Negativ energibalans, glukoneogenes, ansträngning, koncentration, motivation

3. Innehållsförteckning

1. ABSTRACT	3
2. SAMMANFATTNING	4
3. INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
3.1 FÖRKORTNINGAR	6
4. BAKGRUND	7
4.1 INTRODUKTION	7
4.2 ENERGIMETABOLISM.....	7
4.2.1 <i>Anabolism och katabolism</i>	7
4.2.2 <i>Energiförbrukning</i>	8
4.2.3 <i>Energibehov</i>	8
4.2.4 <i>Negativ energibalans</i>	9
4.3 METABOLISM VID FYSISK AKTIVITET	10
4.3.1 <i>Energigivare under fysisk aktivitet</i>	10
4.3.2 <i>Metabola effekter av aerob träning</i>	10
4.3.3 <i>Fysisk aktivitet och trötthet</i>	10
4.4 SYFTE.....	11
4.4.1 <i>Frågeställningar</i>	11
5. MATERIAL OCH METOD	11
5.1 STUDIEDESIGN	11
5.1.1 <i>Urval</i>	12
5.2 METODER.....	12
5.2.1 <i>Antropometriska mått</i>	13
5.2.2 <i>Fysisk aktivitet och konditionstest</i>	13
5.2.3 <i>Kost och energibehov</i>	13
5.2.4 <i>Enkät – motivation och koncentration</i>	14
5.3 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	14
5.3.1 <i>Referenshantering</i>	14
5.4 ETISKA ÖVERVÄGANDEN	14
6. RESULTAT	15
6.1 ENERGIBALANS	15
6.2 VIKTFÖRÄNDRING.....	15
6.3 FYSISK AKTIVITET	16
6.3.1 <i>Respiratorisk kvot</i>	16
6.3.2 <i>Syreupptagningsförmåga</i>	17
6.3.3 <i>Hjärtfrekvens</i>	18
6.3.4 <i>Borgskalan (RPE)</i>	19
6.4 KONCENTRATION OCH MOTIVATION	21
6.4.1 <i>Koncentration</i>	21
6.4.2 <i>Motivation</i>	22
6.5 VILKA EFFEKTER HAR DEN FYSISKA AKTIVITETEN PÅ VO ₂ , RQ OCH HF VID NEGATIV ENERGIBALANS?.....	23
6.6 VILKA EFFEKTER HAR EN NEGATIV ENERGIBALANS OCH REGELBUNDEN FYSISK AKTIVITET PÅ DEN DAGLIGA KONCENTRATIONEN OCH MOTIVATIONEN SAMT ANSTRÄNGNINGEN UNDER FYSISK AKTIVITET?	23

7. DISKUSSION	23
7.1 RESULTATDISKUSSION	23
7.1.1 Borgskalan	23
7.1.2 Koncentrationen och motivationen	23
7.2 METODDISKUSSION	24
8. SLUTSATS	24
9. FÖRFATTARENS TACK	24
10. LITTERATURFÖRTECKNING	25
11. BILAGA	27
11.1 ENERGIINNEHÅLL	27
11.2 GRUNDDATA	27
11.3 FÖRSÖKSPLAN	27
11.4 ENKÄT	28
11.5 ANTROPOMETRISKA MÅTT	29
11.5.1 Vikt	29
11.5.2 Fettmassa	29
11.5.3 Vattenhalt.....	29
11.6 FYSISK AKTIVITET	30
11.6.1 Borgskalan.....	30
11.7 KONCENTRATION OCH MOTIVATION	30
11.7.1 Koncentration	30
11.7.2 Motivation.....	31

3.1 Förkortningar

ATP	Adenosintrifosfat
BMR	Basalmetabolism
BCAA	Grenade aminosyror
CSC	Citronsyrcykeln
FFS	Fria fettsyror
FS	Fettsyror
f-TRP	Fritt tryptofan
HF	Hjärtfrekvens
PAEE	Fysisk aktivitet
RQ	Respiratorisk kvot
TEE	Total energi förbrukning
TEF	Matens termogena effekt
TRP	Tryptofan
VCO ₂	Koldioxidproduktion
VO ₂ max	Maximal syreupptagningsförmåga

4. Bakgrund

4.1 Introduktion

Prestationsförmågan vid fysisk aktivitet har länge studerats och flera diskussioner har förts kring de potentiella faktorer som påverkar den. Prestationen har ansetts bero på direkta fysiologiska förändringar som sker under den fysiska aktiviteten (Goodman och Ruderman, 1982), men även långsiktiga fysiologiska förändringar som sker som resultat av den fysiska aktiviteten (Andersson, 2006). Till de direkta effekterna hör bland annat skiften i energianvändningen, som påverkas av det sammanlagda dagliga energiintaget men även intensiteten och varaktigheten på den fysiska aktiviteten (Goodman och Ruderman, 1982). Till de långsiktiga förändringarna hör både centrala och perifera effekter. Förändringar i hjärtminutvolym, syreupptagningsförmåga och hemoglobinhalt, är bara några av de centrala förändringar som sker som resultat av fysisk aktivitet. Till de perifera förändringar som orsakas av fysisk aktivitet, hör en ökad mitokondrie- och kapillärtäthet, förbättrad glykogenlagring i musklerna och fettförbränning (Andersson, 2006).

Negativ energibalans och dess effekter på prestationen vid fysisk aktivitet har vidare utgjort en diskussion under flera år, detta då det är vanligt att idrottare lider av en kronisk negativ energibalans eller själva inducerar en negativ energibalans med viktminskning som mål (Andersson, 2006). En någorlunda klar bild finns kring de förändringar som sker under negativ energibalans (Felig, 2001), men hur de i samspel med den fysiska aktiviteten påverkar ansträngningen och sinnesstämningen är inte helt klar (Guezennec, 1994). Syftet med denna studie är därför att undersöka effekterna av en negativ energibalans på den fysiska aktiviteten, motivationen och koncentrationen i samband med ett högt proteinintag.

4.2 Energimetabolism

Begreppet energimetabolism används för alla de biokemiska reaktioner som deltar i energiomsättningen i kroppens celler (Andersson och Göransson, 2006) och inkluderar de reaktioner som bidrar till att kroppen erhåller energi samt de reaktioner som spenderar energi (Whitney *et al.*, 2002). Kroppen är beroende av energi för att kunna driva de olika fysiologiska processer som pågår i kroppen bland annat vid tillväxt, organfunktion och fysisk aktivitet. Energin tillförs människan via kosten i form av fett, protein och kolhydrater men även alkohol bidrar med energi (se Tabell A i Bilaga för energiinnehåll) (Andersson och Göransson, 2006). I kroppen bryts fett ned till glycerol och fettsyror, kolhydrater till glukos, och proteiner till aminosyror (Whitney *et al.*, 2002). Energin från dessa omvandlas i kroppen till adenosintrifosfat, ATP, som cellerna sedan kan använda som energi. Energin kan användas direkt av kroppen eller lagras i form av glykogen eller triglycerider (Andersson och Göransson, 2006).

4.2.1 Anabolism och katabolism

De metabola processerna som sker i kroppen regleras av hormoner, enzymer samt koncentrationen av olika substrat. Hormonerna som medverkar i kroppens energiomsättning delas in i anabola och katabola hormoner. Till de anabola hormonerna räknas bland annat insulin och till de katabola hormonerna räknas bland annat glukagon, adrenalin och kortisol (Andersson och Göransson, 2006). De anabola hormonerna deltar i kroppens uppbyggnad (anabolism) av olika komponenter medan de katabola deltar i kroppens nedbrytning (katabolism) av dessa (Whitney *et al.*, 2002). De energigivande enheterna; glycerol, fettsyror, glukos, aminosyror; som erhålls efter att fett, kolhydrater och protein brutits ned, kan i kroppens anabolism användas som byggstenar för att bygga upp komplexa strukturer. Glukos kan bilda glykogen som lagras i levern eller musklerna, fettsyror och glycerol kan bilda triglycerider som lagras i fettvävnaden, och aminosyror kan bilda proteiner som bygger upp musklerna. Anabolismen är energikrävande och lagrar således energi. Vid energikrävande processer kan denna energi sedan användas (Whitney *et al.*, 2002).

Katabolism är motsatsen till anabolism och innebär att komplexa strukturer, så som fettvävnad och muskler, bryts ned i kroppen. Vid katabola reaktioner kan glykogen brytas ned till glukos, triglycerider till fettsyror och glycerol, och proteiner till aminosyror. Dessa reaktioner är energigivande och för att energin skall kunna utvinnas av kroppen, måste komponenterna brytas ned till ännu mindre beståndsdelar (Whitney *et al.*, 2002). Denna nedbrytning sker via tre huvudprocesser; glykolysen, citronsyracykeln och elektrontransportkedjan

(andningskedjan). För ett förenklat schema över dessa processer rekommenderas Bild 9.11 i Abrahamsson *et al.* (2006).

Glykolysen är den process vid vilken huvudsakligen glukos bryts ned och denna process kan ske både med eller utan närvaro av syre. I den första delen av glykolysen, icke syrekrävande, bildas två pyruvatmolekyler. Vid närvaro av syre kan dessa molekyler vidare omvandlas till acetyl-CoA i mitokondrierna, för vidare användning i citronsyracykeln samt andningskedjan i mitokondrierna. Denna omvandling kan ej ske vid syrebrist, vilket leder till att pyruvat istället omvandlas till laktat (mjölksyra). Vid intensiv träning händer det ibland att syretillförseln till musklerna inte är tillräcklig, vilket kan leda till att mjölksyra ackumuleras som resulterar i smärta och muskeltrötthet. Laktat kan via transport till levern återomvandlas till glukos, detta via en process som kallas glukoneogenesen. Vid överskott av glukos, det vill säga av energi, kan glukos lagras i form av glykogen eller via omvandling till acetyl-CoA användas för att syntetisera fettsyror som kroppen lagrar i fettvävnaden. (Whitney *et al.*, 2002)

Det är inte enbart glukos som kan brytas ned via glykolysen. Denna väg är även tillgänglig för glycerol, fettsyror och aminosyror. Glycerol kan gå in i glykolysen på två olika ställen och ge upphov till antingen glukos eller acetyl-CoA. Fettsyror kan i sin tur endast träda in på ett ställe och ger då upphov till acetyl-CoA. Precis som acetyl-CoA som härstammar från glukos, kan acetyl-CoA som bildas från glycerol och fettsyror, oxideras i citronsyracykeln och andningskedjan eller lagras som fett. Acetyl-CoA kan även bilda ketonkroppar och kolesterol. När kroppen har ett överskott av aminosyror eller behöver generera extra energi, kan aminosyror efter deaminering gå in i glykolysen som pyruvat eller acetyl-CoA. Aminosyror kan även direkt träda in i citronsyracykeln, då som oxaloacetat, fumarat, α -ketoglutarat eller succinyl-CoA. De aminosyror som omvandlas till pyruvat kan användas för att bilda glukos, medan de som bildar acetyl-CoA endast kan omvandlas till energi, kolesterol, ketonkroppar eller lagras som fett. (Whitney *et al.*, 2002)

Citronsyracykeln och andningskedjan sker i mitokondrierna och fungerar endast vid närvaro av syre. I citronsyracykeln sker en kondensation mellan acetyl-CoA och oxaloacetat, vilket gör att koldioxid och citrat bildas. Citrat omvandlas sedan via en rad olika reaktioner tillbaka till oxaloacetat, som kan kondensera med acetyl-CoA och således påbörja ett nytt varv i cykeln. Citronsyracykeln genererar energi, men den mesta energin erhålls trots allt ifrån andningskedjan. Det är via elektronöverföring från citronsyracykeln, som övergången till andningskedjan i mitokondriemembranet sker. Andningskedjan bygger på att elektroner överförs mellan en rad energigenererande molekyler, i slutet av kedjan kan ingen mer energi utvinnas och vatten bildas. (Whitney *et al.*, 2002)

4.2.2 Energiförbrukning

Energiförbrukningen bestäms i en individ av den totala respirerande cellmassan samt den metabola intensiteten hos dessa celler. För att kunna räkna ut en individs totala energiförbrukning (TEE) behöver basalmetabolismen (BMR), matens termogena effekt (TEF) samt den fysiska aktiviteten (PAEE) inkluderas (Andersson och Göransson, 2006). BMR är den totala energiförbrukningen i en helt avslappnad person i fastande tillstånd, vid normal omgivande temperatur (FAO/WHO/UNU, 2001). TEF är den energiökning som sker efter en måltid. PAEE är den energiförbrukning som går åt vid all fysisk aktivitet under en dag, hit räknas allt ifrån mindre vardagsrörelser till högintensiv träning. Energiomsättningen vid fysisk aktivitet kan variera mycket mellan olika individer och styrs bland annat av den maximala syreupptagningsförmågan (VO_2 -max). Ju bättre kondition en individ har, desto högre VO_2 -max och desto mer energi kan personen omsätta (Andersson och Göransson, 2006).

4.2.3 Energiförbrukning

En individs energiförbrukning baseras på den totala energiförbrukningen och kan bestämmas på flera olika sätt. Metoderna brukar delas in i direkt och indirekt kalorimetri. Vid direkt kalorimetri kan energiförbrukningen mätas i ett kalorimeterrum eller med hjälp av en kalorimeterdräkt. Vid indirekt kalorimetri kan energiförbrukningen mätas med en respirometer, dubbelmärkt vatten, aktivitetsdagbok eller en accelerometer. Det är även möjligt att göra en uppskattning av energiförbrukningen med hjälp av en stegmätare och hjärtfrekvensmätare. (Andersson och Göransson, 2006)

4.2.4 Negativ energibalans

När en individs energiintag täcker den mängd energi som förbrukas, brukar man säga att en individ är i energibalans. Vid en positiv energibalans överstiger intaget utgifterna och personen riskerar att gå upp i vikt (Andersson och Göransson, 2006), medan en negativ energibalans uppstår när energiintaget inte täcker energiutgifterna vilket kan leda till viktnedgång (Garrel *et al.*, 1984). Negativ energibalans kan orsakas av en ökad fysisk aktivitet utan ökning i energiintag, en minskning i energiintag men med samma energiutgifter eller en kombination av minskat energiintag och ökad fysisk aktivitet (Garrel *et al.*, 1984). I denna studie kommer den metabola responsen vid negativ energibalans utifrån ett fastetillstånd att beskrivas. Det bör dock nämnas att de metabola effekterna vid delvis svält, begränsat energiintag, kan se lite annorlunda ut beroende på vilka näringssämnen som intas och hur stor mängd av dessa som intas (Muller *et al.*, 1971).

Vid fasta sker både endokrina och metabola förändringar i kroppen. Responsen av dessa förändringar brukar delas in i följande tre faser: 6-12 h efter näringsupptag, kortvarig fasta som påbörjas efter 3-7 dagar samt långvarig fasta som påbörjas över två veckor. (Felig, 2001)

4.2.4.1 Efter näringsupptag (efter 6-12 h)

Den första av de tre sammanhängande faserna börjar ungefär 6-12 h efter en måltid, då övergången till fastande tillstånd sker. Detta tillstånd karaktäriseras av sänkta insulinnivåer och ökade glukagonnivåer i blodet. Genom att stimulera frisättning av glukos från levern, förser glukagonet hjärnan med glukos. Det totala glukosutnyttjandet i kroppen uppgår under ett dygn till 150-250 g. Av detta använder hjärnan cirka 125 g och resten utnyttjas av perifera vävnader. För att förse hjärtat samt musklerna med energi, sker även en ökad frisättning av fettsyror från fettvävnaden och den respiratoriska kvoten (RQ) ligger därför omkring 0,7 (Felig, 2001). RQ är förhållandet mellan syrekonsumtion och koldioxidproduktion (VC_{O_2}/V_{O_2}) och anger vilket energisubstrat kroppen använder som bränsle. RQ styrs av proportionen syre i makronäringsämnet, det vill säga ju högre andel syre desto högre RQ. Förbränning av de olika makronäringsämnena ger följande RQ: glukos 1, fettsyror 0.7, aminosyror 0.8 och en blandad kost 0.85 (Andersson och Göransson, 2006).

När leverns glykogenförråd (70 g) avsedd för hjärnan tömts efter ungefär 24 h, stimuleras kroppen till en ökad glukoneogenesen. Glukoneogenesen är den process där glukos bildas från aminosyror, laktat, glycerol och pyruvat. Syftet är att förse hjärnan och blodomloppet med glukos. De aminosyror som i störst mängd omvandlas till glukos i levern är alanin och glutamin. Muskelnas glykogenförråd kan ej direkt bidra med glukos till hjärnan och blodomloppet, vilket beror på att musklerna saknar enzymet glukos-6-fosfatas som behövs för att bryta ner glykogen till glukos. Den ökade lipolysen som sker parallellt med glukoneogenesen resulterar i en dubbel ökning av fria fettsyror och glycerol i blodet. De fria fettsyrorerna kan i levern oxideras och bilda ketonkroppar via ketogenesen. Vid långvarig fasta kan hjärnan övergå till att använda ketonkroppar som bränsle, vilket har en proteinsparande effekt då glukoneogenesen hämmas. (Felig, 2001)

4.2.4.2 Kortvarig fasta (efter 4-7 dagar)

Vid kortvarig fasta accelereras de processer; glukoneogenesen, lipolysen, ketogenesen; som redan påbörjats under den första fastefasen. Den ökade glukoneogenesen beror på att insulinnivåer minskat ytterligare och glukagonnivåerna ökat. Dag tre når glukagonnivån i plasma den högsta nivån och är då cirka 50-100% högre än den var vid den första fasen av fastan. Glukoneogenesen har vid det här laget ökat 2-3 gånger och bidrar med nästan all glukos från levern. Kroppen är i denna fas vid negativ kvävebalans och ungefär 75-100 g protein per dag bryts ned. Insulin stimulerar som tidigare nämnt ketonkroppproduktionen i levern, som efter tre dagars fasta har ökat till det dubbla. (Felig, 2001)

4.2.4.3 Långvarig fasta (efter två veckor)

Vid långvarig fasta blir det ohållbart för kroppen att fortsätta proteinnedbrytningen och därför sker ett bränsleskifte till användning av ketonkroppar. Glukoneogenesen hämmas, vilket flera studier har påvisat genom en sänkning av kväveförlusterna i urinen. Proteinnedbrytningen sjunker därför under långvarig fasta till omkring 20 g protein per dag och den hepatiska glukosproduktionen sjunker till 50 g per dag. Det har föreslagits att

ketonkropparna signalerar till musklerna att spara på protein och reducera mängden ämnen tillgängliga för glukoneogenesen. (Felig, 2001)

4.2.4.4 Effekter av negativ energibalans

Vid negativ energibalans adapterar kroppen på flera sätt för att minska energiomsättningen (Whitney *et al.*, 2002). Negativ energibalans under en längre period, resulterar i att den aktiva cellmassan minskar och den metabola intensiteten i cellerna sjunker (Brehm, 1988). En minskad cellmassa och metabol intensitet innebär färre energiutgifter (Whitney *et al.*, 2002). Den metabola hastigheten sjunker inte direkt under minskat kaloriintag. Studier där kaloriintaget minskats till hälften har en skillnad noterats efter fem dagar (Mole *et al.*, 1989). Vid negativ energibalans sker även hormonella förändringar, vilka har en hämmande effekt på energi-metabolismen. Övriga effekter av negativ energibalans är sänkt kroppstemperatur och blodtryck, försämrat immunförsvar samt trötthet (Whitney *et al.*, 2002).

4.3 Metabolism vid fysisk aktivitet

4.3.1 Energigivare under fysisk aktivitet

Kroppens energireserver innefattar fettvävnad, muskelvävnad samt glykogenförråden. Av dessa utgör fettvävnaden cirka 80 % av de totala energireserverna medan protein och glykogen utgör 17 respektive 1-2%. Restande 1 % utgörs av glukos och fettsyror i plasma. Vid fysisk aktivitet utgörs huvudbränslet i kroppen av kolhydrater samt fett och hur dessa används beror på kroppens näringsmässiga tillstånd, hormonnivåer samt varaktigheten och intensiteten på träningspasset. (Goodman och Ruderman, 1982)

Vid initieringen av ett träningspass är syreflödet till musklerna begränsat, vilket resulterar i att glykogenförråden fungerar som den primära energikällan. Varefter den fysiska aktiviteten fortlöper sker ett skifte i energi-metabolismen till en ökad användning av fria fettsyror (FFS), intramuskulärt fett samt blodglukos (Astrand och Rodahl, 1977; Havel, 1971). Vid fysisk aktivitet av låg intensitet, vid energibalans, bidrar fettsyrorerna med cirka 85-90% av energin, glukos med 10 % och aminosyror med cirka 1 %. Vid höga intensiteter utgör däremot glukos från blodet samt glykogenförråden i musklerna de främsta energikällorna för musklerna. En bibehållen hög intensitet resulterar så småningom i att glykogenförråden töms, vilket leder till muskeltrötthet (Horton, 1982).

4.3.2 Metabola effekter av aerob träning

Aerob träning eller uthållighetsträning som det även kallas, kan bidra med flera positiva hälsoeffekter. Till dessa hör en minskad andnings- och hjärtfrekvens, ökad slagvolym (hjärtat), ökad användning av fett som bränsle, ökad hemoglobinhalt i blodet, ökad kapillär- och mitokondrietäthet, förbättrad glykogenlagring i musklerna och en förbättrad fettförbränning. Uthållighetsträning bidrar även till att den maximala syreupptagningsförmågan ökar, vilket innebär en förbättrad kondition. Vid fysisk aktivitet ökar även den fettfria massan samtidigt som fettmassan minskar. (Andersson, 2006)

4.3.3 Fysisk aktivitet och trötthet

Begreppet trötthet innebär att kroppen saknar förmågan att bedriva den kraftutveckling, som förväntas eller krävs av denne vid en fysisk aktivitet av en viss intensitet, vilket leder till en försämrad prestationsförmåga (Edwards, 1981). Trötthet har i idrottssammanhang kopplats ihop med såväl fysiologiska som psykologiska faktorer. Muskeltrötthet kan som tidigare nämndes bero på tömda glykogenförråd i musklerna, en fysiologisk faktor, som till stor del är beroende av intensiteten och varaktigheten på den fysiska aktiviteten (Meeusen och Piacentini, 2003). En annan hypotes som diskuterats i samband med trötthet vid fysisk aktivitet är den centrala trötthetshypotesen, vilken bygger på fysiologiska och psykologiska faktorer (Newsholme *et al.*, 1987).

Den centrala trötthetshypotesen bygger bland annat på att metabolismen samt syntesen av de centrala signal-ämnen serotonin och dopamin förändras under fysisk aktivitet och fasta, vilket i sin tur påverkar humöret, obehagskänsla samt smärttoleransen hos individen. (Newsholme *et al.*, 1987)

Regleringen av serotoninsyntesen styrs främst av koncentrationen tryptofan (TRP), FFS och grenande aminosyror (BCAA). TRP förekommer fritt i blodet (f-TRP) eller bundet till albumin. Mängden fritt TRP påverkas av koncentrationen FFS i blodet, det vill säga ökar mängden FFS, vilket sker under långvarig fysisk aktivitet och fasta, stimuleras frisättning av f-TRP i blodet. Detta beror på att FFS och TRP delar på transportproteinet albumin (Curzon *et al.*, 1973). Vid fasta eller långvarig fysisk aktivitet ökar koncentrationen FFS i blodet på grund av lipolys, vilket resulterar i att fettsyror (FS) binder till albumin och det löst bundna TRP frigörs i plasma (Newsholme *et al.*, 1987). Fastan resulterar även i en ökad oxidation av BCAA. Eftersom BCAA konkurrerar med f-TRP om samma transportprotein in till hjärnan, kommer inströmningen av f-TRP till hjärnan att öka då koncentrationen BCAA minskar. En ökad inströmning av f-TRP i hjärnan stimulerar formationen av 5-hydroxytryptamin (5-HT), det vill säga serotonin (Andersson, 2006).

Serotonin är en substans som påverkar en rad olika funktioner i kroppen däribland överföring av nervimpulser, humörreglering samt smärtuppfattning (Melander, 2012). Det har därför föreslagits att en ökad koncentration serotonin i samband med fysisk aktivitet, skulle kunna påverka faktorer som psykisk och fysisk trötthet. Ett förslag som därför har lagts fram är att tillskott av BCAA eventuellt skulle kunna förhindra att serotonin bildas i hjärnan, vilket i sin tur skulle leda till att prestationen ökar (Newsholme *et al.*, 1991). Ett annat förslag har varit tillskott av kolhydrater. Kolhydrathypotesen bygger på mekanismen att kolhydrater minskar lipolysen, vilket i sin tur minskar mängden FFS i plasma som annars skulle stimulera ökningen av f-TRP (Davis *et al.*, 1992).

Hypotesen om neurotransmittorer har vidare utvecklats och inkluderar nu även dopamin som en möjlig faktor i samband med trötthet vid fysisk aktivitet. Dopamin som bildas från tyrosin är en signalsubstans i nervsystemet som bland annat påverkar motivationen. Hypotesen bygger på förhållandet mellan serotonin och dopamin, där en hög halt serotonin i förhållande till dopamin inducerar trötthet medan en låg halt serotonin i förhållande till dopamin ökar motivationen och därmed prestationen. (Davis och Bailey, 1997)

4.4 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka effekterna av en negativ energibalans på den fysiska aktiviteten, motivationen och koncentrationen vid ett högt proteinintag.

4.4.1 Frågeställningar

Vilka effekter har den fysiska aktiviteten på VO_2 , RQ och HF (hjärtfrekvensen) vid negativ energibalans?

Vilka effekter har en negativ energibalans och regelbunden fysisk aktivitet på den dagliga koncentrationen och motivationen samt ansträngningen (RPE) under fysisk aktivitet?

5. Material och metod

5.1 Studiedesign

Denna studie var designad som en retrospektiv longitudinell undersökning, där huvudsyftet var att undersöka hur olika energiintag och proteinintag påverkade metabolismen och då i första hand energi- och proteinomsättningen. Studien som gjordes var ett samarbete mellan Institutionen för Folkhälsa och Vårdvetenskap, Laboratory of Human Nutrition, Massachusetts Institute of Technology (MIT) och Cambridge University i USA. I studien undersöktes bland annat ansträngningen under fysisk aktivitet och en skattning av motivationen och koncentrationen gjordes under en vecka. Detta kandidatarbete bygger på utvärdering av insamlad data och resultat från just dessa variabler.

I försöket deltog sju försökspersoner som under sju dygn fick inta en standardiserad högproteinkost som bidrog med 75 % av deras totala energiförbrukning. Försöket var upplagt på följande sätt: (grunddata samlades in två dygn innan försöksveckan), dygn 1-5 var inställningsdygn, det 6:e dygnet var ett kontroldygn, det 7:e dygnet var ett infusionsdygn och dygn 8 -11 var återställningsdygn då försökspersonerna skulle vara så inak-

tiva som möjligt och där den vanliga kosten registrerades via en vägd kostregistrering i hemmet. Infusionsdygnet karaktäriserades av en kontinuerlig leucinfusion, där syftet var att studera den totala proteinomsättningen i kroppen med hjälp av isotopmärkt leucin. Försökspersonerna deltog under de sju dyggen vid två dagliga cyklingar och för att inte påverka energibalansen fick försökspersonerna undvika annan fysisk aktivitet utöver cyklingarna. Försökspersonerna var under veckan frilevande, med undantag av infusionsdygnet då personerna var intagna.

5.1.1 Urval

I denna studie deltog sju frivilliga friska män i åldrarna 19-31 år och de var alla studenter eller anställda vid Uppsala Universitet. Alla försökspersonerna konstaterades, genom granskning av fysiken och sjukdomshistorian, vara vid god hälsa. Ingen av deltagarna rökte, alla var måttligt fysiskt aktiva med ett normalt BMI och konsumerade kaffe och alkohol i måttlig mängd. Genom ett skriftligt samtycke visade deltagarna att de tagit del av informationen om försöket och dess eventuella risker. Studien godkändes av den Medicinska Fakulteten på Uppsala Universitet. De bakgrundsdata för försökspersonerna som samlades in innan försöket presenteras i Tabell I. För individuell data för respektive försöksperson, se Tabell B i bilaga.

Tabell I. Bakgrundsdata med medelvärde, standardavvikelse (SD) samt variationsvidd för alla försökspersoner.

	Medelvärde	+/- Standardavvikelse	Variationsvidd
Ålder (år)	24,9	4,7	19-31
Längd (m)	1,9	0,1	1,8-1,9
Vikt (kg)	80,9	9,6	66,4-96,1
BMI ¹ (kg/m²)	23,7	2,9	20,5-28,7
Kroppsfett ² (%)	12,8	4,2	7,03-17,7
V_O2max (ml/kg/min)	4,4	0,4	4,0-4,7
Belastning (watt)	128	0,4	105-140

¹ = Body Mass Index ² = Tre-kompartmentsmodell (Forsslund et al. 1996)

5.2 Metoder

I Tabell II visas en sammanfattning av arbetsgången och de metoder som användes vid datainsamlingen under försöket. I Tabell C i Bilaga visas en sammanfattande tabell över hela försöksplanen och de dagar då de olika metoderna användes. I Tabell D, E och F i Bilaga visas data från mätningarna av kroppssammansättningen.

Tabell II. Metoderna som användes vid datainsamlingen under försöket.

Steg	Arbetsgång	Metod
1	Antropometriska mått (vikt, längd, BMI kg/m ²)	Våg (Mettler Multirange), vertikalt skjutmått på vägg (Ulmer Stadiometer)
2	Kroppssammansättning (fett, vatten, fettfri massa)	Tre-kompartmentsmodell ¹
3	Konditionstest (V _O 2-max) ²	Cykelergometer (Monark 829E)
4	Kostberäkning	Kostdataprogram
5	Fysisk aktivitet (V _O 2, RQ ³ , HF ⁴)	Cykelergometer, Indirekt respiratorisk kalorimetri (Sensormedics), hjärtfrekvensmätare (Polar Sportest)
6	Ansträngning	Borgskalan/ RPE-skalan
7	Energi balans bestämning	Kalorimeterdräkt (UPPCAL), indirekt respiratorisk kalorimetri
8	Motivation och koncentration	Enkät med skattningsskala

¹ = Tre-kompartmentsmodell = undervattensvägning, bioimpedans (XITRON 4000B) ² = V_O2 max = maximal syreupptagningsförmåga

³ = Respiratorisk kvot ⁴ = Hjärtfrekvens

5.2.1 Antropometriska mått

Data i form av antropometriska mått samlades in två dagar innan försöket. Vikten bestämdes med en precisionsvåg och längden med ett vertikalt skjutmått. Försökspersonernas BMI beräknades och en bestämning av kroppssammansättningen; fetthalt, vattenhalt och muskelmassa hos individerna gjordes för att få en indikation om energibalansen och vätskebalansen. För bestämning av kroppssammansättningen användes en tre-kompartmentsmodell där en indelning i fett, vatten och fettfri massa (exkl. vatten) gjordes.

5.2.2 Fysisk aktivitet och konditionstest

Försökspersonernas maximala arbetskapacitet bestämdes genom ett arbetsprov på en ergometercykel, där den maximala syreupptagningsförmågan (VO_2 -max) utvärderades genom en stegvis ökad arbetsbelastning. Med hjälp av en indirekt respiratorisk kalorimeter mättes syreförbrukningen (VO_2) samt koldioxidproduktionen (VCO_2). Mätningarna gjordes med 20 sekunders intervaller tills försökspersonen var utmattad och koldioxidproduktionen var högre än syrgaskonsumtionen. Försökspersonerna ansågs då ha nått sin maximala arbetskapacitet (VO_2 -max).

Försökspersonerna deltog under den sju dagar långa studieperioden i ett kontrollerat aktivitetsprogram, där arbetsbelastningen under cyklingarna sattes till 45 % av VO_2 -max. Försökspersonerna cyklade 90 minuter på förmiddagen (08:30-10:00) och 90 minuter på eftermiddagen (16:00-17:30), till skillnad från eftermiddagspasset skedde förmiddagspasset fastande. För att mäta energiomsättningen, substratutnyttjandet och den respiratoriska kvoten (RQ) under cyklingarna, användes den indirekt respiratoriska kalorimetern. Försökspersonernas energiomsättning under infusionsdygnet, bestämdes med hjälp av en direkt dräktkalorimeter samt den indirekta respiratoriska kalorimetern. Försökspersonernas hjärtfrekvens registrerades under samtliga cyklingarna och deras ansträngning skattades med hjälp av Borgskalan.

Borgskalan (RPE-skalan) är ett hjälpmedel för att uppskatta ansträngningen vid arbetsprov, där den skattade ansträngningen har ett linjärt förhållande med arbetsbelastningens storlek, syreupptaget och hjärtfrekvensen. (Borg 1970). Vid uppskattning av ansträngningen användes en skattningsskala mellan 6-20, där 6 motsvarade ingen ansträngning och 20 maximal ansträngning. Försökspersonerna fick ange en skattningssiffra för såväl central (andning) samt lokal (ben) ansträngning.

5.2.3 Kost och energibehov

Försökspersonerna fick under försöksperioden inta en standardiserad kost, utformad att täcka 75 % av energibehovet. Försökspersonernas individuella energibehov bestämdes genom att addera deras BMR med energiutgifterna som tillkom vid cyklingarna. BMR bestämdes med hjälp av ekvationer från FAO/WHO/UNU (2001) och under dygn 1-6 användes BMR faktorn 1,55 som motsvarar en normal daglig aktivitet. Till skillnad från dygn 1-6 användes BMR faktorn 1,27 vid det 7 dygnet, detta då försökspersonerna var stillasittande och således hade en lite lägre energiförbrukning denna dag.

Den standardiserade kosten bestod av mjölkbaserade proteindrinkar samt specialtillverkade kakor, som försåg försökspersonerna med 2,5 gram protein per kilo kroppsvikt. Mjölkdirnkarna tillverkades av proteinpulver, mellanmjölk och socker och var smaksatta med hallon eller banan. Kakorna tillverkades av en låg-proteinmix (låg-protein och mjölkfri mix; Semper) socker, margarin och solrosolja och var smaksatta med kakao eller kanel och kardemumma. Mjölkdirnkarna fungerade som huvudsaklig proteinkälla, medan kakorna fungerade som en extra energikälla för att täcka energibehovet. Av det totala energiintaget bidrog protein med 25 E%, fett 30 E% och kolhydrater med 45 E%. Ett vitamin- och mineraltillskott i tablettform samt ett kostfibriltillskott (cellulosapulver) på 25 gram per dag, gavs till försökspersonerna utöver kosten. Försökspersonerna fick under dygn 1-5 inta kosten i form av tre huvudmål; frukost, lunch och middag. Utöver detta fick de även inta ett mellanmål. Dygn 6 -7 såg lite annorlunda ut; försökspersonerna fick då inta tio lika stora måltider, en gång i timmen, mellan klockan 12:00-21:00. Det sjunde dygnet fick försökspersonerna initialt med kosten även en infusion av leucin, för att vidare studera proteinomsättningen under negativ energibalans.

5.2.4 Enkät – motivation och koncentration

Försökspersonerna fick under de sju försöksdyggen fylla i skattningsskalor som bland annat beskrev deras koncentration och motivation vid olika tidpunkter av det vakna dygnet (se Figur A och B i Bilaga). Intensiteten på motivationen och koncentrationen följde en skattningsskala mellan 0-8, där 0 motsvarade ingen intensitet, 2 svag intensitet, 3-4 måttlig intensitet, 5-6 kraftig intensitet och 8-7 maximal intensitet. Den upplevda koncentrationen och motivationen fylldes i (dag 1-5) då försökspersonen vaknade och vid läggdags, före frukost, lunch, mellanmål och middag samt efter frukost, lunch, mellanmål och middag. Dag 6 -7 skattades koncentration och motivation när försökspersonerna vaknade, före och efter cykelpasset på förmiddagen, före och efter första måltiden kl 12.00, före och efter cykelpasset på eftermiddagen, före och efter måltid 10 samt vid midnatt, 03.00 och när dygnet avslutades.

5.3 Tillvägagångssätt

Erhållen data från Institutionen för Folkhälsa och Vårdvetenskap kategoriserades och fördes in i olika tabeller i Microsoft Office Excel 2007. Resultaten i denna rapport presenteras främst i form av medelvärden från hela gruppen. För att undersöka om det fanns en statistisk signifikant skillnad mellan olika dagar genomfördes oberoende T-test i Excel. Vid tolkning av resultaten av analys valdes en signifikansnivå på $p < 0,05$.

5.3.1 Referenshantering

En omfattande litteraturstudie gjordes under detta kandidatarbete där vetenskapliga artiklar erhöles via sökning i Primo, SLU biblioteks sökmotor, samt från handledaren Roger Olsson, Inst. för Folkhälsa och Vårdvetenskap (IFV). I studien inkluderades både svensk och engelsk litteratur där samtlig litteratur publicerats mellan åren 1970-2012. Vid litteratursökningen i Primo användes nyckelord relevanta för ämnet, däribland orden energimetabolism, negativ energibalans samt ansträngning.

5.4 Etiska överväganden

Försöket (DNR 436/95) som utfördes vid Institutionen för Folkhälsa och Vårdvetenskap, i samarbete mellan Laboratory of Human Nutrition, Massachusetts Institute of Technology (MIT) och Cambridge University i USA uppfyllde de etiska krav som ställs av den etiska prövningsnämnden på försök där deltagarna är människor. Studien som gjordes var helt frivilligt och försökspersonerna blev informerade om att de när som helst under försöket kunde avbryta sitt deltagande. De blev även informerade om eventuella risker som förelåg med försöket. Med samtycke av Roger Olsson, enheten för Klinisk Nutrition och Metabolism i Uppsala, har författaren för detta arbete, under konfidentiell behandling, fått ta del av de uppgifter som finns från försöket.

6. Resultat

Resultaten från undersökningen redovisas i följande tre kategorier: Energibalans; Fysisk aktivitet; Koncentration och motivation.

6.1 Energibalans

I Tabell III redovisas de individuella energiintagen, energiutgifterna och energibalansen för respektive försöksperson. Försökspersonernas medel energibalans under veckan var 79,44 %, vilket innebär att de har varit i negativ energibalans under försöket. Försökspersonerna har dock i medel varit över den tänka negativa energibalansen 75 %, vilket betyder att försökspersonernas uppskattade energiutgifter och därmed även energiintag varit för höga.

Tabell III. Försökspersonernas energibalans under försöket.

Energibalans				
Försöksperson	E-intag¹ (kcal/dygn)	E-utgifter² (kcal/dygn)	E-balans³ (kcal/dygn)	E-balans⁴ (%)
1	2840	3584	-744	79,2
2	2796	3459	-663	80,8
3	2860	3685	-825	77,6
4	3020	3948	-928	76,5
5	2857	3579	-722	79,8
6	3020	3790	-770	79,7
7	3005	3648	-664	82,4
Medelvärde	2914	3670	-759	79,4
Standardavvikelse	89,7	147,6	86,9	1,8

¹ = Bestämdes 2 dagar innan försöksperioden ² = Bestämdes under infusionsdygnet ³ = Energiutgifter - energiintag
⁴ = (Energiintag/Energiutgifter)*100

6.2 Viktförändring

I Tabell IV visas förändringar i kroppsvikten (kg) hos försökspersonerna. Mellan dag 1 och dag 6 noterades en signifikant nedgång av kroppsvikten, vilket tyder på att försökspersonerna varit i negativ energibalans under försöksperioden. Den icke signifikanta skillnaden mellan dag 1 och dag 11 skulle eventuellt kunna påvisa en återhämtning av kroppsvikten. I Tabell E och F i Bilaga visas förändringarna i fettprocent och vattenhalt hos försökspersonerna.

Tabell IV. Förändringar i vikt¹ (kg) hos försökspersonerna dag 1, 6 och 11².

Försöksperson	Skillnad i vikt (kg)	
	D6-D1	D11-D1
1	-1,3	-0,5
2	-1,1	-0,2
3	-0,5	-0,2
4	-0,7	-0,8
5	-0,8	0,3
6	-1,7	-1,7
7	-1,0	-0,9
Medelvärde	-1,0	-0,6
Standardavvikelse	0,4	0,7
P värde³	0,001	0,07

¹ = Morgonvikt (fastande) ² = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen fysisk aktivitet) ³ = Signifikansnivå P<0,05

6.3 Fysisk aktivitet

6.3.1 Respiratorisk kvot

I Tabell V visas förändringarna i den respiratoriska kvoten (RQ) under för- och eftermiddagscyklningarna, där en jämförelse gjordes mellan dag 1, 6 och 11. En signifikant skillnad fanns mellan för- och eftermiddagscyklningarna dag 1 och dag 6, som visar en minskning i RQ dag 6. En signifikant skillnad fanns även vid förmiddagscyklningarna mellan dag 6 och dag 11, där en ökning i RQ noterades. Mellan dag 11 och dag 1 fanns ingen signifikant skillnad mellan förmiddagscyklningarna, vilket förmodligen beror på en återställning av RQ till normalförbränning.

Tabell V. Förändringar i RQ hos försökspersonerna under för¹- och eftermiddagscyklningarna² mellan dag 1³, dag 6⁴ och dag 11⁵.

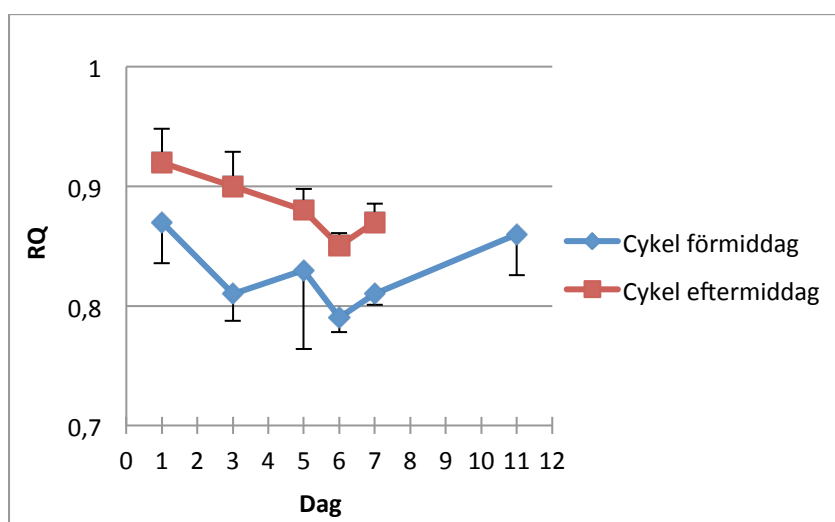
Försöksperson	Skillnad i RQ	Skillnad i RQ	Skillnad i RQ	Skillnad i RQ
	D6-D1	D6-D1	D11-D6	D11-D1
	FM	EM	FM	FM
1	-0,04	-0,07	0,04	0,01
2	-0,07	-0,03	0,11	0,04
3	-0,13	-0,04	0,09	-0,04
4	-0,09	-0,10	0,07	-0,02
5	-0,05	-0,07	0,08	0,03
6	-0,07	-0,04	0,03	-0,04
7	-0,08	-0,07	0,02	-0,06
Medelvärde	-0,08	-0,06	0,06	-0,01
Standardavvikelse	0,03	0,02	0,03	0,04
P värde⁶	0,001	0,0004	0,002	0,420

¹ = Förmiddag (FM) – fastande ² = Eftermiddag (EM) - icke fastande ³ = Tre måltider + ett mellanmål

⁴ = Måltid portionerad i tio små måltider ⁵ = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen fysisk aktivitet)

⁶ = Signifikansnivå $P < 0,05$

I Figur 1 syns förändringarna i RQ under hela försöksperioden, en signifikant skillnad noterades mellan för- och eftermiddagscyklningarna dag 1 och dag 6. Det fanns även en signifikant skillnad mellan förmiddagarna dag 6 och dag 11.



Figur 1. Respiratorisk kvot (RQ) under cyklingarna förmiddag och eftermiddag. Förändringar i den respiratoriska kvoten (RQ) under förmiddagscyklningarna (fastande) och eftermiddagscyklningarna (icke fastande) under hela försöksperioden. Dag 1-5 erhöll försökspersonerna (n=7) tre måltider (+ mellanmål) och dag 6-7 tio mindre måltider (+leucin). Dag 8-11 var försökspersonerna inaktiva och åt en valfri kost. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

6.3.2 Syreupptagningsförmåga

I Tabell VI visas förändringar i $\dot{V}O_2$ (ml/min) under för- och eftermiddagscyklningarna, där en jämförelse gjordes mellan dag 1, 6 och 11. En signifikant skillnad noterades endast mellan eftermiddagscyklningarna dag 1 och dag 6, där $\dot{V}O_2$ hade minskat dag 6.

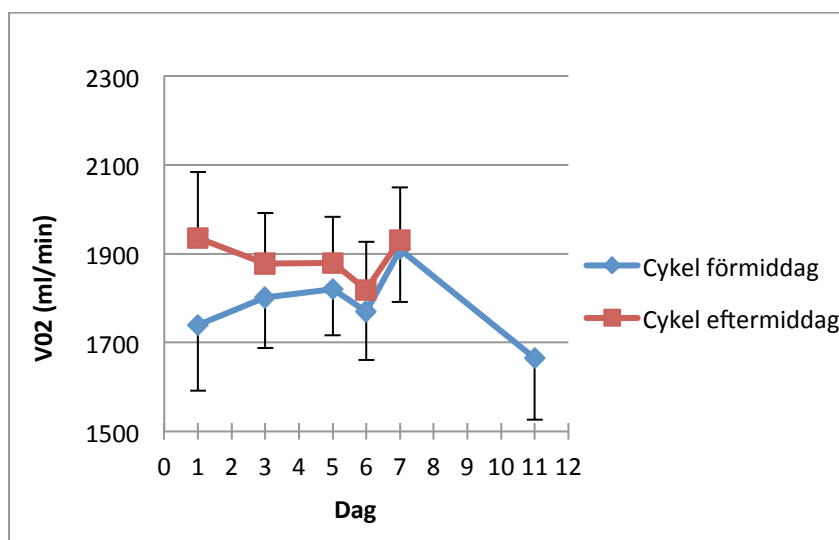
Tabell VI. Förändringar i $\dot{V}O_2$ (ml/min) hos försökspersonerna under för¹- och eftermiddagscyklningarna² mellan dag 1³, dag 6⁴ och dag 11⁵. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

Försöksperson	Skillnad i $\dot{V}O_2$	Skillnad i $\dot{V}O_2$	Skillnad i	Skillnad i $\dot{V}O_2$
	(ml/min) D6-D1	(ml/min) D6-D1	$\dot{V}O_2$ (ml/min) D11-D6	(ml/min) D11-D1
	FM	EM	FM	FM
1	6	49	-366	-360
2	101	-138	-128	-27
3	76	-70	-35	41
4	-117	-366	-216	-333
5	40	-85	150	190
6	-13	-150	-28	-41
7	113	-53	-104	9
Medelvärde	29,4	-116,1	-103,9	-74,4
Standardavvikelse	79,8	128,1	161,7	200,8
P värde⁶	0,37	0,05	0,14	0,36

¹ = Förmiddag (FM) – fastande ² = Eftermiddag (EM) - icke fastande ³ = Tre måltider + ett mellanmål

⁴ = Måltid portionerad i tio små måltider ⁵ = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen fysisk aktivitet) ⁶ = Signifikansnivå $P < 0,05$

I Figur 2 visas förändringarna i $\dot{V}O_2$ (ml/min) under hela försöksperioden, en signifikant skillnad i $\dot{V}O_2$ noterades mellan eftermiddagscyklningarna dag 6 och dag 1.



Figur 2. Syreupptag ($\dot{V}O_2$) under cykling förmiddag och eftermiddag. Förändring i $\dot{V}O_2$ (ml/min) under förmiddagscyklningarna (fastande) och eftermiddagscyklningarna (icke fastande) under hela försöksperioden. Dag 1-5 erhöll försökspersonerna (n=7) tre måltider (+ mellanmål) och dag 6-7 tio mindre måltider (+leucin). Dag 8-11 var försökspersonerna inaktiva och åt en valfri kost. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

6.3.3 Hjärtfrekvens

I Tabell VII visas förändringar i hjärtfrekvens (HF) under både förmiddagscyklingarna samt eftermiddagscyklingarna. En jämförelse gjordes mellan dag 1, 6 och 11. En signifikant skillnad i HF fanns mellan eftermiddagscyklingarna dag 6 och dag 1, där HF hade minskat dag 6. De övriga jämförelserna var inte signifikanta.

Tabell VII. Förändringar i hjärtfrekvens (HF) hos försökspersonerna under för¹- och eftermiddagscyklingarna² mellan dag 1³, dag 6⁴ och dag 11⁵. Mätningar från eftermiddagscyklingarna dag 11 saknas.

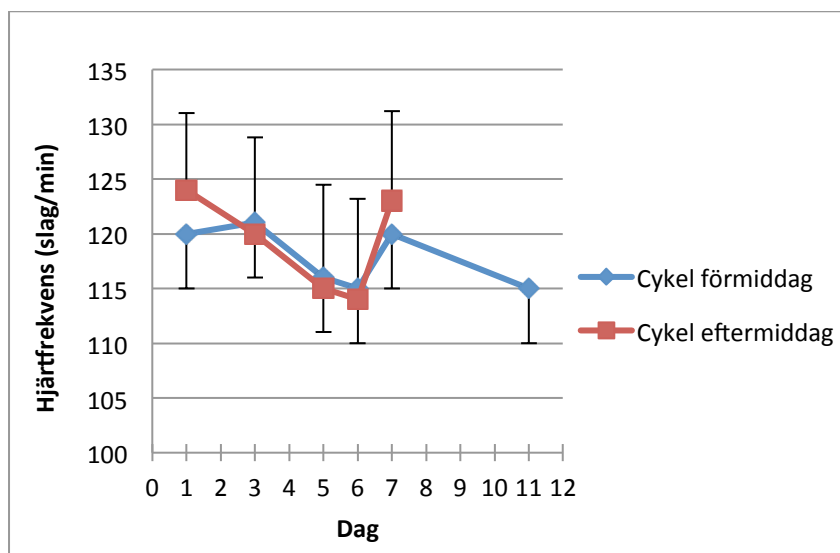
Försöksperson	Skillnad i	Skillnad i	Skillnad i	Skillnad i
	hjärtfrekvens D6-D1	hjärtfrekvens D6-D1	hjärtfrekvens D11-D6	hjärtfrekvens D11-D1
	FM	EM	FM	FM
1	1	-4	-12	-11
2	0	-9	-3	-3
3	-2	-8	-5	-7
4	-11	-17	0	-11
5	-19	-24	8	-11
6	3	-6	4	7
7	-7	-4	5	-2
Medelvärde	-5,0	-10,3	-0,4	-5,4
Standardavvikelse	7,9	7,5	6,9	6,7
P värde⁶	0,14	0,01	0,87	0,08

¹ = Förmiddag (FM) – fastande ² = Eftermiddag (EM) - icke fastande ³ = Tre måltider + ett mellanmål

⁴ = Måltid portionerad i tio små måltider ⁵ = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen

fysisk aktivitet) ⁶ = Signifikansnivå $P < 0,05$

I Figur 3 syns förändringarna i HF under hela försöksperioden, en signifikant skillnad fanns endast mellan eftermiddagscyklingarna dag 1 och dag 6.



Figur 3. Hjärtfrekvens (HF) under cykling förmiddag och eftermiddag. Förändringar i hjärtfrekvensen (HF) under förmiddagscyklingarna (fastande) och eftermiddagscyklingarna (icke fastande) under hela försöksperioden. Dag 1-5 erhöj försökspersonerna tre måltider (+ mellanmål) och dag 6-7 tio mindre måltider (+leucin). Dag 8-11 var försökspersonerna (n=7) inaktiva och åt en valfri kost. Mätningar från eftermiddagscyklingarna dag 11 saknas.

6.3.4 Borgskalan (RPE)

I Tabell VIII visas förändringar i Borgskalan (RPE) enligt central ansträngning (andning) under för- och eftermiddagscyklningarna under dag 1, 6 och 11. Resultaten visar att ingen signifikant skillnad förekom mellan någon av de jämförda dagarna.

Tabell VIII. Förändringar i RPE (centralt) hos försökspersonerna under för¹- och eftermiddagscyklningarna² mellan dag 1³, dag 6⁴ och dag 11⁵. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

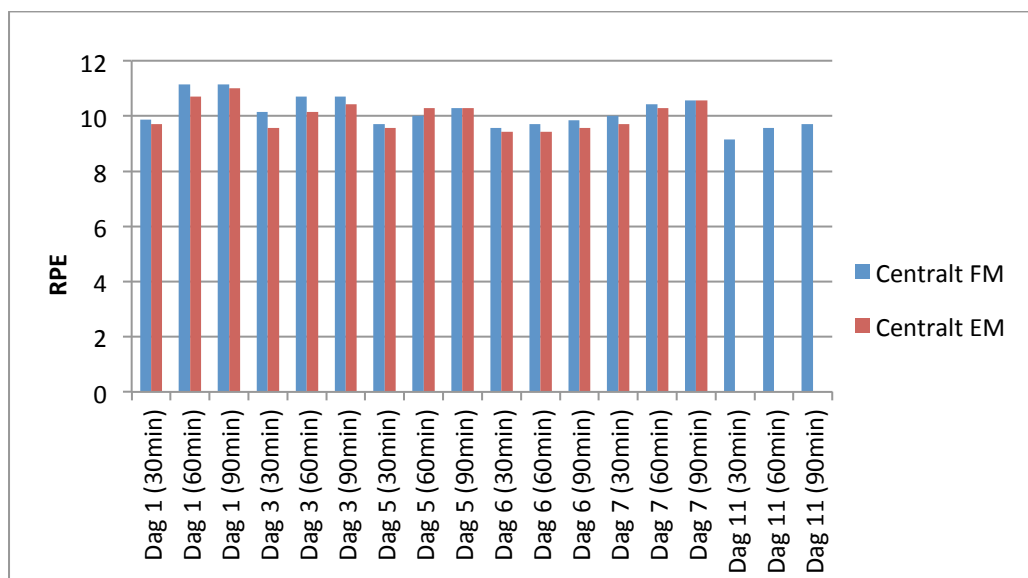
Försöksperson	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE
	(centralt) D6-D1	(centralt) D6-D1	(centralt) D11-D6	(centralt) D11-D1
	FM	EM	FM	FM
1	-2,0	-1,3	-1,0	-3,0
2	-1,0	-2,0	-1,3	-2,3
3	0,0	0,0	-0,7	-0,7
4	-1,3	-6,0	0,7	-0,7
5	0,0	0,0	1,0	1,0
6	0,0	-0,3	0,0	-2,0
7	-2,7	-0,7	-0,3	-3,0
Medelvärde	-1,0	-1,5	-0,2	-1,5
Standardavvikelse	1,1	2,1	0,8	1,4
P värde⁶	0,23	0,13	0,56	0,13

¹ = Förmiddag (FM) – fastande ² = Eftermiddag (EM) - icke fastande ³ = Tre måltider + ett mellanmål

⁴ = Måltid portionerad i tio små måltider ⁵ = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen fysisk aktivitet)

⁶ = Signifikansnivå P < 0,05

I Figur 4 visas förändringar i Borgskalan (RPE) enligt central ansträngning (andning) vid olika tidpunkter, under både förmiddagscyklningarna samt eftermiddagscyklningarna. Medelvärdet för ansträngningen vid de olika tidpunkterna (30-, 60- och 90 minuter) under dag 1,3,5,7 och 11 redovisas i Tabell G i Bilaga. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan någon av dagarna.



Figur 4. Borgskalan (centralt) vid cykling förmiddag och eftermiddag. Förändringar i Borgskalan (RPE) enligt central ansträngning (andning) under förmiddagscyklningarna (fastande) och eftermiddagscyklningarna (icke fastande) under hela försöksperioden. Dag 1-5 erhöll försökspersonerna (n=7) tre måltider (+ mellanmål) och dag 6-7 tio mindre måltider (+leucin). Dag 8-11 var försökspersonerna inaktiva och åt en valfri kost. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

I Tabell IX visas förändringar i Borgskalan (RPE) enligt lokal ansträngning (ben) under för- och eftermiddagscyklningarna under dag 1, 6 och 11. Resultaten visar att det fanns en signifikant minskning mellan eftermiddagspasset dag 6 och dag 1, samt mellan förmiddagspasset dag 11 och dag 1. Ingen signifikant skillnad fanns mellan förmiddagspasset dag 6 och dag 1 samt dag 11 och dag 1.

Tabell IX. Förändringar i RPE (lokalt) under för¹- och eftermiddagscyklningarna² mellan dag 1³, dag 6⁴ och dag 11⁵. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

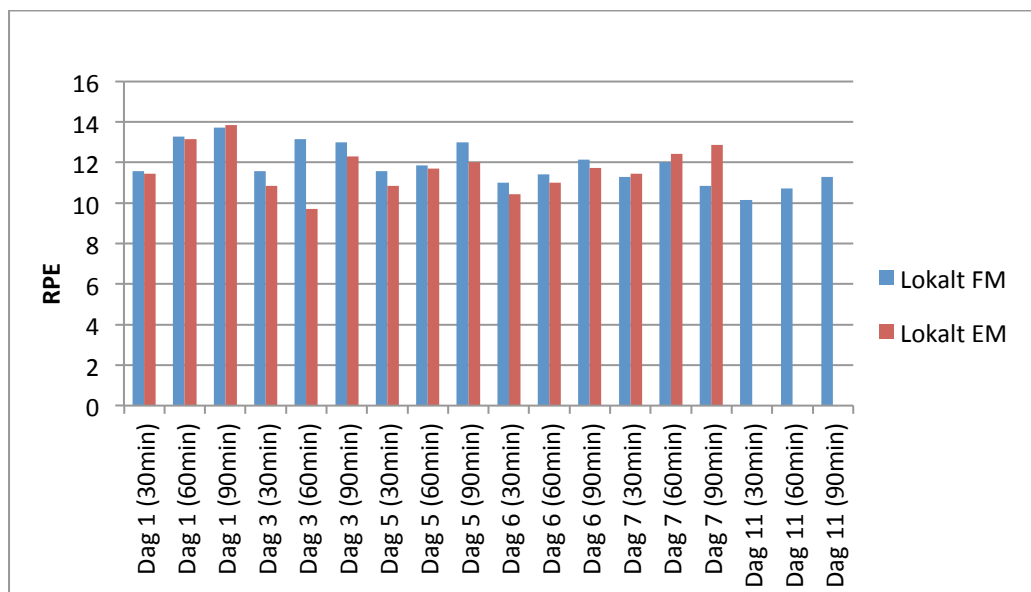
Försöksperson	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE	Skillnad i RPE
	(lokalt) D6-D1	(lokalt) D6-D1	(lokalt) D11-D6	(lokalt) D11-D1
	FM	EM	FM	FM
1	-1,7	-1,7	-3,0	-4,7
2	-1,0	-1,3	0,0	-1,0
3	-1,0	-1,7	-1,7	-2,7
4	-1,7	-2,0	0,7	-1,0
5	-0,7	-1,7	1,3	0,7
6	-0,3	-0,7	-1,7	-2,0
7	-3,0	-3,3	-1,3	-4,3
Medelvärde	-1,3	-1,8	-0,8	-2,1
Standardavvikelse	0,9	0,8	1,5	1,9
P värde⁶	0,12	0,003	0,22	0,05

¹ = Förmiddag (FM) – fastande ² = Eftermiddag (EM) - icke fastande ³ = Tre måltider + ett mellanmål

⁴ = Måltid portionerad i tio små måltider ⁵ = Dag 8-11 (återhämningsperiod med fri kost och ingen fysisk aktivitet)

⁶ = Signifikansnivå P < 0,05

I Figur 5 visas förändringar i Borgskalan (RPE) enligt lokal ansträngning (ben) vid olika tidpunkter, under både förmiddagscyklningarna samt eftermiddagscyklningarna. Medelvärdet för ansträngningen vid de olika tidpunkterna (30-, 60- och 90 minuter) under dag 1,3,5,7 och 11 redovisas i Tabell H i Bilaga. Det fanns en signifikant skillnad mellan eftermiddagspasset dag 6 och dag 1, samt mellan förmiddagspasset dag 11 och dag 1.

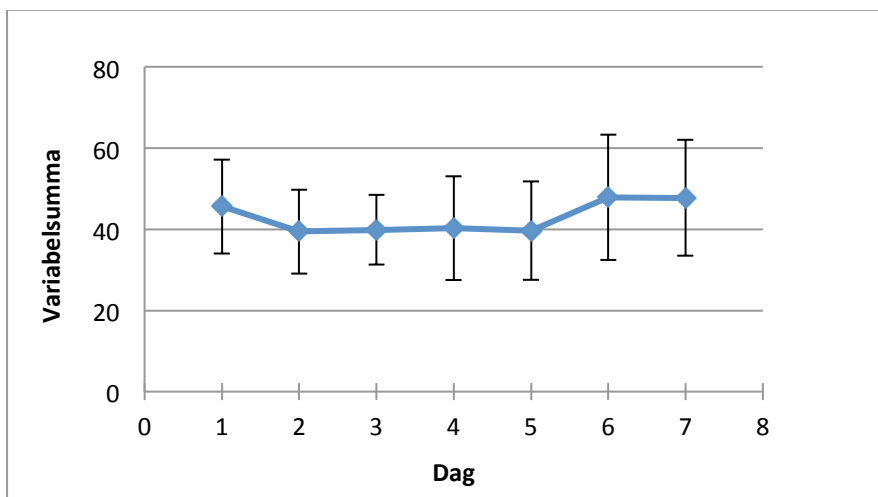


Figur 5. Borgskalan (lokalt) vid cykling förmiddag och eftermiddag. Förändring i Borgskalan (RPE) enligt lokal ansträngning (ben) under förmiddagscyklningarna (fastande) och eftermiddagscyklningarna (icke fastande) under hela försöksperioden. Dag 1-5 erhöll försökspersonerna (n=7) tre måltider (+ mellanmål) och dag 6-7 tio mindre måltider (+leucin). Dag 8-11 var försökspersonerna inaktiva och åt en valfri kost. Mätningar från eftermiddagscyklningarna dag 11 saknas.

6.4 Koncentration och motivation

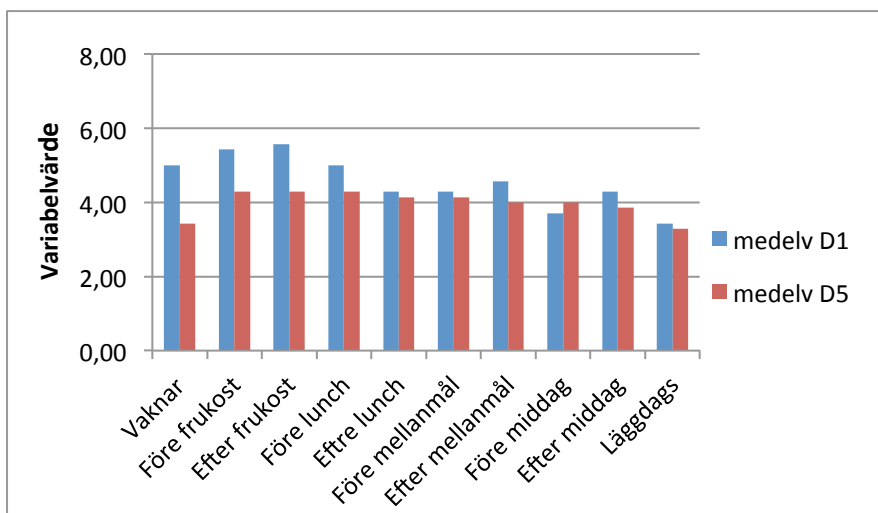
6.4.1 Koncentration

I Figur 6 visas koncentrationsförändringen hos försökspersonerna under försöksperioden (dag 1-7). Resultaten visar att ingen förändring i koncentrationen förelåg mellan mätdagarna (se även Tabell I i Bilaga).



Figur 6. Koncentration under veckan. Visar koncentrationsförändringen som medelsumma hos försökspersonerna (n=7) under veckan. Variabelsumman (y-axeln) motsvarar summan av gruppens medelvärden från respektive mätning under den aktuella

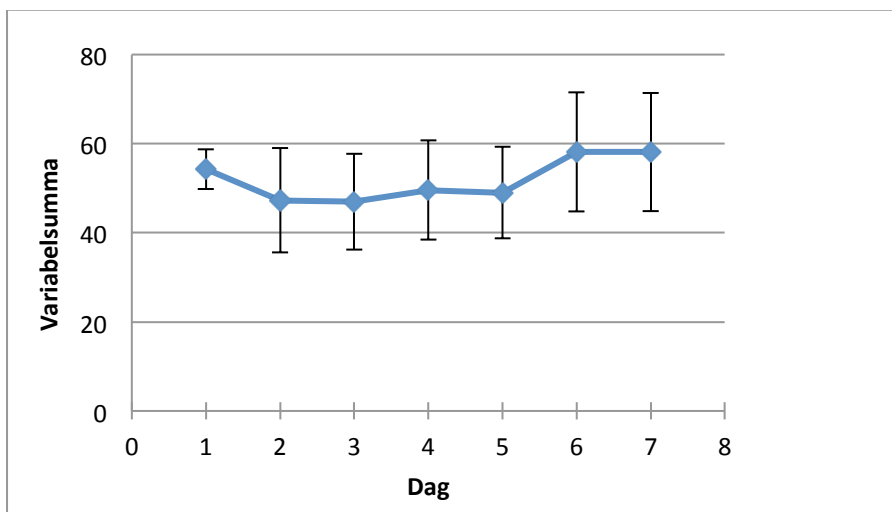
I Figur 7 visas koncentrationsförändringen hos försökspersonerna vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5. Resultaten visar att ingen förändring förelåg mellan mätdagarna (se även Tabell J i Bilaga).



Figur 7. Visar förändringen i koncentrationen hos försökspersonerna (n=7) vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5. Variabelvärdet (y-axeln) motsvarar gruppens medelvärde från respektive mätning under den aktuella dagen.

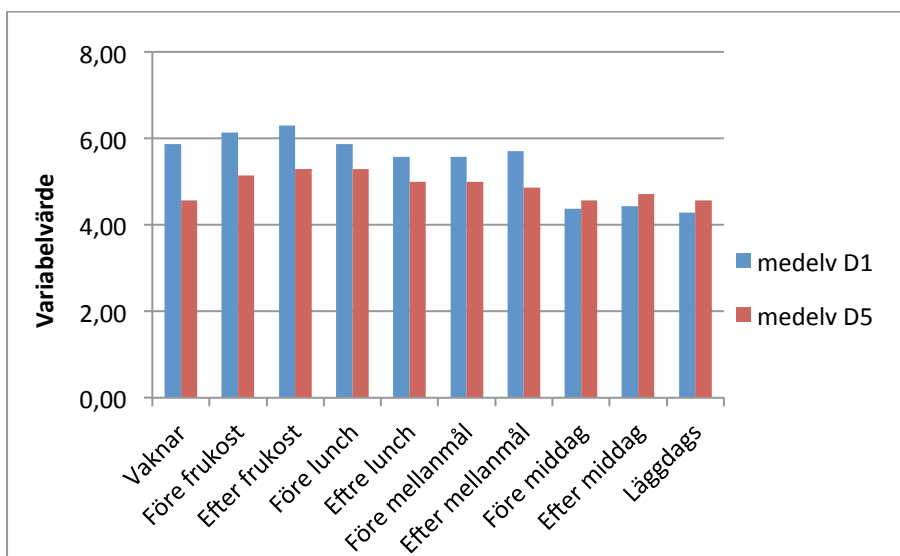
6.4.2 Motivation

I Figur 8 visas koncentrationsförändringen för motivationen hos försökspersonerna under försöksperioden (dag 1-7). Resultaten visar att ingen förändring förelåg mellan mät dagarna (se även Tabell K i Bilaga).



Figur 8. Motivation under veckan. Visar hur motivationen hos försökspersonerna (n=7) förändras under veckan. Variabelsumman (y-axeln) motsvarar summan av gruppens medelvärden från respektive mätning under den aktuella dagen.

I Figur 9 visas motivationsförändringen hos försökspersonerna vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5, resultaten visar att ingen förändring föreligger mellan mät dagarna (se även Tabell L i Bilaga).



Figur 9. Visar förändringen i motivationen hos försökspersonerna (n=7) vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5. Variabelvärdet (y-axeln) motsvarar gruppens medelvärde från respektive mätning under den aktuella dagen.

6.5 Vilka effekter har den fysiska aktiviteten på VO₂, RQ och HF vid negativ energibalans?

De undersökta variablerna (VO₂, RQ, HF) mättes under både för- och eftermiddagscyklarna och kommer till hänsyn av försökspersonernas skiljda dagsförhållanden att behandlas separat. Förmiddagscyklarna resulterade inte i någon signifikant förändring i syreupptaget (VO₂) eller hjärtfrekvensen (HF). En signifikant skillnad noterades dock i den respiratoriska kvoten (RQ) mellan D6-D1 och D11-D6, där den respiratoriska kvoten hade minskat mellan D6-D1 och ökat mellan D11-D6. Eftermiddagscyklarna resulterade däremot i signifikant sänkning av syreupptaget (VO₂), hjärtfrekvensen (HF) samt den respiratoriska kvoten (RQ) mellan D6-D1.

6.6 Vilka effekter har en negativ energibalans och regelbunden fysisk aktivitet på den dagliga koncentrationen och motivationen samt ansträngningen under fysisk aktivitet?

Ansträngningen mättes under både för- och eftermiddagscyklarna och kommer med till hänsyn av försökspersonernas skiljda dagsförhållanden att behandlas separat. Förmiddagscyklarna resulterade inte i någon signifikant effekt på ansträngningen. En signifikant skillnad noterades dock vid eftermiddagscyklarna mellan D6-D1, där ansträngningen hade minskat D6.

När det gäller koncentrationen och motivationen under veckan, förelåg ingen förändring i motivationen och koncentrationen mellan någon av mät dagarna. Den negativa energibalansen och den fysiska aktiviteten hade således ingen effekt på koncentrationen och motivationen.

7. Diskussion

7.1 Resultatdiskussion

7.1.1 Borgskalan

Aerob träning bidrar till en förbättrad kondition, vilket innebär en minskad ansträngningsgrad, och orsakas av såväl fysiologiska som perifera förändringar. Till de fysiologiska effekterna räknas främst andningen, blodet och hjärtat. Mer detaljerat bidrar den fysiska aktiviteten till en minskad andningsfrekvens (VO₂), minskad hjärtfrekvens (HF), ökad slagvolym (hjärtat) och en ökad hemoglobinhalt i blodet. Till de perifera effekterna hör lokala förändringar i muskeln, så som en ökad kapillär- och mitokondrietäthet, förbättrad glykogenlagring i musklerna och en förbättrad fettförbränning. (Andersson, 2006)

Den minskade ansträngningen lokalt (ben) mellan D6-D1 (EM), skulle kunna vara ett resultat av en sådan träningseffekt. Resultaten från denna studie visar att det fanns en signifikant skillnad mellan VO₂ och HF mellan D6-D1 (EM), vilket skulle kunna bero på en träningseffekt. Eftersom ansträngningen har ett linjärt förhållande med just dessa variabler (Personlig kontakt: Olsson, 2012), skulle den sänkta ansträngningen kunna bero på just dessa förändringar. En signifikant sänkning av RQ noterades även mellan D6-D1(EM), vilket skulle kunna tyda på en ökad användning av fett som bränsle. Det bör dock inte förbises att sänkningen i RQ förmodligen även har påverkats av den negativa energibalansen som råder. När det gäller hemoglobinhalt, kapillär- och mitokondrietätheten och glykogenlagringen finns inga mätdata. Dessa förändringar är alltså endast hypotetiska. Effekter på ansträngningen orsakade av en skiljd måltidsportionering D1 och D6 har avfärdats, detta eftersom energitillförseln var densamma under båda dagarna. Återuppbyggnaden av glykogenförråden tar 20-48 h och glykogenförråden är mer betydande under träning av hög intensitet (Andersson, 2006).

7.1.2 Koncentrationen och motivationen

Koncentrationen och motivationen förändrades inte under försöksperioden och en hypotetisk förklaring till detta skulle kunna vara den höga proteinandelen i kosten. Hypotesen som förs fram i denna diskussion bygger på den centrala trötthetshypotesen. Proteinoxidationen har enligt Newsholme *et al.* (1987) visat sig öka under fysisk aktivitet och fasta, då främst oxidationen av de grenade aminosyrorna. En hög oxidation skulle därför

innebära att kvoten BCAA/f-TRP sänks, vilket skulle kunna gynna serotoninbiosyntesen. Ett högt proteinintag skulle därför, beroende på proteinsammansättningen i kosten, eventuellt kunna hämma sänkningen av kvoten BCAA/f-TRP (Abrahamsson *et al.* 2006, 404) och på så sätt bidra till en bibehållen koncentration (Newsholme *et al.*, 1991) och motivation (Davis och Bailey, 1997). Resultaten från RQ bestämningen visar att proteinoxidation råder under veckan, dock finns inga specifika mätvärden på proteinomsättningen under veckan vilket gör att detta endast är en hypotes.

7.2 Metoddiskussion

Till denna studie valdes endast sju försökspersoner ut, vilket gör resultaten något osäkra. Vid mindre studier som denna, räcker det med att något uppmätt värde avviker för att resultaten skall påverkas. Det fanns heller ingen kontrollgrupp i denna studie, vilket gör det svårare att bedöma vilka orsaker som skulle kunna ligga till grund för resultaten. Ett balanserat urval har dock gjorts, vilket kan ha minskat risken för att effekterna av behandlingen dolts av andra faktorer. Förhållandena under försöksdagarna; inställningsdygnet, kontrolldygnet och infusionsdygnet; såg något olika ut. För att vara säkra på att sådana förhållanden inte har påverkat resultaten för en jämförelse mellan de olika dagarna, hade det varit optimalt om samtliga försöksdagar hade skett under liknande förhållanden.

När det gäller resultaten från koncentrations- och motivationsmätningen, är det svårt att säga vad som kan ha bidragit till dessa resultat. Det fanns inte några ytterligare mätdata, exempelvis från graden av proteinoxidation eller uppmätta glukosvärden, vilka hade kunnat vara till stor hjälp vid underbyggandet av argumenten för orsakerna till resultaten. När det gäller användandet av enkäter finns det en risk att försökspersonernas val av skattning färgats av de andra deltagarna, att de har haft svårt att välja skattningsvärde eller att helt enkelt den individuella upplevelsen av motivationen och koncentrationen varierat kraftigt mellan individerna.

8. Slutsats

Försöket resulterade i en signifikant sänkning av den lokala ansträngningen hos försökspersonerna under eftermiddagscyklarna mellan D1 och D6. Resultatet skulle kunna tyda på en träningseffekt, då även en signifikant minskning i andnings- och hjärtfrekvensen noterades under samma period.

Motivationen och koncentrationen förändrades inte under veckan och en hypotetisk förklaring till detta skulle kunna vara den höga proteinandelen i kosten. Det fanns dock ingen information om kostens proteinsammansättning eller mätvärden från protein- och leucin oxidationen. Därför förblir detta endast en hypotetisk förklaring.

9. Författarens tack

Jag tackar Roger Olsson på Institutionen för folkhälsa och vårdvetenskap, enheten för klinisk nutrition och metabolism, för hans handledning och den information han bidragit med för att göra studien möjlig.

Jag vill även tacka Cornelia Witthöft, docent på Institutionen för livsmedelsvetenskap på SLU i Uppsala, för hennes stöd vad avser handledning och feedback på kandidatarbetet.

10. Litteraturförteckning

Abrahamsson, L., Andersson, A., Becker, W. och Nilsson, G. 2006. *Näringslära: För Högskolan*. 5. Uppl. Stockholm: Liber AB.

Andersson, A. 2006. Idrottsnutrition. I: Abrahamsson, L., Andersson, A., Becker, W. och Nilsson, G., (utg.) *Näringslära för högskolan*. 5. Uppl. 395-423. Stockholm: Liber AB.

Andersson, A. och Göransson, H. 2006. Energi och metabolism. I: Abrahamsson, L., Andersson, A., Becker, W. och Nilsson, G., (utg.) *Näringslära för högskolan*. 5. Uppl. 167-193. Stockholm: Liber AB.

Astrand, P. och Rodahl, K. 1977. *Nutrition and physical performance. Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill Book Company, s. 481-517.

Borg, G. 1970. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal Rehabilitation Medicine*, vol. 2, s. 92-98.

Brehm, B.A. 1988. Elevation of metabolic rate following exercise. Implications for weight loss. *Sports Medicine*, vol. 6, s. 72-78.

Curzon, G., Friedel J. och Knott, P.J. 1973. The effect of fatty acids on the binding of tryptophan to plasma protein. *Nature*, vol. 242, s. 198-200.

Davis, J.M., Bailey, S.P. och Woods, J.A. 1992. Effects of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branched-chain amino acids during prolonged cycling. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, vol. 65, s.513-519.

Davis, J.M. och Bailey, S.P. 1997. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 29, s.45-57.

Edwards, R.H. 1981. Human Muscle function and fatigue. *Ciba Foundation Symposium*, vol. 82, s.1-18.

FAO/WHO/UNU. 2001. *Human Energy Requirements*. Rome: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Food and Nutrition Technical Report Series 1: ISSN 1813-3932.

Felig, P. 2001. *Endocrinology Metabolism* (International student ed. of 4th revised ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company.

Garrel, D.R., Todd, K.S, Pugeat, M.M, Calloway, D.H. 1984. Hormonal changes in normal en under marginally negative energy balance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 39, s. 930-936.

Goodman, M.N. och Ruderman, N.B. 1982. Influence of muscle use on amino acid metabolism. *Exercise and Sport Sciences Review*, vol. 10, s. 1-26.

Guezennec, C.Y., Satabin, P., Legrand, H. och Bigard, A.X. 1994. Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 68, s. 525-530.

Havel, R.J. 1971. Influence of intensity and duration of exercise on supply and use of fuels. *Muscle Metabolism During Exercise*, s.315-325. New York: Plenum Press.

Horton, E.S. 1982. Effects of low energy diets on work performace. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 32, s. 1228-1233.

- Meeusen, R. och Piacentini, M.F. 2003. Exercise, fatigue, neurotransmission and the influence of the neuro-endocrine axis. *Advances in Experimental Medicine Biology*, vol. 527, s. 521-5.
- Melander, A. 2012. *Serotonin*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/lang/serotonin> (hämtad 2012-05-20).
- Mole, P.A., Stern, J.S., Schultz, C.L., Bernauer, E.M., Holcomb, B.J. 1989. Exercise reverses depressed metabolic rate produced by severe caloric restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 21, s. 29-33.
- Muller, W.A., Faloon, G.R., Unger, R.H. 1971. The influence of the antecedent diet upon glucagon and insulin secretion. *The New England Journal of Medicine*, vol. 285, s. 1450-1454.
- Newsholme, E.A., Acworth, I. och Bloomstrand, E. 1987. *Amino acids, brain neurotransmitters and a function link between muscle and brain that is important in sustained exercise. Advances in Myochemistry*, s. 127-33 London: John Libbey Eurotext.
- Newsholme, E.A., Parry-Billings, M., McAndrew, N. och Budgett, R. 1991. A biochemical mechanism to explain some characteristics of overtraining. *Medical Sports Science*, vol. 32, s. 79-93.
- Nordic Council of Ministers. 2004. *Nordic Nutrition Recommendations 2004: Integrating nutrition and physical activity*. 4. Uppl. Köpenhamn: Nordic Council of Ministers.
- Whitney, E. N., Cataldo, C. B. och Rolfes, Sharon Rady. 2002. *Understanding Normal and Clinical Nutrition*. 6. Uppl. Belton: Wadsworth Publishing Co Inc.

Övriga källor:

- Olsson, R. Institutionen för folkhälso- och vårdvetenskap, *Klinisk nutrition och metabolism*. Samtal, 2012-05-04.

11. Bilaga

11.1 Energiinnehåll

Tabell A. Energiinnehållet per gram protein, kolhydrater, fett och alkohol. (Abrahamsson et al. 2006, 179).

Energimängd				
Energifaktor	Protein	Fett	Kolhydrat	Alkohol
kcal/g	4	9	4	7
kJ/g	17	37	17	29

11.2 Grunddata

Tabell B. Grunddata som registrerade för försökspersonerna.

Försökspersoner	Ålder	Längd	Vikt	BMI	Kroppsfett	V02max	Belastning
1	31	1,83	81,5	24,4	13,7	4,0	115
2	26	1,84	73,2	21,6	8,7	4,5	130
3	30	1,83	96,1	28,7	15,6	3,5	105
4	19	1,87	80,9	23,1	10,1	4,7	140
5	19	1,80	66,6	20,5	7,0	4,7	135
6	25	1,83	87,7	26,2	16,9	4,5	130
7	24	1,94	80,4	21,2	17,7	4,6	140
Medelvärde	24,9	1,85	80,9	23,7	12,8	4,4	128
Standardavvikelse	4,7	0,05	9,6	2,9	4,2	0,4	13,2
Variationsvidd	12	0,14	29,7	10,7	10,7	1,2	35

11.3 Försöksplan

Tabell C. Överskådligt schema över försöksplanen.

Dag	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vikt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
V0₂max	X											
Kostberäkning	X											
BMR		X					X	X	X			X
Kroppsmassan		X				X			X	X		X
Blodprov		X						X				
Temperatur		X				X	X	X	X			X
Blodtryck		X				X		X	X			X
Urinsamling		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kostregistrering										X	X	X
Fysisk aktivitet		X	X	X	X	X	X	X				X
Luftprover							X	X				
Enkät		X	X	X	X	X	X	X				X

11.4 Enkät

Frågeformulär Dag 1-5							
Tidpunkt: Markera tidpunkten för dina kostintag under dagen.							
Känsla: Markera vilken känsla som förekommer när du vaknar på morgonen resp vid läggdags på kvällen. markera även känslan före resp efter kostintag. H = Hunger, S = Sug, K= Koncentration, M= Motivation, T= Törst							
Intensitet: Markera intensiteten på dessa känslor.							
DAG							
TIDPUNKT		KÄNSLA/ INTENSITET					KOMMENTARER
Aktivitet	Tid Tidpunkt	Maximalt 8	Kraftigt 7 6	Måttligt 5 4	Svagt 3 2	Ingen 1 0	Extra vattenintag, huvudvärk m.m OBS ! Tidpunkt
Vaknar							
Före frukost							
Efter frukost (½ h efter)							
Före lunch							
Efter lunch							
Före mellanmål							
Efter mellanmål							
Före middag							
Efter middag							
Läggdags							

Figur A. Enkäten för skattning av koncentration och motivation under D1-D5, där 0 motsvarar ingen intensitet, 2 svag intensitet, 3-4 måttlig intensitet, 5-6 kraftig intensitet och 8-7 maximal intensitet.

Frågeformulär Dag 6-7							
Tidpunkt: Markera tidpunkten för dina kostintag under dagen.							
Känsla: Markera vilken känsla som förekommer när du vaknar på morgonen resp vid läggdags på kvällen. markera även känslan före resp efter kostintag. H = Hunger, S = Sug, K= Koncentration, M= Motivation, T= Törst							
Intensitet: Markera intensiteten på dessa känslor.							
DAG							
TIDPUNKT		KÄNSLA/ INTENSITET					KOMMENTARER
Aktivitet	Tid Tidpunkt	Maximalt 8	Kraftigt 7 6	Måttligt 5 4	Svagt 3 2	Ingen 1 0	Extra vattenintag, huvudvärk m.m OBS ! Tidpunkt
Vaknar (före BMR)							
Före cykel (8.30)							
Efter cykel (10.00)							
Före måltid 1 (12.00)							
Efter måltid 1 (12.30)							
Före måltid 5 och cykel(16.00)							
Efter cykel (17.30)							
Före måltid 10 (21.00)							
Efter måltid 10 (21.30)							
Midnatt (24.00) (03.00)							
Avslutning (06.00)							

Figur B. Enkäten för skattning av koncentration och motivation under D6-D7, där 0 motsvarar ingen intensitet, 2 svag intensitet, 3-4 måttlig intensitet, 5-6 kraftig intensitet och 8-7 maximal intensitet.

11.5 Antropometriska mått

11.5.1 Vikt

Tabell D. Viktförändringen hos försökspersonerna under hela försöksperioden.

Vikt									
Försöksperson	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 8	Dag 9	Dag 11
1	81,5	80,6	80,3	80,2	80,7	80,3	82,0	81,0	81,0
2	73,2	72,3	72,2	72,2	72,5	72,1	73,6	72,3	73,1
3	96,1	95,7	95,3	95,8	96,1	95,5	96,8	96,6	95,9
4	80,9	80,1	79,9	79,8	80,4	80,2	80,0	79,4	80,1
5	66,6	66,0	65,9	65,9	65,5	65,6	66,8	65,8	66,7
6	87,7	87,4	86,9	86,2	86,3	86,0	87,2	86,0	86,0
7	80,4	80,0	79,6	79,9	79,4	79,4	80,7	80,0	79,6
Medelvärde	80,9	80,3	80,0	80,0	80,1	79,9	81,0	80,2	80,3
Standardavvikelse	9,6	9,6	9,5	9,6	9,7	9,6	9,5	9,8	9,3

11.5.2 Fettmassa

Tabell E. Visar förändringen i fettmassa under försöksperioden.

% Fett					
Försöksperson	Dag 1	Dag 5	Dag 8	Dag 9	Dag 11
1	13,7	13,5	12,7	13,8	15,4
2	8,7	9,3	8,3	10,9	9,7
3	15,6	14,5	14,4	17,2	16,8
4	10,1	11,7	10,8	12,5	13,4
5	7,0	10,0	8,8	9,1	7,7
6	16,9	18,5	18,5	18,2	17,0
7	17,7	15,8	15,0	14,6	16,8
Medelvärde	12,8	13,3	12,7	13,8	13,8
Standardavvikelse	4,2	3,3	3,6	3,3	3,8

11.5.3 Vattenhalt

Tabell F. Förändring i den totala vattenhalten i kroppen hos försökspersonerna under försöksperioden.

TBW									
Försöksperson	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 8	Dag 9	Dag 11
1	49,7	49,8	46,7	47,0	48,3	48,0	49,7	49,9	47,6
2	48,9	47,4	48,2	46,9	47,5	48,4	51,3	46,5	48,5
3	58,6	56,6	57,2	56,6	61,4	60,3	60,6	60,5	58,9
4	51,9	50,7	49,7	50,8	50,4	52,6	50,4	49,0	48,4
5	45,9	42,2	45,8	44,6	43,3	44,6	44,8	44,3	45,6
6	52,5	52,8	53,2	53,3	51,6	53,2	52,3	51,9	52,3
7	44,6	46,7	45,5	44,8	45,4	46,8	48,7	48,4	45,6
Medelvärde	50,3	49,5	49,5	49,2	49,7	50,6	51,1	50,1	49,5
Standardavvikelse	4,7	4,6	4,3	4,6	5,9	5,3	4,8	5,1	4,7

11.6 Fysisk aktivitet

11.6.1 Borgskalan

Tabell G. Förändringar i Borgskalan (RPE) hos försökspersonerna (n=7) enligt central ansträngning (andning), vid olika tidpunkter under både förmiddagscyklarna samt eftermiddagscyklarna.

Dag	1 (30min)	1 (60min)	1 (90min)	1 (30min)	3 (60min)	3 (90min)	5 (30min)	5 (60min)
Centralt FM	9,9	11,1	11,1	10,1	10,7	10,7	9,7	10,0
Centralt EM	9,7	10,7	11	9,6	10,1	10,4	9,6	10,3
Dag	5 (90min)	7 (30min)	7 (60min)	7 (90min)	11 (30min)	11 (60min)	11 (90min)	
Centralt FM	10,3	10,0	10,4	10,6	9,1	9,6	9,7	
Centralt EM	10,3	9,7	10,3	10,6				

Tabell H. Förändringar i Borgskalan (RPE) hos försökspersonerna (n=7) enligt lokal ansträngning (ben), vid olika tidpunkter under både förmiddagscyklarna samt eftermiddagscyklarna.

Dag	1 (30min)	1 (60min)	1 (90min)	3 (30min)	3 (60min)	3 (90min)	5 (30min)	5 (60min)
Lokalt FM	11,6	13,3	13,7	11,6	13,1	13	11,6	11,9
Lokalt EM	11,4	13,1	13,9	10,9	9,7	12,3	10,9	11,7
Dag	5 (90min)	7 (30min)	7 (60min)	7 (90min)	11 (30min)	11 (60min)	11 (90min)	
Lokalt FM	13,0	11,3	12,0	10,9	10,1	10,7	11,3	
Lokalt EM	12,0	11,4	12,4	12,9				

11.7 Koncentration och Motivation

11.7.1 Koncentration

Tabell I. I tabellen visas variabelsumman för koncentrationen hos försökspersonerna (n=7) under veckan mellan dag 1-7.

Koncentration (D1-D7)							
Dag	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7
Variabelsumma	45,6	39,4	39,9	40,3	39,7	47,9	47,7
SD	11,5	10,4	8,6	12,9	12,2	15,4	14,3

Tabell J. I tabellen visas medelvärden för koncentrationen hos försökspersonerna (n=7) vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5.

Koncentration (D1, D5)										
	V ¹	FF ²	EF ³	FL ⁴	EL ⁵	FME ⁶	EME ⁷	FM ⁸	EM ⁹	L ¹⁰
Medelvärde D1	5,0	5,4	5,6	5,0	4,3	4,3	4,6	3,7	4,3	3,4
Medelvärde D5	3,4	4,3	4,3	4,3	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	3,3
D1 SD	1,7	1,6	1,3	1,4	1,6	1,7	1,5	1,4	1,4	1,1
D5 SD	1,6	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6

¹ = Vaknar ² = Före frukost ³ = Efter frukost ⁴ = Före lunch ⁵ = Efter lunch ⁶ = Före mellanmål ⁷ = Efter mellanmål
⁸ = Före middag ⁹ = Efter middag ¹⁰ = Läger sig

11.7.2 Motivation

Tabell K. I tabellen visas variabelsumman för motivationen hos försökspersonerna (n=7) under veckan mellan dag 1-7

Motivation (D1-D7)							
Dag	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag5	Dag 6	Dag 7
Variabelsumma	54,3	47,3	47,0	49,6	49,0	58,1	58,1
SD	4,5	11,7	10,8	11,1	10,3	13,4	13,3

Tabell L. I tabellen visas medelvärden för motivationen hos försökspersonerna (n=7) vid olika tidpunkter under dag 1 och dag 5.

Motivation (D1, D5)										
	V¹	FF²	EF³	FL⁴	EL⁵	FME⁶	EME⁷	FM⁸	EM⁹	L¹⁰
Medelvärde D1	5,9	6,1	6,3	5,9	5,6	5,6	5,7	4,4	4,4	4,3
Medelvärde D5	4,6	5,1	5,3	5,3	5,0	5,0	4,9	4,6	4,7	4,6
D1 SD	1,4	1,1	1,0	0,7	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
D5 SD	1,5	1,1	1,1	1,0	1,2	0,2	1,1	1,5	1,6	1,5

¹ = Vaknar ² = Före frukost ³ = Efter frukost ⁴ = Före lunch ⁵ = Efter lunch ⁶ = Före mellanmål ⁷ = Efter mellanmål
⁸ = Före middag ⁹ = Efter middag ¹⁰ = Ligger sig