



UPPSALA
UNIVERSITET

Effekten av ketogen lågkolhydratkost på anaerob styrketräning

Magnus Lindgren

Degree project in biology, Bachelor of science, 2014
Examensarbete i biologi 15 hp till kandidatexamen, 2014
Institutionen för biologisk grundutbildning
Handledare: Roger Olsson

Sammanfattning

Syfte: Att undersöka hur en ketogen lågkolhydratkost påverkar kroppsstrukturen för individer som utför anaerob styrketräning, samt vilka metoder som är lämpade för ändamålet.

Metod: Över två stycken treveckorsperioder styrketränade deltagarna 4-5 gånger i veckan. Den första perioden intogs en normal svensk kost och den andra perioden konsumerades ketogen lågkolhydratkost. Mätningar av fettmassa, muskelmassa, syreupptagningsförmåga, vätskebalans, respiratorisk kvot samt grundförbrukning utfördes vid tre tillfällen. Dessa var placerade innan första perioden, vid kostbytet och efter den andra perioden. Deltagarna fick även utföra en kostregistrering samt mäta energiförbrukning med aktivitetsdagbok och accelerometer.

Resultat: *Individ 1* ökade under period ett i både muskelmassa och fettmassa, och var till synes i energibalans. Detta är inte säkert på grund av viss tvetydig data. Under period två var energiintaget mindre än utgifterna, och en ökning av fettmassa men en sänkning av muskelmassa uppmättes. Både grundförbrukning och syreupptagningsförmåga ökade. Den respiratoriska kvoten sjönk avsevärt. *Individ 2* låg hela tiden på ett stort kaloriunderskott, och förlorade under båda perioderna fett- och muskelmassa. En mindre förlust av muskelmassa och en större fettförlust inträffade under period ett jämfört med period två. Grundförbrukningen ökade något, men inget resultat på syreupptagningsförmåga kunde mätas på grund av en ryggskada. Den respiratoriska kvoten sänktes något.

Diskussion: Resultaten i studien följde inte hypotesen, utan kostbytet genererade en genomgående negativ effekt. Tillvägagångssättet för mätning av energiförbrukning bör revideras, då vissa data tyder på en annan energibalans än det uppmätta energi in - energi ut. *Individ 2* till exempel bör ha minskat avsevärt mer i vikt om så inte var fallet. Bättre metod för att avgöra om deltagarna är i ketos behövs också, då det råder tveksamheter om just detta, på grund av en lägre sänkning av respiratorisk kvot än förväntat hos *Individ 2*.

Slutsats: För kommande studier bör ovan nämnda punkter förändras för mer pålitliga resultat. Slutsatsen utifrån denna studie är dock att en ketogen lågkolhydratkost inte är att rekommendera när tung anaerob styrketräning praktiseras.

Abstract

Objective: To determine the effects of a ketogenic low-carbohydrate diet on body composition for individuals practicing heavy resistance training during anaerobic conditions, as well as to evaluate suitability of the methods used.

Methods: The participants did resistance training 4-5 times a week over the course of six weeks. The study was split into two periods. During the first a typically Swedish diet was eaten, and during the other it was changed for a ketogenic low-carbohydrate diet. Fat mass, muscle mass, respiratory exchange ratio, fluid balance, respiratory quotient as well as the basal metabolic rate was determined at three times during the study. This occurred before the first period, at the day of diet change and after the second period. Daily energy expenditure and intake was measured with accelerometer, activity diary and a food diary.

Results: During the first period the muscle and fat mass increased for *Individual 1*, while the energy balance was seemingly neutral. Some data does imply that this was not correct. For the second period the energy expenditure was larger than the uptake and an increase in fat mass but a decrease in muscle mass was attained. A raise in both basal metabolic rate and respiratory exchange ratio was observed, as well as a lowered respiratory quotient. *Individual 2* had a large caloric deficit at all times during the study, and lost muscle and fat mass during both periods. During the first period the muscle loss was lesser and the fat loss was higher compared to the second period. The basal metabolic rate increased somewhat and the respiratory quotient was slightly decreased. Respiratory exchange ratio was not measured due to back pains.

Discussion: The results from the study were not in accordance with the hypothesis due to negative results on body composition. Methods for obtaining energy expenditure have to be revised, since there is evidence that the actual energy balance is different than the measured values. If the values were correct *Individual 2* would have lost more weight. A better way to decide if the participants have entered ketosis is also needed, due to a lower respiratory quotient than predicted in the case of *Individual 2*.

Conclusion: Changes mentioned above needs to be done if further studies in the area are to be done. The results in the present study indicate that a ketogenic low-carbohydrate diet is not valid while doing anaerobic heavy resistance training.

Innehållsförteckning	
Förkortningar	4
Introduktion	5
Bakgrund	5
Definition och effekter av LCHF	5
Kroppens respons på lågkolhydratkost	5
Energiintag och förbrukning	6
Kroppssammansättning	7
Substratanvändning och syretillgång	9
LCHF och träning	10
Syfte	11
Hypotes	12
Material och metoder	12
Deltagare	12
Experimentdesign	12
Diet	12
Träning	13
Mätmetoder och datahantering	14
Resultat	15
Individ 1	15
Kroppssammansättning	16
Energi procent och energibalans	17
Icke kropps-konstitutionella faktorer	18
Individ 2	18
Kroppssammansättning	18
Energi procent och energibalans	19
Icke kropps-konstitutionella faktorer	20
Diskussion	20
Resultatdiskussion	20
Metoddiskussion	21
Slutsats	22
Källförteckning	23

Förkortningar

BMI – Body Mass Index

SCB – Statistiska Centralbyrån

LCHF – Low Carb High Fat

LDL – Low Density Lipoprotein

HDL – High Density Lipoprotein

CoA – Coenzym A

TEE – Total Energy Expenditure

TEI – Total Energy Intake

BMR – Basal Metabolic Rate

EE – Energy Expenditure

DIT – Diet Induced Thermogenesis

AEE – Active Energy Expenditure

FM – Fettmassa

BIA – Bioimpedans

TBW – Total Body Water

FFM – Fettfri Massa

SM – Skelettmuskelmassa

Kcal – Kilokalorier

RQ – Respiratorisk Kvot

VO₂-max – Maximal syreupptagningsförmåga

NNR – Nordiska Näringsrekommendationerna

PAL – Physical Activity Level

Introduktion

Bakgrund

Dieter har under 2000-talet varit ett hett ämne, som följd av den generella viktuppgången hos Sveriges befolkning från början av 80-talet. Andelen överviktiga och feta individer i landet var 30,7 procent år 1980, och hade ökat till 43,8 procent år 2002. Därefter verkar trenden plana ut till år 2007 då 44,2 procent av befolkningen hade Body Mass Index (BMI)>25, vilket är definitionen på övervikt enligt Statistiska Centralbyrån (SCB). Individens vikt i kilo dividerat med den kvadrerade längden i meter, (kg/m^2) beräknar BMI (1). En av dessa dieter är den så kallade Low-Carb High-Fat (LCHF). År 2004 noterades en markant ökning av fettintag i norra Sverige i och med introduktionen av LCHF-kost via media, mest i form av mättat fett från mejeriprodukter. Jordbruksverket rapporterade samtidigt att efterfrågan på högre halter av fett i deras produkter ökade (2).

Definition och effekter av LCHF

Det finns inget klart värde för vad som definieras som LCHF, även om många studier har en restriktion på ett maximalt intag av 60g kolhydrater om dagen (3). Detta värde är en bra övre gräns då ketos generellt inträffar vid ett intag mellan 65-180g om dagen (8). Vissa är ännu mer strikta och har 20g som övre gränsvärde för kolhydratintag, men brukar då tillåta en större konsumtion desto längre tid som har förflutit i studien (4,5). Restriktioner på energiintag brukar däremot inte kopplas samman med LCHF-kost (3,4). Om en kolhydratsnål kost ger en större viktminskning på lång sikt är fortfarande oklart. En meta-analys från 2006 visade en signifikant större viktnedgång för LCHF utan energirestriktion jämfört med en fettsnål kost med energirestriktion efter sex månader, men efter ett år fanns det ingen skillnad mellan de två dieterna. Inga positiva kardiovaskulära effekter noterades då högre halter av både Low-density lipoprotein (LDL) och High-density lipoprotein (HDL) kolesterol uppmättes för lågkolhydratgruppen (3). Andra studier har dock fått lovande resultat vad gäller både viktminskning och blodfettsvärden. Hos personer som lider av fetma och hyperkolesterolemi sjönk både LDL- och triglyceridvärden, samtidigt som HDL ökade. Varianten av lågkolhydratkost som användes var hög på vegetabiliska fetter (5). En liknande LCHF-kost där deltagarna råddes till att äta mycket fett och proteiner från växtriket gav en större viktminskning under en period av två år, där intaget av kolhydrater även höjdes gradvis tills den till slut nådde 120g om dagen. Detta visar att en viktminskning med lågkolhydratkost kan vidhållas även efter att kolhydrater återinkorporeras i dieten. LCHF-kosten gav också en signifikant större ökning av HDL-kolesterol jämfört med lågfettsgruppen. Ingen skillnad i LDL-värden uppmättes (4). För överviktiga verkar den positiva effekten på insulinvärden inte skilja sig åt mellan de olika dieterna (4), medan normalviktiga personer som äter LCHF-kost har en signifikant sänkning av insulin jämfört med en kolhydratrik kost (6).

Kroppens respons på lågkolhydratkost

Det är ännu inte helt klart vilka gensvar i kroppen som gör LCHF effektivt (7), men sänkta insulinnivåer verkar spela en stor roll (7,8). Insulin i blodomloppet stimulerar kroppsvävnader att lagra fett, glukos och aminosyror. Det hämmar även glykolys och lipolys. Glukagon har motsatt effekt, det minskar därmed energiinlagring, aktiverar glukoneogenes och nedbrytning av fettdepåer samt tömning av leverglykogenet (7,8).

Under en lågkolhydratkost blir insulinvärdet lägre (6) och sänker kvoten insulin/glukagon med följd att kroppen börjar ta av sina energiförråd. I svältsammanhang skulle detta leda till sänkt muskelmassa såväl som fettmassa (8), men under LCHF verkar kroppen inte använda de lagrade aminosyrorna i musklerna som energi, tvärt om så kan muskelmassan öka (6). Detta beror på att vid så låga koncentrationer av glukos börjar levern skapa ketonkroppar från fettsyror. Viktiga ketonkroppar är acetoacetat och β -hydroxybutyrat, som är dimerer av acetyl coenzym A (Acetyl CoA). Acetyl CoA används av cellers mitokondrier för att utvinna adenosintrifosfat (ATP) genom oxidativ fosforylering samt citronsyracykeln. Alla celler med mitokondrier som inte kan använda fett som energikälla, mestadels centrala nervsystemet, får då en alternativ energikälla till glukos i form av ketonkroppar. Även skelettmuskler och hjärta använder sig av ketonkroppar som energi, främst vid intensivt arbete (8). Kroppens behov av glukos sänks då och nedbrytande av muskelvävnad är inte längre nödvändigt. Vissa celler kan dock inte använda ketonkroppar som energikälla på grund av att de saknar mitokondrier. Många av ögats celler samt erythrocyter tillhör dessa. De behöver sålunda glukos för att utvinna energi genom oxidativ fosforylering (7,8), vilket tillhandahålls genom glukoneogenes av dietära aminosyror såväl som glycerol som blir över i levern efter syntes av ketonkroppar (8). Efter att energin blivit utvunnen genom glykolysen i dessa celler förs biprodukten laktat till levern via blodomloppet där den återigen omvandlas till glukos med hjälp av energin från den ökade fettoxidationen (7).

Energiintag och förbrukning

Energin som kroppen gör av med under ett dygn (Total Energy Expenditure, TEE) och den mängd energi som tillförs (Total Energy Intake, TEI) är de avgörande faktorerna för en individs eventuella viktförändring. Är TEE större än TEI kommer en viktneđgång att ske, och är förhållandena omvända leder det till ökad kroppsmassa. Om energiintaget är lika stort som förbrukningen befinner sig individen i homeostas. Detta betyder att en förändring i antingen aktivitet eller föda påverkar vikt och kroppssammansättning (9,12).

Ett effektivt och enkelt sätt är att mäta TEI är genom en matdagbok. Alla livsmedel som konsumeras antecknas under en tidsperiod, för att sedan kombineras med data om livsmedlets energi och näringsinnehåll. Perioder så korta som tre dagar har visat sig vara tillräckligt för att få ett korrekt värde på det genomsnittliga dagsenergiintaget (23). Under kostregistreringar brukar intaget av de olika macronutrienterna kolhydrater, kostfiber, protein och fett mätas i energiprocent E%. För att se hur stor del av kosten de huvudsakliga energigivande näringsämnen utgör eller för att sätta restriktioner på intag av en specifik macronutrient (24).

Den totala energiförbrukningen brukar delas in i tre olika delar. Den största är basalmetabolismen (Basal Metabolic Rate, BMR) som motsvarar 60 - 75 % av utgifterna i en måttligt inaktiv person (12). BMR är den energi som går åt vid absolut vila efter en natts sömn. Ju mindre aktiv en person är desto större del av energiförbrukningen kommer att vara BMR. Den kan bestämmas genom att mäta värmeenergin som avges från testpersonen, och detta kallas direkt kalorimetri. Indirekt respiratorisk kalorimetri är när syre (O_2) och koldioxidhalt (CO_2) mäts i utandningsluften (10). Skillnaden i O_2 mellan in och utandning ger den förbrukade volymen. En liter O_2 motsvarar 4,82 kilokalorier (kcal). Energiåtgången (Energy Expenditure, EE), fås genom att multiplicera 4,82 med volymen syre förbrukad (12).

$$^{(1)} EE(\text{kcal/min}) = 4,82 \times \text{VO}_2$$

Direkt kalorimetri är väldigt dyr och om inte den utstrålade värmeenergin är av direkt relevans till resultaten så rekommenderas indirekt respiratorisk kalorimetri (10). Den minsta delen av TEE är den dietära termogenesen (Diet Induced Thermogenesis, DIT) som motsvarar ungefär 10 % av TEE. Detta är energin som går åt för matsmältningssystemet att bryta ned mat och utvinna energi (10). Delen av vår energiförbrukning som vi kan påverka mest är AEE (Active Energy Expenditure). Den står för alla de rörelser som görs under en dag, frivilliga såväl som ofrivilliga (10,12). Om aktiviteten ökar, till exempel genom att fysisk träning utförs, kommer AEE också öka, och därmed TEE (9,12).

Den säkraste metoden att ta reda på en individs TEE över längre tidsperioder är genom dubbelmärkt vatten. Genom att oralt inta kända mängder stabila vattenisotoper och sedan mäta och jämföra koncentrationerna av dessa i utandningsluft och kroppsvätskor, kan man ta reda på hur mycket energi som förbrukas. Denna metods största fördel är att den inte alls påverkar det dagliga livet för individen i fråga (10,13). En annan metod som kan användas är accelerometer. Det är en liten apparat som fästs vid handled, fot eller höft och avläser antal accelerationer och accelerationshastigheten. Nackdelen med dessa är att längden på rörelsen ej mäts och kan därför ge felaktig data (10,13). Däremot så har triaxiala accelerometrar, som mäter rörelse på tre plan, visat sig ge en korrekt energiförbrukning när de testats mot dubbelmärkt vatten (10). Aktivitetsdagböcker kan också användas för att få en uppskattning om TEE, men här spelar objektiva faktorer som tidsuppfattning och över- eller underskattning av upplevd ansträngningsgrad in (10,13,14).

Kroppssammansättning

När man mäter kroppssammansättningen på olika individer är det ofta olika delar av kroppens massa som är i fokus. För en överviktig person där förändringen i fettmassa är det huvudsakliga intresset, kan det vara nog att mäta fettmassan (FM) och den fettfria massan (FFM). Detta kallas för en två-komponentsmodell. För att få en mer komplett bild av kroppssammansättningen kan fler metoder användas för att bestämma andelen av andra kroppselement. Om muskelmassan tas i beaktande tillsammans med FM och FFM kallas det för en trekomponentsmodell. Andra faktorer så som mineralvävnader och senor kan också undersökas och inkorporeras för att ge en mer komplett helhetsbild (40). Än så länge finns det ingen metod som är märkvärdigt bättre på att ge information om samtliga av kroppens beståndsdelar än de andra. Därför kan metoder som visat sig korrekt bestämma olika kroppskomponenter, kombineras med varandra för att ge ett mer verklighetsskildrande resultat (41).

Den mest lättillgängliga metoden för att mäta FM är genom användning av kaliper. Instrumentet mäter hudveckstjocklek, och resultat kan kombineras med formler eller tabeller för att uppskatta FM, genom sambandet av kroppsdensitet och invärtes- samt underhudsfett (12). Vanliga mätpunkter är biceps, triceps, subscapular, suprailiac, lår och vad. För att utföra en hudvecksmätning krävs mycket erfarenhet och att den utförs av samma person om det sker vid flera tillfällen. Det är mycket enkelt att platsen för mätning förskjuts eller att tiden innan kalipern avläses skiljer sig åt, och dessa faktorer kan påverka mätningen (12, 26).

Bioimpedans (BIA) är också en lättillgänglig metod att mäta kroppsammansättning. Utrustningen är lätt att förflytta och försökspersonen utsätts inte för några påfrestningar. Själva mätningen går ut på att ström skickas genom kroppen mellan elektroder fästa på extremiteterna. Frekvenser som brukar användas ligger mellan 5-200 kHz då lägre eller högre värden kan ge resultat som inte är reproducerbara. Det är i huvudsak inte FM som mäts utan den totala vattenmängden i kroppen (TBW), intra- och extra cellulära vattenmängden, samt den sammanlagda FFM (27). Förutom vatten så består FFM även av muskulatur, benstomme samt senor och ligament. Hela 73,2 % av FFM är vatten, och detta gäller även för muskulaturen. Om den fettfria massan utgör en stor del av kroppen kommer impedansen alltså vara låg. FM som inte innehåller något vatten har därför ett högt motstånd. Hastigheten som den elektriska strömmen färdas från de olika elektroderna kan därför användas för att uppskatta FM och FFM. Hastigheten kan även påverkas av hydreringstillstånd. Konsumtion av vätska innan mätning kan ge lägre impedans och på så vis underskatta FM, och omvänt. Det är alltså viktigt att tester utförs under samma förutsättningar. Faktorer som alkoholintag, träning och mat för nära inpå mätning bör alltså undvikas (12).

Kroppspletysmografi tar också reda på kroppsammansättningen, men fungerar helt annorlunda. Den använder sig av kroppsvolym och kropps massa för ta reda på densiteten. Om densiteten är känd kan % -kroppsfett (% -FM) räknas ut (12) med Siris ekvation.

$$^{(2)} \% \text{-kroppsfett} = (4,95 / \text{kroppsdensitet}) - 4,50$$

Kroppspletysmografi, eller BodPod som det marknadsförs som, använder sig av lufttryck för att ta reda på kroppsvolymen. Individerna får sätta sig i en kapsel som består av två kammare. Båda kamrarna har lika stor volym, och skiljs åt av en vägg. Kammaren försökspersonen inte sitter i används som referensvärde. Tryckförändringen som skapas av att kroppen tränger undan luft används sedan för att kalkylera volymen. Innan försökspersonen sätter sig i kapseln vägs personen, och vikten tillsammans med kroppsvolymen används för att ta fram densiteten. % -FM räknas sedan ut med Siris ekvation ovan (25). BodPod har visat sig vara en effektiv metod att mäta förändringar i % -FM under viktförändring (28), och att ett uppskattat värde av individens lungkapacitet inte påverkar mätningens utslag signifikant (25).

Magnetisk resonanstomografi är en väletablerad metod för mätning av kroppsammansättning. Den tar bilder genom att ladda väteprotoner i kroppen då den ligger i ett magnetfält. När magnetfältet stängs av återgår protonerna till sina ursprungspositioner samtidigt som de avger radiovågor. Det är dessa som avläses för att forma bilder. Protoner i skelettmuskelmassa (SM) och FM tar olika lång tid på sig att urladdas, och olika vävnad kan på så sätt skiljas åt (29). Denna metod är dock relativt dyr och apparaturen är svår att förflytta. Därför har formler tagits fram för att enklare uppskatta SM med hjälp av antropometriska mått, då MRI inte är tillgängligt. Lee *et al.* 2000 har tagit fram en sådan formel. Variabler som används är längd, hudvecks- och omkrets mått vid överarm, lår och vad. Först korrigeras omkretsmåttet (C_{limb}) med hudvecksmåttet (S) för att få den förväntade muskelomkretsen (C_m), med benvävnad inkluderad, enligt formel;

$$^{(3)} C_m = C_{limb} - \pi S$$

De korrigerade omkrets värdena kvadrerades sedan och multiplicerades med längden för att göra formeln tredimensionellt gångbar. Formeln beaktar även kön, ålder och rastillhörighet.

$$^{(4)} \text{ SM (kg)} = \text{Ht} \times (0.00744 \times \text{CAG}^2 + 0.00088 \times \text{CTG}^2 + 0.00441 \times \text{CCG}^2) \\ + 2.4 \times \text{sex} - 0.048 \times \text{age} + \text{race} + 7.8$$

Dessa värden är förutbestämde och kan hittas i Lee *et al.* 2000 (30).

Substratanvändning och syretillgång

Det finns två typer av sätt som kroppens celler utvinner energi på, med eller utan syre, aeroba och anaeroba. Från aktivitetens start till en och en halv minut in så är förbränningen i huvudsak anaerob, då syretillförseln är låg med anledning att hjärtat ännu inte fått en tillräckligt hög puls. Sedan förskjuts den mer åt det aeroba hållet, och efter cirka nio minuter kommer 80 % av energin från aerob förbränning (11). Vid anaerob förbränning används kreatin och glukos som energikälla (12). Kreatinet står för den största energiutvecklingen från 0-10 sekunder men tar sedan slut. Under tiden aktiveras glykolysen och når maximal effekt mellan 5-10 sekunder och står sedan för majoriteten av ATP-syntesen (11,12). Vid förbränning av glukos kan en av två saker hända. Det pyruvat som bildas via glykolysen kan vid avsaknad av O₂ brytas ned ytterligare till laktat för en liten energiutvinning. Är förhållandena aeroba tas det upp av en mitokondrie, och då bryts pyruvatet ned till Acetyl CoA och citronsyracykeln initieras. Den aeroba förbränningen av glukos ger mycket mer energi än den anaeroba (12,13). Fett förbränns enbart aerobt, men nedbrytningen av fettsyror till Acetyl CoA sker utanför mitokondrien och måste transporteras in, och detta är troligtvis det begränsande steget i utvinning av energi från fett vid fysisk aktivitet (12).

Det går att mäta vilket substrat som i första hand används genom att jämföra mängden av O₂ och CO₂ i utandningsluften. Kvoten av volymen CO₂ (VCO₂) och volymen O₂ (VO₂) kallas för den respiratoriska kvoten (RQ).

$$^{(5)} \text{ RQ} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$$

Om enbart glukos används av cellen kommer RQ att vara 1. Det beror på att antalet syremolekyler som används motsvarar summan av koldioxidmolekyler i produkten. Vid oxidation av en glukosmolekyl används 6 O₂-molekyler. Produkten är 6 CO₂-molekyler samt vatten och energi (12).

$$^{(6)} \text{ RQ} = 6 \text{ CO}_2 / 6 \text{ O}_2 = 1$$

Oxidation av fett kräver mer O₂ i förhållande till mängden CO₂ som frigörs. Fett innehåller inte lika mycket syremolekyler som kolhydrater och behöver därför en större mängd utifrån för att kunna förbrännas. Palmitinsyra kräver 23 O₂ för fullständig oxidation och men producerar bara 16 CO₂. Olika fettsyror har olika långa kolkedjor så RQ skiljer sig även mellan fetter, men för palmitinsyra gäller RQ 0,696 då det är kvoten av 16 CO₂ och 23 O₂ (12).

$$^{(7)} \text{ RQ} = 16 \text{ CO}_2 / 23 \text{ O}_2 = 0,696$$

RQ påverkas av vilken typ av arbete som utförs, hur vältränad personen är samt vilken typ av kost individen i fråga äter (12,15).

Hur väl vi kan prestera under olika omständigheter beror till stor del på vår maximala syreupptagningsförmåga (VO_2 -max). Om den ökar, så blir även den maximala belastningen vi kan utsätta oss för högre, i form av att vi kan springa snabbare eller under längre tid på en specifik belastningsnivå (11). VO_2 -max mäts ofta i ml O_2 förbrukat per kilo kroppsvikt i minuten.

$$^{(8)} \text{ ml } \times \text{ kg}^{-1} \times \text{ min}^{-1}$$

Detta beror på att värden ska vara jämförbara mellan individer med olika stor massa. Kvinnor når maxvärden runt $80 \text{ ml } \times \text{ kg}^{-1} \times \text{ min}^{-1}$, medan män har en gräns strax över 90. Dessa data är uppmätta i extremt vältränade individer i uthållighetssporter. Kvinnor har generellt en lägre syreupptagningsförmåga än män, från 15-20%. Ett VO_2 -maxtest kan utföras genom löpning på ett stationärt löpband eller genom cykling på ergometer. Av dessa två brukar ett test på löpband ge högre upptagningsförmåga, och den ökar ytterligare om lutningen överstiger 3° . Hastigheten som individen måste hålla på löpbandet ökas med jämna tidsintervall, för mer precisa resultat rekommenderas fem minuter eller mer per hastighetsgrad. Under tiden mäts syrehalten i utandningsluften med apparatur kopplat till ett lufttätt munstycke som försökspersonen bär. Mängden O_2 i inandningsluften jämförs med volymen O_2 som andas ut, och den största uppmätta skillnaden antas vara VO_2 -max (15)

LCHF och Träning

En kolhydratsnål kost ses generellt oförenlig med hård fysisk aktivitet, då glukos är substratet som i första hand används för att utvinna energi under arbete (12). Flera tester gjordes under mitten av 1900-talet för att se om exkludering av kolhydrater ur kosten påverkade den fysiska prestationsförmågan, med resultatet att den sjönk drastiskt. Det dessa studier hade gemensamt var att perioden som försökspersonerna intog en LCHF-kost var sällan ens så lång som en vecka. En studie utförd på soldater under andra världskriget blev avbruten efter tre dagar på grund av att de dagliga sysslorna inte kunde utföras ordentligt (16). Vid ett lågt kolhydratintag vid svält tar det mellan tre och fyra veckor innan kroppen helt ställt om sin metabolism till användande av ketonkroppar (17), och därför verkar det rimligt att en sådan invänjningsperiod även behövs vid konsumtion av LCHF. Detta testades redan på 80-talet i ett par studier ledda av Stephen D Phinney, där en av studierna sträckte sig över sex veckor och den andra över fyra, med ketogen kost. Testerna utfördes vid 60-70% av VO_2 -max på stationär träningscykel. Utfallet av dessa studier var att i början av dieten var den fysiska prestationsförmågan märkbart sämre än vid intag av kolhydrater, men i slutet av perioden var det ingen skillnad i varken prestation eller VO_2 -förbrukning jämfört med innan. RQ var däremot betydligt lägre efter lågkolhydratkosten, 0,72 jämfört med 0,83 innan perioden, och detta tolkades vid tillfället som att fettförbränning under träning var markant förbättrad (16). Detta behöver dock inte vara fallet då ketonkroppar kräver mindre andel syre för att producera energi än både fett och kolhydrater (17), och som nämnts tidigare använder muskler sig av ketonkroppar vid ketos.

Glykogenet som vi har lagrat i kroppen är ett ytterst begränsat energiförråd. Levern kan lagra runt 100g medan muskelglykogenet kan variera från 300-600g, med ökad inlagringspotential om muskelmassan är större. Fettlagren kan vara upp till 50 gånger så stora (12). Därför har forskare länge försökt komma på sätt att minska kolhydratanvändningen under submaximal ansträngning genom att öka fettförbränningen (18), genom till exempel LCHF men även lågkolhydratskost som inte försätter testpersonen i ketos (16,19). Om ketoner inte används som substrat av muskeln blir RQ-mätningar mer exakta och det är möjligt att avgöra om en högre halt av fett i kosten ökar fettförbränningen vid fysisk aktivitet. Detta har testats genom högintensiv träning (90% VO₂-max) till utmattning, följt utav medelintensiv träning (60% VO₂-max) till utmattning, åtskilda av en 20 minuter lång vila. De högintensiva testen skiljde sig inte åt mellan låg och hög-kolhydratintag, varken i tid till utmattning eller glykogenförbrukning. Dock så hade lågkolhydratkosten lägre andel muskelglykogen lagrat i början av testet. Det visade sig också att glykogenförbränningen minskade under medelintensiv aktivitet om man ätit låg andel kolhydrater, med ett RQ av 0,87, jämfört med 0,92 vid högt intag (19).

Hur LCHF påverkar maximal kraftutveckling är också av högt intresse, då det i många fall rapporterats ge en snabb viktnedgång på bara några veckor (3-5, 16, 20). I sporter där en låg vikt eller låga halter kroppsfett eller hög muskelexplosivitet är viktigt, som gymnastik, body buildning eller brottning, kan lågkolhydratskost vara ett möjligt alternativ till de hälsofarliga metoder som nu ofta används för att gå ned i vikt inför en tävling (20). Det har visats att den maximala energiutvecklingen inte skiljer sig signifikant under förutsättningarna av ett Wingate-test, där försökspersonen efter en uppvärmning på 3-5 minuter får cykla med full intensitet i 30 sekunder. I 5-sekundersintervall mäts kraftutvecklingen, och det intervall med högst värde motsvarar maximum (19, 22). Däremot så var medelenergiutveckling under 30-sekundersintervallet lägre efter att en lågkolhydratkost intagits i tre dagar (22). Som tidigare nämnts kan däremot resultaten vara missvisande om inte ketosanpassningen varar 2-3 veckor. En studie som genomfördes på just gymnaster mätte explosivitet samt gymnastikrelaterad uthållighet genom att låta deltagarna utföra moment som är vanligt förekommande inom gymnastikträning. Testerna mätte kraftutveckling, maximal eller under 15-sekundersperioder, samt antal repetitioner till utmattning. Efter 30 dagar LCHF-kost var det ingen signifikant skillnad i prestation mot en standardiserad västerländsk kost. Detta ger underlag för att även maximal anaerob prestation kan uppnås vid ketogen kost, men att tid behövs för anpassning vid övergången (20). I denna studie fanns en generell viktnedgång samtidigt som muskelmassan ökade, när deltagarna åt lågkolhydratkost. Dessa förändringar i kroppskonstitution fanns inte när den västerländska kosten intogs. Liknande resultat har påvisats i en studie där deltagarna var normalviktiga män som fick utföra valfri träning under den 6 veckor långa testperioden (6).

Syfte

Detta är en pilotstudie för att se om det upplägg som används är tillräckligt för studiens ändamål eller om det måste ändras genom inkorporering av annan metodanvändning. Studiens målsättning är att ge en indikation om hur en övergång från en typisk svensk kost till en ketogen lågkolhydratkost påverkar två olika individer som utför samma typ av anaerob

styrketräning på gym. Fokus ligger på hur kroppsstrukturen kommer förändras med avseende på fettmassa och muskelmassa, för att se om en förändring sker som kan anses vara fördelaktig för elitidrottare eller privatpersoner. Samtidigt övervakades andra fysikaliska hälsoindikatorer för att se om de påverkas positivt eller negativt. Detta för att kunna ta reda på om en ketogen lågkolhydratkost kan rekommenderas för individer som frekvent tränar anaerobt.

Hypotes

Det förväntade resultatet är att efter LCHF-kosten kommer individerna ha förlorat fettmassa, med grund i att tidigare forskning tyder på detta, oavsett om träning varit involverad i studieperioden eller ej. Ifall fettmängden minskar under båda perioderna tros förlusten vara större under LCHF-perioden. Förändringen i muskelmassa bör inte skilja sig mellan de olika perioderna, men det är möjligt att mer positiva resultat kommer att uppmätas efter lågkolhydratperioden.

Material och Metoder

Deltagare

Studiedeltagare var två 22-åriga män som innan försöksperioden gick till gymmet mellan 3-5 gånger i veckan. Ingen av dem hade några metabola sjukdomar såsom diabetes, eller åt kost avvikande från den generella befolkningen, i.e. vegetarisk eller annan viktreglerande diet.

Experimentdesign

Experimentet utfördes över en period av sex veckor. De tre första veckorna åt deltagarna en kost som representerar den typiska svenska kosten, och de senare tre intogs en lågkolhydratkost. Första dagen utfördes ett antal mätningar så som antropometriska mått, kroppsammansättning, grundförbrukning, hjärtfrekvens, maximal syreupptagningsförmåga, blodtryck samt blodglukoshalt. De fyra första dagarna fick deltagarna bära en accelerometer vid fotleden, kompletterat med en aktivitetsdagbok. Parallellt med aktivitetsmätningen gjordes en kostregistrering i form av en dagbok. På dagen vid kostbyte utfördes mätningarna igen, dock inte BMR då den antogs vara oförändrad. Kostdagbok fördes även de fyra första dagarna under LCHF-perioden. Efter tre veckor av LCHF gjordes mätningarna igen, denna gång även BMR. Alla tester utfördes efter en natts fasta, med start mellan kl 9:00–10:00. Under hela perioden tränade deltagarna enligt schemat utfärdat av studieledaren.

Diet

Under den första perioden åt deltagarna utefter de Nordiska Näringsrekommendationerna (NNR), vilket betyder ett intag av 45-60E% kolhydrater, 25-40E% fett och 10-20E% protein (24). Individerna instruerades att äta sig mätta, och att när omständigheterna tillät äta fem mål mat om dagen, varav tre större mål och två mellanmål. Under LCHF-perioden gällde samma måltidsrutiner, och deltagarna instruerades att äta motsvarande samma totala energimängd om dagen som föregående period. Energifördelningen under LCHF sattes till <5E% kolhydrater, >65E% fett och 20-30E% protein.

Tabell 1: Den rekommenderade energifördelningen i E% utifrån ett macronutrientperspektiv vid intag av föda för de två olika dieterna i studien.

	Kolhydratintag E%	Fettintag E%	Proteinintag E%
NNR	45-60	25-40	10-20
LCHF	<5	>65	20-30

Maten som äts registrerades i en matdagbok framtagen vid det Energimetaboliska Forskningslaboratoriet. Alla livsmedel i alla måltider och mellanmål som intogs antecknades av individen, i metriska vikt- och volymmått. Livsmedlen beskrevs utefter fett-, kolhydrat- och proteininnehåll, eller så antecknades märket och typ av livsmedel för att energi- och näringsinnehåll skulle gå att hämtas från tillverkarens webbsida.

Den information som deltagarna antecknat i matdagböckerna överfördes till kostbehandlingsprogrammet Dietist XP 3.2 (Kost och Näringsdata AB). Om ett livsmedel inte fanns med i databasen användes värden från ett snarlikt livsmedel, men om ett sådant inte fanns infördes data manuellt. Programmet gav TEI per måltid, dag och över hela perioden, samt redovisade fördelningen i intagen energi mellan de olika macronutrienterna mätt i E% och gram.

Träning

Övningarna som utfördes av deltagarna i studien var marklyft, bänkpress, framåtböjd skivstångsrodd, militärpress samt knäböj. Övningarna valdes med orsak att under utförandet krävs aktivering av flera muskelgrupper samtidigt, och för att de tillsammans tränar majoriteten av kroppens muskler (31). Personer som tränat mer än ett år erhåller som störst muskeltillväxt vid träning om volymen är mellan 30 och 60 (32), samt om antalet set överskrider 4 (33). Antal repetitioner fastställdes därför till intervallet 4-8 och antalet set till 6. Tyngd på vikterna valdes av individen, men med instruktionerna att öka motståndet om fullt antal repetitioner uppnåddes på alla set. Samtidigt gällde även att vikterna sänktes om inte minst 4 repetitioner utfördes varje set. Träningen delades upp i två pass. Dessa pass inkorporerades i ett tredagarsschema, med följden *Pass 1*, *Pass 2* och en dags vila, för att sedan upprepas.

Under *Pass 1* utfördes övningarna knäböj, militärpress och framåtböjd skivstångsrodd. De huvudsakliga musklerna som tränas i knäböj är quadriceps femoris samt gluteusmuskulaturen. Rörelsen utfördes tills låren var parallella med marken eller något lägre, med ryggen svagt svankad genom hela utförandet. Militärpress tränar främst deltoideus och triceps brachii. Övningen utfördes ståendes med skivstångens utgångsposition vid övre bröstet. Framåtböjd skivstångsrodd tränar hela den övre ryggmuskulaturen, inkluderat latissimus dorsi, rhomboideus major och trapezius, samt biceps brachii. Under utförande av övningen var överkroppen lutad 45° och benen var lätt böjda.

Under *Pass 2* utfördes övningarna marklyft och bänkpress. Marklyft är en övning som omfattar aktivering av en stor del av kroppens muskulatur, bland annat biceps femoris, hamstrings, gluteus samt både den övre och den undre ryggmuskulaturen. Utförande av övningen påbörjades med låren parallellt med marken, med först extension av benen följt av

uträtande av ryggen. Bänkpress aktiverar i huvudsak pectoralis major och minor, samt triceps brachii. Under utförande befann sig fötterna hela tiden i kontakt med golvet, och skivstången fördes ned mot undre delen av bröstet.

Mer utförliga beskrivningar av övningarna och vilka muskler de aktiverar finns i Frédéric Delaviers bok Styrketräning – En Anatomisk Guide (31).

Mätmetoder och datahantering

Vid starten av den första mätsessionen mättes försökspersonernas längd till närmaste $\frac{1}{2}$ cm med hjälp av ett väggmonterat digitalt skjutmått (Ulmer Stadiumeter according to Prof. Heinze, Visopan). Längden mättes enbart för kalibrering av annan apparatur. Vikt mättes vid varje tillfälle i samband med mätning av kroppssammansättning med BodPod™ (Life Measurement Instruments, Concord, CA, USA). Kalibrering skedde i förväg genom vägning av försökspersonen samt två testmätningar. Först var maskinen tom, sedan innehållandes en cylinder med känd volym och massa. Två mätningar utfördes för minskad felmarginal.

Mätning av mm hudveck gjordes av samma erfarna testpersonal vid alla tillfällena och platsen för mätning noterades noggrant och antecknades för referens till nästa mättillfälle. Hudveck mättes två gånger för ökad precision vid triceps, biceps, subscapular, suprailiac, lår och vad. Millimeter hudveck räknades ut genom att ta medelvärdet av alla mätpunkter vid tillfället. BIA (InBody s20 Body Composition Analyser) mättes liggandes på rygg med benen isär och armarna ut från kroppen. Elektroder fästes på handryggar och ovansidan av fötterna. Apparaturen som används var tetrapolär, med två elektroder som mottagare och två som transmittorer. Redovisning av FM, FFM och TBW görs med en trekomponentsmodell som kombinerar resultaten från BIA och BodPod.

För att ta reda på muskelmassa mättes omkrets runt överarm, lår och vad med ett måttband. Överarmsmått togs med armen hängandes rakt ned i avslappnat läge. Lår och vad avlästes ståendes. Även vid dessa mätningar noterades var på kroppsdelen som mätningen gjordes för att data inte ska skilja sig på grund av felplacering av måttband vid senare mätning. Omkretsen justerades med resultatet från kalipermätningen med formel (3) och fördes in i formel (4). För båda individerna gällde värdena 1, 0 och 22 för kön, rastillhörighet och ålder.

BMR och RQ vid vila mättes via indirekt respiratorisk kalorimetri (Sensor Medics V_{\max} System). Innan mätning kalibrerades apparaturen med försökspersonens antropometriska mått samt luftfuktighet, temperatur, O_2 och CO_2 . Mätningen gjordes liggandes i 30-45 minuter med en genomskinlig plastkupa kopplad till apparaturen över huvudet. Pulslocka av typen Polar Vantage NV, mätte samtidigt vilopulsen. Ingen mat hade konsumerats sedan efter kl 22:00 kvällen innan för att utesluta DIT.

Blodtryck togs liggandes av elektrisk apparatur (Cas 740 Monitor, CAS Medical Systems, Inc) efter mätning av BMR. Därefter bestämdes bukhöjden (NovoNordic Abdometer) liggandes på ett rakt underlag med benen böjda till en vinkel av 90° i knävecket, och blodglukoshalter mättes med Ascensia Contour (Bayer), genom ett kapillärt blodprov från en av fingertopparna.

VO₂-maxtest utfördes på ett löpband (Sport Art Fitness), kopplad till en indirekt respiratorisk kalorimätare (Sensor Medics V_{max} System) med slang och tätslutande munstycke. Efter en kort uppvärmning med hastighetsgrad 3,5 och lutning 3 grader så startades testet på lutning 4° och samma hastighetsgrad. Till en början höjdes lutningen med 1° varje halvminut upp till 12 graders lutning, och sedan höjdes hastigheten med ett steg, också varje halvminut. Denna fas fortsatte till utmattning då individen fick kliva av löpbandet.

AEE bestämdes genom en kombination av rörelsemätare ActiCal (MiniMitter CO, Inc. Bend, Oregon) och aktivitetsdagbok, på grund av att accelerometern med största sannolikhet inte skulle ge ackurat data under träningspassen. Rörelsemätaren fästes vid fotleden och många av övningarna innehöll ingen eller begränsad fotledsrörelse i förhållande till den egentliga energiförbrukningen. Accelerometern startade 23:59 dagen innan den fyra dagar långa mätperioden, och bars hela tiden av försökspersonen. Enda undantaget var i duschen, och efteråt sattes den genast tillbaka runt fotleden. Aktivitetsdagboken som användes var utformad av L-E Bratteby (14). Dygnet delades in i 15-minutersperioder och försökspersonen fick uppskatta sin fysiska aktivitet för varje kvart utefter en skala från 1-9. En 1:a motsvarar liggande vila och en 9:a mycket hög fysisk aktivitet. Aktiviteter motsvarande varje siffra stod nedskrivet i dagboken som referens, och om aktiviteten som utfördes inte fanns med så fick försökspersonen uppskatta ansträngningsgraden mot referenserna.

Det uppskattade TEE_M (Total Energy Expenditure medel) framtogs genom manuell beräkning av medelvärdet från TEE_{DB} (Total Energy Expenditure från dagbok) och TEE_A (Total Energy Expenditure från accelerometer), för varje dag samt hela perioden. TEE_A beräknades genom att addera antalet 15-minutersperioder med samma siffra och multiplicera summan med den fysiska ansträngningsgraden (PAL) sammankopplat med siffran, och det uppmätta BMR-värdet från indirekt respiratorisk kalorimetri. PAL-värden är de som användes av L.E Bratteby (14). Information om AEE från accelerometern avlästes med mjukvara från ActiCal, och adderades till det BMR som uppmättes genom indirekt respiratorisk kalorimetri. Ett medelvärde räknades sedan ut manuellt för varje dag samt hela mätperioden.

Deltagarna bads att vid slutet av varje dag uppskatta hur de upplevt känslorna av sug, hunger, motivation, koncentration och törst under dagen, genom att ge en siffra från 0-8. 0 motsvarar ingen känsla, 1-2 svag, 3-4 måttlig, 5-6 stark och 7-8 en mycket stark känsla. Medelvärdet för varje kategori räknades ut för båda kostperioderna. En jämförelse av medelvärden mellan perioderna gjordes för att se om känslorna upplevts annorlunda.

Resultat

Individ 1

Individ 1 genomförde hela studieperioden tränandes enligt schemat som utfärdats av studieledaren, med undantag av ett tre dagars uppehåll på grund av förkylning. Sjukdomen inträffade fem dagar in i LCHF-perioden. Ändringar i schemat gjordes därför så att *individ 1* tränade till dagen innan slutprov under denna period, och inte fick någon vilodag innan tester.

Kroppssammansättning

	Tillfälle 1	Tillfälle 2	Tillfälle 3
Vikt (kg)	67,59	68,37	67,71
TBW ¹ (kg)	46,59	47,09	46,09
TBW ¹ (%)	68,70	68,90	68,50
FM ² (kg)	5,35	5,55	5,79
FM ² (%)	7,90	8,10	8,60
Hudveck ³ (mm)	28,30	29,00	29,20
FFM ⁴ (kg)	62,22	62,82	61,92
SM _v ⁵ (kg)	22,39	23,05	22,94
SM _{uv} ⁶ (kg)	5,60	5,76	5,74

Tabell 2: Visar antropometriska mått för *individ 1* vid de olika mättillfällena. 1) Andel av kroppens massa som är vatten enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 2) Andel fettmassa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 3) Millimeter hudveck mätt med kaliper. 4) Andel fettfri massa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 5) Andel skelettmuskelmassa med vatten enligt omkretsmått. 6) Andel skelettmuskelmassa utan vatten enligt omkretsmått.

	Tillfälle 1-2	Tillfälle 2-3
Vikt (kg)	0,80	-0,67
TBW ¹ (kg)	0,50	-1,00
TBW ¹ (%)	0,20	-0,40
FM ² (kg)	0,20	0,24
FM ² (%)	0,20	0,50
Hudveck ³ (mm)	0,70	0,20
FFM ⁴ (kg)	0,60	-0,90
SM _v ⁵ (kg)	0,66	-0,11
SM _{uv} ⁶ (kg)	0,17	-0,03

Tabell 3: Visar förändringen i antropometriska mått för *individ 1* mellan de olika mättillfällena. 1) Andel av kroppens massa som är vatten enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 2) Andel fettmassa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 3) Millimeter hudveck mätt med kaliper. 4) Andel fettfri massa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 5) Andel skelettmuskelmassa med vatten enligt omkretsmått. 6) Andel skelettmuskelmassa utan vatten enligt omkretsmått.

Under NNR-perioden gick individen upp från 67,57 till 68,37 kg (Tabell 2), vilket är en viktuppgång på 0,80 kg. Av denna uppgång är 0,50 kg vatten och 0,20 kg är fett. Enligt omkretsmått gick individen upp 0,66 kg muskelmassa, vilket är 0,06 kg mer än trekomponentsmodellen visade i ökning av fettfri massa. Då muskler består av 75 % vatten (12) så är andelen av muskeltillväxten som inte är vatten 0,17 kg. Om SM utan vatten adderas till den ökade andelen fett och vatten fås en viktuppgång på 0,87 kg, som är tillfredställande nära det faktiska värdet 0,80, med tanke på att icke sammanlänkade metoder använts. I procent ökade både FM och TBW med 0,2 procentenheter. Hudvecksmåttet ökade med 0,7 mm (Tabell 3).

Från mättillfälle två till tre skedde en viktnedgång från 68,37 till 67,71 kg (Tabell 2), som motsvarar 0,67 kg. Även mängden vatten och muskelmassa minskade, med 1,00 respektive 0,11 kg. FM ökade dock denna period också, med totalt 0,24 kg. Om förlusten av muskler i torrsvikt, som var 0,03 kg, tillsammans med vattenminskningen subtraheras från fettökningen uppskattas en viktnedgång motsvarande 0,79 kg. Den faktiska viktnedgången var 0,67 kg. Även denna period uppmättes större andel SM genom omkretsmätning än trekomponentsmodellen gjorde. Vattenhalten sänktes med 0,4 % och andelen fett ökade med 0,50 %. Hudvecksmått ökade med 0,20 mm (Tabell 3).

Överskådligt så blev *Individ 1* tyngre när NNR-kost intogs och förlorade sedan vikt under LCHF-perioden. Denna trend följdes av vätskemängden samt fettfria/muskelmassan, medan fettmassan och hudvecksmåttet ökade i båda perioderna.

Energiprocent och energibalans

Tabell 4a: Visar fördelningen i intag mellan de olika macronutrienterna i energiprocent och gram. 1) Energifördelning följandes de Nordiska näringsrekommendationerna. 2) Energifördelning utefter denna studies definition av LCHF, se tabell 1. 3) Medelvärde under perioden med NNR-kost. 4) Medelvärden under perioden med LCHF-kost.

	NNR ¹					LCHF ²				
	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ³	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ⁴
Kolhydrater (E%)	51%	47%	46%	40%	46%	5%	4%	5%	6%	5%
Fett (E%)	29%	35%	33%	44%	36%	66%	72%	70%	7%	69%
Protein (E%)	20%	18%	20%	16%	19%	29%	24%	26%	24%	26%
Kolhydrater (g/dag)	375g	360g	257g	316g	327g	27g	20g	25g	41g	28g
Fett (g/dag)	104g	126g	88g	164g	120g	205g	214g	227g	245g	223g
Protein (g/dag)	154g	146g	118g	130g	137g	194g	155g	183g	185g	179g

Under både NNR- och LCHF-perioden höll sig deltagaren till de utsatta värdena (Tabell 1). Proteinintaget 19 E% var nära den övre bestämda gränsen under NNR-perioden. Tvärtom så var konsumtionen av kolhydrater 46 E% nära den lägre gränsen. Även när *Individ 1* åt LCHF-kost hölls alla energirestriktionerna uträknat över de fyra dagarna. Däremot så intogs 6 E% kolhydrater den fjärde dagen, vilket motsvarade 41 g. Medelvärdet i gram för kolhydratkonsumtionen var 28 g/dag, och för proteinintaget var det 179. All information finns i Tabell 4a.

Tabell 4b: Visar den konsumerade energin och utgifterna i kilokalorier. Notera att energiförbrukningen är samma under båda kostperioderna, då bara en aktivitetsmätning utfördes. 1) Energifördelning följandes de Nordiska näringsrekommendationerna. 2) Energifördelning utefter denna studies definition av LCHF, se tabell 1. 3) Medelvärde under perioden med NNR-kost. 4) Medelvärden under perioden med LCHF-kost. 5) Det totala energiintaget för representerad period. 6) Energiutgifter fastställt av aktivitetsdagbok. 7) Energiutgifter fastställt av accelerometer. 8) Medelvärde i energiutgifter räknat på dagbok och accelerometer.

	NNR ¹					LCHF ²				
	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ³	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ⁴
TEI ⁵	3098	3202	2337	3276	2979	2740	2624	2908	3147	2855
TEE _{DB} ⁶	3735	4254	3222	3718	3732	3735	4254	3222	3718	3732
TEE _A ⁷	2353	2224	2331	2114	2256	2353	2224	2331	2114	2256
TEE _M ⁸	3044	3239	2777	2916	2994	3044	3239	2777	2916	2994

Resultaten för aktivitetsmätning mellan dagbok och accelerometer skiljde sig drastiskt åt, med medelvärden på 3732 respektive 2256 kcal/dag. Inom metoderna var skillnaderna mindre, speciellt accelerometerresultaten hade väldigt små avvikelser. Lägsta och högsta värde var 2114 och 2353 kcal/dag. Motsvarande resultat uppmätta av dagboken var 3222 och 4254 kcal/dag. Medelvärdet av TEE_M räknat utifrån båda metoderna blev 2994 kcal/dag. Individen befann sig sålunda i energibalans under NNR-perioden då TEI var 2979kcal/dag. När LCHF-föda intogs låg TEI på 2855 kcal/dag och det resulterade i en något negativ energibalans. All information finns i Tabell 4b.

Icke kroppskonstitutionella faktorer

Några icke kroppskonstitutionella faktorer hade intressanta resultat från första till sista mätningen. BMR hade för *individ 1* ökat från 1504 till 1683 kcal/dag, samtidigt som RQ sänkts från 0,89 till 0,71. VO₂-max ökade också från 50,6 till 56,6 ml/kg/min. Mätningar av blodtryck, hjärtfrekvens och blodglukoshalt gjordes också men inga relevanta skillnader observerades, och data redovisas därför inte. Inte heller känslorna av sug, hunger, motivation, koncentration och törst redovisas, med anledning att individen upplevde registreringen som ett onaturligt inslag i vardagen som ofta glömdes bort på den aktuella dagen och blev sedan ifyllt i efterhand. Då det är möjligt att uppmätta inte speglar verkligheten exkluderas den.

Tabell 5: Uppmätta värden för icke kroppskonstitutionella faktorer för *Individ 1*

	BMR (kcal/dag)	RQ	VO ₂ -max (ml/kg/min)
Tillfälle 1	1504	0,89	50,6
Tillfälle 3	1683	0,71	56,6

Individ 2

Individ 2 följde träningsprogrammet som utfärdats av studieledaren under hela NNR-perioden, men efter halva tiden ändrades LCHF-kost började individen uppleva smärtor i ryggen, och var tvungen att avvika från träningsprogrammet. *Individ 2* fortsatte däremot att träna lika frekvent som det ursprungliga programmet, men ändrade övningar för att undvika smärta. Vikterna som användes sänktes betydligt och fler repetitioner utfördes.

Kroppssammansättning

	Tillfälle 1	Tillfälle 2	Tillfälle 3
Vikt (kg)	81,41	81,06	79,82
TBW ¹ (kg)	54,54	54,34	53,74
TBW ¹ (%)	67,00	67,30	66,50
FM ² (kg)	9,77	9,09	8,72
FM ² (%)	12,00	11,20	10,90
Hudveck ³ (mm)	34,00	33,00	32,80
FFM ⁴ (kg)	71,64	71,97	71,10
SM ⁵ (kg)	28,45	28,37	27,90
SM ⁶ (kg)	7,11	7,09	6,98

Tabell 6: Visar antropometriska mått för *individ 1* vid de olika mätillfällena. 1) Andel av kroppens massa som är vatten enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 2) Andel fettmassa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 3) Millimeter hudveck mätt med kaliper. 4) Andel fettfri massa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 5) Andel skelettmuskelmassa med vatten enligt omkretsmått. 6) Andel skelettmuskelmassa utan vatten enligt omkretsmått.

	Tillfälle 1-2	Tillfälle 2-3
Vikt (kg)	-0,35	-1,24
TBW ¹ (kg)	-0,20	-0,60
TBW ¹ (%)	0,30	-0,80
FM ² (kg)	-0,68	-0,37
FM ² (%)	-0,80	-0,30
Hudveck ³ (mm)	-1,00	-0,20
FFM ⁴ (kg)	0,33	-0,87
SM ⁵ (kg)	-0,08	-0,47
SM ⁶ (kg)	-0,02	-0,12

Tabell 7: Visar förändringen i antropometriska mått för *individ 1* mellan de olika mätillfällena. 1) Andel av kroppens massa som är vatten enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 2) Andel fettmassa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 3) Millimeter hudveck mätt med kaliper. 4) Andel fettfri massa enligt trekomponentsmodellen bestämd av Bioimpedans och BodPod. 5) Andel skelettmuskelmassa med vatten enligt omkretsmått. 6) Andel skelettmuskelmassa utan vatten enligt omkretsmått.

Under den första perioden gick individen ned från 81,41 till 81,06 kg (Tabell 6), vilket motsvarar en viktsänkning av 0,35 kg. Resultaten inom BIA- och BodPod-mätningarna är motsägelsefulla, då den faktiska viktnedgången inte stämmer överens med de givna värdena för TBW, FM och FFM. Enligt dessa har individen förlorat 0,20 kg vatten och 0,68 kg fettmassa, men gått upp 0,33 kg FFM. Detta motsvarar en viktnedgång på 0,55 kg, alltså 0,2 kg mer än den faktiska viktnedgången. Omkretsmåtten visar dessutom på en minskning av muskelmassa, men trekomponentsmodellen indikerar att den ökat, då en ökning av FFM brukar tolkas som en ökning av SM. Procentuellt ökade TBW med 0,20 enheter, och fettmassan minskade med 0,80. Hudvecksmåtten minskade med 1,00 mm (Tabell 7).

Individ 2 gick mellan mätningarna 2-3 ned totalt 1,24 kg (Tabell 7), från vikten 81,06 till 79,82 kg (Tabell 6). En minskning av samtliga faktorer uppmättes. Om förlusten av TBW 0,60 kg, FM 0,37 och SM torrsvikt 0,12 sammanställs motsvarar det en viktminskning av 1,09 kg, vilket är relativt nära det faktiska värdet. Fettmassan i procent minskade inte lika mycket denna period som föregående, 0,80 % jämför med 0,30 %. Dessutom var förlusten i muskelmassa nästan sex gånger så stor, och minskningen i mm hudveck var bara 0,2 (Tabell 7).

Summerat har *individ 2* minskat i både SM och FM under båda perioderna, även om viss data tyder på en möjlig muskeltillväxt under den första perioden. Förlusten av SM var som störst under LCHF-perioden, och under denna period var även minskningen av FM lägre.

Energiprocent och Energibalans

Tabell 8a: Visar fördelningen i intag mellan de olika macronutrienterna i energiprocent och gram. 1) Energifördelning följandes de Nordiska näringsrekommendationerna. 2) Energifördelning utefter denna studies definition av LCHF, se tabell 1. 3) Medelvärde under perioden med NNR-kost. 4) Medelvärden under perioden med LCHF-kost.

	NNR ¹					LCHF ²				
	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ³	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ⁴
Kolhydrater (E%)	53%	49%	41%	43%	47%	5%	6%	4%	5%	5%
Fett (E%)	34%	38%	43%	43%	39%	34%	68%	72%	73%	26%
Protein (E%)	16%	13%	17%	15%	15%	61%	26%	24%	22%	69%
Kolhydrater (g/dag)	261g	322g	154g	272g	252g	24g	27g	26g	23g	25g
Fett (g/dag)	73g	119g	76g	130g	99g	161g	179g	252g	190g	195g
Protein (g/dag)	82g	85g	64g	97g	82g	194g	148g	179g	127g	162g

Individ 2 följde energifördelningsrestriktionerna enligt Tabell 1 under båda mätperioderna. Under NNR-perioden var intaget av kolhydrater 47 E% relativt lågt medan fettkonsumtionen 39 E% var hög. Proteinkonsumtionen var under perioden 82 g/dag. Under LCHF var intaget av protein 162 g/dag och kolhydratkonsumtionen 25g/dag. Högsta värde på en individuell dag var 27 g kolhydrater. All information finns i Tabell 8a.

För *individ 2* skiljde sig energiförbrukningen väldigt mycket åt mellan metoderna, dagboken uppmätte en genomsnittlig åtgång på 4757 kcal om dagen och motsvarande värde från accelerometern var 2543 kcal/dag. Högsta och lägsta dagsförbrukning var enligt dagboken

5434 kcal och 3268 kcal, och samma dagar gav accelerometern 2741 samt 2343 kcal/dag. Medelvärdet av TEE_M över hela perioden var 3650 kcal/dag. Individen har alltså varit i en kraftig negativ energibalans under både NNR-perioden då intaget var 2264 kcal/dag, och LCHF-perioden då TEI var 2426 kcal/dag. All information finns i Tabell 8b.

Tabell 8b: Visar den konsumerade energin och utgifterna i kilokalorier. Notera att energiförbrukningen är samma under båda kostperioderna, då bara en aktivitetsmätning utfördes. 1) Energifördelning följandes de Nordiska näringsrekommendationerna. 2) Energifördelning utefter denna studies definition av LCHF, se tabell 1. 3) Medelvärde under perioden med NNR-kost. 4) Medelvärden under perioden med LCHF-kost. 5) Det totala energiintaget för representerad period. 6) Energiutgifter fastställt av aktivitetsdagbok. 7) Energiutgifter fastställt av accelerometer. 8) Medelvärde i energiutgifter räknat på dagbok och accelerometer.

	NNR ¹					LCHF ²				
	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ³	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	M ⁴
TEI ⁵	2043	2738	1580	2694	2264	2229	2194	2949	2332	2426
TEE _{DB} ⁶	4905	5422	3268	5434	4757	4905	5422	3268	5434	4757
TEE _A ⁷	2431	2656	2343	2741	2543	2431	2656	2343	2741	2543
TEE _M ⁸	3668	4039	2806	4088	3650	3668	4039	2806	4088	3650

Icke kroppskonstitutionella faktorer

Även på *individ 2* uppmättes förändringar i BMR och RQ. VO₂-max test gjordes inte vid det sista tillfället på grund av smärtorna i ryggen. BMR ökade från 1858 till 1911 kcal/dag och RQ sjönk från 0,94 till 0,83. Dessa resultat är från mätningar 1 och 3. Mätningar av blodtryck, hjärtfrekvens och blodglukoshalt gjordes också men inga relevanta skillnader observerades, och data redovisas därför inte. Känsloerna av sug, hunger, motivation, koncentration och törst för *Individ 2* redovisas inte heller, på grund av samma svårigheter att anpassa registreringen till vardagen som *Individ 1* upplevde.

Tabell 9: Uppmätta värden för icke kroppskonstitutionella faktorer för *Individ 2*.

	BMR (kcal/dag)	RQ	VO ₂ -max (ml/kg/min)
Tillfälle 1	1858	0,94	-
Tillfälle 3	1911	0,83	-

Diskussion

Resultatdiskussion

Tvärt emot hypotesen i denna studie så var effekten på muskeltillväxten sämre under perioden då individerna åt lågkolhydratkost. Den första perioden då en normal svensk kost konsumerades ökade *Individ 1* i muskelmassa med 0,66 kg, men 0,11 kg av denna tillväxt förlorades under lågkolhydratperioden (Tabell 3). *Individ 2* minskade i muskelmassa efter varje mättillfälle, men förlorade under första perioden bara 0,08 kg. När LCHF-kost intogs var förlusten avsevärt större, hela 0,47 kg (Tabell 7). Denna förlust av muskelmassa är inte förvånande då *Individ 2* hela tiden hade en negativ energibalans (Tabell 8b). Däremot så var intaget högre under lågkolhydratperioden, vilket under normala omständigheter leder till ett högre bevarande av muskler. Dessa resultat tyder på att en ketogen lågkolhydratkost inte är fördelaktig när anaerob tyngdlyftning är den huvudsakliga träning som utförs. Det kan argumenteras för att *Individ 1* låg i negativ energibalans under LCHF-perioden, och att det är därför som muskelmassa förlorats. Om så är fallet så är effekten av lågkolhydratkosten ändå

negativ på grund av att fettmassan ökade med 0,24 kg (Tabell 3), vilket är en större ökning än vad som uppmättes under NNR-perioden. En negativ effekt noterades även hos *Individ 2*, då fettförlusten inte alls var lika stor under LCHF-perioden som innan (Tabell 7), -0,68 (NNR) jämfört med -0,37 (LCHF).

Det bör noteras att vid andra mättillfället för *Individ 2* tydde viss data på en möjlig ökning i muskelmassa, då FFM ökat med 0,33 kg (Tabell 7). Det är inte troligt att mängden ben och senor ökat med 0,41 kg på tre veckor. Även att individen avvikit från tränings-schemat måste beaktas.

Med största sannolikhet har TEE_M för båda individerna överskattats. Enligt mätningarna har *Individ 1* befunnit sig i homeostas den första perioden och negativ energibalans när LCHF-kost åts. Resultaten på hur kroppsammansättningen förändrats tyder dock på att individen hela tiden haft en positiv energibalans. För *Individ 2* är övervärderingen än mer tydlig. Under LCHF-perioden, då skillnaden mellan in- och utgifter var som minst, var det förmodade energiunderskottet 1224 kcal/dag (Tabell 8b). Under en treveckorsperiod blir det ett totalt 25704 kcal. För varje 7000 kcal som förbränns förväntas en motsvarande förlust av ett kilo fettmassa (12), vilket resulterar i en hypotetisk förlust av 3,672 kg fett. Denna summa är långt ifrån den faktiska nedgången på 0,37 kg.

För båda individerna ökade BMR från första mättillfället till det sista (Tabell 5, Tabell 9). För *Individ 1* är detta inte ett konstigt resultat, då individen både vägde mer totalt och hade större muskelmassa. Första mättillfället var vikten 67,59 kg och det andra var den 67,71 kg, medan andelen muskler ökade från 22,39 kg till 22,94 (Tabell 2). En ökad muskelmassa leder till en högre grundförbrukning (12). Även efterförbränning kan ha påverkat mätningen, då individen tränade dagen innan. Efterförbränning kan ske så långt som 48 timmar efter styrketräningsspass (34), och kan i extremfall öka den normala grundförbrukningen med upp till 20 % (35). För *Individ 2* däremot är ett förhöjt BMR från 1858 kcal till 1911 kcal (Tabell 9) ett oväntat resultat, då muskelmassan minskat från 28,45 kg till 27,90kg (Tabell 6).

RQ minskade för båda deltagarna. *Individ 1* visade en liknande minskning som tidigare studier med en ketogen diet gjort (16), från 0,89 till 0,71 (Tabell 5). *Individ 2* däremot uppmätte resultat som mer påminde om en lågkolhydratdiet som inte inducerat ketos. RQ sjönk bara från 0,94 till 0,83 (Tabell 9). Det är alltså möjligt att individen inte befann sig i ketos. Kolhydratintaget av 25g/dag under kostregistreringsperioden tyder dock inte på detta. Något som däremot kan vara en faktor är det höga proteinintaget. 162g/dag (Tabell 4a) är ett högt värde för någon som väger cirka 80 kg (Tabell 6), och för varje gram konsumerat protein kan ett halvt gram glukos syntetiseras (8).

Att *Individ 1* ökade sitt VO_2 -max är inte speciellt förvånande. Liknande resultat har förekommit tidigare där tränings-schemat bestått till mesta del av övningar som aktiverar stora muskelgrupper (36). Det är även möjligt att deltagaren vant sig vid testmomentet.

Metoddiskussion

En stor fördel med studien är att den är väldigt enkel att upprepa, även i större skala. Metoderna som används är väldigt enkla för deltagarna att genomföra, samtidigt som de också

är billiga. Förutsatt att tillräckligt många försökspersoner är villiga att delta går det att göra om studien i en mycket större omfattning.

Några metodändringar bör dock göras. Tanken med inkorporering av aktivitetsdagbok i studien var att undvika ett för lågt uppmätt TEE-värde. Som nämnts ovan verkar det istället som att ett för högt TEE uppmäts, baserat på att triaxiala accelerometrar vid tester visat sig stämma väl överens med den egentliga energiförbrukningen (10), och att skillnaden mellan TEE_A och TEE_{DB} helt enkelt är för stor. Den största skillnaden som uppmättes var andra dagen för *Individ 2* då skillnaden mellan metoderna var 2766 kcal/dag (Tabell 8b), det vill säga dagboken registrerade ett mer än dubbelt så högt värde som accelerometern. Dagbok är en subjektiv typ av mätning, och påverkas därför av individens sätt att se på sig själv, och de flesta överskattar hur aktiva de faktiskt är (37, 38). Ett mer tillförlitligt sätt att mäta TEE behövs därför, som inte påverkas av deltagarnas subjektiva synsätt. En möjlighet kan vara att accelerometern fästs någon annanstans på kroppen eller att fler än bara en apparat används.

På grund av studiens få deltagare har det varit möjligt att djupgående analysera all data, så att individerna inte befunnit sig i energibalans har inte varit ett större problem. Om studien däremot ska upprepas i större skala med statistisk undersökning, bör alla individerna vara i homeostas. Om en testperiod innan studiens start inkorporeras kan TEE och TEI uppmätas för att hjälpa deltagarna att justera TEI med hjälp av kostrekommendationer. För att förenkla instruktionerna kring kosten kan restriktionerna beskrivas i antal gram istället för E%, då det är lättare att hålla reda på.

Något som kan beaktas är om mätning av ketonkroppar i urinen bör användas för att se om deltagarna befinner sig i ketos. Det är osäkert om så var fallet för *Individ 2*, med tanke på det relativt höga RQ-värdet. Däremot kostar det pengar med en sådan analys, och det kan vara en obehaglig faktor för deltagarna att urinera i ett provrör.

Känsleregistreringen av sug, hunger, motivation, koncentration och törst var svårt för deltagarna att genomföra på det sätt som studieledaren fastställt. Möjliga ändringar för att öka följsamheten till instruktionerna är om registreringen sker i samband med träningstillfällen, eller att den bara sker under ett fåtal dagar, förslagsvis i mitten eller slutet av kostperioden.

Slutsats

Resultaten från studien tyder på att anaerob styrketräning inte är fördelaktigt för muskelbevarande eller förlust av fettmassa, i motsatts till några tidigare studier gjorda på området (20, 22). Dessa studier är dock inte utförda specifikt med styrketräning i åtanke, även om arbetet utfört är anaerobt.

En utveckling av studien bör göras med de ovan föreslagna förändringarna för att erhålla mer lättolkade data. Ett möjligt område för vidare undersökning är hur proteinintaget påverkar blodsocker och därmed ketos, om det kan finnas en övre rekommenderad gräns för konsumtion av protein under en LCHF-diet. En annan möjlighet är att undersöka hur färre repetitioner per set besparar muskelmassan. Vid kaloriunderskott fungerar lågt antal repetitioner med tungt motstånd bäst för att inte förlora muskler (39), och som tidigare nämnts liknar kroppens respons på en ketogen diet hur den reagerar vid svält.

Källförtäckning

1. Statistiska Centralbyrån. 2007. Undersökningarna av Levnadsförhållanden (ULF)
2. Johansson I, Nilsson LM, Stegmayr B, Boman K, Hallmans G, Winkvist A. 2012. Associations among 25-year trends in diet, cholesterol and BMI from 140,000 observations in men and women in Northern Sweden. *Nutrition Journal* 11:40
3. Nordmann AJ, Nordmann A, Briel M, Keller U, Yancy WS, Brehm BJ, Bucher HC. 2006. Effects of Low-Carbohydrate vs Low-Fat Diets on Weight Loss and Cardiovascular Risk Factors A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of Internal Medicine* 166(3):285-293.
4. Shai I, Schwarzfuchs D, Henkin Y, Shahar DR, Witkow S, Greenberg I, Golan R, Fraser D, Bolotin A, Vardi H, Tangi-Rozental O, Zuk-Ramot R, Sarusi B, Brickner D, Schwartz Z, Sheiner E, Marko R, Katorza E, Thiery J, Fiedler GM, Blüher M, Stumvoll M, Stampfer MJ. 2008. Weight Loss with a Low-Carbohydrate, Mediterranean, or Low-Fat Diet. *The New England Journal of Medicine*. 359:229-241
5. Dashti H.M, Al-Zaid N.S, Mathew T.C, Al-Mousawi M, Talib H, Asfar S.K, Behbahani A.I. 2006. Long term effects of ketogenic diet in obese subjects with high cholesterol level. *Molecular and Cellular Biochemistry* 286: 1-9
6. Volek JS, Sharman MJ, Love DM, Avery NG, Gómez AL, Scheett TP, Kraemer WJ. 2002. Body Composition and Hormonal Responses to a Carbohydrate-Restricted Diet. *Metabolism* 51(7):864-70
7. Manninen AH. 2006. Very-low-carbohydrate diets and preservation of muscle mass. *Nutrition and Metabolism* 3:9
8. Westman EC, Mavropoulos J, Yancy WS, Volek JS. 2003. A Review of Low-carbohydrate Ketogenic Diets. *Current Atherosclerosis Reports* 5:476-483.
9. Van Baak MA. 1999. Physical activity and energy balance. *Public Health Nutrition* 2(3a), 335-339.
10. Levine JA. 2005. Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutrition* 8(7A), 1123-1132.
11. Nilsson J. 1998. Puls- och laktatbaserad träning. SISU Idrottsböcker
12. Jeukendrup A, Gleeson Michael. 2007. Idrottsnutrition för bättre prestation. SISU idrottsböcker. Stockholm.
13. Cooper GM, Hausman RE. 2009. *The Cell. A Molecular Approach*. 5:e Uppl. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.
14. Bratteby L-E, Sandhagen B, Fan Hu, Samuelson G. 1997. A 7-day activity diary for assessment of daily energy expenditure validated by the doubly labelled water method in adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition* 51, 585-591.
15. Åstrand P-O, Rodahl K. 1977. *Textbook of Work Physiology*. 2:a Uppl. R.R Donnelly and Sons Company. United States of America.
16. Phinney SD. 2004. Ketogenic diets and physical performance. *Nutrition and Metabolism*. 1:2
17. Cahill JF, Jr. 2006. Fuel Metabolism in Starvation. *Annual Reviews of Nutrition*. 26:1-22

18. Yeo WK, Carey AL, Burke L, Spriet LL, Hawley JA. 2011. Fat adaption in well-trained athletes: Effect on cell metabolism. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 36(1):12-20.
19. Lambert EV, Speechly DP, Dennis SC, Noakes TD. 1994. Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaption to a high fat diet. *European Journal of Applied Physiology*. 69:287-293.
20. Paoli A, Grimaldi K, D'Agostino D, Cenci L, Moro T, Bianco A, Palma A. 2012. Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 9:34.
21. Oppliger RA, Case HS, Horswill CA, Landry GL, Shelter AC. 1996. Weight loss in wrestlers. *American College of Sports Medicine position stand*. 28:ix-xii.
22. Langfort J, Zarzeczny R, Pilis W, Nazar K, Kaciuba-Uścitko H. 1997. The effect of a low-carbohydrate diet on performance, hormonal and metabolic responses to a 30-s bout of supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 76: 128-133.
23. Toeller M, Buyken A, Heitkamp G, Milne R, Lischan A, Gries FA. 1997. Repeatability of three-day dietary records in the EURODIAB IDDM Complications Study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 51(2):74-80.
24. Nordic Council of Ministers. 2012. 5th Edition. *Nordic Nutrition Recommendations 2012*. Nord 2013:009
25. Demerath EW, Guo SS, Chumlea WC, Towne B, Roche AF, Siervogel RM. 2002. Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children. *International Journal of Obesity*. 2002;26:389–397.
26. Marfell-Jones MJ, Stewart AD, de Ridder JH. 2006. *International standards for anthropometric assessment*. The International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Holbrooks.
27. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior J-C, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMWJ, Pichard C. 2004. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*. 23(5):1226–43.
28. Minderico CS, Silva AM, Teixeira PJ, Sardinha LB, Hull HR, Fields DA. 2006. Validity of air-displacement plethysmography in the assessment of body composition changes in a 16-months weight loss program. *Nutrition & Metabolism*. 3:32.
29. Ross R. 1996. Magnetic resonance imaging provides new insights into the characterization of adipose and lean tissue distribution. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 74(6):778-85
30. Lee RC, Wang ZM, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. 2000. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition* 72:796-803
31. Delavier F. 2007. *Styrketräning – en anatomisk guide*. 2nd Edition. Fitnessförlaget. Pollina.
32. Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. 2007. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*. 37 (3): 225-264

33. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. 2003. A meta-analysis to determine the dose for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(3):456-64.
34. Dolezal BA. 2000. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 32(7):1202-7.
35. Schuenke MD. 2002 Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *European Journal of Applied Physiology*. 86(5):411-7
36. Sentija D, Marsic T, Dizdar D. 2009. The effects of strength training on some parameters of aerobic and anaerobic endurance. *Collegium Antropologicum*. 33(2009)1:111-116.
37. Willbond SM, Laviolette MA, Duval K, Doucet E. 2010. Normal weight men and women overestimate exercise energy expenditure. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 50(4):377-84.
38. Prince SA, Adamo BK, Hamel ME, Hardt J, Gorber SC, Tremblay M. 2008. A comparison of direct versus self-reported measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity*. 5:56.
39. Neuman N, Gudiol J. 2013. *Forma kroppen och maximera din prestation*. NGruppen Förlag.
40. Forslund AH, Johansson AG, Sjödin A, Bryding G, Ljunghall S, Hambraeus L. 1996. Evaluation of modified multicompartiment models to calculate body composition in healthy males. *American Journal of Clinical Nutrition*. 63(6):856-862.
41. Forslund AH, Hambraeus L. 1997. Inget facit på kroppens sammansättning. *Läkartidningen*. 94:51-52