



GÖTEBORGS UNIVERSITET
INST FÖR KOST- OCH IDROTTSVETENSKAP

Återhämtningsmålets vara eller icke vara

Hur påverkas fettoxidationen efter uthållighetsträning?

Martina Jurell
Madeleine Nilsson

Rapportnummer:	VT14-49
Uppsats/Examensarbete:	15 hp
Program/kurs:	Häslpromotionsprogrammet
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Vt/2014
Handledare:	Klavs Madsen
Examinator:	Stefan Pettersson



GÖTEBORGS UNIVERSITET
INST FÖR KOST- OCH IDROTTSVETENSKAP

Rapportnummer:	VT14-49
Titel:	Återhämningsmålets vara eller icke vara: Hur påverkas fettoxidationen efter uthållighetsträning?
Författare:	Martina Jurell och Madeleine Nilsson
Uppsats/Examensarbete:	15 hp
Program/kurs:	Hälsopromotionsprogrammet
Nivå:	Grundnivå
Handledare:	Klavs Madsen
Examinator:	Stefan Pettersson
Antal sidor:	39
Termin/år:	Vt/2014
Nyckelord:	energisubstratanvändning, fettoxidation, fettreducering/viktninskning, uthållighetsträning, återhämningsmål

Sammanfattning

Det finns rekommendationer att, kort efter avslutad träning, inta ett kolhydrat- och proteinrikt återhämningsmål i syfte att återställa kroppens energilager och optimera prestationsförmågan. Trots att dessa prestationsoptimerande strategier främst är avsedda för individer med mycket hög träningsfrekvens har återhämningsmålet anammats av den allmänna befolkningen vilka potentiellt inte har samma nutritionella behov avseende snabb återhämtning. Studier kring återhämningsmålets inverkan och betydelse för den allmänna befolkningen med måttlig träningsfrekvens är i dagsläget bristfälliga. Om önskan kring viktninskning och/eller fettreducering finns kan uthållighetsträningens positiva effekter på fettoxidationen i teorin påverkas negativt av ett återhämningsmål.

Återhämningsmålets potentiella inverkan på fettoxidationen direkt efter uthållighetsträning bör därför undersökas närmare. Baserat på ovanstående är den aktuella studiens syfte att jämföra om den kortsiktiga fettoxidationen efter uthållighetsträning skiljer sig åt beroende på om energiinnehållande återhämningsmål intas eller inte hos individer mellan 22-27 år. Genom en randomiserad inomgruppsdesign (n=6) mättes energisubstratanvändningen (RER) i vila via indirekt kalorimetri vid fem tillfällen under en 160 minuter lång återhämningsperiod efter 75 minuters uthållighetsträning motsvarande 80 % av maximal hjärtfrekvens. En upprepad tvåvägs variansanalys visade på en signifikant skillnad ($P < 0,01$) i RER under hela återhämningsperioden vid intag av enbart vatten jämfört med en kolhydrat- och proteinrik återhämningsdryck. Studiens huvudsakliga resultat är att intag av ett energiinnehållande återhämningsmål direkt efter avslutad träningspass hämmar fettoxidationen. Genom att undvika ett återhämningsmål kan fettoxidationen efter uthållighetsträning optimeras vilket kan vara av praktisk betydelse för individer med mål om viktninskning och/eller fettreducering samt för att uppnå förbättrad hälsa.

Innehållsförteckning

Förord.....	4
Begreppslista	5
Introduktion.....	7
Syfte	8
Bakgrund.....	9
Energi.....	9
Fettoxidation under och efter träning	11
Återhämtning av energidepåerna	13
Träning, nutrition och hälsa.....	15
Sammanfattning bakgrund.....	18
Metod.....	19
Design.....	19
Urval	19
Datainsamling.....	20
Belastningstest.....	20
Databearbetning av belastningstest	21
Förberedelser inför testtillfällena	21
Utformandet av träningspasset	21
Återhämtningsdryck	22
Mätning av metabolismen under återhämtningsperioden	22
Databearbetning för återhämtningsperioden.....	23
Etiska överväganden.....	23
Mätning av metabolismen under återhämtningsperioden	24
Diskussion.....	26
Metoddiskussion.....	26
Resultatdiskussion	29
Återhämtning	30
Viktminskning och fettreducering.....	33
Slutsatser och implikationer	33
Referenser	35

Förord

Önskan om att skriva kandidatuppsatsen tillsammans infann sig redan långt innan kursstarten. Vi är två likasinnade studenter med samma höga ambitionsnivå och fysiologi som vårt stora intresseområde. Därav skapades viljan att utföra ett naturvetenskapligt experiment på Idrottshögskolan.

Idéen till uppsatsen föddes genom kommunikation med Klavs Madsen, som även kom att bli vår handledare. Vi vill därför rikta ett stort tack till Klavs för hans engagemang, kunskap och vägledning genom hela processen. Vi vill även passa på att tacka Jonas Enqvist för hjälp som testledare vid två av testtillfällena och för hans rekommendationer om litteratur. Jonas har även bidragit med kunskap kring använd utrustning tillsammans med Fredrik Edin som vi också vill tacka. Till sist vill vi visa vår uppskattning till de deltagande försökspersoner som gjort studien möjlig samt övrig personal på Idrottshögskolan som på något vis bistått.

Genom denna kandidatuppsats har vi erhållit en berikad kunskap om forskningsprocessen, förbättrat våra förmågor att kritiskt granska litteratur samt erhållit en ökad förståelse för använd utrustning. Sammantaget är vår upplevelse av processen med kandidatuppsatsen att det varit en rolig period med både med- och motgångar som tillslut landat i en studie som vi är mycket nöjda med. Uppsatsens arbetsuppgifter har fördelats mellan oss enligt tabell 1.

Tabell 1. Fördelning av arbetsuppgifter mellan författarna.

Arbetsuppgift	Procent utfört av Madeleine/Martina
Planering av studien	50/50
Litteratursökning	50/50
Datainsamling	50/50
Analys	50/50
Skrivande	50/50
Layout	50/50

*Martina Jurell & Madeleine Nilsson
Juni 2014, Göteborg*

Begreppslista

Följande begrepp är explicita och hämtade från McArdle et al. (2001), Lännergren et al. (2012) samt Jeukendrup och Gleeson (2014):

Adenosintrifosfat (ATP) – den form av energi som kroppen kan utnyttja.

Aerob metabolism – syrekrävande ämnesomsättning.

Anaerob metabolism – icke-syrekrävande ämnesomsättning.

Basalmetabolism (BMR) – vilometabolism, energin som krävs för att upprätthålla livsviktiga kroppsfunktioner.

Borg RPE-skala® – metod för att uppskatta den upplevda fysiska ansträngningen.

Duration – varaktigheten på den fysiska aktiviteten.

Energiförbrukning vid aktivitet (EEA) – energikostnad vid utförandet av exempelvis träning, matlagning, gräsklippning m.m.

Energisubstrat – den eller de makronutrienten som står för energiförsörjningen.

Energitäthet – mängden kcal per 100 gram föda

Excess post-exercise oxygen consumption, EPOC – efterförbränning. Den förhöjda energiomsättning som infinner sig efter ett träningspass.

Fettoxidation – fullständig nedbrytning av fett till koldioxid och vatten, energi utvinns.

Frekvens – hur ofta den fysiska aktiviteten utförs, exempelvis antal gånger per vecka.

Glukoneogenes – nybildning av glukos i levern från föreningar som laktat och glycerol.

Glykemiskt index (GI) – mått på hur snabb ökningen av blodglukosnivån blir efter ett kostintag.

Glykogenolys – nedbrytning av glykogen från lever eller muskler till glukos.

Harris-Benedict formeln – formel för att beräkna en persons BMR.

Hyperventilering – ökad alveolar ventilation som leder till att koldioxidhalten i blodet sjunker.

Indirekt kalorimetri – metod för att mäta substratanvändning och energiförbrukning.

Baserad på mätningar av gasutbyte där koldioxidproduktion och syrgaskonsumtion mäts.

Intensitet – ansträngningsnivån av den fysiska aktiviteten.

Intra muskulära triglycerider (IMTG) – triglycerider som finns lagrad i muskelvävnaden och kan förse denna med energi vid behov.

Kadens – trampfrekvens per minut.

Katekolaminer – hormoner som bland annat utsöndras vid fysisk aktivitet eller lågt blodsocker.

Leukocyter – vita blodkroppar.

Maximal hjärtfrekvens (HFmax) – puls, maximalt antal slag per minut.

Metronome – applikation som användes som takthållare för att upprätthålla rätt kadens vid cyklingen under träningspassen.

Online-system – en halv- eller helautomatisk metod för att mäta syrgaskonsumtion och koldioxidproduktion.

Respiratorisk kvot (RQ) – förhållandet mellan koldioxidproduktion och syrgaskonsumtion som representerar substratanvändningen i ett organ eller en vävnad.

Respiratory exchange ratio (RER) – förhållandet mellan koldioxidproduktion och syrgaskonsumtion som representerar substratanvändningen i hela kroppen.

Steady state, andning – anpassning till belastningsnivån, tillgång och behov av syre är i balans.

Steady state, hjärtfrekvens – konstant nivå av hjärtfrekvensen under submaximalt arbete ± 3 slag per min.

Öppen respirometri – metod för att uppskatta en persons energiförbrukning, används ofta i kombination med online-system.

Introduktion

Samhället, levnadsvanor och gener har en inverkan för utvecklingen av övervikt och fetma hos individer, vilket dessutom är en hög riskfaktor för hjärt-kärlsjukdomar och förtida död. Fysisk aktivitet har en avgörande roll för människans totala energiförbrukning och energiintaget beror på människans kostvanor (Socialstyrelsen, 2013). När energiförbrukningen och energiintaget motsvarar varandra råder energibalans. Om energiintaget däremot överstiger energiförbrukningen bidrar detta på lång sikt till viktuppgång (Abrahamsson, Andersson & Nilsson, 2013). Enligt Socialstyrelsen (2013) var andelen överviktiga, body mass index (BMI) mellan 25-29,9, i den vuxna befolkningen 35 procent år 2012. Samma år uppskattades personer med fetma, BMI över 29,9, till 14 procent av den vuxna befolkningen. Fortsättningsvis uppgav en av sju vuxna att de hade en stillasittande fritid och därmed var fysiskt inaktiva. Genom att öka den fysiska aktivitetsnivån i kombination med förbättrade kostvanor kan dessa siffror förändras och generera i en förbättrad folkhälsa i Sverige genom att minimera övervikt och fetma (Faskunger, 2013).

Vid övervikt och fetma är en hållbar metod för viktminskning att prioritera. För att uppnå detta är ett reducerat kostintag i kombination med ökad fysisk aktivitet en effektiv metod (Fogelholm, 2009). Dock visar en bland många studier på att människor tenderar till att överskatta sin energiförbrukning vid fysisk aktivitet och samtidigt kompensera med ett högre energiintag än den faktiska energiförbrukningen (Willbond, Laviolette, Duval & Doucet, 2010). Det finns rekommendationer, riktade till idrottare, om att inta ett återhämningsmål innehållandes kolhydrater och protein direkt efter fysisk aktivitet (Sveriges Olympiska Kommitté (SOK), 2009). Återhämningsmålet bidrar med energi varför det kan ifrågasättas om människor på så vis får i sig mer energi av återhämningsmålet än vad de förbrukat under träningen. Enligt Sveriges Olympiska Kommitté (2009) har ett återhämningsmål till uppgift att återställa kroppens energiförråd för att erhålla en effektiv återhämtning och bättre prestation. Det finns ett stort utbud av återhämningsprodukter och tillskott på marknaden vilka har för avsikt att tilltala de fysiskt aktiva att inta detta i samband med träning. Dock finns det flertalet myter och saknaden av vetenskaplig förankring kring produkterna är stor. Det kan därför ifrågasättas om behovet av ett återhämningsmål för den allmänna befolkningen existerar, i synnerhet då en viktminskning och/eller fettreducering är önskvärd.

Den allmänna befolkningen kan tänkas träna två till fem gånger per vecka och en snabb återhämtning av glykogendepåerna har därför ingen betydelse liksom att optimera sin prestation. För personer med mål om viktminskning och/eller fettreducering samt hälsoförbättringar kan istället det primära vara att erhålla en hög fettoxidation, förbättra blodfetterna samt minska fettmassan. Kiens och Richter (1998) menar att vid tömda glykogendepåer efter uthållighetsträning kommer ett återhämningsmål användas till att återställa kroppens glykogendepåer och fettoxidationen förblir därför hög. Sidossis och Wolfe (1996) menar dock att ett kolhydratintag hämmar fettoxidationen. Melanson, MacLean och Hill (2009) framhäver emellertid att fettoxidation kan vara som högst direkt efter uthållighetsträning men att detta inte har bevisats till fullo.

Den tvetydighet som råder kring träning samt viktnedgång och/eller fettreducering är mycket komplex. Vi har därför valt att fokusera på ett specifikt område inom detta, nämligen metabolismen efter uthållighetsträning med eller utan ett intag av ett kolhydrat- och proteinrikt återhämningsmål. Tidigare forskning har fokuserat på elitidrottare och deras återhämtning med syftet att optimera idrottarens prestation. Detta är inte det primära hos den allmänna befolkningen, viken troligtvis är den vi kommer att arbeta med i vår framtida profession, om viktreduktion och/eller fettreducering är önskvärt. Förhoppningen med denna kandidatuppsats är att vi ska kunna bistå med ytterligare kunskap kring det specifika området i denna komplexa frågeställning.

Syfte

Syftet med studien är att jämföra om fettoxidationen skiljer sig åt under återhämningsperioden på 160 minuter efter 75 minuters uthållighetsträning beroende på om energiinnehållande återhämningsmål intas efter träning eller inte hos individer mellan 22-27 år.

Med utgångspunkt i syftet har en forskningshypotes formulerats: Återhämningsmålet, innehållandes kolhydrater och protein, hämmar fettoxidationen under återhämningsperioden.

Bakgrund

Energi

En förutsättning för liv och rörelse i kroppen är att alla celler kan tillgodogöra energi (Frayn, 2010). I cellerna kan sedan energin bidra till en rad olika viktiga funktioner i kroppen, däribland digestion, absorption, tillväxt och mekanisk rörelse (Abrahamsson et al., 2013). Hur mycket energi en individ behöver för att kroppen ska kunna utföra dessa funktioner varierar bland annat beroende på kön, ålder, kroppssammansättning och fysisk aktivitetsnivå. När dessa faktorer förändras ändras även individens energiomsättning och därmed energibehovet. En ökad fysisk aktivitet ökar således energiförbrukningen vilket genererar i ett ökat energibehov (Maughan & Burke, 2002). Genom att uppnå energibalans, då energiintaget motsvarar energiförbrukningen, kan en person inneha en konstant vikt under en längre period. Om energibalansen övergår till att bli positiv, det vill säga att energiintaget är större än energiförbrukningen, kommer kroppen att lagra denna överskottsenergi i största mån som fett i våra fettlager vilket ur ett långsiktigt perspektiv kommer att generera i viktuppgång. Motsatt förhållande råder då en negativ energibalans innehas (Abrahamsson et al., 2013).

Den energi som kroppen behöver för att kunna fungera finns delvis lagrad i kroppen, främst som fettvävnad. Den lagrade energin är dock inte tillräcklig tillgänglig för att täcka energibehovet eftersom lipolysen är en långsam process, därför behöver människan inta energi i form av mat. I maten finns makro- och mikronutrientier där det är makronutrienterna som vid omsättning skapar energi. Till makronutrienterna klassas kolhydrater, fett och protein vilka det redogörs för mer ingående nedan (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Kolhydrater

Kolhydrater är en mycket viktig energikälla för kroppen. Detta eftersom det endast är detta energisubstrat som kan användas som energi utav hjärnan, under normala omständigheter, och de röda blodkropparna samt att det är kolhydrater som används som energikälla vid aktiviteter som utförs på hög intensitet (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Stärkelse och socker är glykemiska kolhydrater som vid nedbrytning blir glukos, den form av kolhydrat som cellerna använder som energi. När kroppen absorberar glukos stiger blodglukosnivån, vilket regleras noga av kroppen med hjälp av olika hormoner. Glukos kan då användas som direkt energikälla men även lagras i form av glykogen i lever- och muskelceller (Abrahamsson et al., 2013). Levern har kapacitet att lagra 100 gram glykogen och i musklerna kan 300-400 gram lagras. Då lever- och muskelglykogendepåerna är maximalt fyllda och en positiv energibalans råder kommer resterande glukosmängd att lagras som fettväv (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Det glykogen som lagras i levern har till uppgift att reglera blodglukosnivå så att den hela tiden hålls konstant. Detta sker genom glykogenolys när blodglukosnivån sjunker. Även muskelglykogenet genomgår glykogenolys men då med avsikt att verka som energi lokalt i de muskler där glykogenet finns lagrat. Glykogenet fungerar därför som en reserv som är en mycket viktig energikälla vid fysiskt arbete (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Insulin och glukagon

Blodglukosnivån bör hållas på en konstant nivå inom intervallet 4-7 mmol glukos per liter blod (Fransson & Kvist, 1975). Det finns i regel två hormoner som arbetar för att bevara blodglukosnivån inom detta intervall, insulin och glukagon (Fransson & Kvist, 1975; Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Den huvudsakliga uppgiften insulin har är att sänka blodglukosnivån. Detta sker antingen genom att insulin stimulerar upptaget av glukos i framförallt muskel och fettväv eller att insulin stimulerar nybildning av glykogen och minskar glykogenolysen. Förutom en inverkan på glukos har insulin till uppgift att stimulera upptaget av aminosyror främst i lever- och muskelceller (Lännergren, Westerblad, Ulfendahl och Lundeberg, 2012). Insulinet hämmar även lipolysen, det vill säga frisättning av fria fettsyror och glycerol från kroppens fettvävnad, då tillgängligheten av glukos bidrar till energiförsörjningen (Sidossis & Wolfe, 1996). Den största frisättningen av insulin sker efter ett kostintag, framförallt då det är kolhydratrikt, eftersom kroppen har för avsikt att fylla på glykogenförråden (Lännergren et al., 2012). Dock kan cellerna uppta glukos genom insulinoberoende mekanismer i upp till två timmar efter fysisk aktivitet vilket bidrar till förbättrad insulinkänslighet hos fysiskt aktiva individer (Borghouts & Keizer, 2000).

Jeukendrup och Gleeson (2014) beskriver att glukagon har till uppgift att bryta ned kroppens glykogendepåer för att på så vis frisätta glukos till blodet när blodglukosnivån sjunker. Förutom glukagon finns även andra hormoner, bland annat adrenalin och kortisol, vilka har samma inverkan på blodglukosnivån. Lännergren et al. (2012) framhåller att frisättning av glukagon sker vid exempelvis fysisk aktivitet då ett ökat energibehov återfinns. Glukagon och insulin är således två motarbetande hormoner.

Fett

Makronutrienten fett har många viktiga funktioner i vår kropp. Att vara energigivare är en utav dem. Andra funktioner fett har är exempelvis för funktion av cellmembranen, tillgodogörandet av fettlösliga vitaminer och essentiella fettsyror vilka är nödvändiga för vävnaders normala funktion och tillväxt samt för reglering av blodflödet. Lipider i form av kolesterol är också viktiga då kroppen bland annat behöver dem till metabolism av fetterna. Fett, i form av triglycerider, står även för ett stort energiförråd, där den största delen lagras som fettväv och en mindre andel som intramuskulära triglycerider (IMTG) (Abrahamsson et al., 2013).

Fettet som lagras i fettväven är uppbyggt av triglycerider som vid behov kan brytas ner till fria fettsyror och glycerol. De fria fettsyrorna oxideras och glycerol genomgår glukoneogenes vilka kan generera i energi (Abrahamsson et al., 2013). När människan är aktiv på låg intensitet eller vid vila är det främst fett från vår fettväv och muskulatur som är den huvudsakliga energikällan. Det fett vilket finns lagrat som IMTG används som energi under träning men även i detta fall måste triglyceriderna brytas ner till fettsyror för att kunna generera energi till muskeln (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Vid lågintensivt arbete används

främst fett från fettvävnaden men vid måttlig intensitet eller långvarigt arbete övergår fettkällan mer till IMTG (van Loon, 2004). Vid högre intensiteter övergår kroppen till användning av främst kolhydrater som energisubstrat (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Protein

Kroppen består till stor del av protein vilket innehar många livsviktiga funktioner. För att belysa några användningsområden används protein bland annat till att bygga upp muskler, hår, naglar samt utgör byggstenar för olika hormoner, enzymer, receptorer samt transport av olika ämnen, däribland fett. Protein kan bidra med energi även om denna makronutrient inte är den primära energikällan (Abrahamsson et al., 2013). Det sker kontinuerligt både syntes och nedbrytning av protein i kroppen varför det är betydelsefullt att äta en balanserad kost innehållandes alla essentiella aminosyror för att upprätthålla dessa processer (Jeukendrup & Gleeson, 2014). I vila uppskattas protein bidra med 5-15 procent av den totala energiomsättningen (Jeukendrup & Gleeson, 2014) men vid fysisk aktivitet sjunker detta bidrag och protein representerar endast 1-6 procent av energiomsättningen (Tarnopolsky, 2004). Dock kan långvarig fysisk aktivitet, då tillgängligheten av kolhydrater är begränsad, leda till en ökad energiförsörjning genom protein för att täcka energibehovet (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Fettoxidation under och efter träning

För att fett ska användas som den primära energikällan krävs tillgång till syre (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Utan syre kan inte den aeroba metabolismen, där en stor mängd adenosintrifosfat (ATP) bildas då fett oxideras, fungera. Den aeroba metabolismen är långsammare än den anaeroba, liksom att fettoxidation är långsammare än kolhydratoxidation, vilket bidrar till att denna process används vid lägre intensiteter (Mattson & Larsen, 2013). Negativ energibalans eller lågintensivt arbete, exempelvis vila, stillasittande och promenader, genererar därför i att fett används som huvudsaklig energikälla. När intensiteten ökar till måttlig ökar även fettoxidation men när intensiteten övergår till hög minskar fettoxidation och kolhydrater blir den främsta energikällan där energi tas ifrån glykogendepåerna (Achten & Jeukendrup, 2003). Olika energisubstrat används således beroende på vilken typ av aktivitet som utförs samt intensiteten och durationen på denna (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Enligt Jeukendrup och Gleeson (2014) är andra faktorer som påverkar fettoxidation exempelvis hormoner, enzymer och anpassning av substratanvändning i muskulaturen. Även tillgången till energisubstrat i blodet är avgörande för vilken energikälla som muskeln kommer att använda. Vid intag av kolhydrater nära in på lågintensiv aktivitet kommer därför glukos bli den primära energikällan trots den låga intensiteten (Newsholme & Leech, 1983; Jeukendrup & Gleeson, 2014). Vilken typ av kost en person äter kommer således att påverka vilken typ av substrat kroppen väljer att oxidera för att utvinna energi då kroppen kan anpassa val av substratanvändning beroende på tillgång (Burke, Angus, Cox, Gawthorn, Hawley, Febbraio & Hargreaves, 1999). En ökad energiomsättning av fett kan enligt Holloszy och Booth (1976) samt Holloszy och Coyle (1984) erhållas vid regelbunden uthållighetsträning då

det ökar muskelns förmåga att oxidera fett till följd av muskelcellernas adaptationsförmåga till träningen. Jeukendrup (2002) tillägger dock att träning ökar förmågan att oxidera alla energisubstrat. Detta bidrar till att den totala energiomsättningen av fett ökar, inte den procentuella andelen oxidation av fett i förhållande till kolhydrater (Stisen, Stougaard, Langfort, Helge, Sahlin & Madsen, 2006).

Pillard et al. (2010) samt Valizadeh, Khosravi och Azmoon (2011) menar att fettoxidationen är högre både under och efter ett träningspass på hög intensitet jämfört med ett träningspass på låg eller måttlig intensitet. Fettoxidationen anses dock vara högre efter ett långvarigt lågintensivt träningspass i förhållande till att ingen träning alls utförs (Krzentowski, Pirnay, Luyckx, Pallikarakis, Lacroix, Mosora & Lefèbvre, 1982; Bielinski, Schuts & Jéquier, 1985). Melanson et al. (2009) menar att fettoxidationen troligtvis är som högst direkt efter uthållighetsträning. Vidare menar Valizadeh et al. (2011), likt Jeukendrup och Gleeson (2014), att hela energiförbrukningen ökar vid arbete på hög intensitet vilket är det som medför att mängden fett som oxideras ökar. Då den aeroba metabolismen övergår till anaerob, vid mycket hög intensitet, finns dock ingen eller begränsad tillgång till syre varför fettoxidationen minskar (Mattson & Larsen, 2013). För att oxidera högst andel fett är således fysisk aktivitet på en hög intensitetsnivå, förutsatt att denna är aerob, att eftersträva (Pillard et al., 2010; Valizadeh, Khosravi & Azmoon, 2011).

Vid fysisk aktivitet eller lågt blodsocker utsöndras katekolaminer, adrenalin och noradrenalin, för att öka substrattillgängligheten i blodet. Dessa, men framförallt adrenalin, har funktionen att främja fettoxidationen och hämma insulinutsöndringen. När den fysiska aktiviteten utförs på minst 50 procent av den maximala syrgasupptagningsförmågan sker utsöndringen av katekolaminerna i högre grad vilket genererar i en ökad frisättning av fria fettsyror, vilket främjar fettoxidationen, samt bidrar till en större tillgänglighet av glukos i blodet (McArdle, Katch & Katch, 2001; Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Vad gäller fettoxidationen efter träning visar Kiens och Richter (1998) att fettoxidationen i musklerna kan vara förhöjd upp till 18 timmar efter träning som orsakat tömda glykogenförråd trots kolhydratintag innan och/eller efter träning. Detta eftersom muskelglykogeninlagringen är ett metabolisk prioriterat område som innebär att glukos som tillförs efter träningen inte används som energisubstrat utan lagras som glykogen för att återställa muskelglykogendepåerna. Pillard et al. (2010) tillägger även att fettoxidationen efter ett återhämtningsmål, innehållandes kolhydrater, är högre om en individ bedrivit högintensiv aktivitet jämfört med lågintensiv. Fortsättningsvis framhäver Sidossis och Wolfe (1996) att glukos och/eller insulin hämmar fettoxidationen. Insulin och katekolaminerna är således motarbetande hormoner där katekolaminerna främjar fettoxidationen medan insulin hämmar denna (McArdle, Katch & Katch, 2001).

Efterförbränning

Som nämnts ovan är den aeroba metabolismen där fett oxideras långsammare än den anaeroba. Detta genererar i att det anaeroba systemet är det som försör kroppen med energi i början av fysisk aktivitet eftersom detta system är snabbt och kan arbeta utan tillgång på syre.

Under den tid då det anaeroba systemet står för energiproduktionen skapas en så kallad syreskuld. Denna syreskuld behöver efter avslutat arbete betalas tillbaka vilket görs genom en förhöjd syreupptagning och energiförbrukning. Syreskulden, tillsammans med ett antal andra faktorer, utgör efterförbränningen (Excess post-exercise oxygen consumption, EPOC). Beroende på intensitet och duration på den fysiska aktiviteten kan efterförbränningen variera (Mattsson & Larsen, 2013). Enligt Lacour (2001) motsvarar EPOC ungefär tio procent av den totala energiförbrukningen under ett träningspass, vilket medför att ett träningspass som innebär en hög energiförbrukning genererar en större efterförbränning. Speakman och Selman (2003) framhåller dock att efterförbränningen är som störst precis efter avslutad fysisk aktivitet men att den kan pågå i upp till 48 timmar. Lacour (2001) menar även att fett är den primära energikällan vid efterförbränning.

Återhämtning av energidepåerna

Kenttä och Svensson (2008) beskriver att återhämtning består av flera olika aspekter, däribland återhämtande träning, massage, sömn, kostintag och stretching. Genomgående i denna studie är fokus på endast en utav dessa aspekter, kostintaget. Kostens betydelse för den idrottande människan har alltid varit intressant ur ett prestationsperspektiv (Abrahamsson et al., 2013). Skillnader i det optimala kostupplägget hos individer är omdebatterat. Anledningen till att ett återhämtningsmål bör intas efter genomförd fysisk aktivitet är till följd av att en bättre återhämtning och prestationsförmåga kan erhållas (Blomstrand & Apró, 2009). Det handlar således om att fylla på och återställa kroppens energidepåer för att maximera prestationen (Kenttä & Svensson, 2008; Blomstrand & Apró, 2009; SOK, 2009; Abrahamsson, et al., 2013). En studie av Heck, Barroso, Callie och Bray (2004) beskriver att en persons prestationsförmåga är multifaktoriell. Varje människa är unik och näringsbehovet beror därför på ålder, kön, kroppsstorlek, fettfri kroppsmassa, näringsstatus samt träningens frekvens, intensitet och duration. Det tyder även på att arvsanlagen har en inverkan på respons av träning samt prestationsförmågan.

Rekommendationerna för ett återhämtningsmål är enligt SOK (2009) att inta 1,2 gram kolhydrater per kilo kroppsvikt samt minst 10 gram protein direkt efter avslutad träning. Fett rekommenderas inte av den orsaken att det har en negativ inverkan på magtömningshastigheten vilket bidrar till en långsammare glykogeninlagring.

Rekommendationerna vänder sig till individer som tränar på en mycket hög frekvens, det vill säga ungefär två till tre träningspass per dag där en snabb återhämtning mellan träningspassen är önskvärd. Utöver återhämtningsmålet bör ett större mål mat intas två till fyra timmar efter avslutad träning.

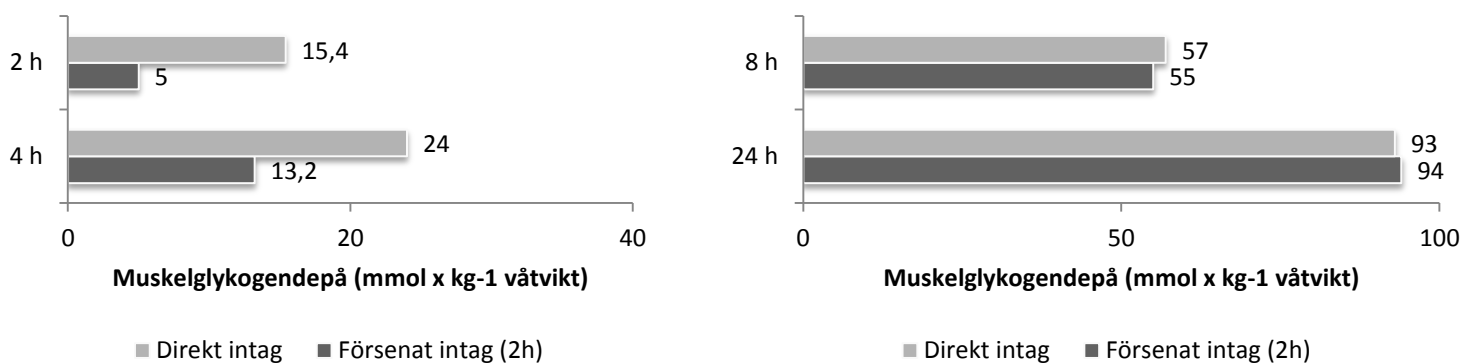
Kolhydrater

Kenttä och Svensson (2008) beskriver att tillräcklig mängd kolhydrater i alla dagens måltider möjliggör uppbyggnad av glykogendepåerna i muskler och levern. För personer som utför lätt till måttlig fysisk aktivitet men inte på daglig basis rekommenderas ett intag av 3-5 gram kolhydrater per kilo kroppsvikt per dag. För personer som dagligen utför någon form av fysisk

aktivitet är rekommendationerna 5-12 gram kolhydrater per kilo kroppsvikt per dag beroende på intensiteten och durationen av den fysiska aktiviteten (SOK, 2009).

Efter fysisk aktivitet är transporten av glukos in till muskelcellerna förhöjd precis som enzymaktiviteten hos glykogensyntas, vilket reglerar nybildning av glykogen (Kenttä & Svensson, 2008; Blomstrand & Apró, 2009). Kolhydrater med högt glykemiskt index i återhämtningsmålet genererar i en kraftig insulinutsöndring vilket påverkar glukotransportörer (GLUT4) inuti cellen som i sin tur ökar glukosupptaget till de behövande muskelcellerna. Denna glukotransportör (GLUT4) stimuleras på samma sätt av fysisk aktivitet och kan på så vis transportera in glukos utan tillgång av insulin (Abrahamsson et al., 2013).

Som nämnt ovan har glykogenförråden i musklerna en lokal effekt. Vid aktivering av muskler kommer därför glykogenförråden i dessa att minska (Kenttä & Svensson, 2008). Vid uthållighetsträning är kolhydratintaget det mest väsentliga för att fylla på glykogenförråden. En vanlig rekommendation är att inta ett återhämtningsmål direkt efter fysisk aktivitet. Om det är mer än ett dygn mellan träningspassen är dock dagens totala kolhydratintag viktigare. Det förekommer inte någon större skillnad i att exempelvis äta antingen kolhydrater i form av fyra större mål mat eller i form av mindre mellanmål under ett dygn för att återställa glykogenförråden (Burke, Kiens & Ivy, 2004). Dock sker inlagringen av glykogen med lägre hastighet om kolhydrater inte intas direkt efter träning (Maughan & Burke, 2002). Även om inlagringen är långsammare utan tillförsel av kolhydrater direkt efter träning kommer glykogenförråden att vara återställda inom 24 timmar om tillräcklig total mängd intas (se figur 1). En lång återhämtningsperiod är därför inte lika beroende av kolhydrattimingen som av dagens totala kolhydratintag (Burke et al., 2004; SOK, 2009).



Figur 1. Timning av kolhydratintag efter träning och dess inverkan på muskelglykogendepåerna (Burke et al., 2004).

Protein

Det sker en kontinuerlig omsättning av protein i kroppens olika vävnader (Kenttä & Svensson, 2008; Blomstrand & Apró, 2009; Abrahamsson et al., 2013). Proteinbehovet ökar genom fysisk aktivitet (Maughan & Burke, 2002), likaså vid energibrist samt vid lågt intag av kolhydrater (Kenttä & Svensson, 2008). Uthållighetsidrottare behöver protein för att förhindra nedbrytning av muskulaturen, stimulera mitokondriell proteinsyntes och bilda nya enzymer

(Tang, Hartman & Phillips, 2006; Wilkinson, Phillips, Atherton, Patel, Yarasheski, Tarnopolsky & Rennie, 2008). Styrkeidrottare behöver däremot protein för att stimulera den myofibrillära proteinsyntesen som leder muskelhypertrofi (Wilkinson et al., 2008).

Rekommendationerna gällande protein för den allmänna befolkningen är 0,83 gram protein per kilo kroppsvikt per dag (Nordic Council of Ministers, 2014). För personer som tränar krävs dock ett högre intag. Campbell et al. (2007) framhåller att ett intervall på 1,4–2,0 gram protein per kilo kroppsvikt per dag är önskvärt. Dock har träningsformen en inverkan. Personer som utövar uthållighetsträning rekommenderas att befinna sig i den nedre delen av intervallet och personer som utövar styrketräning i den övre delen. Om proteinintaget överstiger kroppens behov kommer detta generera i energi eftersom protein inte kan lagras i kroppen (Abrahamsson et al. 2013). Ett proteinintag på mer än 3 gram per kilo kroppsvikt per dag rekommenderas inte då det kan medföra hälsorisker (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Intag av protein före och efter fysisk aktivitet har visats vara betydande för muskeluppbyggnad (Maughan & Burk, 2002; Abrahamsson et al., 2013). Dock är även dagens totala proteinintag väsentligt men likaså att inneha energibalans för att proteinet ska utnyttjas optimalt (Abrahamsson et al., 2013). Att muskelproteinet bryts ned är en kontinuerlig men likaså viktig process för reparation och återuppbyggnad av musklerna till följd av den stress som fysisk aktivitet bidrar med (Kenttä & Svensson, 2008).

Att komplettera kolhydrater med protein i återhämtningsmålet medför en bättre glykogeninlagring men framförallt en bättre proteinsyntes (Gibala, 2007; Abrahamsson et al., 2013; Jeukendrup & Gleeson, 2014). Kenttä och Svensson (2008) beskriver att timingen av proteinintaget i förhållandet till träning bidrar till en bättre proteinomsättning än om större mängd protein intas med en sämre timing.

Träning, nutrition och hälsa

Träningens inverkan på immunförsvaret

Immunförsvaret, vars huvudkomponent är leukocyter, har en mycket viktig funktion i kroppen då det återuppbygger skadade vävnader samt försvarar kroppen mot farliga bakterier, virus och svampar. (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Vid träning kan immunförsvarets funktion minska vilket genererar i en ökad infektionsmottaglighet i kroppen. Anledningen till immunsystemets försämrade funktion kan bero på en ökad nivå av katekolaminer och kortisol under träning eller att färre mogna leukocyter från benmärgen transporteras ut i cirkulationssystemet. Idrottare som tränar på en hög intensitet under längre perioder har visat sig vara den grupp som främst drabbas utav nedsatt immunförsvaret efter träning. Personer som regelbundet tränar på måttlig intensitet visar sig emellertid ha en minskad förekomst av infektioner jämfört med stillasittande individer. Då denna typ av träning utförs i mer än 90 minuter på fastande mage är dock immunförsvaret tydligt nedsatt under de närmaste två till fyra timmarna efter träningspasset (Gleeson, 2007).

Immunförsvarsceller är beroende av energi och näring för att kunna bilda exempelvis antikroppar varför kostintaget är viktigt även för dessa celler. Kolhydrattillgängligheten påverkar leukocyternas funktion då glukos bidrar till snabb energi som gör att immunförsvarscellerna kan arbeta med den höga metabola hastighet som krävs för immunsystemets optimala funktion (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Som nämnts ovan ökar nivån av katekolaminer och kortisol vid träning (Gleeson, 2007). Detta i kombination med att glykogendepåerna kan tömmas vid långvarig uthållighetsträning medför störningar i immunsystemet. Genom att tillföra kolhydrater under träning minskar katekolamin- och kortisolnivåerna samt att glykogenförråden inte töms lika snabbt vilket genererar ett starkare immunförvar. Även ett otillräckligt proteinintag kan medföra ett försämrat immunförvar då vissa aminosyror krävs för optimal aktivering av immunsystemet (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Jeukendrup och Gleeson (2014) framhäver sammanfattningsvis att en dålig näringsstatus bidrar till ett nedsatt immunförvar. Kenttä och Svensson (2008) framhåller att ett bra kostintag, under eller efter träning, med god timing skapar bra förutsättningar för att immunförvaret ska kunna återhämta sig och utveckla immunceller efter hårda träningspass. Genom kostintaget kan således människan reglera hur immunförvaret reagerar under eller efter träning eftersom kostintaget har inverkan på hormonfrisättningen vilken påverkar immunsystemet. Jeukendrup och Gleeson (2014) menar att ett återhämtningsmål snabbt efter träning kan minska den ökande infektionsrisken som infinner sig vid träning hos idrottare.

Träningens inverkan på blodlipidkoncentrationen

Enligt Lännergren et al. (2012) resulterar träning i förbättrade nivåer av blodlipider där en ökad koncentration av high-density lipoprotein (HDL) samt en minskad koncentration av triglycerider och very low-density lipoprotein (VLDL) kan urskiljas. VLDL omvandlas i blodet till low-density lipoprotein (LDL) vilket är ett lipoprotein som utgör en riskfaktor för hjärt-kärlsjukdomar. Hos individer som regelbundet är fysiskt aktiva kan en högre koncentration av HDL, likväl en lägre koncentration av VLDL, påvisas i jämförelse med otränade individer. Förändringen i lipidkoncentrationerna är en av anledningarna till att fysiskt aktiva individer har en minskad risk att drabbas av hjärt- kärlsjukdomar jämfört med otränade individer. Sarna och Kaprio (1994) visar att regelbunden fysisk aktivitet, liksom uthållighetsträning medför minskade risker att drabbas av hjärt-kärlsjukdom, men också fetma. Detta även om de som utför denna typ av fysiska aktivitet intar en fettrik kost. Inaktiva individer som intar en fettrik kost har dock ökade risker att drabbas utav dessa folksjukdomar.

Viktninskning och negativ energibalans

Det finns i stort sett två metoder för att gå ner i vikt. Antingen konsumeras mindre energi eller ökas den fysiska aktivitetsnivån. Viktförändring är således beroende av energiintag samt energiförbrukning där en negativ energibalans efterstävras (Lännergren et al., 2012; Thomas et al., 2012; Abrahamsson et al., 2013).

Den dagliga energiförbrukningen hos individer utgörs främst av basalmetabolismen (BMR) samt energiförbrukningen vid aktivitet (EEA). BMR är den energi som krävs för att kroppen i vilotillstånd ska kunna upprätthålla viktiga funktioner. Denna varierar mellan olika individer beroende på ålder, kön, kroppssammansättning och genetiska faktorer. EEA inkluderar all

form av daglig ansträngning som kräver energi, exempelvis fysisk aktivitet (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Sunda kostvanor samt tillräckligt med fysisk aktivitet bidrar till hälsoförbättringar oavsett kroppsvikt eller viktminskning (Fogelholm, 2009; Swift, Johannsen, Lavie, Earnest & Church, 2014). Dock verkar förändringar i kosten vara en mer effektiv metod än ökad fysisk aktivitet för viktminskning. Detta till följd av att ökad fysisk aktivitet utan minskat energiintag skulle innebära en allt för stor insatts gällande tid och engagemang vilket troligtvis inte blir hållbart för individen. För att lyckas med en viktminskning är en beteendeförändring gällande minskat energiintag i kombination med ökad fysisk aktivitet en hållbar och effektiv metod (Bohigian et al., 1988; Kruger, Galuska, Serdula & Jones, 2004; Fogelholm, 2009).

Långvariga perioder av negativ energibalans kan medföra olika metaboliska omställningar i kroppen. Under det första 24 timmarna, då ett lågt energiintag råder, kommer nivån av glukos i blodet att sjunka och kroppen övergår alltmera till fettoxidation. Det är främst i muskulaturen som fettoxidationen blir den primära energikällan (Lännergren et al., 2012). Under normala förhållanden är glukos den viktigaste energikällan vilket dessutom finns lagrat i kroppens glykogenförråd (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Efter 24 timmar vid lågt energiintag kommer leverns glykogenförråd nästintill ha tömts (Lännergren et al., 2012). När glykogenförrådet i levern är slut och ingen större mängd energi tillförs via kostintag är fettvävnaden en livsviktig energikälla. Under de följande dygnet då ett lågt energiintag råder kommer den låga nivån av insulin bidra till proteinnedbrytning i muskelcellerna. Proteinet kommer då omvandlas till glukos och bidra med energi. Under de följande veckorna anpassas kroppen till det låga energiintaget vilket bidrar till minskat BMR. Allt eftersom anpassning sker kommer proteinnedbrytningen minska då fett istället står för energiförsörjningen (Lännergren et al., 2012). Melanson et al. (2009) framhåller att energiintaget samt intaget av olika makronutrientier är viktiga komponenter för om fettoxidation eller fettinlagring ska dominera. Dock verkar ett lågt energiintag bidra till en ökad fettoxidation oavsett intag av makronutrientier.

Energiförbrukning genom träning

Fysisk aktivitet är en grundförutsättning för människors hälsa och definieras som all typ av rörelse vilket bidrar till en ökad energiomsättning (Faskunger, 2013). De rekommendationer som existerar för den vuxna befolkningen är minst 30 minuter per dag på en åtminstone måttlig intensitet. För att förebygga viktuppgång krävs en varaktighet uppemot 60 minuter per dag (Nordic Council of Ministers, 2014), men om viktstabilitet efter viktminskning eftersträvas rekommenderas uppemot 90 minuter per dag (Nordic Council of Ministers, 2004).

Att skapa ett energiunderskott endast utifrån ökad fysisk aktivitet utan restriktioner gällande kostintag medför att en omfattande viktminskning inte är möjlig (Swift et al., 2014). Dock är det genom fysisk aktivitet möjligt att påverka EEA vilket är den mest variabla komponenten. EEA kan bidra med stor energiförbrukning hos individer som är mycket fysiskt aktiva

samtidigt som EEA kan vara väldigt låg hos en inaktiv individ. Under ett dygn kan således EEA självant kontrolleras och på så vis bidra till en stor energiförbrukning (Jeukendrup & Gleeson, 2014).

Individer behöver fysisk aktivitet för att fungera optimalt samt förhindra uppkomsten av olika sjukdomstillstånd (Faskunger, 2013), exempelvis förebyggandet av fetma (Bohigan et al., 1988). Melanson et al. (2009) framhåller att individer har en förmåga att överskatta sin energiförbrukning via fysisk aktivitet. Den förväntade viktminskningen uppfylls därför inte. Författarna framhåller därmed att fysisk aktivitet som metod för att oxidera fett och gå ner i vikt inte är optimal om energiintaget förblir detsamma. Kombinationen av reducerat energiintag och fysisk aktivitet påstås dock vara en hållbar metod för viktminskning (Bohigan et al., 1988; Kruger et al., 2004; Fogelholm, 2009).

Sammanfattning bakgrund

För att kroppen ska kunna utföra fysisk aktivitet krävs energi. I kroppen finns lager av energi i form av glykogen, fettväv och IMTG som alla är substrat vilka kan används vid fysisk aktivitet. Vilken typ av energisubstrat som kroppen använder sig utav beror på ett flertal faktorer, däribland intensitet och duration på aktiviteten samt substrattillgänglighet. Vid viktminskning eller vid mål om fettreducering kan det vara önskvärt att uppnå en ökad fettoxidation genom att använda fettväv och IMTG som energikällor. Fysisk aktivitet har en positiv inverkan på fettoxidationen och frisättningen av fria fettsyror till följd av högre nivåer av katekolaminer i kroppen. Vid intag av återhämtningsmål kommer nivåerna av insulin att öka varför fettoxidationen kan hämmas. Ett återhämtningsmål ska intas direkt och har till syfte att återställa kroppens glykogendepåer samt optimera prestationen. Vid mer än 24 timmar mellan träningspassen kommer dock glykogendepåerna att vara återställda om det totala kolhydratintaget är tillfredsställt. Studier visar på att fettoxidationen förblir hög efter träning även vid intag av återhämtningsmål om muskelglykogendepåerna tömts. Detta eftersom muskelglykogeninlagringen är ett metaboliskt prioriterat område. En annan studie framhåller att fettoxidationen hämmas vid intag av kolhydrater.

Till synes råder en viss tvetydighet angående återhämtningsmålets inverkan på fettoxidationen efter träning. Hur optimeras fettoxidationen efter uthållighetsträning? Kommer ett återhämtningsmål bidra till direkt energi och hämma fettoxidationen eller kommer fettoxidation att förbli hög? Detta är av intresse att undersöka och denna kandidatuppsats vill därför bidra med kunskap kring hur ett återhämtningsmål påverkar fettoxidationen under återhämtningsperioden.

Metod

Design

Studien utgick från en positivistisk vetenskapsteori där en experimentell design användes för att besvara syftet och beskriva den observerade omvärlden. Datainsamlingen genomfördes i ett laboratorium vilket bidrog till en kontrollerad miljö och därmed minskat hot mot den interna validiteten. Enstaka aktiva variabler studerades i denna kontrollerade miljö utformat som ett äkta experiment varpå uttalande om kausalitet var möjligt. Dock bör det poängteras att ett laboratorium inte motsvarar en naturlig miljö (Hassmén & Hassmén, 2008).

En kvantitativ metodteori där en hypotetisk-deduktiv metod användes och formade forskningshypotesen vilken var utgångspunkten i studien. En randomiserad inomgruppsdesign användes till följd av att färre försökspersoner behövdes eftersom tidsbegränsningar existerade samt att skillnader mellan individer kunde elimineras (Hassmén & Hassmén, 2008).

Urval

Genom ett bekvämlighetsurval (Hassmén & Hassmén, 2008) valdes sex försökspersoner (n=6) att delta i studien, tre kvinnor (n=3) och tre män (n=3), i åldrarna 22-27 år. Alla försökspersoner utförde fysisk aktivitet i någon form, uthållighetsträning och styrketräning, 3-10 timmar i veckan (se tabell 2).

Tabell 2. Information om försökspersonerna, angivet i medelvärde och standardavvikelse (SD).

Försökspersonernas egenskaper	
Antal försökspersoner	n=6
Kvinnor	n=3
Män	n=3
Vikt (kg)	69,9 ± 12,5
Ålder	23,7 ± 1,5
Träningstid/vecka (h)	5,4 ± 2,5

För att få medverka i studien behövde försökspersonerna uppfylla tre kriterier. De skulle inneha vuxen ålder (≥ 20 år), ha tidigare träningserfarenhet samt en nuvarande träningsfrekvens som motsvarade 2-10 timmar per vecka. Anledningen till att dessa kriterier samt att båda könen representerades var för att försöka uttala sig om en större population. Att inte inneha träningserfarenhet samt en nuvarande träningsfrekvens enligt kriterierna ovan skulle kunnat resultera i att försökspersonerna inte kunde fullfölja testerna på grund av otillräcklig fysik. Detta skulle då påverka resultatet i negativ bemärkelse samt att syftet inte hade kunnat uppfyllas och hypotesen inte kunna falsifieras. På samma sätt hade en träningsfrekvens högre än den angivna kunna gett resultat som inte var jämförbara med den allmänna befolkningen studien riktar sig till. Detta eftersom elittränade individer har en högre

fettoxidation än mindre tränade individer till följd av anpassning av ett antal funktioner i kroppen (Stisen et al., 2006).

Bortfall

Alla försökspersoner utförde samtliga tester. Dock uppkom ett internt bortfall vid analys av datamaterialet. Två manliga försökspersoner uppvisade felaktiga värden till följd av hyperventilering. Dessa kom därför att exkluderas från studien. Även ett externt bortfall drabbade studien då en av försökspersonerna var sjuk den första testdagen. Då deltagarantalet i studien var beräknat att vara sex valdes en ny försöksperson ut för att ersätta det externa bortfallet.

Datainsamling

Ett inledande test, belastningstest, gjordes för att kunna fastställa försökspersonernas maximala hjärtfrekvens (HFmax), vilken behövdes vid utförandet av de senare träningspassen. Träningspassen och mätningen av metabolismen utformades med en inomgruppsdesign där indirekt kalorimetri mätte syreupptagningen via öppen respirometri med hjälp av online-system. Försökspersonerna behövde därför utföra två träningspass under två olika dagar där de ena dagen inte erhöll någon energiinnehållande återhämningsdryck men den andra dagen intog en återhämningsdryck innehållandes kolhydrater och protein direkt efter träningen, samt en efter 80 minuter. Försökspersonerna delades upp i grupper om tre på grund av begränsad tid, utrustning och testledare. Testledarna representerades av författarna till denna uppsats samt två erfarna forskare inom området. Då endast tre cyklar och en roddmaskin fanns att tillgå startade försökspersonerna med tio minuters mellanrum. Totalt utfördes 12 mätningar på metabolismen, två testtillfällen per försöksperson, under sammanlagt fyra dagar.

Belastningstest

Vid utförandet av testet användes en cykelergometer av märke Monark 818E Ergomedic eller Monark 828E Ergomedic, pulsband med tillhörande klocka (Polar RS300X), Borg RPE-skala® samt applikationen Metronome. Den totala tiden för belastningstestet var 23 minuter innehållandes stegrande belastningsnivåer för att på så vis försöka nå HFmax. Testet utformades efter fem nivåer där nivå 2-4 utfördes på en kadens av 80 varv per minut (se tabell 3).

Tabell 3. Belastningstestets utformning.

	Tid (min)	Kadens	Borg RPE-skala®
Nivå 1	10	Valfri	10
Nivå 2	5	80	12
Nivå 3	5	80	15
Nivå 4	2	80	17-20
Nivå 5	1	Maximal	20

Samtliga försökspersoner inledde uppvärmningen på en belastningsnivå av 80 watt och bibehöll detta under nivå 1. Därefter avgjorde försökspersonernas gradering på Borg RPE-skala®, det vill säga den självupplevda ansträngningen (Borg, 1970), om samt hur mycket belastningen skulle öka inför nästa nivå. Under varje nivå avlästes och antecknades hjärtfrekvensen under de sista 30 sekunderna då försökspersonerna förhoppningsvis uppnått steady state. Vid nivå 4 och 5 var ambitionen att uppnå HFmax. Samma belastning användes under båda dessa nivåer med enda skillnaden att under den sista minuten, nivå 5, cyklade försökspersonerna med maximal kadens tills de inte orkade mer. Vid denna tidpunkt avlästes pulsen, som i detta test klassificerats som försökspersonens maximala hjärtfrekvens. Poängteras bör också att belastningen justerades en aning under samtliga nivåer, om så behövdes, beroende på om den upplevda ansträngningen inte motsvarade den önskvärda.

Databearbetning av belastningstest

Det högst uppmätta värdet på pulsen utgjorde HFmax. Under de följande träningspassen var avsikten att belastningsnivån skulle uppgå till 80 procent av HFmax varför beräkningar i Microsoft Excel 2010 gjordes utifrån puls och watt från de olika nivåerna i belastningstestet. Genom dessa beräkningar erhöles två värden, ett i watt och ett i puls, för vilken belastning som motsvarade 80 procent av HFmax som varje försöksperson skulle cykla och ro på.

Förberedelser inför testtillfällena

Inför mätningen av metabolismen uppmanades försökspersonerna att inta en standardiserad frukost, enligt deras preferenser, fyra timmar innan träningspassens start. För att standardisera måltiden fördes protokoll över vad alla försökspersoner åt till frukost vid deras första testtillfälle för att de skulle kunna äta samma vid deras andra testtillfälle. Dagen innan testerna ombads även försökspersonerna att utföra liknande fysisk aktivitet inför båda testtillfällena om så var möjligt. Ovanstående direktiv gavs för att minimera felkällor.

Utformandet av träningspasset

För att kunna jämföra försökspersonernas energisubstratanvändning efter uthållighetsträning utformades ett träningspass på 75 minuter med avsikten att ha en belastning om 80 procent av HFmax. Hallén och Ronglan (2011) samt Larsen och Mattsson (2013) framhåller att 80 procent av HFmax motsvarar den övre delen av det intervall vilket definieras som måttlig intensitet. Detta bidrog till den valda intensiteten eftersom syfte var att träna aerobt på måttlig intensitet med en relativt hög energiförbrukning. Träningspasset utfördes om intervaller på cykel och rodd för att erhålla omväxling i träningen och aktivera fler muskler. Träningen startade med 20 minuter cykel, följt av 10 minuter rodd, 20 minuter cykel, 10 minuter rodd och avslutningsvis 15 minuter cykel. En cykelergometer av märket Monark 818E Ergomedic eller Monark 828E Ergomedic användes till cykelintervallerna och roddmaskinen Concept 2 Dynamic användes till roddintervallerna. Vid träningspasset användes pulsband och pulsklocka (Polar RS300X) för att försöka se till att den belastningsnivå som beräknades under belastningstestet motsvarade 80 procent av HFmax under hela träningspasset. Roddmaskinen var inställd på belastning fem. Vid intervallerna på cykel eftersträvades en kadens om 80, vilket samma metronom som i belastningstestet användes till. Med utgångspunkt från den belastning som beräknats under belastningstestet justerades varje

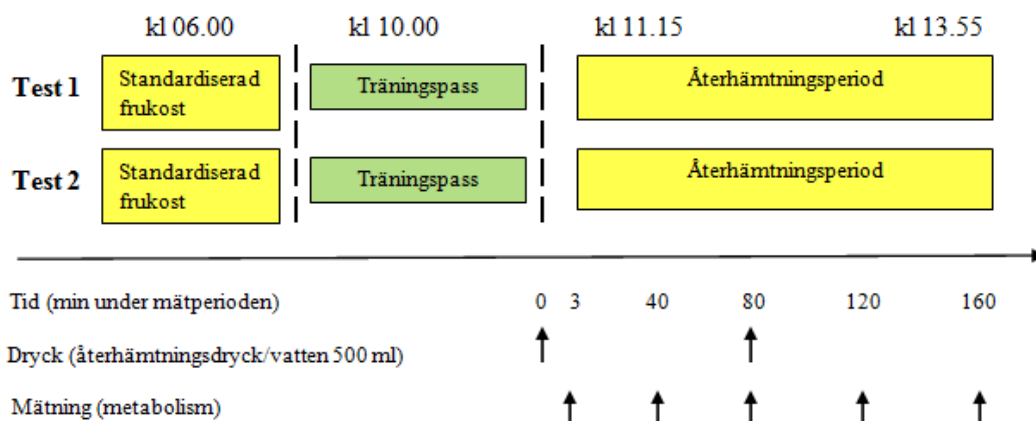
försökspersons individuella belastning på cykeln och därefter startades träningspasset. Om den beräknade belastningen inte var tillräcklig ändrades denna inom de 20 första minuterna tills önskvärd hjärtfrekvens erhöles.

Återhämningsdryck

Vid det träningsstillfälle när en återhämningsdryck skulle intas konsumerades denna direkt efter avslutad träning inom två minuter (se figur 2). Återhämningsdrycken bestod av 0,5 liter vätska innehållandes 1,2 gram kolhydrater per kilo kroppsvikt samt 20 gram protein, fastställt efter SOK:s (2009) rekommendation om återhämningsmål. Då marknaden representeras av många olika återhämningsprodukter valdes en utav dessa ut att representera återhämningsdrycken i denna studie. Valet av produkt baserades på dess innehåll, lättillgänglighet för den allmänna befolkning samt förmodan om produktens popularitet. För att återhämningsdrycken skulle innehålla rätt mängd kolhydrater i förhållande till vikt, enligt SOK (2009) kompletterades denna med extra tillsatt glukos. Ytterligare en återhämningsdryck, likt den första, intogs 80 minuter efter träningen (se figur 2) till följd av att rekommendationer om ännu ett mål mat bör intas en tid efter återhämningsmålet (SOK, 2009). Vid det andra träningsstillfället då en återhämningsdryck inte skulle intas konsumerades istället 0,5 liter vatten direkt efter avslutad träning samt efter 80 minuter (se figur 2).

Mätning av metabolismen under återhämningsperioden

Minut tre efter avslutat träningspass utfördes den första mätperioden innehållandes tre mätningar, en mätning per försöksperson, på utandningsluften då syreupptaget mättes via online-system. Utrustningen som användes för att mäta syreupptaget var en Jaeger, Oxycon Pro. Minut 40 efter träningen utfördes den andra mätperioden av syreupptaget och därefter utfördes ytterligare tre mätperioder var fjortonde minut under 160 minuters tid (se figur 2). Mätningen pågick under 5 minuters tid, för att uppnå steady state i andningen. Försökspersonerna var under hela återhämningsperioden stillasittande där en lugn atmosfär eftersträvades för att minimera förändringar i syreupptaget till följd av rörelse och andra sinnesintryck. Utrustningen som användes kalibrerades efter varje mätperiod och nollställdes efter varje mätning.



Figur 2. Fullständig metodöversikt. Visar tidpunkt för frukost, träningspass, återhämningsperiod samt tidpunkt för substratmätning och intag av återhämningsdryck eller vatten.

Med hjälp av en Jaeger, Oxycon Pro mättes den respiratoriska kvoten (RQ) som kvoten mellan syrgasupptag och koldioxidproduktion ($V'\text{CO}_2/V'\text{O}_2$), så kallad respiratory exchange ratio (RER) då den mäts oralt. Detta visar på vilket substrat som används eftersom olika substrat kräver olika syrgasmängder för att oxideras. Då RER är 1 motsvarar det att 100 procent kolhydrater används som energikälla och då RER är 0,7 är fett energikällan. Värden mellan 0,71–0,99 visar på att en blandning av kolhydrater och fett oxideras (McArdle et al., 2001).

Databearbetning för återhämtningsperioden

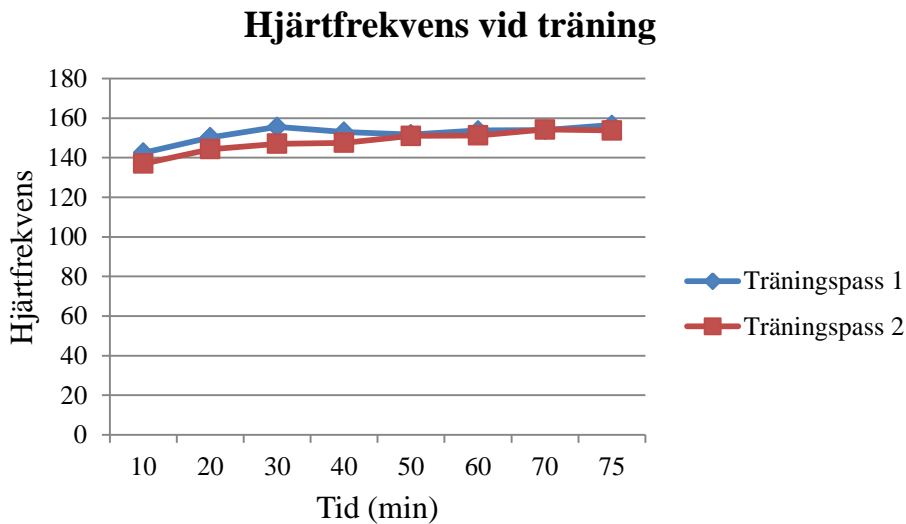
Data som insamlades under mätningarna av metabolismen analyserades med deskriptiv statistik där det aritmetiska medelvärdet beräknades med hjälp av kalkylprogrammet Microsoft Excel 2010. Medelvärdet för förbrukad syrgasmängd ($V'\text{O}_2$) och RER kalkylerades. Dock endast för de tre sista minuterna vid varje mätning som totalt omfattades av fem minuter. Till följd av detta utarbetades ett medelvärde per person för $V'\text{O}_2$ och ett för RER, vid varje mätperiod, det vill säga för varje försöksperson beräknades tio medelvärden. Därefter kalkylerades det sammanlagda medelvärdet för $V'\text{O}_2$ och för RER för samtliga försökspersoner. Statistikprogrammet StatView 5.0 användes för att beräkna signifikansnivå för de beräknade variablerna, RER och $V'\text{O}_2$. Detta gjordes med hjälp av en upprepad tvåvägs variansanalys där den accepterade signifikansnivån sattes till $P < 0,05$. Även medelvärdet för BMR beräknades med hjälp av Harris-Benedicts formel (McArdle et al., 2001) i Microsoft Excel 2010. För att en jämförelse med $V'\text{O}_2$ skulle vara möjlig kalkylerades BMR om till liter per minut ($\text{BMR l/min} = \text{BMR kcal}/7200$. Ett dygn motsvarar 1440 minuter och en liter syre motsvarar 5 kcal, $1440 \times 5 = 7200 \text{ kcal/liter O}_2/\text{dygn}$ (angett i minuter)).

Etiska överväganden

Vetenskapsrådet (u.å.) framhåller att det är av stor vikt att ta hänsyn till de forskningsetiska principerna som existerar. Med avseende på detta informerades försökspersonerna vid rekryteringen om syftet till varför studien utfördes samt hur experimentet skulle gå till väga. De blev även vid belastningstestet och träningspassen med tillhörande mätningar av metabolismen informerade om hur träningen och mätningen skulle utföras. Vidare blev försökspersonerna underrättade om att deras deltagande i studien var helt frivilligt och att de hade möjligheten att lämna studien om så var deras önskan. Försökspersonernas identitet var inte av relevans för studien och kom därför inte att redovisas. Personlig information om dessa behandlades endast utav testledarna för att uppnå största möjliga konfidentialitet och användes enbart till studiens ändamål. Försökspersonerna blev muntligt informerade om samtliga ovanstående etiska principer innan experimentet påbörjades.

Resultat

Försökspersonernas belastning, motsvarande 80 procent av HFmax, vid de två träningspassen redovisas som ett medelvärde i figur 3. Resultat konstaterar att samtliga försökspersoner erhöll två likartade testtillfällen. Detta var önskvärt och möjliggör en jämförelse mellan de två testtillfällena.

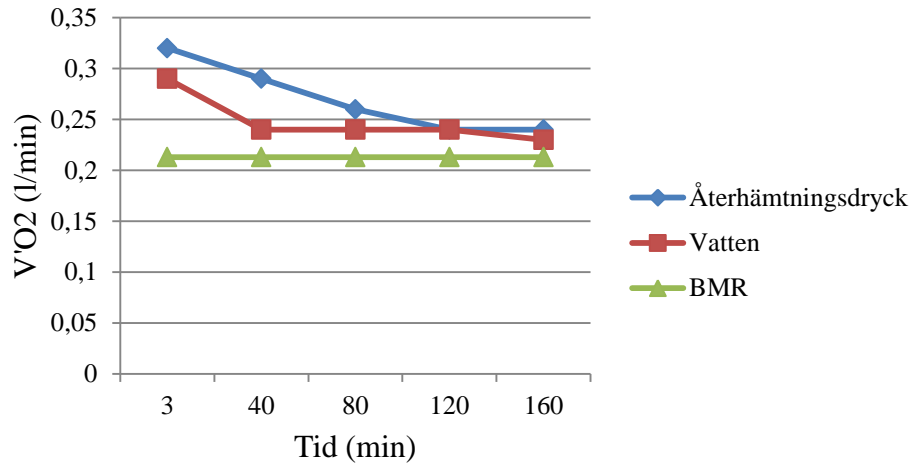


Figur 3. Medelvärde för hjärtfrekvensen av samtliga försökspersoner för träningspass 1 och 2.

Mätning av metabolismen under återhämtningsperioden

Figur 4 åskådliggör hur den förbrukade mängden syrgas inte skiljer sig signifikant beroende på om en återhämtningsdryck eller vatten intas efter träning. En signifikant ($P < 0,01$) minskning av förbrukad mängd syre i förhållande till tid under återhämtningsperioden kan dock utläsas. Vidare visas hur $V'O_2$ i minut 160, 0,23–0,24, nästintill motsvarar försökspersonernas BMR vid samma tidpunkt, 0,21.

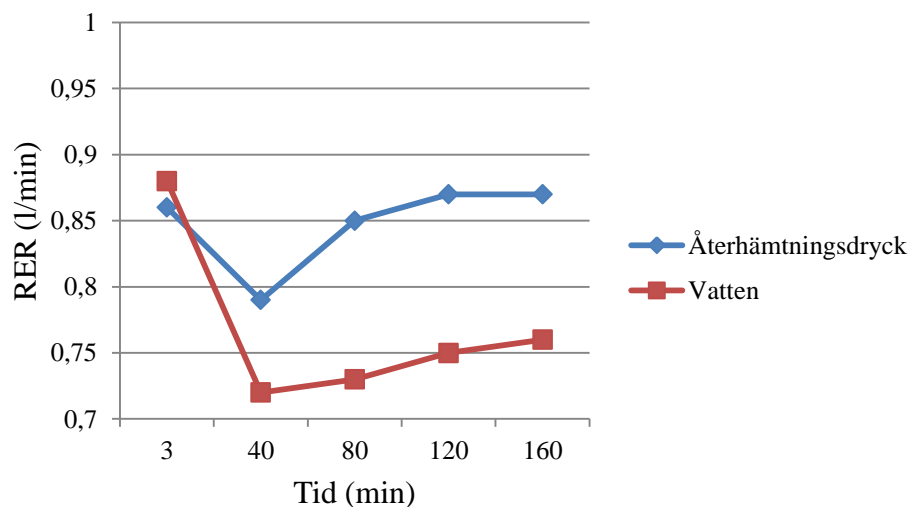
V'O2 under återhämtningsperioden



Figur 4. Genomsnittlig syreförbrukning vid mätning av metabolismen under återhämtningsperioden för återhämtningsdryck och vatten. Samt medelvärde av försökspersonernas BMR mätt i förbrukad mängd syrgas.

I Figur 5 redovisas hur energisubstratanvändningen skiljer sig signifikant ($P < 0,01$) vid intag av återhämtningsdryck i jämförelse med vatten. Minut 3 efter avslutad träning är utgångspunkten för mätningarna av substratanvändningen. Denna visar sig i figur 5 vara likvärdig för både återhämtningsdryck, RER 0,88, och för vatten, RER 0,86. Vid 40 minuter är RER 0,72 vid intag av vatten efter träningen, vilket tyder på att nästintill endast fett oxideras och används som energikälla. Efter 40 minuter ökar RER något, 0,73–0,76, men fett representerar fortfarande det största bidraget till energiomsättningen. Vid intag av återhämtningsdryck motsvarar RER 0,85 vid 80 minuter vilket visar på en energiomsättning där lika delar kolhydrater och fett oxideras. Mellan 120-160 minuter är RER 0,87 för återhämtningsdryck, det vill säga att mer kolhydrater än fett används vid energiomsättningen. Förändringen av RER är för både vatten och återhämtningsdryck signifikant över tid ($P < 0,01$).

RER under återhämtningsperioden



Figur 5. Genomsnittlig energisubstratanvändning för återhämtningsdryck och vatten under återhämtningsperioden.

Diskussion

Nedan diskuteras huruvida studien genom en experimentell design bidragit till ett resultat. Detta grundar sig utifrån den hypotetisk-deduktiva metoden och kan påvisa att nollhypotesen går att falsifieras.

Metoddiskussion

Urval

Då studien representeras av ett bekvämlighetsurval är möjligheterna att generalisera resultatet mindre än om ett slumpmässigt urval hade använts (Hassmén & Hassmén, 2008). Studien har för avsikt att uttala sig om vuxna människor, kvinnor och män, med tidigare träningserfarenhet som idag tränar med måttlig frekvens, det vill säga den allmänna befolkningen. Urvalet till denna studie består av individer som fanns nära till hands vid tillsättandet och som uppfyllde kriterierna för att medverka. Studien omfattar en homogen grupp vilket därmed ökar studiens interna validitet (Hassmén & Hassmén, 2008). En nackdel med studiens homogenitet kan dock vara åldersspridningen då denna är mycket liten och endast täcker in en liten del av den population studien vänder sig till. Enligt Hassmén och Hassmén (2008) är det vid användning av bekvämlighetsurval svårt att finna ett representativt urval för den population man vill uttala sig om, vilket minskar den externa validiteten. Då denna studie innefattar individer mellan 22-27 år är det endast möjligt att uttala sig om denna åldersgrupp. Dock kan resultatet av de mätningar som utfördes tänkas representera hela målgruppen då en minskad energiomsättning, om än liten, erhålls först efter 40 år. Något större skillnad visar sig dock från 65 års ålder (Manini, 2010). Vi är medvetna om att högre antal försökspersoner med en större åldersspridning i studien hade varit önskvärt för att kunna uttala oss om studiens allmängiltighet.

Bortfall

Det externa bortfallet som drabbade studien ersattes, som nämnt ovan, med en ny försöksperson. Den nya försökspersonen var en av författarna till denna uppsats. För att erhålla sex försökspersoner till studien ansåg vi, i samråd med vår handledare, att det var acceptabelt att denne medverkade. Att en försöksperson har stor insyn i studien skulle kunna ha påverkat utfallet i negativ bemärkelse med felaktiga resultat. Dock är det fysiologiska aspekter i kroppen som har studerats vilket vi bedömde var mycket svårt att påverka med teoretisk kunskap och kunskap om mätinstrumenten. Därmed ansåg vi att det inte skulle påverka resultatet att en författare deltog som försöksperson.

De två försökspersonerna som genom internt bortfall var tvungna att uteslutas ur studien har i vår bortfallsanalys förklarats av hyperventilering. Hyperventileringen visade sig då ventilationen översteg den normala, vilket har anträffats hos de båda bortfallen. Enligt Lännergren et al. (2012) är den normala ventilationen vid vila cirka 6 liter per minut. Bortfallen visar emellertid på värden upp emot 20 liter per minut under några mätningar.

Dock ska tilläggas att de inkluderade försökspersonerna inte kan klassas som helt vid vila då de vid mätningarna sitter upp, vilket förklarar deras ventilation som har medelvärdet 7,7 liter per minut med en standaravvikelse på $\pm 1,59$. Vid hyperventilering utandas överskottsmängder av koldioxid från kroppens koldioxidlager vilket medför att syrgasutbytet blir litet och RER överstiger 1,0 och kan därför inte representera metabolismen i cellerna (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Exempelvis kan detta utläsas av följande värde som en utav de försökspersoner som uteslöts ur studien hade. Vid mätning 80 minuter efter träning hade försökspersonen en ventilation motsvarande 15,6 liter per minut och ett RER på 1,15 liter per minut vilket tydligt visar på hyperventilering. Ett annat exempel som det andra bortfallet hade som tyder på hyperventilation inträffade tillika 80 minuter efter träningen då RER motsvarar 1,02 liter per minut då ventilationen var 15,0 liter per minut. Orsaken till att hyperventilering sker hos två försökspersonerna kan bero på olika anledningar. Potentiella orsaker kan vara att försökspersonerna har en mer nasal andning, vilket skulle göra det mer krävande att andas enbart genom munnen då en näsklämma användes, eller att personerna tyckte att det var obekvämt och hade svårt att slappna av. Vidare kan det diskuteras huruvida försökspersonerna försökte att anpassa andningen efter våra anvisningar om att andas lugnt och stillsamt vid mätningarna. Detta skulle kunna ha påverkat andningen i negativ bemärkelse för studiens resultatomfång då de kan ha ansträngt sig för att uppnå anvisningarna, exempelvis genom extra djupa andetag och då istället misslyckats med en normal andning.

Då de två interna bortfallen var män kan denna studie inte påvisa att det föreligger någon könsskillnad i metabolismen efter uthållighetsträning. Ambitionen var att inkludera tre män och tre kvinnor i studien för att eventuellt kunna uttala oss om en könsskillnad. Då detta inte var möjligt beräknades istället medelvärdet för samtliga försökspersoner.

Återhämtningsmålet

Enligt van Loon, Saris, Kruijshoop och Wagenmakers (2000) kan ett återhämtningsmål innehållandes 0,4 gram protein per kilo kroppsvikt bidra till att mängden kolhydrater kan reduceras till 0,8 gram per kilo kroppsvikt. Denna kombination har liknande effekt på återhämtning av energidepåerna likt endast 1,2 gram kolhydrater per kilo kroppsvikt. Vid intag av kolhydrater och protein som den kombination van Loon et al. (2000) framhåller kan således återhämtningsmålet energitäthet minskas. Detta kan tänkas vara betydelsefullt för dagens totala energiintag och på så vis vara ett bättre alternativ för den allmänna befolkningen än de rekommendationer SOK (2009) framhåller. Anledningen till att SOK:s (2009) rekommendationer använts i denna studie är till följd av att vi ansåg att dessa var mest lättillgängliga och att det är dessa rekommendationer vi tidigare bemött.

Belastningstestet

Då belastningstestet utfördes på cykel kan det ha påverkat att samtliga försökspersoner inte uppnått den individuella maximala hjärtfrekvensen. Larsen och Mattsson (2013) framhåller att löpning genererar i en högre maxpuls än cykling till följd av att fler och större muskelgrupper aktiveras samt att maxpulsen är grenspecifik. Det betyder således att de försökspersoner som inte är erfarna cyklister inte uppnår korrekt HFmax på cykel. Dock är maxpulsen grenspecifik och resultatet från belastningstestet kan därför användas som utgångspunkt för träningspassen

eftersom de huvudsakligen består av cykling. Detta oavsett om försökspersonerna är erfarna cyklister eller inte. Det viktigaste är framförallt allt att träningspass 1 och 2 för varje försöksperson blir likartade vilket också var fallet (se figur 3).

Träningspasset

En fundering kring träningspassets intensitet och duration råder. En intensitet på 80 procent av HFmax kan möjligtvis upplevas som hög för somliga i den allmänna befolkningen liksom att durationen om 75 minuter kan tyckas vara lång. Enligt Hallén och Ronglan (2011) är det möjligt att träna på en intensitet av 80 procent i upp till 90 minuter. Denna intensitet klassificeras som måttlig vilket motiverade utformandet av träningspasset. Dock finns individuella skillnader då exempelvis 80 procent av HFmax kan upplevas som högintensivt för en del samt att det kan vara problematiskt att upprätthålla den måttliga intensiteten i 75 minuter. Huruvida intensiteten och durationen motsvarar den allmänna befolkningens träningsvanor kan därför ifrågasättas. Försökspersonerna i denna studie kunde dock fullfölja hela träningspasset varför utformandet av detta motsvarade syftet med träningspasset för individer i åldrarna 22-27 år. Emellertid är träningspassets utformande ett medvetet val då strävan efter att optimera och kunna påvisa en eventuell skillnad mellan ett intag av återhämtningsdryck och vatten var önskvärd.

Mätning av metabolismen under återhämtningsperioden

För att eliminera faktorer som skulle kunna ha inverkan på resultatets utfall användes en standardiserad frukost vilken skulle intas fyra timmar innan träningspassets start. Varje försöksperson åt en frukost likt vad de vanligtvis konsumerar och dokumentation över varje försökspersons frukost gjordes. Detta eftersom det förekom ett uppehåll mellan de två träningspassen och det skulle kunna vara svårt för försökspersonerna att själva komma ihåg vad de ätit. Dock finns en möjlighet att försökspersonerna medvetet eller omedvetet inte följde anvisningarna om den standardiserade måltiden. Frukosten skulle kunna skilja sig åt vid de två testtillfällena eller att den intogs senare än de fyra timmar som var direktivet. Om så är fallet kan detta eventuellt haft en inverkan på resultatet. Likaså rekommenderades försökspersonerna att utföra liknande aktiviteter dagen innan testtillfällena för att erhålla samma förutsättningar. Detta tillsammans med frukosten kunde dock inte kontrolleras varför det finns risk att olika förutsättningar erhöles beroende på om hård fysisk aktivitet utfördes inför det ena testet men inte inför det andra och/eller om frukosten var annorlunda.

Eftersom försökspersonerna intog frukost fyra timmar innan träning och därefter endast fick konsumera den återhämtningsdryck eller vatten, som de blev tilldelade fram tills dess att mätningarna avslutades, fick de vid intag av vatten ett måltidsuppehåll på ungefär sju timmar. Huruvida detta är ett normalt kostintag som kan återspegla försökspersonernas vardagliga kan därmed diskuteras. Abrahamsson et al. (2013) menar att forskning på idrottare ofta sker på fastande mage för att minimera hot mot intern validitet men att detta inte liknar en idrottarens normala tillstånd. I denna studie har vi försökt minimera hoten mot den interna validiteten men samtidigt försökt efterlikna ett mer normalt tillstånd där frukost fick konsumeras. Tiden mellan frukost och träning var planerad att vara tre timmar, totalt sex timmars måltidsuppehåll, men på grund av dubbelbokning av utrustningen vid första testtillfället

försköts tiden en timma. För att få likvärdiga resultat från de återstående tre testtillfällena valdes därför att inneha fyra timmar mellan frukost och träning, det vill säga totalt cirka sju timmars måltidsuppehåll.

Utrustning

Vid mätning av metabolismen användes en Jaeger, Oxycon Pro för samla in data om försökspersonernas utandningsluft. Under testerna utfördes nollning av utrustningen mellan varje mätning samt kalibrering av utrustningen mellan varje mätperiod för att minimera mätfel. Kalibreringen av mätinstrumentet utfördes endast med syrgas. För att öka dess tillförlitlighet hade det varit önskvärt att den hade genomförts även med koldioxid. Detta fanns dock inte som alternativ i laboratoriet. Det finns alltså viss risk att Oxycon Pro har vissa mätfel, dock har dessa minimerats då utrustningen validerats ett fåtal dagar efter det att testerna genomfördes med goda resultat. Nollning, kalibrering och validering av mätinstrumentet tillsammans med testledarnas kunskap om utrustningen ökar studiens reabilitet likväl att samma testledare och samma instruktioner gavs inför varje testtillfälle.

Resultatdiskussion

Utgångspunkten för mätningarna av $V'O_2$ och RER är vid minut tre. I figur 5, där resultatet för RER presenteras kan ett likvärdigt resultat för både vatten och återhämtningsdryck utläsas vid denna utgångspunkt. Detta beror troligtvis på att kroppen inte ännu har hunnit absorbera den energi som återhämtningsdrycken bidrar med. Från och med minut 40 har kroppen absorberat återhämtningsdrycken varpå signifikanta skillnader finns. Den marginella skillnad som kan utläsas i början av återhämtningsperioden i resultatet för $V'O_2$ (se figur 4) kan bero på att det krävs något mer syre vid intag av återhämtningsdryck eftersom kolhydraterna behöver syre för transport till cellerna.

Metabolismen vid intag av vatten

Anledningen till att fett oxideras i högre grad än kolhydrater vid intag av vatten kan bero på att det vid träningspassen utsöndras katekolaminer. Dessa minskar insulinutsöndringen och ökar substrattillgängligheten av fria fettsyror och glukos i blodet för att tillgodose det ökade energibehovet (McArdle et al., 2001; Jeukendrup & Gleeson, 2014). Då träningen även aktiverar GLUT4 kan den glukos som frisätts i blodet upptas av cellerna och på så vis kan den jämna blodglukosnivå som kroppen hela tiden eftersträvar erhållas (Abrahamsson et al., 2013). När träningen avslutas aktiveras inte längre GLUT4 samt att nivåerna av katekolaminer sänks men låga insulinnivåer bibehålls. Detta medför att glukosfrisättningen från levern upphör i början av återhämtningsperioden eftersom blodglukosnivån hela tiden ska vara konstant (Fransson & Kvist, 1975). Då försökspersonerna befinner sig i vila under återhämtningsperioden är syretillgängligheten stor (Achten & Jeukendrup, 2003). Detta tillsammans med att glukosfrisättningen minskar markant och insulinnivåerna är låga bidrar till att de fria fettsyrorna som finns tillgängliga i blodet, som ett resultat av träningspasset, blir det substrat som är mest tillgängligt och som därför primärt kommer att oxideras och användas som energikälla (Newsholme & Leech, 1983).

Vidare kan det i figur 5 utläsas att RER stiger under återhämtningsperioden vid intag av vatten. Detta skulle kunna förklaras av att adrenalinutsöndring återgår till vilokoncentrationen efter några minuter då träningen avslutas vilket medför att lipolysen minskar. Då lipolysen minskar är det främst de fria fettsyror som frisätts under träningspasset som kommer att oxideras under återhämtningsperioden. Vid 40 minuter efter träning är tillgängligheten av de fria fettsyror som störst varför RER vid denna tidpunkt är som lägst (0,72, se figur 5). Successivt ökar troligtvis RER till följd av att efterförbränningen och koncentrationen av de fria fettsyror i blodet minskar. Samtidigt som lipolysen fortgår kommer fettsyroras glycerolföreningar att transporteras till levern och genomgå glukoneogenes. Den nybildade glukosen kommer att transporteras ut i blodbanan och bidra med energi varför RER efter hand ökar. Vid minut 160 motsvarar RER 0,76 vilket indikerar på att försökspersonernas efterförbränning avtar då de närmar sig det värde RER vanligtvis motsvarar vid vila, 0,78–0,8 (Kenny, Wilmore & Costill, 2012).

Metabolismen vid intag av återhämtningsdryck

Under återhämtningsperioden då återhämtningsdryck intas kan det lägsta värdet på RER urskiljas vid minut 40 (se figur 5). Anledningen till detta kan bero på att kroppen inte hunnit tillgodose sig den energi återhämtningsdrycken bidrar med full ut. Från och med minut 80 och resterande mätningar är RER 0,85–0,87. Varför resultatet visar på dessa siffror kan vara till följd av att träningspasset och de höga nivåerna av katekolaminer som bidrar till ökad frisättning av fria fettsyror i blodet (Jeukendrup & Gleeson, 2014) och att återhämtningsdrycken bidrar med glukos. Detta medför att substrattillgängligheten utgörs av kolhydrater och fett. Vid intag av återhämtningsdryck innehållandes kolhydrater kommer insulinutsöndringen att öka. Insulin stimulerar GLUT4 vilket medför att glukos upptas av kroppens celler och att energi kan utvinnas. Detta leder till att blodglukosnivån sänks samt att lipolysen hämmas (Lännergren et al., 2012) vilket sammantaget medför att mer kolhydrater än fett oxideras vid återhämtningsdryck jämfört med vatten.

Då vi lyckades att utföra mätningar under den delen av efterförbränningsperioden då effekten av efterförbränningen är som störst kan vi uttala oss om återhämtningsdryckens betydelse för substratanvändningen under återhämtningsperioden. Eftersom $\dot{V}O_2$ i minut 160 nästintill motsvarar BMR indikerar detta att efterförbränningen närmar sig slutet. Om maximerad fettoxidation är önskvärd, sett till ämnesomsättningen, bör en måltid inte intas förrän 160 minuter efter träning då efterförbränningens positiva effekter på fettoxidationen avtar.

Återhämtning

De rekommendationer som råder kring ett återhämtningsmål är konstruerade för elitidrottare och personer med ambition om att maximera sin prestation. För att uppnå prestation krävs en optimal återhämtning för att fylla på och återställa kroppens energilager (SOK, 2009). Enligt Heck et al. (2004) är dock prestationsförmågan multifaktoriell och återhämtningsmålet är således endast en liten del av en persons förmåga att uppnå prestation. Huruvida återhämtningsmålet bör anammas på personer som tränar 2-10 timmar per vecka kan därför diskuteras.

Vid en träningsfrekvens om 2-10 timmar per vecka är återhämningsperioden lång, förutsatt att träningen inte utförs två gånger per dag. Om det är mer än 24 timmar mellan träningspassen framhåller Burke et al. (2004) att glykogendepåerna kommer hinna bli återställda oavsett om ett återhämningsmål intas eller inte. Figur 5 i resultatdelen visar på att fettoxidationen är högre om ett återhämningsmål inte intas. Eftersom glykogendepåerna kan återställas genom dagens övriga måltider kan det därför vara önskvärt ur ett viktminskning och/eller fettreducerande syfte samt ur hälsosynpunkt att bibehålla den höga fettoxidationen som råder efter uthållighetsträningen. Emellertid råder en viss tvetydighet gällande fettoxidationen efter uthållighetsträning (Melanson et al., 2009).

Vårt resultat visar att ett återhämningsmål hämmar fettoxidationen som vid intag av vatten visat sig vara hög. Detta resultat överensstämmer inte med Kiens och Richters (1998) studie vilken visar på en hög fettoxidation i musklerna trots intag av ett återhämningsmål. Dock utförs träningen i denna studie tills glykogendepåerna är tömda, vilket vi inte kan uttala oss om i vår studie. Kiens och Richter (1998) menar att vid tömda glykogendepåer är muskelglykogeninlagringen ett metaboliskt prioriterat område varför den glukos som intas via återhämningsmålet används för att återställa dessa. Detta medför att fettoxidationen förblir hög trots ett återhämningsmål vilket strider mot vårt resultat. Det Kiens och Richter (1998) framhåller gäller som nämnt vid träning som medför tömda glykogendepåer vilket är en faktor vi inte har tagit hänsyn till. Det kan ifrågasättas om målgruppen för vår studie utför den typ av träning som innebär att de tömmer glykogendepåerna, vilket medför att resultatet i vår studie kan vara mer applicerbart till den undersökta åldersgruppen men även tänkas anammas av den tänkta målgruppen.

Det kan tyckas att studiens återhämningsmål bidrar med mycket energi för försökspersonerna. Att inta två återhämningsdrycker inom 80 minuter bidrog till att dessa i genomsnitt motsvarade 48-80 procent av försökspersonernas dagliga kolhydratbehov. Dock har träningspasset bidragit till att en stor mängd kolhydrater oxiderats. Då inga mätningar på metabolismen utfördes under träningspassets gång kan vi inte uttala oss med säkerhet om hur energisubstratanvändningen var fördelad under denna period. Dock kan den första mätningen vid minut 3 tänkas representera träningspassets energisubstratanvändning någorlunda då den första mätningen sker i mycket nära anslutning till träningspassets avslut. Om mätningen vid minut 3 används som indikator för träningspassets substratanvändning motsvarar denna att ungefär 60 procent kolhydrater och 40 procent fett oxiderats. Detta medför att mängden kolhydrater som oxideras under träningspasset kan tänkas kompenseras av återhämningsmålen. Dock bidrar uppskattningsvis återhämningsmålen med mer kolhydrater än de som oxiderats men inte med så mycket som 48-80 procent av försökspersonernas dagliga kolhydratbehov. Om ett återhämningsmål intas likt det van Loon et al. (2000) framhåller skulle en mindre mängd kolhydrater totalt sett konsumerats. Detta skulle kunna bidra till en förändrad fettoxidation varpå samma tydliga skillnad i RER som framkom i vår studie (se figur 5) eventuellt inte skulle kunna urskiljas.

Vid fysisk aktivitet och/eller negativ energibalans ökar proteinbehovet (Maughan & Burke, 2002). SOK (2009) rekommenderar ett intag om minst 10 gram protein direkt efter träning för att optimera proteinomsättningen. Campbell et al. (2007) understryker att personer som utövar styrketräning kräver ett högre proteinintag och är i större behov av korrekt timing av proteinintaget än individer som utför uthållighetsträning. Vi ifrågasätter därmed om personer i vår målgrupp är i behov av proteintimingen då målet för uthållighetsträning inte är att optimera muskelhypotrofi. Enligt Abrahamsson et al. (2013) är dagens totala proteinintag samt innehavandet av energibalans mer väsentliga för proteinomsättningen, vilket kan tänkas vara applicerbart för den allmänna befolkningen. Om ett återhämningsmål inte intas skulle det kunna medföra en ökad proteinnedbrytning. Hur omfattande nedbrytningen skulle kunna vara och hur den påverkar individen kan diskuteras. Dock kan det tänkas att intag av ett återhämningsmål endast innehållandes protein kan motverka proteinnedbrytningen och upprätthålla proteinsyntesen efter uthållighetsträning. Emellertid framhåller Kalogeropoulou, LaFave, Schweim, Gannon och Nuttall (2008) att enbart protein stimulerar till en begränsad men likväl större insulinutsöndring än intag av vatten. Kolhydrater i sig ger ytterligare insulinutsöndring varpå fettoxidationen reduceras. Hur omfattande insulinutsöndringen blir av enbart protein och hur denna påverkar fettoxidationen efter träning är något vi begrundat. Vi anser därför att sambandet bör undersökas närmare. En ökad proteinnedbrytning leder till en minskad muskelmassa vilket förändrar kroppssammansättningen och kan ses som negativt då detta minskar individens BMR och kroppens kapacitet att oxidera fett (Jeukendrup & Gleeson, 2014). Beträffande om det ökade proteinbehovet hos fysiskt aktiva och/eller individer med negativ energibalans tillgodoses kan det eventuellt bidra till att proteinnedbrytningen inte blir lika omfattande. Om proteinintagets effekt på fettoxidationen är liten kan det tänkas att ett återhämningsmål innehållandes enbart protein är önskvärt för att stimulera proteinsyntesen.

Gleeson (2007) menar att träning kan bidra till ett nedsatt immunförsvar till följd av hormonfrisättning. Jeukendrup och Gleeson (2014) framhåller att ett återhämningsmål direkt efter avslutad träning kan medföra att denna ökade infektionsrisk hämmas för idrottare. Kolhydrater är således en viktig energikälla för immunsystemets optimala funktion eftersom immunförsvarscellerna arbetar med en hög metabol hastighet. Fortsättningsvis menar de att en långvarig god näringsstatus bidrar till ett välfungerande immunsystem. Gleeson (2007) påpekar emellertid att regelbunden uthållighetsträning på måttlig intensitet genererar i minskad infektionsrisk, varför vi spekulerar i att ett återhämningsmål eventuellt inte behöver vara nödvändigt för individer i vår målgrupp ur immunförsvarsperspektiv på återhämtning. Avsaknaden av vetenskapliga belägg för den allmänna befolkningen gällande intag av kolhydrater efter uthållighetsträning och effekten av dessa på immunsystemet förekommer. De funna studierna inom detta område berör endast elitidrottare vilket bidrar till funderingar om återhämningsmålets inverkan på immunsystemet för vår målgrupp.

Viktninskning och fettreducering

Som nämnt tidigare är en förutsättning för viktnedgång att erhålla negativ energibalans (Lännergren et al., 2012; Thomas et al., 2012; Abrahamsson et al., 2013). Ett återhämningsmål bidrar med energi precis som vilket annat mål mat som helst varför det kan vara av vikt att diskutera om detta är nödvändigt. Resultatet av denna studie tyder på att ett återhämningsmål dessutom hämmar fettoxidationen. Vid viktninskning och/eller fettreducering är det dock önskvärt att optimera fettoxidationen. Det skulle kunna vara så att återhämningsmålets inverkan på lipolysen, till skillnad från intag av vatten, kan bidra till att mindre fett oxideras totalt sett. Om så är fallet kan detta påverka hela dagens fettmetabolism och därmed ha en inverkan på viktnedgång och/eller fettreducering samt medföra hälsofördelar. Enligt Lacour (2001) utgör fett den primära energikällan under EPOC vilket ses som positivt ur ett viktninskning och/eller fettreducerande syfte. Vid intag av återhämningsdryck visar dock vårt resultat att efter 80 minuter oxideras mer kolhydrater än fett. Detta bidrar till tankar om återhämningsmålets vara eller icke vara för att optimera fettoxidationen efter uthållighetsträning hos den undersökta åldersgruppen.

Melanson et al. (2009) framhåller att enbart fysisk aktivitet inte har en signifikant inverkan på fettoxidationen över ett dygn. Dock understryker dem att observationer kring små skillnader i RQ kunde utläsas hos individerna under träningsdagen. Denna marginella skillnad, vilken visar på en något högre fettoxidation, kanske inte kan registreras genom indirekt kalorimetri varpå resultaten inte visar på en tydlig skillnad. Poängteras bör att individerna i Melansons et al. (2009) studie befann sig i energibalans. De framhåller att den största effekten av träning på fettoxidation antagligen uppstår direkt efter träning. Detta indikerar även vår studie på och genom att utnyttja den höga fettoxidationen efter träning skulle detta kunna ha en inverkan över dygnets totala fettmetabolism.

Slutsatser och implikationer

Studiens huvudsakliga resultat tyder på att fettoxidationen efter träning hämmas vid intag av ett återhämningsmål hos individer mellan 22-27 år. Genom att undvika återhämningsmålet under återhämningsperioden, då efterförbränningen är som störst, kan fettoxidationen optimeras vilket kan ha en betydelse för personer som vill gå ner i vikt och/eller reducera sin fettmassa. Rekommendationerna kring återhämningsmål bör omformuleras, kompletteras och göras tillgängliga för den allmänna befolkningen. För att studiens resultat ska kunna gälla för den allmänna befolkningen som uthållighetsträning krävs vidare forskning med en större åldersspridning, könsfördelning samt fler inkluderade försökspersoner.

Fortfarande kvarstår frågor om hur fettoxidationen kan maximeras för att generera i viktnedgång och/eller fettreducering samt andra eventuella hälsofördelar. Vi förslår därför att vidare forskning inom området bör undersöka hur en ökad fettoxidation, genom undvikandet av återhämningsmål efter uthållighetsträning, kan påverka fettoxidationen under en längre tidsperiod och därmed bidra till viktninskning och/eller fettreducering. Intressant vore även att undersöka inverkan på immunsystemet och proteinomsättningen då ett återhämningsmål undviks. En ytterligare aspekt att ta hänsyn till är om en annan kombination av ett

återhämtningsmål intas och hur denna kombination påverkar fettoxidationen efter uthållighetsträning. En vidareutveckling av vår studie kan även vara att se till en eventuell förbättring av blodlipidkoncentrationerna, det vill säga högre koncentration av HDL och lägre koncentration av LDL, vid undvikandet av ett återhämtningsmål. Vid förbättrade blodlipidkoncentrationer kommer risken för hjärt- kärlsjukdomar att minska. Om undvikandet av ett återhämtningsmål visar sig ha en påverkan på den totala fettoxidationen och blodlipidkoncentrationerna kan långtidseffekterna komma att bli betydelsefulla för Sveriges folkhälsa.

Referenser

Abrahamsson, L., Andersson, A., & Nilsson, G. (Red.). (2013). *Näringslära för högskolan: Från grundläggande till avancerad nutrition*. Stockholm: Liber.

Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *International Journal of Sports Medicine*, 24(8), 603-608.

Bielinski, R., Schutz, Y., & Jèquire, E. (1985). Energy metabolism during postexercise recovery in man. *American Journal of Clinical Nutrition*, 42(1), 69-82.

Blomstrand, E., & Apró, W. (2009). *Kunskapsöversikt: Kost- och näringslära inom idrotten*. Stockholm: Riksidrottsförbundet.

Bohigian, G. M., Steinhilber Strong, R. M. J. P., Wagner Jr, H. N., Hendee, W. R., McGivney, W. T., Mondeika, T. D., . . . Skom, J. H. (1988). Treatment of obesity in adults. *Journal of the American Medical Association*, 260(17), 2547-2551.

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

Borghouts, L. B., & Keizer, H. A. (2000). Exercise and insulin sensitivity: A review. *International Journal of Sports Medicine*, 21(1), 1-12. doi: 10.1055/s-2000-8847

Burke, L. M., Angus, D. J., Cox, G. R., Gawthorn, K. M., Hawley, J. A., Febbraio, M. A., & Hargreaves, M. (1999). Fat adaptation with carbohydrate recovery promotes metabolic adaptations during prolonged cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), 91. doi:10.1097/00005768-199905001-00297

Burke, L. M., Kiens, B., & Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 15-30. doi:10.1080/0264041031000140527

Campbell, B., Kreider, R. B., Ziegenfuss, T., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., . . . Antonio, J. (2007). International society of sports nutrition position stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4(8), 8-14. doi:10.1186/1550-2783-4-8

Faskunger, J. (2013). *Fysisk aktivitet och folkhälsa*. Lund: Studentlitteratur.

Fransson, P., & Kvist, U. (1975). *Anatomi och fysiologi*. Uppsala: Liber.

Frayn, K. N. (2010). *Metabolic regulation: A human perspective*. Chichester: Wiley-Blackwell.

- Fogelholm, M. (2009). Mat och fysisk aktivitet för god hälsa. *Nordisk Nutrition*, (4), 7-9.
- Gibala, M. J. (2007). Protein metabolism and endurance exercise. *Sports Medicine*, 37(4-5), 337-340.
- Gleeson, M. (2007). Immune function in sport and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(2), 693-699. doi:10.1152/jappphysiol.00008.2007
- Hallén, J., & Ronglan, L. T. (2011). *Träningslära för idrotterna*. Stockholm: SISU Idrottsböcker.
- Hassmén, N., & Hassmén, P. (2008). *Idrottsvetenskapliga forskningsmetoder*. Stockholm: SISU Idrottsböcker.
- Heck, A. L., Barroso, C. S., Callie, M. E., & Bray, M. S. (2004). Gene–nutrition interaction in human performance and exercise response. *Nutrition*, 20(7), 598-602. doi: 10.1016/j.nut.2004.04.010
- Holloszy, J. O., & Booth, W. (1976). Biomechanical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual Review of Physiology*, 38, 273-291. doi: 10.1146/annurev.ph.38.030176.001421
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptions of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831-838.
- Jeukendrup, A. (2002) Regulation of fat metabolism in skeletal muscle. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 967, 217-235. doi: 10.1111/j.1749-6632.2002.tb04278.x
- Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2014). *Idrottsnutrition: För bättre prestation*. Stockholm: SISU Idrottsböcker.
- Kalogeropoulou, D., LaFave, L., Schweim, K., Gannon, M. C., & Nuttall, F. Q. (2008). Leucine, when ingested with glucose, synergistically stimulates insulin secretion and lowers blood glucose. *Metabolism*, 57(12), 1747-1752. doi:10.1016/j.metabol.2008.09.001
- Kiens, B., & Richter, E. A. (1998). Utilization of skeletal muscle triacylglycerol during postexercise recovery in humans. *American Journal of Physiolog*, 275(2), 332-337.
- Kenttä, G., & Svensson, M. (2008). *Idrottarens återhämtningsbok: Fysiologiska, psykologiska och näringsmässiga fakta för snabb och effektiv återhämtning*. Stockholm: SISU Idrottsböcker.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of sport and exercise*. Leeds: Human Kinetics.

Kruger, J., Galuska, D. A., Serdula, M. K., & Jones, D. A. (2004). Attempting to lose weight. *American Journal of Preventive Medicine*, 26(5), 402-406. doi:10.1016/j.amepre.2004.02.001

Krzentowski, G., Pirnay, F., Luyckx, A. S., Pallikarakis, N., Lacroix, M., Mosora, F., & Lefèbvre, P. J. (1982). Metabolic adaptations in post-exercise recovery. *Clinical Physiology*, 2(4), 277-288. doi: 10.1111/j.1475-097X.1982.tb00032.x

Lacour, J. R. (2001). Lipid metabolism and exercise. *La Revue du Praticien*, 51(12), 36-41.

van Loon, L. J. C. (2004). Intramyocellular triacylglycerol as a substrate source during exercise. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63, 301-307. doi:10.1079/PNS2004347

van Loon, L. J. C., Saris, W. H. M., Kruijshoop, M., & Wagenmakers, A. J. M. (2000). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), 106-111.

Lännergren, J., Westerblad, H., Ulfendahl, M., & Lundeberg, T. (2012). *Fysiologi*. Lund: Studentlitteratur.

Manini, T. M. (2010). Energy expenditure and ageing. *Ageing Research Reviews*, 9(1), 1-11. doi: 10.1016/j.arr.2009.08.002

Mattsson, C. M., & Larsen, F. (2013). *Kondition och uthållighet: För träning, tävling och hälsa*. Stockholm: SISU idrottsböcker.

Maughan, R. J., & Burke, L. M. (Ed.). (2002). *Sports nutrition: Handbook of sports medicine and science*. Oxford: Blackwell.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise Physiology: Energy, nutrition and human performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Melanson, E. L., MacLean, P. S., & Hill, J. O. (2009). Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 93-101.

Newsholme, E. A., & Leech, A. R. (1983). *Biochemistry and Molecular Biology Education*. Chichester: Wiley.

Nordic Council of Ministers. (2004). *Nordic Nutrition Recommendations 2004: Integrating nutrition and physical activity*. Köpenhamn: Nordic Council of Ministers.

Nordic Council of Ministers. (2014). *Nordic Nutrition Recommendations 2012: Integrating nutrition and physical activity*. Köpenhamn: Nordic Council of Ministers.

- Pillard, F., Van Wymelbeke, V., Garrique, E., Moro, C., Crampes, F., Guillard, J. C. ... Brondel, L. (2010). Lipid oxidation in overweight men after exercise and food intake. *Metabolism*, 59(2), 267-274. doi: 10.1016/j.metabol.2009.07.023.
- Sarna, S., & Kaprio, J. (1994). Life expectancy of former elite athletes. *Sports Medicine*, 17(3), 149-151. doi: 10.2165/00007256-199417030-00001
- Sidossis, L. S., & Wolfe, R. R. (1996). Glucose and insulin-induced inhibition fatty acid oxidation: The glucose-fatty acid cycle reversed. *American Physiological Society*, 270(4), 733-738.
- Speakman, J. R., & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62(3), 621-634. doi: 10.1079/PNS2003282
- Stisen, A. B., Stougaard, O., Langfort, J., Helge, J. W., & Madsen, K. (2006). Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. *European Journal of Applied Physiology*, 98(5), 497-506. doi:10.1007/s00421-006-0290-x
- Sveriges Olympiska Kommité (2009). *Kostrekommendationer för elitidrottare*. Stockholm: Sveriges Olympiska Kommité.
- Swift, D., Johannsen, N., Lavie, C., Earnest, C., & Church, T. (2014). The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 441-447. doi:10.1016/j.pcad.2013.09.012
- Tang, J. E., Hartman, J. W., & Phillips, S. M. (2006). Increased muscle oxidative potential following resistance training induced fibre hypertrophy in young men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(5), 495-501. doi: 10.1139/h06-026
- Tarnopolsky, M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20(7-8), 662-669.
- Thomas, D. M., Westerterp, K., Heymsfield, S. B., Bouchard, C., Church, T., Slentz, C., . . . Vossen, M. (2012). Why do individuals not lose more weight from an exercise intervention at a defined dose? An energy balance analysis. *Obesity Reviews*, 13(10), 835-847. doi:10.1111/j.1467-789X.2012.01012.x
- Valizadeh, A., Khosravi, A., & Azmoon, H. R. (2011). Fat oxidation rate during and after three exercise intensities in non-athlete young men. *World Applied Sciences Journal*, 15(9), 1260-1266.
- Vetenskapsrådet. (u.å.). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Stockholm: Vetenskapsrådet.

Wilkinson, S. B., Phillips, S. M., Atherton, P. J., Patel, R., Yarasheski, K. E., Tarnopolsky, M. A., & Rennie, M. J. (2008). Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *The Journal of Physiology*, 586(15), 3701-3717. doi:10.1113/jphysiol.2008.153916

Willbond, S., Laviolette, M., Duval, K., & Doucet, E. (2010). Normal weight men and women overestimate exercise energy expenditure. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(4), 377-384.