



Kunskapsöversikt: Kost- och näringslära inom idrotten



FoU-rapporter

- 2004:1 Ätstörningar – en kunskapsöversikt (Christian Carlsson)
- 2004:2 Kostnader för idrott – en studie om kostnader för barns idrottande 2003
- 2004:3 Varför lämnar ungdomar idrotten (Mats Franzén, Tomas Peterson)
- 2004:4 IT-användning inom idrotten (Erik Lundmark, Alf Westelius)
- 2004:5 Svenskarnas idrottsvanor – en studie av svenska folkets tävlings- och motionsvanor 2003
- 2004:6 Idrotten i den ideella sektorn – en kunskapsöversikt (Johan R Norberg)
- 2004:7 Den goda barnidrotten – föräldrar om barns idrottande (Staffan Karp)
- 2004:8 Föräldraengagemang i barns idrottsföreningar (Göran Patriksson, Stefan Wagnsson)
- 2005:1 Doping- och antidopingforskning
- 2005:2 Kvinnor och män inom idrotten 2004
- 2005:3 Idrottens föreningar - en studie om idrottsföreningarnas situation
- 2005:4 Toppningsstudien - en kvalitativ analys av barn och ledares uppfattningar av hur lag konstitueras inom barnidrott (Eva-Carin Lindgren, Hansi Hinic)
- 2005:5 Idrottens sociala betydelse - en statistisk undersökning hösten 2004
- 2005:6 Ungdomars tävlings- och motionsvanor - en statistisk undersökning våren 2005
- 2005:7 Inkilning inom idrottsrörelsen - en kvalitativ studie
- 2006:1 Lärande och erfarenhetens värde (Per Gerrevall, Samantha Carlsson och Ylva Nilsson)
- 2006:2 Regler och tävlingssystem (Bo Carlsson, Kristin Fransson)
- 2006:3 Fysisk aktivitet på Recept (FaR) (Annika Mellquist)
- 2006:4 Nya perspektiv på riksidrottsgymnasierna (Maja Uebel)
- 2006:5 Kvinnor och män inom idrotten 2005
- 2006:6 Utvärdering av den idrottspsykologiska profilen - IPS-profilen (Göran Kenttä, Peter Hassmén och Carolina Lundqvist)
- 2006:7 Vägen till elittränarskap (Sten Eriksson)
- 2006:8 Näridrott i skolmiljö (Björn Forsberg)
- 2006:9 Kartläggning av det idrottspsykologiska området med avseende på svensk elitidrott (Göran Kenttä)
- 2007:1 Idrotten Vill - en utvärdering av barn- och ungdomsidrotten (Lars-Magnus Engström, Johan R Norberg och Joakim Åkesson)
- 2007:2 Sexualisering av det offentliga rummet (Birgitta Fagrell, Jesper Fundberg, Kutte Jönsson, Håkan Larsson, Eva Olofsson och Helena Tolvhed)
- 2007:3 Det sociala ledarskapet (Martin Börjeson, Johan von Essen)
- 2007:4 Frivilligt arbete inom idrotten (Lars-Erik Olsson)
- 2007:5 Varumärkets betydelse inom idrotten (Anna Fyrberg, Sten Söderman)
- 2007:6 Analys av träningsstider inom föreningsidrotten - en studie av sju lagidrotter sett ur ett ålders- och könsperspektiv (Christian Augustsson, Göran Patriksson, Owe Stråhlman och Stefan Wangsson)
- 2007:7 Målstyrning och bidragsgivning inom svensk idrott (Johan Söderholm)
- 2007:8 Ekonomiska styrmedel inom ideella organisationer (Erik Lundmark, Alf Westelius)
- 2007:9 Näridrott i skolmiljö, etapp 2 (Josef Fahlén, Björn Forsberg)
- 2007:10 Doping - personlighet, motiv och moral i idrotten (Jesper Thiborg, Bo Carlsson)
- 2007:11 Eliten e' liten - men växer. Förändrade perspektiv på elitidrott (Mikael Lindfelt)
- 2008:1 Doping- och antidopingforskning - En inventering av samhälls- och beteendevetenskaplig forskning och publikationer 2004-2007 (David Hoff)
- 2008:2 Idrottens anläggningar – ägande, driftsförhållanden och dess effekter (Josef Fahlén, Paul Sjöblom)
- 2008:3 Idrottens roll i samhället II (Sara Sandström, Mats Nilsson)
- 2008:4 Vilka stannar kvar och varför? (Britta Thedin Jakobsson, Lars-Magnus Engström)
- 2008:5 Medlemskapet i den svenska idrottsrörelsen - En studie av medlemmar i fyra idrottsföreningar (Torbjörn Einarsson)
- 2008:7 Äldre en resurs för idrottsrörelsen (Margareta Johansson)
- 2008:8 Möjliga tekniklösningar för LOK-stöd, SISU verksamhet och antidoping (Kenneth Olausson, Stewe Gårdare, Torbjörn Johansson, Mikael Wiberg, Oskar Juhlin)
- 2009:1 Kunskapsöversikt: Styrketräning för barn och ungdom (Michail Tonkonogi)
- 2009:2 Kunskapsöversikt: Kost- och näringslära inom idrotten (Eva Blomstrand och William Apró)

Rapporterna kan beställas från Riksidrottsförbundets kundtjänst – kundtjanst@rf.se eller tel 08-699 62 03



9 789197 813037

Förord

Alla behöver vi mat och dryck för att överleva och må bra. Vi har stora möjligheter att tillgodose vårt grundläggande behov av näringsämnen. Ändå är sjukdomar, som kan förknippas med vad vi äter, mycket vanliga även i Sverige. Fetma, hjärt- och kärlsjukdomar, högt blodtryck och ”dålig mage” är ofta resultat av dåliga kostvanor. Genom att förbättra motionsvanorna och äta mer hälsosamt kan vi leva bättre, friskare och längre.

Bra matvanor är också naturliga och viktiga komponenter vid träning, tävling och återhämtning. Huvudlinjen är att eftersträva en närings- och energimässigt välbalanserad kost med hänsyn till olika typer av idrotter och som ofta har hög fysisk belastning. Ett idrottsaktivt liv i kombination med goda matvanor är även en bra strategi för att bromsa överviktsproblematiken hos barn, ungdomar och vuxna.

Riksidrottsförbundet gav därför Eva Blomstrand, docent i fysiologi och högskolelektor vid GIH Stockholm, i uppdrag att göra en kartläggning och genomgång av de vetenskapliga studier som publicerats om kost och idrottsutövning. William Apró, projektassistent inom fysiologi och näringslära vid GIH Stockholm, har medverkat i arbetets genomförande. Kartläggningen har resulterat i en kunskapsöversikt som kan ge underlag för framtida råd och kostrekommendationer.

Kunskapsöversikten är indelad i tre delar, där den första allmänt berör kostens betydelse för prestation, återhämtning och välbefinnande. I den andra delen diskuteras kostens betydelse för prestation och återhämtning i några specifika idrotter (cykel, fotboll, golf och löpning). I den tredje och avslutande delen redovisas en uttömmande referensförteckning.

Vår förhoppning är att kunskapsöversikten kan bidra till att tränare och ledare på olika nivåer inom idrottsrörelsen bättre kan tillgodogöra sig den vetenskapliga kunskapen inom nutritionsområdet samt att vi också inom vår utbildningsverksamhet kan använda de kunskaper som redovisas i rapporten.

Maja Uebel
Chef Idrottsutveckling
Riksidrottsförbundet

Innehåll

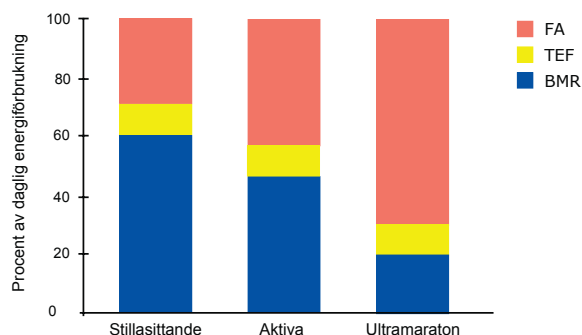
Kostens betydelse för prestation, återhämtning och välbefinnande	7
Energibalans – energibehov vid olika aktiviteter.....	7
Allmänt om olika substrat under träning.....	9
Betydelsen av kolhydrater	9
Uthållighetsarbete	9
Före träning.....	9
Orsaker till trötthet	10
Återhämtning efter träning.....	11
Kolhydratladdning.....	12
Styrketräning	12
Proteinbehov.....	14
Protein i samband med träning	15
Tidpunkt för intag ("Timing")	15
Proteinkvalité.....	16
Intag av fettsyror i samband med träning	17
Högt fettintag under längre tid.....	18
Uthållighetsträning.....	20
Styrketräning	23
Kosttillskott	24
Kreatin.....	24
Teoretisk bakgrund	24
Kreatin och prestation.....	24
Biverkningar.....	25
Koffein	26
Koffein och prestation	26
Dosering.....	27
Biverkningar.....	27
Vitaminer och mineraler.....	28
Vitaminer och mineraler och prestation.....	28
Antioxidanter och prestation.....	29
Barn och ungdomars särskilda behov.....	30
Äldres särskilda behov	32
Kvinnors särskilda behov.....	33
Framtida forskning	35
Sammanfattning.....	36
Kostens betydelse för prestation och återhämtning i några olika idrotter.....	38
Cykel.....	38
Fotboll.....	38
Löpning.....	40
Referenser	42

Kostens betydelse för prestation, återhämtning och välbefinnande

Kostens betydelse för hälsa och välbefinnande intresserar de allra flesta människor. Att kosten påverkar hälsan liksom den fysiska och psykiska prestationsförmågan råder det inga tvivel om. Hur den optimala kosten ser ut för olika grupper såsom unga, äldre, elitidrottare och motionärer är däremot inte lika känt men är ofta ett ämne för debatt. För den tränande individen påverkas resultatet av såväl de allmänna kostvanorna som näringsintaget i samband med träning. Det mest kända exemplet är kolhydraternas betydelse för prestationsförmågan i samband med uthållighetsarbete, men även protein har på senare år rönt allt större intresse då det visat sig ha en stimulerande effekt på nybildningen av muskelprotein framför allt i samband med styrketräning. I följande översikt kommer olika näringsämnen inverkan på prestation, återhämtning och hälsa att diskuteras med tyngdpunkt på vätska och energigivande näringsämnen då litteraturen inom dessa områden är betydligt mer omfattande än vad fallet är för icke energigivande näringsämnen.

Energibalans – energibehov vid olika aktiviteter

Den dagliga energiomsättningen utgörs av tre komponenter: basalomsättning, födans termogena effekt och fysisk aktivitet. Basalomsättningen vars storlek beror på kroppsstorlek och kroppssammansättning, dvs. relativa mängden fett respektive muskelmassa, utgör den största delkomponenten i energiomsättningen hos normalaktiva individer. Basalomsättningen hos kvinnor är lägre än hos män och lägre hos äldre än hos yngre beroende på olikheter i kroppssammansättning. Kvinnor och äldre personer har en högre andel kroppsfett och mindre muskelmassa vilket i stort sett helt och hållet förklarar skillnaden i basalomsättning. Basalomsättningen, ~ 5.5 MJ (1300 kcal) för unga kvinnor och ~ 7.1 MJ (1700 kcal) för unga män, utgör ~ 60 % av den totala energiomsättningen hos en inaktiv individ men endast ~ 45 % hos en manlig idrottare med en total energiförbrukning av 4000 kcal/dygn (17 MJ/dygn), se figur 1.



Figur 1

Basalomsättning (BMR), födans termogena effekt (TEF) och fysisk aktivitet (FA) i proportion till den dagliga energiomsättningen hos individer med olika aktivitetsnivå.

Födans termogena effekt, dvs. den ökning i energiomsättning som sker när näringsämnen metaboliseras, utgör ~ 10 % av energiomsättningen i båda fallen. Den faktor som väsentligen kan öka den dagliga energiomsättningen är fysisk aktivitet. Energiomsättningen varierar mellan olika idrotter, men många aktiviteter omsätter 10-20 kcal/min (squash, terränglöpning, längdskidåkning) (Åstrand & Rodahl, 1986). Beroende på träningsvolym och inten-

sitet varierar den dagliga energiomsättningen och som exempel på elitidrottare med väldigt hög energiomsättning kan nämnas skidåkare. När svenska landslagsåkares energiomsättning uppmättes med s.k. dubbelmärkt vatten, en metod som möjliggör mätningar över hela dygnet och även flera dygn i sträck fann man för de kvinnliga skidåkarna en energiomsättning av 15-20 MJ/dygn (3600-4800 kcal/dygn) och för de manliga åkarna 25-35 MJ/dygn (6000-8300 kcal/dygn) under en träningsvecka (Sjödin *et al.*, 1994).

energiförbrukningens storlek och även i viss mån mängden fett för att tillgodose det ökade energikravet. För en individ som är i negativ energibalans, dvs. energiförbrukningen är större än energiintaget, kommer muskelprotein att brytas ner huvudsakligen för att producera glukos och glutamin som är viktiga substrat för centrala nervsystemet respektive immunförvarets celler.

Idrott	Energiomsättning			
	(MJ/dygn)		(kcal/dygn)	
	Kvinnor	Män	Kvinnor	Män
Längdskidåkning	18	30	4300	7100
Multisport 24 tim		75		18000
Whitbread		19		4600
Tour de France		25		6000

Data från Sjödin *et al.* 1994, Branth *et al.* 1996, Saris *et al.* 1989, Enqvist *et al.* 2009

Tabell 1

Daglig energiomsättning hos idrottsmän/kvinnor som utövar olika typer av energikrävande aktiviteter.

I **tabell 1** anges energiomsättningen för några olika idrottsaktiviteter med höga energikrav. När det gäller triathlon och 24 tim multisport (cykel, löpning och rodd) har man använt sig av förhållandet mellan hjärtfrekvens och syreupptagning för att beräkna energiomsättningen (Enqvist *et al.*), medan data från Whitbreadseglingen är uppmätta med dubbelmärkt vatten (Branth *et al.*, 1996). Som jämförelse är energiomsättningen ~ 11 MJ/dygn hos en kvinnlig och 14 MJ/dygn hos en manlig motionär.

För en idrottare är det viktigt att vara i energibalans vilket kan vara svårt nog med hög energiförbrukning. Vid intag av en normalt sammansatt kost är risken minimal att idrottare inte täcker sitt näringsbehov av vitaminer och mineraler eftersom födointaget är så pass stort och behovet av dessa näringsämnen inte ökar eller endast ökar i mindre omfattning med ökande energiförbrukning. Behovet av kolhydrater och protein ökar däremot med

Allmänt om olika substrat under träning

Kolhydrater och fett är de huvudsakliga energikällorna vid fysisk träning. Vid lättare typ av träning är energibidraget från kolhydrater ~ 50-60 %. Med ökande intensitet ökar förbränningen av kolhydrater och vid maxarbete används enbart kolhydrater (Åstrand & Rodahl, 1986). Vidare, ju mer vältränad en individ är desto mer fett används som bränsle på en given submaximal belastning (Åstrand & Rodahl, 1986). En ytterligare faktor som påverkar substratvalet under arbete är kostens sammansättning. Innehåller kosten mycket kolhydrater ökar kolhydratförbränningen under arbete och tvärtom, dvs. en kost med högt fetthinnehåll ger en högre fettförbränning och lägre kolhydratförbränning på en viss given submaximal belastning (Christensen & Hansen, 1939; Helge *et al.*, 1996; Helge *et al.*, 2001). Även längden på arbetet påverkar substratvalet på så sätt att mer fett används efterhand som arbetet pågår. Protein som bränsle utgör i normala fall troligtvis mindre än 5 % av totala energiomsättningen under fysiskt arbete (Tarnopolsky, 2004).

Betydelsen av kolhydrater

Kolhydrater har en relativt enkel struktur och utgörs av monosackarider (glukos, fruktos och galaktos), disackarider, oligosackarider och polysackarider. Stärkelse som är den vanligast förekommande polysackariden i kosten står för ungefär hälften av kolhydratintaget. Enligt svenska näringsrekommendationer från 2005 bör kolhydrater utgöra 50-60 % av energin i kosten, vilket motsvarar ett intag av 300-350 g för en normalperson som inte är fysiskt aktiv. För en mer aktiv person med en energiomsättning av 10-14 MJ/dygn (2400-3300 kcal) motsvarar samma procentuella intag 350-450 g per dag. Rekommendationen för elitaktiva uthållighetsidrottare är att ~ 70 % av energin skall komma från kolhydrater eller 600-800 g per dag beroende på typ av träning, intensitet och träningsmängd. Ofta anges behovet i förhållande till kg kroppsvikt, rekommendationen varierar då mellan 6-10 g beroende på nämnda faktorer som påverkar energiomsättningens storlek (ACSM *et al.*, 2000). I de fall man skiljer på rekommendationen för män och kvinnor är behovet mindre per kg kroppsvikt för kvinnor på grund av den mindre muskelmassan.

Uthållighetsarbete

Före träning

När det gäller kolhydratintag innan träning brukar man rekommendera 150-200 g två till tre timmar före träning, men inga kolhydrater under de 30 min före träning på grund av risken för insulinpåslag och efterföljande hypoglykemi (lågt blodglukos) när själva träningen startar. Avsikten med kolhydratintag två till tre timmar innan träning är att fylla på förråden. Som exempel kan nämnas att efter intag av en kolhydratrik (2.5 g/kg kroppsvikt) frukost med högt glykemiskt index (snabba kolhydrater) ökade glykogenhalten i muskeln med 15 % under de efterföljande tre timmarna, medan ingen effekt på glykogenhalten sågs efter intag av samma mängd kolhydrater med lågt glykemiskt index (Wee *et al.*, 2005).

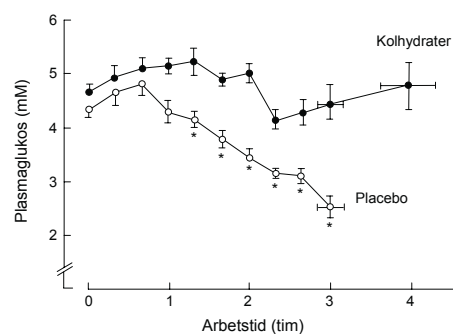
Under träning

Kroppens förråd av kolhydrater (glykogen) är endast ~ 400-500 g, varav ~ 100 g finns i levern och ~ 300-400 g i skelettmuskulaturen. Mängden glukos i blodet är ~ 5 g. Både lever- och muskelglykogen bryts ned under träning och i båda vävnaderna ökar nedbrytningen när träningsintensiteten ökar. När en vältränad löpare ökar intensiteten från 70-75 % till 85 % av maximal syreupptagning ökar nedbrytningen från 0.8 till 1.1 g/min i levern och från 1.5 till 3.8 g/min i muskeln (Saltin & Karlsson, 1971; Noakes, 1991). Nedbrytningen av muskelns glykogen ger direkt energi till muskeln. Leverns glykogen bryts ned till glukos och frisätts för att bibehålla blodglukosnivån, som annars sjunker då glukos används som substrat av muskeln. Vid cykelarbete motsvarande ~ 70 % av maximal syreupptagning är muskelns upptag av glukos ~ 0.6 g/min (0.3 g/min/ben) och vid maxarbete ~ 1.4 g/min (Katz *et al.*, 1986; Blomstrand & Saltin, 1999). Under energikrävande långvarigt arbete kan således glukosupptaget uppgå till 1 g/min hos vältränade individer, vilket innebär att mängden glukos i blodet endast räcker till fem minuters arbete om inte levern frisätter glukos. En relativt konstant nivå av glukos är viktigt för hjärnans funktion då glukos är dess enda bränsle i en normalsituation. Så småningom tar emellertid leverns glykogen slut och blodglukoshalten sjunker trots att glukoneogenesis ökar, dvs. bildningen av glukos från laktat, glycerol och vissa aminosyror (framför allt alanin) (Ahlborg *et al.*, 1974).

Orsaker till trötthet

Trötthet under långvarig träning är ofta relaterad till brist på kolhydrater. Vid högre intensiteter (> 70-75 % av maximal syreupptagning) är det muskelns glykogenlager som begränsar prestationsförmågan. När muskelns glykogen tar slut måste intensiteten sänkas och vid enbart fettförbränning är den intensitet som kan upprätthållas endast 50-60 % av den maximala (Davies & Thompson, 1979). Att ”gå in i väggen” kallas ett fenomen som många maratonlöpare har råkat ut för och som just beror på

att kolhydratlagren är slut och muskeln huvudsakligen är hänvisad till fett som bränsle. Vid lättare arbete är det däremot leverns glykogen som tar slut och man drabbas av hypoglykemi (Christensen & Hansen, 1939; Coyle *et al.*, 1986; Noakes, 1991). Tillförsel av kolhydrater upprätthåller blodglukoshalten och förbättrar på så sätt uthålligheten under långvarig träning (Coyle *et al.*, 1986; Tsintzas *et al.*, 1996; McConell *et al.*, 1999; Febbraio *et al.*, 2000; Foskett *et al.*, 2008), se **figur 2**.



Figur 2

Effekt av kolhydratintag på blodglukoshalt och uthållighet under standardiserat arbete på cykelergometer. Från Coyle *et al.* 1986.

Samma sak gäller precisionen i tennis som bibehålls vid kolhydratintag (Burke & Ekblom, 1982). Huruvida intag av kolhydrater även minskar nedbrytningen av muskelglykogen är mer oklart. Under cykelarbete ser man oftast ingen glykogensparande effekt (Fielding *et al.*, 1985; Coyle *et al.*, 1986; Hargreaves & Briggs, 1988), men däremot under löpning (Tsintzas *et al.*, 1996; Arkinstall *et al.*, 2001). Variationen kan bero på att man undersökt olika typ av arbete, med varierande intensitet och duration. Den kan också bero på att kolhydratintag har en glykogensparande effekt i vissa fibrer, vilket gör effekten svårare att upptäcka när analyser görs på muskelprover som innehåller både långsamma och snabba muskelfibrer. I samband med löpning fann man t.ex. en glykogensparande effekt i långsamma fibrer (Tsintzas *et al.*, 1995, 1996) till skillnad mot cykelarbete då en mindre glykogennedgång sågs i framför allt snabba fibrer (De Bock *et al.*, 2007; Stellingwerff *et al.*, 2007). I ett fåtal studier har man även rapporterat att förmågan till högintensivt arbete försämras när gly-

kogennivåerna sjunker under ~ 40 mmol/kg (Jacobs *et al.*, 1981; Heigenhauser *et al.*, 1983; Hargreaves, 2006).

Under långvarig träning rekommenderas ett kolhydratintag av 30-60 g/tim för att balanserar muskelns upptag av glukos och på så sätt upprätthålla blodglukosnivån. Vilken typ av kolhydrater som bör tillföras diskuteras ofta. Relativt nyligen visade man att oxidationen av tillförda kolhydrater är beroende inte enbart av mängden kolhydrater utan också vilken typ av kolhydrater som intas. En blandning av olika monosackarider gav en högre kolhydratoxidation än enbart glukos (se sid 20, Vätskebalans – vätskeintag).

Återhämtning efter träning

Inför nästa träningspass är det viktigt att återställa depåerna av glykogen i muskel och lever. Efter ett träningspass är transporten av glukos in i muskeln förhöjd liksom aktiviteten av det enzym (glykogensyntas) som reglerar nybildningen av glykogen. Aktiviteten av glykogensyntas är omvänt korrelerad till mängden glykogen i muskeln eller med andra ord när nivån av glykogen är låg är enzymaktiviteten som högst (Roch-Norlund *et al.*, 1972). Genom att tillföra snabba kolhydrater ökar frisättningen av insulin, som stimulerar både transporten av glukos in i muskeln och enzymet glykogensyntas (Holloszy, 2005; Hargreaves, 2006). Därmed förstärks effekten av enbart träning vilket är särskilt viktigt när upprepade träningspass genomförs samma dag. Bästa sättet att fylla på sina depåer är att inta kolhydrater så snabbt som möjligt efter träningen, väntar man två timmar minskar synteshastigheten med 45 % (Ivy *et al.*, 1988). En liten syntes av muskelglykogen har man även utan kolhydrattillförsel (0.4 g/tim, kg muskel), men den blir tre gånger så stor om man direkt efter träning tillför kolhydrater (1.4 g/tim, kg) (Ivy *et al.*, 1988). Om nästa träningspass eller tävling genomförs först nästa dag är det inte lika viktigt med snabbt intag av kolhydrater (Parkin *et al.*, 1997).

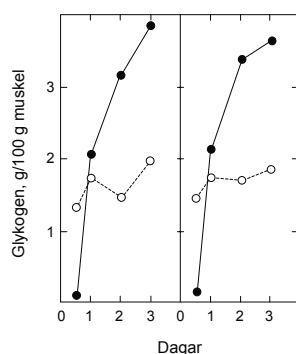
Ett samtida intag av proteinhydrolysat (protein som sönderdelats till små peptider och aminosyror) och/eller specifika aminosyror stimulerar insulinfrisättningen ytterligare och resyntesen av glykogen har i några undersökningar rapporterats öka (Zawadzki *et al.*, 1992; Ivy *et al.*, 2003). I andra studier ses dock ingen ytterligare effekt av proteinintag (van Hall *et al.*, 2000; van Loon *et al.*, 2000; Jentjens *et al.*, 2001; Betts *et al.*, 2008). Skillnaderna kan sannolikt till största delen förklaras av att energiinnehållet ökar när protein adderas till en kolhydratdryck, men kan också bero på att muskelglykogennivån efter träning (före kolhydrat- och proteinintag) varierat. I studien av van Hall och medarbetare mätte man glukosupptag i muskeln men fann ingen skillnad när protein adderades till kolhydrater, inte heller fann man någon skillnad i glykogensyntes under de efterföljande timmarna (van Hall *et al.*, 2000). Det stöder uppfattningen att protein inte har någon ytterligare effekt när tillräcklig mängd kolhydrater intas. En praktisk konsekvens är dock att kolhydrater kan kombineras med en mindre mängd protein och ge lika snabb återbildning av glykogen som enbart kolhydrater (se nedan).

Till elitidrottare brukar man rekommendera ~ 70-100 g inom en halvtimme efter avslutad träning och ytterligare 150-200 g under de följande två timmarna, alternativt 1.2 -1.5 g/kg kroppsvikt och timma (Ivy *et al.*, 2003). Eftersom protein tillsammans med kolhydrater ger lika snabb återbildning av glykogen som enbart kolhydrater skulle exempelvis 20 % av kolhydraterna kunna ersättas med protein under förutsättning att energiinnehållet motsvarar 5-6 kcal/kg kroppsvikt/tim. För en motionär är det lika viktigt med snabb tillförsel av kolhydrater som för en elitidrottare, men eftersom träningspasset ofta är kortare och glykogenförbrukningen mindre kan mängden reduceras. Det snabba upptaget av kolhydrater och proteinhydrolysat när dessa näringsämnen tillförs i dryckesform bör innebära en fördel jämfört med vanlig kost direkt efter ett träningspass. I en undersökning har man dock visat att intag av ~ 220 g ”rice/banana cake”

fördelat på två portioner, hälften direkt efter glykogenreducerande träning och andra hälften två timmar senare, gav samma inlagring av muskelglykogen som intag av motsvarande mängd kolhydrater i dryckesform (Reed *et al.*, 1989).

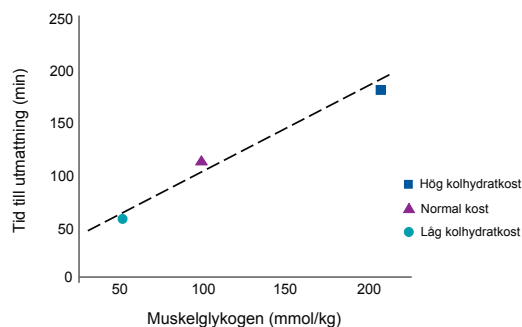
Kolhydratladdning

Kolhydratmängden i kroppen kan ökas genom kolhydratladdning, vilket första gången visades i den klassiska studien av Bergström & Hultman 1966 (Bergström & Hultman, 1966), se figur 3.



Figur 3
Förändring i koncentration av muskelglykogen vid intag av kolhydratrik kost dagarna efter cykellarbete med ett ben. Ofyllda symboler anger vilande ben och fyllda symboler anger det ben som tränat. Från Bergström & Hultman 1966.

Något senare publicerades resultat som visade att mängden glykogen i muskeln korrelerade till uthållighet (Bergström *et al.*, 1967), vilket ytterligare ökade intresset för kolhydrater i relation till prestation, se figur 4.



Figur 4
Relation mellan uthållighet och nivån av muskelglykogen vid arbetets början. Från Bergström *et al.* 1967.

Det upplägg som idag rekommenderas vad gäller kolhydratladdning (Adamsson, 2001) är nästan detsamma som användes i 1966 års studie. Fyra dagar innan tävling, t.ex. ett maratonlopp, genomförs ett eller flera långvariga hårda träningspass tillsammans med ett litet intag av kolhydrater. På så sätt reduceras glykogenlagren kraftigt, kanske till så låga nivåer som 10-20 % av normalnivå. Direkt efter sista träningspasset och de tre påföljande dagarna äter man så mycket kolhydrater som möjligt, minst 400 g (kvinnor) och 600 g (män) per dag och tränar inte alls eller endast lätt träning. På så sätt kan muskelns glykogenmängd fördubblas och leverns glykogen ökar med 30-60 % (Nilsson & Hultman, 1973; Noakes, 1991). Det bör påpekas att vältränade individer som generellt har betydligt högre koncentration av glykogen i muskeln, nivåer på mellan 165-180 mmol/kg (30-32 g/kg) har rapporterats hos tävlingscyklisterna (Hargreaves & Briggs, 1988), får en betydligt mindre effekt av kolhydratladdning än mer otränade individer som har en glykogenkoncentration av 80-100 mmol/kg muskel (14-18 g/kg).

Styrketräning

Till skillnad mot uthållighetsträning är kunskaperna betydligt mindre vad gäller styrketräning och kolhydratomsättning. Det beror med all säkerhet på att mätningar av syreupptagning och substratval inte är möjligt på grund av det intermittenta inslaget i träningen. Nedgången i muskelglykogen under 30-45 min styrketräning har rapporterats vara 20-40 % (Essen-Gustavsson & Tesch, 1990; Roy & Tarnopolsky, 1998; Haff *et al.*, 2003). Störst nedgång fann man i de snabba muskelfibrerna vars glykogenhalt reducerades med 44 % jämfört med 23 % i de långsamma fibrerna (Koopman *et al.*, 2006a). Tillsammans med observationen att laktathalten i blodet är relativt hög (8-12 mmol/l) under styrketräning tyder det på en betydande anaerob nedbrytning av glykogen (Haff *et al.*, 2003; Dreyer *et al.*, 2006; Mascher *et al.*, 2008).

Trots att glukos tas upp av arbetande muskel, dock i betydligt mindre utsträckning (60 mg/min/ben) än under uthållighetsarbete, förändras inte blodglukoshalten nämnvärt under styrketräning (Haff *et al.*, 2003; Durham *et al.*, 2004). Därför är det inte troligt att kolhydratintag påverkar prestationsförmågan på samma sätt som under uthållighetsträning då glukoshalten sjunker. Trots detta har effekten av kolhydrattillförsel studerats och resultaten varierar. I några undersökningar har prestationen förbättrats, försökspersonen orkade genomföra fler set i slutet av ett träningspass medan i andra studier ser man ingen effekt (Haff *et al.*, 2003; Baty *et al.*, 2007). En prestationshöjande effekt skulle kunna bero på att kolhydratintag stimulerar återbildningen av muskelglykogen i viloperioderna under träningen framför allt i de snabba muskelfibrerna. Det är svårt att se att kolhydratintag skulle ha en glykogensparande effekt *under själva träningen* eftersom kraftutvecklingen och därmed energikravet är så stort, vilket i hög grad stimulerar glykogenolysen (nedbrytningen av glykogen) och hämmar glukosupptaget (Newsholme & Leech, 1983; Katz *et al.*, 1986). En ytterligare effekt av kolhydratintag är att det stimulerar frisättningen av insulin och tillväxthormon och minskar frisättningen av kortisol (Conley & Stone, 1996; Haff *et al.*, 2003; Bird *et al.*, 2006). Dessa hormonella förändringar skulle kunna tänkas ha en uppbyggande effekt på muskulaturen, men i flera undersökningar har man visat att i frånvaro av protein/aminosyror är effekten av kolhydrater liten (Roy *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 2003; Borsheim *et al.*, 2004).

Styrketräning liksom uthållighetsträning ökar insulinkänsligheten (Koopman *et al.*, 2005) och snabb tillförsel av kolhydrater har därför en gynnsam effekt på glukostransport och återbildning av muskelglykogen. (Roy & Tarnopolsky, 1998). Även här har man således en fördel av snabb tillförsel av kolhydrater för att återställa glykogennivån i muskeln.

Behov och betydelse av protein

Aminosyror som bygger upp kroppens och födans olika proteiner delas generellt in i essentiella och icke-essentiella aminosyror. De essentiella aminosyror (9 av 20 aminosyror) kan kroppen själv inte tillverka och därmed krävs det att de tillförs via kosten. De icke-essentiella aminosyror kan tillverkas i kroppen vilket medför att de per definition inte är livsnödvändiga och således har vi inget egentligt behov av att få i oss dem via kosten, förutsatt att intaget av essentiella aminosyror är tillräckligt stort. I praktiken är det dock så att i stort sett alla livsmedel innehåller både de essentiella och de icke-essentiella aminosyror och därmed går det inte att medvetet utesluta den ena eller den andra gruppen. Kvaliteten på proteiner bestäms generellt utifrån innehållet av essentiella aminosyror och mängden av enskilda essentiella aminosyror kan variera mellan olika livsmedel. Med avseende på proteinkvalitet finns det således livsmedel av bättre och sämre kvalitet även sett ur träningsynpunkt.

Proteiner omsätts kontinuerligt i kroppens olika vävnader. Slutresultatet är beroende av om syntes eller nedbrytning dominerar. Muskel tillväxt uppnås när nybildningen överstiger nedbrytningen av muskelprotein och förlust av muskelmassa när förhållandet är det omvända. Byggmaterialet till nybildningen av vävnadsprotein, dvs. aminosyror, fås från maten via dess proteininnehåll men även från kroppsegna aminosyror som frigörs via proteinnedbrytningen i kroppen och därmed kan återanvändas för proteinuppbyggnad. Aminosyroras huvudsakliga funktion är att användas som utgångsmaterial för nya vävnadsproteiner men kan även användas som energikälla av olika organ. Exempelvis kan vissa aminosyror förbrännas direkt i arbetande muskel, men de kan även bidra med energi genom att först omvandlas till glukos i levern under förhållanden då det är brist på kolhydrater i kroppen. Oxidation av aminosyror under träning bidrar emellertid endast med några få procent till energileveransen (Tarnopolsky, 2004). Förutom att agera

som byggstenar och energikälla, fyller aminosyror och proteiner många andra viktiga funktioner i kroppen. Exempelvis består ett flertal av kroppens hormoner och enzymer av proteiner medan många signalsubstanser i hjärnan utgörs av olika aminosyror eller peptider. Det är därför lätt att konstatera att protein är ett viktigt näringsämne och att det därmed är av yttersta vikt att det dagliga behovet av protein tillgodoses för god hälsa.

Proteinbehov

Den rådande definitionen av proteinbehov är det *lägsta proteinintaget för upprätthållandet av kvävebalans* (Rand *et al.*, 2003). Med kvävebalans avses lika stor tillförsel av kväve via kosten som utsöndring ur kroppen, **se figur 5**.

$$N_{\text{balans}} = N_{\text{kost}} - (N_{\text{urin}} + N_{\text{feces}} + N_{\text{hud}})$$

Figur 5

Bestämning av kväve(N)balans.

Eftersom kväve i praktiken endast tillförs via protein i kosten och utsöndras när dessa bryts ner kan man använda kvävebalansstudier för att fastställa proteinbehovet. Mer eller mindre alla officiella rekommendationer gällande proteinintag runt om i världen är baserade på kvävebalansstudier (Rand *et al.*, 2003). Aktuella rekommendationer från WHO (NNR, 2004) anger ett proteinintag på 0.8 g protein/kg kroppsvikt/dag som en adekvat mängd för upprätthållande av kroppens kvävebalans (Rand *et al.*, 2003). De Nordiska näringsrekommendationerna (NNR) följer dessa rekommendationer. Ett rekommenderat proteinintag kan även anges i energiprocent (E %) och uttryckt i E % motsvarar 0.8 g/kg/dag ca 8-10 E % protein. NNRs rekommendation är att proteinintaget bör utgöra mellan 10-20 % av dagens totala energiintag. I de nordiska länderna är proteinintaget mellan 14-18 E % vilket alltså är högre än det lägsta rekommenderade proteinintaget.

Huruvida ovan nämnda rekommendationer och intag är tillräckliga för fysiskt aktiva individer har varit omdebatterat under lång tid. I dessa rekommendationer har det inte tagits någon särskild hänsyn till fysisk aktivitet utöver den vardagliga aktiviteten som får betraktas som endast måttlig. Fysiskt arbete har en stor inverkan på arbetande muskulatur. Både nybildning och nedbrytning av muskelmassa ökar till följd av träning, framför allt styrketräning (Biolo *et al.*, 1995). I samband med uthållighetsträning ökar oxidationen av aminosyror (Lamont *et al.*, 1990; Phillips *et al.*, 1993; Lamont *et al.*, 1999; McKenzie *et al.*, 2000) och vid excentrisk moment i träningen kan intracellulära förändringar uppstå (Friden *et al.*, 1983). Utifrån dessa fynd har det argumenterats att fysiskt aktiva individer har ett ökat proteinbehov (Manore, 2005).

En stor majoritet av utförda studier visar också att fysisk aktivitet medför ett ökat proteinbehov och har följaktligen funnit att den allmänna rekommendationen på 0.8 g/kg/dag inte är tillräcklig för denna grupp av individer (Tarnopolsky *et al.*, 1988; Brouns *et al.*, 1989a, b; Friedman & Lemon, 1989; Meredith *et al.*, 1989; Lemon *et al.*, 1992; Tarnopolsky *et al.*, 1992; Phillips *et al.*, 1993; Lemon *et al.*, 1997; Gaine *et al.*, 2006). Det finns dock studier som har visat att proteinbehovet förblir oförändrat gentemot rekommendationen på 0.8 g/kg/dag, trots ökad fysisk aktivitet (Butterfield & Caloway, 1984; Todd *et al.*, 1984). Skillnaderna kan eventuellt förklaras av att kvävebalansmetoden har flera tillkortakommanden (Rand *et al.*, 2003), vilket medför en viss osäkerhet i resultaten. Den samlade bilden från majoriteten av utförda studier visar dock att proteinbehovet, utifrån kvävebalansmätningar, uppgår till mellan 1.2-1.8 g/kg/dag för fysiskt aktiva individer (Tarnopolsky *et al.*, 1988; Brouns *et al.*, 1989a, b; Friedman & Lemon, 1989; Meredith *et al.*, 1989; Lemon *et al.*, 1992; Tarnopolsky *et al.*, 1992; Phillips *et al.*, 1993; Lemon *et al.*, 1997; Gaine *et al.*, 2006). Det har dock ifrågasatts huruvida de uppmätta proteinbehoven från studierna ovan verkligen är korrekta

(Tarnopolsky *et al.*, 1988). Det finns information som talar för att siffrorna i den övre delen av skalan (1.8 g/kg/dag) är överskattningar av det verkliga behovet. Den samlade bilden som framträder tyder dock på att fysiskt aktiva individer faktiskt har ett högre proteinbehov än icke-aktiva. Tyngdpunkten ligger snarare på hur mycket större behovet faktiskt är. I senare analyser av tillgängliga data har proteinbehovet för fysiskt aktiva bedömts vara ca 1.1-1.3 g protein/kg/dag (Phillips, 2006).

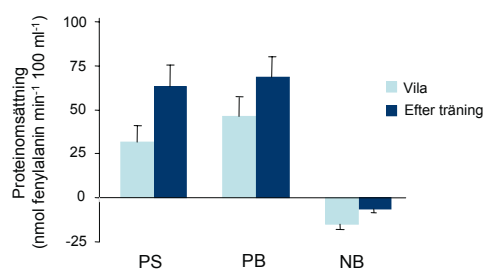
Ett flertal officiella organisationer har gått ut med rekommendationer om att fysiskt aktiva individer bör konsumera mellan 1.2-1.8 g protein/dag för att täcka det ökade behovet hos denna grupp (ACSM *et al.*, 2000; Manore, 2005; IAAF, 2007). Dessa organisationer inkluderar bl.a. amerikanska Institute of Medicine (Manore, 2005), internationella friidrottsförbundet (IAAF) (IAAF, 2007), American College of Sports Medicine (ACSM) (ACSM *et al.*, 2000) samt amerikanska (ADA) (ACSM *et al.*, 2000) och kanadensiska (DC) (ACSM *et al.*, 2000) dietistförbunden. Dessa rekommendationer uppnås utan vidare problem med en allsidig och varierad kost utan att särskild hänsyn behöver tas till proteininnehållet i kosten, förutsatt att energiintaget är adekvat (ACSM *et al.*, 2000; Manore, 2005; IAAF, 2007). Undersökningar visar att individer involverade i både uthållighets- och styrkeidrotter generellt konsumerar proteinmängder inom och ofta över det ovan angivna intervallet (Phillips, 2004; Tarnopolsky, 2004). Det finns dock individer och grupper av fysiskt aktiva vars proteinintag ibland kraftigt understiger deras behov, t.ex. kvinnor som begränsar sitt energiintag i viktminskningssyfte eller följer en vegetarisk kosthållning (ACSM *et al.*, 2000; Manore, 2005).

Protein i samband med träning

Tidpunkt för intag ("Timing")

På senare år har man identifierat ytterligare faktorer utöver kostens totala proteininnehåll

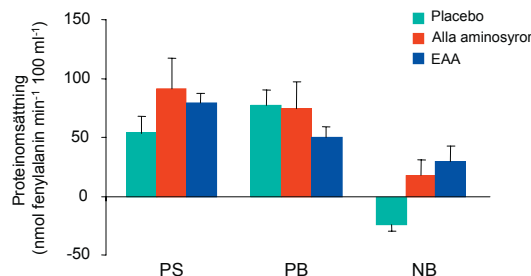
som anses vara av betydelse för träningsresultaten. Flera av de senare årens studier har fokuserat på hur träningseffekten påverkas av valet av tidpunkt då protein/aminosyror tillförs i anslutning till ett träningspass. Det är välkänt att exempelvis ett enskilt styrketräningspass utfört i ett fastande tillstånd medför en negativ proteinbalans, dvs. nedbrytningen av muskelprotein är större än syntesen under de efterföljande timmarna (Biolo *et al.*, 1995; Phillips *et al.*, 1997; Phillips *et al.*, 1999), se **figur 6**.



Figur 6

Effekt av ett styrketräningspass i fastande tillstånd på proteinomsättningen i viloperioden efter arbete. PS: proteinsyntes, PB: proteinnedbrytning och NB: nettobalans. Från Biolo *et al.* 1995.

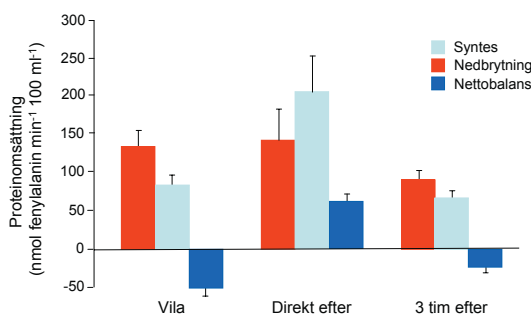
För att det individuella styrketräningspasset ska resultera i positiv proteinbalans är det nödvändigt att tillföra proteinhydrolysat eller aminosyror i samband med träningen (Biolo *et al.*, 1997; Tipton *et al.*, 1999a), se **figur 7**.



Figur 7

Effekt av nutrition i form av essentiella aminosyror på proteinomsättningen efter ett styrketräningspass. PS: proteinsyntes, PB: proteinnedbrytning och NB: nettobalans. Från Tipton *et al.* 1999.

I senare studier har man därför undersökt mer noggrant när protein bör tillföras för att få bästa resultat. Med avseende på timing har det visats att tillförsel av essentiella aminosyror tillsammans med kolhydrater direkt före ett styrketräningsspass stimulerar nybildningen av muskelprotein i större utsträckning än om samma mängd aminosyror och kolhydrater tillförs direkt efter passet (Tipton *et al.*, 2001). Däremot verkar det inte vara någon skillnad i nybildningen av muskelprotein mellan att inta aminosyrorna en eller tre timmar efter träningspasset (Rasmussen *et al.*, 2000). Tillförsel av intakt protein (vassleprotein) gav emellertid inte någon skillnad i effekt när proteinet intogs direkt före eller direkt efter styrketräning (Tipton *et al.*, 2007). Förklaringen kan vara att nedbrytning och upptag av aminosyror från vassleprotein är långsammare än upptaget av fria essentiella aminosyror och att fördelen med att ta tillskott innan träningen därmed försvinner. Studier på uthållighetsträning är få till antalet, men man har sett att proteinintag direkt efter arbete resulterar i bättre proteinbalans jämfört med när protein intas tre timmar efter arbete (Levenhagen *et al.*, 2001), se **figur 8**.



Figur 8

Betydelsen av tidpunkt för näringstillförsel efter ett uthållighetsarbete. Kolhydrater och protein intogs direkt efter eller 3 tim efter träningspasset. Från Levenhagen *et al.* 2001.

Långtidseffekterna av att inta protein nära inpå träningspasset är inte så välundersökta men några studier finns där protein tillsammans med andra näringsämnen intagits. I en undersökning har man visat att när vana styrketränande individer intog ett tillskott av protein, glukos och kreatin precis före och direkt

efter passet, fick de större muskeltillväxt efter tio veckors träning jämfört med när proteintillskottet intogs morgon och kväll (Cribb & Hayes, 2006). I en annan studie som genomfördes på äldre personer fann man en större muskeltillväxt efter 12 veckors regelbunden styrketräning när proteinhydrolysat tillsammans med kolhydrater och fett intogs direkt efter styrketräningsspassen jämfört med två timmar senare (Esmarck *et al.*, 2001).

Sammantaget visar ett antal undersökningar att det föreligger fördelar med att inta protein/aminosyror nära inpå träning, i synnerhet styrketräning, med avseende på proteinbalans. Den akuta träningsresponsen är dessutom representativ för responsen sett över ett helt dygn (Tipton *et al.*, 2003) och långtidseffekterna av träning är med största sannolikhet resultatet av den kumulativa effekten av varje enskilt pass (Rennie *et al.*, 2004). Eftersom det endast finns ett fåtal långtidsstudier som undersökt effekten av proteinintag i samband med träning är det svårt att dra några säkra slutsatser, men det verkar sannolikt att träningseffekten förbättras av proteinintag i samband med träning även på lång sikt.

Proteinkvalité

Hittills har det konstaterats att fysiskt aktiva individer troligtvis behöver mer protein än inaktiva samt att det är positivt ur tränings-synpunkt att tillföra protein/aminosyror i samband med träningspasset. Ytterligare en faktor som kan påverka träningsresultatet är kvaliteten på proteinet och aminosyrorna som intas. Med avseende på fria aminosyror har det visat sig att den muskeluppbyggande effekten som uppstår när aminosyror intas i samband med träning endast förmedlas av de essentiella aminosyrorna (Tipton *et al.*, 1999b; Borsheim *et al.*, 2002), se **figur 7**. Tillförsel av högkvalitativa proteiner som exempelvis mjölk-, ägg- och soja har visats stimulera muskeluppbyggnad när det skett i samband med ett träningspass (Tipton *et al.*, 2004; Elliot *et al.*, 2006; Moore *et al.*, 2009), men även här tyder resultaten på

skillnader med avseende på träningsresultat. Exempelvis stimulerar mjölk nybildningen av protein i större utsträckning än en motsvarande sojadryck i samband med styrketräning, både vid ett enstaka träningspass (Wilkinson *et al.*, 2007) och på längre sikt (Hartman *et al.*, 2007). Mängden essentiella aminosyror som krävs för att maximalt stimulera nybildningen av muskelprotein i samband med styrketräning bedöms vara runt 10 g medan mängden intakt protein bedöms vara ca 20 g (Tang & Phillips, 2009). Den större mängden intakt protein beror på att intakt protein även innehåller icke-essentiella aminosyror.

Behov och betydelse av fett

Fett som näringsämnen fyller flera viktiga funktioner för fysiskt aktiva individer. Jämfört med kolhydrater är fett mer än dubbelt så energirikt vid samma vikt och det är sedan länge känt att kroppens kolhydratlager i form av lever- och muskelglykogen är begränsade medan kroppens förmåga att lagra fett verkar obegränsad. Därutöver lagras kolhydrater tillsammans med vatten vilket medför att för varje gram lagrat glykogen lagras även 2-3 gram vatten (Newsholme & Leech, 1983). Lagring av fett i kroppen sker dock i stort sett utan vatten vilket tillsammans med fettets höga energiinnehåll medför att fett är en väldigt effektiv energikälla utifrån lagringssynpunkt. Därutöver medför fettintag även intag av fettlösliga vitaminer samt essentiella fettsyror som behövs för god hälsa.

Intag av fettsyror i samband med träning

Idén att tillföra fett under fysisk aktivitet bygger på det faktum att muskelns bränsleval delvis styrs av tillgängligheten av substrat i blodet (Newsholme & Leech, 1983). Man har också visat att fettutnyttjandet i muskeln ökar när mängden fettsyror i blodet ökar (Newsholme & Leech, 1983), vilket skulle kunna ha en glykogensparande effekt under träning och tävling och därmed öka prestationsförmågan. Utifrån detta resonemang har man undersökt effekten av tillförsel av olika typer av fetter före och under träning (Helge, 2002; Jeukendrup & Aldred, 2004; Burke & Hawley, 2006).

Från ett strukturellt perspektiv består fett i kosten av fettsyror med olika längd. Dessa delas generellt in i korta, medellånga och långa fettsyror. Fettsyrorna förekommer dock sällan i fri form utan sitter sammankopplade med en glycerolmolekyl och tillsammans bildar de det som i dagligt tal benämns som fett eller triglycerider. Fettinnehållet i vår kost utgörs huvudsakligen av s.k. långkedjade fettsyror medan en mindre del utgörs av fetter med medellånga

kedjor (Jeukendrup & Aldred, 2004). Ett flertal studier har undersökt huruvida tillförsel av långkedjat fett före och under träning skulle påverka musklernas bränsleval och prestation. Resultaten är blandade men majoriteten av undersökningarna har inte kunnat påvisa någon inverkan av tillförsel av långkedjat fett på vare sig bränsleval eller prestation (Jeukendrup & Aldred, 2004; Burke & Hawley, 2006).

Fetter med medellånga fettsyror har flera egenskaper som medför att de behandlas annorlunda av kroppen än långkedjade fetter. Medan långkedjade fetter absorberas långsamt från magtarmkanalen tas de medellånga fetterna upp snabbt i blodet (Jeukendrup & Aldred, 2004). Till skillnad från de långkedjade fetterna som huvudsakligen lagras i kroppen efter en måltid används de medellånga fetterna huvudsakligen till energiproduktion. I flera avseenden påminner de medellånga fetterna om kolhydrater som också i stor utsträckning absorberas snabbt efter en måltid. Utifrån likheterna med kolhydrater har man lagt fram teorin att tillförsel av medellånga fettsyror i samband med träning skulle kunna bidra till ökad prestation om denna tillförsel medför ökad förbränning av de medellånga fetterna samtidigt som glykogenförbrukningen minskar. Då skulle muskelglykogenet räcka längre och tiden till utmattning förlängas. Studieresultaten varierar men även här visar majoriteten av undersökningarna att tillförsel av medellånga fetter i samband med arbete inte har någon fördelaktig effekt på prestationen (Jeukendrup & Aldred, 2004; Burke & Hawley, 2006). Vissa studier har visat att större mängder fett med medellånga fettsyror kan ge upphov till magbesvär, vilket i sig skulle kunna försämra prestationen (Jeukendrup & Aldred, 2004; Burke & Hawley, 2006).

Högt fettintag under längre tid

Regelbunden konditionsträning ger en muskulär anpassning som leder till ökat fettutnyttjande och därmed minskad kolhydratanvändning under arbete. Med avseende

på uthållighet medför ökat fettutnyttjande att muskelglykogenet varar längre och arbetet kan utföras under längre tid. Förhoppningen har varit att liknande effekt på muskelns förmåga att förbränna fett skulle kunna nås med ökat fettintag och samtidigt sänkt kolhydratintag.

De senaste årtiondena har ett flertal studier undersökt effekten av högt fettintag och lågt kolhydratintag på muskelmetabolism och prestation men resultaten är varierande, främst med avseende på prestation. Ett flertal studier har visat att prestationen försämras när individer håller en diet med högt fettintag under relativt kort tid (3 dagar) (Christensen & Hansen, 1939; Bergstrom *et al.*, 1967; Starling *et al.*, 1997; Pitsiladis & Maughan, 1999). Denna försämring beror troligtvis på att tiden varit otillräcklig för att muskulära anpassningar ska ha kunnat ske (Burke *et al.*, 2004). När tiden för anpassning till en fettrik kost varit längre (5-49 dagar), har man dock i ett flertal studier observerat ökad förmåga att förbränna fett under arbete (Phinney *et al.*, 1983; Lambert *et al.*, 1994; Helge *et al.*, 1996; Burke *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 2001; Burke *et al.*, 2002). Utifrån resonemanget ovan, bör detta ha åtföljts av en prestationsförbättring men studieresultaten varierar. Några studier har påvisat prestationsförbättringar (Lambert *et al.*, 1994; Muoio *et al.*, 1994; Lambert *et al.*, 2001), andra har inte kunnat påvisa någon skillnad (Phinney *et al.*, 1983; Helge *et al.*, 1998; Goedecke *et al.*, 1999; Pogliaghi & Veicsteinas, 1999; Burke *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 2001; Burke *et al.*, 2002) medan några studier har visat försämrad prestation vid sprintarbete (Helge *et al.*, 1996; Havemann *et al.*, 2006) efter kost med hög andel fett. De varierande resultaten beror sannolikt på stor variation i studiedesign mellan olika undersökningar. Faktorer som kan ha påverkat resultaten är försökspersonernas träningsgrad, mängden fett i dieterna samt metoden man valt för att mäta prestation, inklusive arbetsintensitet.

Av de tre positiva studierna har två (Lambert *et al.*, 1994; Muoio *et al.*, 1994) kritiserats,

den ena för att de olika dieterna inte randomiserats (Muoio *et al.*, 1994) och den andra för okonventionellt och komplicerat försöksupplägg och man bör därför vara försiktig vid tolkningen av resultaten. Med avseende på träningserfarenhet har man i de flesta studier som antingen visat på förbättrad prestation eller ingen skillnad, använt sig av vältränade individer medan en studie som visade försämrade resultat använt sig av från början otränade individer. Det tyder på att individens träningsgrad kan vara avgörande för effekten av en kost med hög andel fett i samband med uthållighetsträning. Kostens fettinnehåll i nämnda studier har varierat mellan 38-84 E %, en stor variation och det är således svårt att jämföra dem. Sist men inte minst så har man i olika studier valt olika mått på prestation, försökspersonerna har arbetat på olika intensitet när kosthållningen har utvärderats. Flera av de positiva studierna har valt att använda tid till utmattningsmått på prestation och arbetsbelastningen har varit medelintensiv (Lambert *et al.*, 1994; Muoio *et al.*, 1994). En invändning mot att använda tid till utmattningsmått på prestation är att reproducerbarheten är dålig (stor dag till dag variation). Dessutom är det inte direkt överförbart till tävlingsssammanhang då inga tävlingar avgörs på detta sätt. Ett bättre mått på prestation är att exempelvis mäta tiden det tar att klara av en given sträcka eller mängden utfört arbete under en given tid (Jeukendrup *et al.*, 1996). När det bättre måttet på prestation har använts har flertalet av studierna inte kunnat påvisa någon skillnad i prestation (Burke *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 2001; Burke *et al.*, 2002; Havemann *et al.*, 2006) medan en studie visat förbättrad prestation efter en kost med högt (>65 E %) fettinnehåll (Lambert *et al.*, 2001). Det verkar således inte föreligga några skillnader i prestation vid medelintensiva belastningar för vältränade individer, men när arbetet närmar sig maxbelastning som vid exempelvis sprintarbete försämras prestationen efter en kost med högt fettinnehåll (Havemann *et al.*, 2006).

Eftersom träning på högre intensitet i större

utsträckning använder sig av muskelglykogen som bränsle, har en strategi varit att efter en längre tids anpassning till en kost med hög andel fett återgå till en kolhydratrik kost. Tanken har varit att dra fördel av muskelns anpassning till ökad fettförbränningsförmåga samt det höga glykogeninnehållet i muskeln efter återgång till kolhydratrik kost. Förhoppningarna har varit att med denna koststrategi erhålla bästa förutsättningar för maximal prestation. Trots bibehållen ökad förmåga att förbränna fett efter återfyllning av glykogenlagren har man inte kunnat påvisa någon förbättrad prestation med denna strategi (Helge *et al.*, 1996; Burke *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 2001; Burke *et al.*, 2002; Havemann *et al.*, 2006). Den uteblivna prestationsförbättringen trots förbättrad fettförbränningsförmåga och välfyllda glykogenlager är något förvånande eftersom dessa förutsättningar enligt teorin faktiskt borde leda till bättre prestation. På senare tid har man spekulerat i om det som tidigare verkade vara en glykogensparande effekt i samband med intag av en kost med högt fettinnehåll kanske snarare är en nedsatt förmåga för muskeln att använda glykogen. Det som tidigare betecknades som "glycogen sparing" inom vetenskaplig litteratur har nu av vissa forskare istället kallats för "glycogen impairment" (Burke & Kiens, 2006). Det baseras på en studie där man funnit en nedreglerad och försämrad kolhydratmetabolism under arbete efter en kost med högt fettinnehåll (Stellingwerff *et al.*, 2006).

Även om studierna ovan inte ger någon bild av att en kost med högt fettinnehåll skulle medföra någon klar nackdel för vältränade individer som utför uthållighetsarbete i annat än vid spurtmoment, så har det ifrågasatts huruvida dessa dieter lämpar sig för långsiktig träning. För att uppnå goda träningsresultat är det nödvändigt att under långa perioder träna hårt och för det krävs god mental skärpa och motivation. I ett flertal studier med högt fettintag under såväl kortare som längre tid har man rapporterat att även om deltagarna hade god förmåga att genomföra testerna, så var det

många deltagare som klagade på ökad upplevd ansträngning under arbete (Burke & Hawley, 2002; Burke *et al.*, 2002; Helge, 2002; Stepto *et al.*, 2002; Havemann *et al.*, 2006). Därmed är det tänkbart att förmågan att träna hårt under långa perioder minskar med en kost med högt fettinnehåll och träningsresultaten därmed försämras på sikt. Ytterligare en aspekt är den individuella variationen. När individuella data presenterats i studierna syns det tydligt att responsen varierar (Burke *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 2001; Havemann *et al.*, 2006). Denna faktor bör beaktas om man som individ väljer att utvärdera en kost med högt fettinnehåll i samband med uthållighetsträning.

För aktiva individer gäller generellt att intag av kolhydrater och protein bör prioriteras och när behoven av dessa näringsämnen är uppnådda bör resterande energiintag tillgodoses av energi från fett (Manore, 2005). Andelen energi från fett brukar då utgöra ca 25-30 % av det totala energiintaget. Denna mängd fett hamnar därmed inom ramen för rekommendationer för allmänheten (NNR, 2004). Utifrån tidigare nämnda studier finns det inga belägg för att kost med högt fettinnehåll skulle medföra ökad prestation och det går således inte att rekommendera framför en kolhydratrik sådan. Generellt rekommenderas aktiva individer att inte begränsa sitt intag av fett till under 15 E % då det medför ökad risk för energibrist samt brist på andra näringsämnen som fettlösliga vitaminer, essentiella fettsyror och mineraler (ACSM *et al.*, 2000; Horvath *et al.*, 2000a; Horvath *et al.*, 2000b; NNR, 2004; Manore, 2005). Med avseende på fettkvalitet skiljer sig inte rekommendationerna till aktiva från de till allmänheten, dvs. fettintaget bör bestå av ca 5-10 E % fleromättat fett och ca 10-15 E % enkelomättat fett medan intaget av mättat fett bör begränsas till högst 10 E % (NNR, 2004). Med avseende på industriellt framställda transfettsyror bör intaget begränsas i största möjliga mån (NNR, 2004). Det saknas belägg för att fettintaget bör skilja mellan könen eller med avseende på ålder.

Vätskebalans – vätskeintag

I vila är kroppstemperaturen relativt konstant omkring 37 °C och värmeproduktionen är lika med värmeavgivningen. Förändring i antingen värmeproduktion eller värmeavgivning, eller både och, leder till att kroppstemperaturen förändras. Träning är en faktor som i hög grad påverkar värmeproduktionen genom att energiomsättningen ökar. Vid hård träning kan värmeproduktionen överstiga 80 kJ/min (1.3 kW), men mer än 90 % av denna värme avges på olika sätt (Åstrand & Rodahl, 1986; Noakes *et al.*, 2008). Vid träning i värme och vindstilla förhållanden sker huvuddelen av värmeavgivningen genom att svettproduktionen ökar och huden kyls när svetten avdunstar. I blåsigt väderlek förs värme bort från kroppen genom konvektion och när yttertemperaturen är lägre än hudens temperatur (~ 32 °C) strålar värme bort från kroppen och behovet av svettproduktion för att kyla ned kroppen minskar. Luftfuktigheten är ytterligare en faktor som påverkar svettproduktionens möjligheter att kyla av huden. Vid hög luftfuktighet (> 60-70 %) försvåras avdunstningen och det kan vara svårt att bibehålla värmebalansen med följd att kroppstemperaturen stiger. Förutom yttre förhållanden påverkas svettproduktionen i hög grad av träningsintensitet och längd, typ av träning samt kroppsstorlek och klädsel.

Uthållighetsträning

Svettningen gör att vi förlorar stora mängder kroppsvatten och salter under långvarig träning. Vid träning i normalt svenskt sommarklimat kan vätskeförlusten uppgå till ~ 1-1.5 liter per tim i elittempo och 1 liter per tim i motionstempo, dock med stor individuell variation. Redan under dessa förhållanden blir vätskeförlusten betydande och det är viktigt att dricka ordentligt för att undvika en försämring i prestationsförmåga. Vid arbete i 30 graders värme kan vätskeförlusten bli så stor som 2-2.5 liter per tim. Även i kall väderlek kan vätskeförlusten bli betydande trots att den låga yttertemperaturen har en avkylande effekt,

exempelvis under skidåkning. Delvis beror detta på att skidåkarna, framför allt under träning, har mer kläder på sig än vid träning i varmare väder. Kläder försvårar avdunstningen av svett vilket gör att kylningen av huden blir mindre effektiv och svettproduktionen därför ökar. Vid kall väderlek är dessutom vätskeförlusten via andningen betydande. Vätskeförlusten hos manliga elitåkare under skidåkning har rapporterats vara i genomsnitt 1.5 l/tim och för kvinnliga elitåkare i genomsnitt 1.2 l/tim. Skillnaden mellan män och kvinnor kan till största delen förklaras av att män tränar på en högre intensitet vilket ger högre energiomsättning och därmed också större värmeproduktion. Män har högre maximal syreupptagning än kvinnor och vid samma relativa belastning blir energiomsättning och värmeproduktion större hos män än kvinnor. Samma förhållande gäller för motionärer jämfört med elit. Motionärens tempo och därmed värmeproduktion är lägre än elitidrottarens och behovet av avkylning blir följaktligen mindre och svettproduktion och vätskeförlust mindre per timma. Även salter (elektrolyter) förloras när svettproduktionen blir stor. Det salt som förekommer i högst koncentration i svett är natriumklorid och förlusten av natrium varierar mellan 0.5-1.8 g/liter svett (2004). Hos vältränade individer liksom vid värmeacklimatisering sker en anpassning på så sätt att natriumhalten i svetten sjunker. I båda fallen sker en reduktion i natriumkoncentration med ~ 25 % (Costill, 1977; Verde *et al.*, 1982). Vad gäller övriga salter såsom kalium, magnesium och kalcium är koncentrationerna i svett så låga att förlusterna anses vara utan betydelse.

Vätskebrist leder till att kroppstemperatur och puls stiger mer än normalt och den fysiska prestationsförmågan försämras så småningom. Vid träning (löpning) i 20 graders värme upp till 90 min kan man tolerera en vätskeförlust av 1-2 % av kroppsvikten utan att prestationen försämras, men i varmare omgivning, 31-32 °C, ger motsvarande vätskeförlust en försämring i prestationsförmåga redan vid 60 min träning (McConnell *et al.*, 1997; Chevront *et*

al., 2003; Coyle, 2004). Rekommendationerna om vätskeintag varierar, tidigare rekommenderades ett intag av 1.5-2 dl var 10-15 min under träning och tävling för optimal absorption av vätska. Eftersom den individuella variationen i svettproduktion och vätskeomsättning är stor kan det emellertid vara svårt att ge generella rekommendationer. I stället rekommenderar man idag idrottare och motionärer att uppskatta sin vätskeomsättning genom att registrera kroppsvikt före och efter träning samt vätskeintag. Därefter anpassar man vätskeintaget och om det är praktiskt möjligt bör man dricka ofta (Sawka *et al.*, 2007). Beroende på typ av träning och intensitet kan praktiska omständigheter avgöra hur mycket man klarar av att dricka. Under löpning kan det vara svårt att dricka stora mängder och även i samband med bollsporter som fotboll och tennis kan stora vätskemängder upplevas obehagligt. Ett uttryck för detta är sannolikt att vätskeintag under olika idrottsaktiviteter endast motsvarar 40-70 % av vätskeförlusten (Sawka *et al.*, 2007), **se tabell 2.**

Idrott	Omgivn.temp (°C)	Vätskeförlust (ml/tim)	Vätskeintag (ml/tim)
Maraton	15-20	800-1200	500
Fotboll	25	1200	500
Basket	20-25	1600	1080
Rodd	10	1165	580
Cykel	30	2000	800

Tabell 2

*Vätskeförlust och vätskeintag i samband med olika typer av aktivitet. Från Jeukendrup & Gleeson *et al.* 2007.*

Det är viktigt att komma ihåg att vätska frigörs när glykogen bryts ned eftersom varje gram glykogen binder ~ 3 g vatten (Newsolme & Leech, 1983). Om exempelvis 150 g glykogen bryts ned frigörs 450 g vatten och en viktnedgång av ~ 0.5 kg kan då förväntas utan att man är i negativ vätskebalans. Det är också viktigt att poängtera att för stort intag av vätska (ofta vatten) kan leda till hyponatremi som är ett mycket allvarligt tillstånd (Noakes

et al., 1985; Noakes, 2003). De personer som löper störst risk att råka ut för detta är långsamma löpare som dricker betydligt mer än de svettas under ett långlopp (t.ex. maraton) eller motionärer som genomför annan typ av långvarig träning. Förra året rapporterades två fall i Sverige i samband med ett 4.5 tim långt maratonspinningsspass på cykel (Lorraine-Lichtenstein *et al.*, 2008).

Om träningen är kortare än en timma kan man dricka vanligt vatten under förutsättning att man har ätit tillräckligt med kolhydrater dagen innan och även 2-3 tim innan träning (Widrick *et al.*, 1993). Under tränings- och tävlingspass som är längre än en timma kan det finnas fördelar med att tillföra kolhydrater, 30-60 g/tim rekommenderas för att balansera muskelns upptag av glukos och förhindra att blodglukoshalten sjunker (Coyle 2004). Drycken bör ha en sådan sammansättning av kolhydrater att det osmotiska trycket är lika med eller lägre än kroppsvätskornas (300 mOsm/l) för att vätskan skall lämna magsäcken så snabbt som möjligt. Detta åstadkoms genom att sportdryckerna vanligtvis innehåller en blandning av maltodextrin (långa glukoskedjor) och vanligt socker. Även transporten över tarmen kan i vissa fall begränsa upptaget av kolhydrater eftersom det sker med hjälp av transportproteiner som är olika för glukos, fruktos och galaktos, vilket gör att det totala upptaget av kolhydrater blir större när en blandning av glukos och fruktos intas än när samma mängd i form av enbart glukos intas (Jentjens & Jeukendrup, 2005). Sportdryckernas innehåll av en blandning av vanligt socker och maltodextrin bör därigenom stimulera upptaget av kolhydrater i tarmen och därmed öka förbränningen av tillförda kolhydrater. Det förutsätter emellertid att sönderdelningen av socker och maltodextrin till monosackarider inte begränsar upptaget, vilket sannolikt inte är fallet eftersom det är en snabb process.

En dryck bör även innehålla salter framför allt natriumsalter av flera anledningar. Salter förbättrar smaken, stimulerar törsten och ökar

upptaget av vätska och glukos i tarmen, även om det sistnämnda har ifrågasatts (Gisolfi *et al.*, 2001; Coyle, 2004). Innehåll av natrium är även motiverat när vätskeförlusterna blir stora, exempelvis under träning varma sommardagar då svettproduktion och saltförluster kan bli stora. En natriumkoncentration av 0.45-0.9 g/l rekommenderas (Coyle, 2004; Sawka *et al.*, 2007).

Dryck	Kolhydrat (g/l)	Natrium (mg/l)	Kalium (mg/l)	Osm tryck (mOsm/l)
Coca-cola	105	69	0	650
Gatorade	60	415	117	349
Powerade	56	500	60	280
Pripps Energy	65	230	80	290

Tabell 3

Innehåll av kolhydrater och salter samt osmotiskt tryck i olika sportdrycker samt Coca-cola. Data från Jeukendrup & Gleeson 2007 samt från producent.

Som nämnts ovan sjunker blodglukoshalten under långvarig träning. Även halten av vissa aminosyror, de s.k. grenade aminosyrorna (leucin, isoleucin och valin) sjunker beroende på att de tas upp av den arbetande muskeln. Tillsammans med att blodets koncentrationen av en annan essentiell aminosyra, tryptofan, ökar leder det till att mer tryptofan tas upp av hjärnan och syntesen av transmittorsubstansen serotonin ökar (Newsholme & Blomstrand, 2006). En ökning som har föreslagits bidra till central trötthet, dvs. trötthet som har sitt ursprung i centrala nervsystemet, dvs. hjärnan och ryggmärgen (Newsholme, 1986). Genom intag av grenade aminosyror kan man balansera ökningen i tryptofan och i vissa fall minska den mentala tröttheten och förbättra prestationsförmågan (Blomstrand, 2006). Tillför man grenade aminosyror tillsammans med kolhydrater har man svårare att upptäcka en sådan effekt eftersom glukos både har en direkt effekt på hjärnan genom att vara dess substrat, men även en indirekt effekt genom att en ökad tillgång på glukos i blodet minskar upptaget av tryptofan i hjärnan (Blomstrand *et al.*, 2005). Många idrotter ställer krav på koncentration

och precision i lägen när den fysiska tröttheten gör sig påmind, men att mäta detta är svårt och effekten på den fysiska prestationsförmågan är inte alltid det bästa måttet.

En annan hypotes som framförts är att tillsats av protein till en kolhydratlösning skulle öka frisättningen av insulin och därmed oxidationen av exogent tillförda kolhydrater under träning. Detta skulle i sin tur leda till att mindre muskelglykogen bryts ned och att glykogenlagren räcker längre och uthålligheten förbättras. Varierande resultat har rapporterats, några undersökningar har visat tydliga förbättringar i prestationsförmåga (Ivy *et al.*, 2003; Saunders *et al.*, 2004) medan andra inte har sett någon effekt (Millard-Stafford *et al.*, 2008). I de undersökningar där man sett en förbättring i prestation har man dock inte funnit något stöd för att frisättningen av insulin ökat (insulinnivå har varit densamma som med enbart kolhydrater) eller att nedbrytningen av muskelglykogen har minskat.

Styrketräning

Vätskeförlust i samband med styrketräning har inte rönt lika stort intresse som i samband med uthållighetsträning. Sannolikt beror det på att vätskeförlusten inte blir så omfattande och dessutom är det lätt att dricka i samband med ett styrketräningsspass. I en relativt ny undersökning fann man att en vätskeförlust på upp till 5 % av kroppsvikten inte påverkade den maximala muskelstyrkan däremot försämrades uthålligheten i knäböj när 6 set med 10 repetitioner på 80 % av max genomfördes (Judelson *et al.*, 2007). Dessutom fann man att motsvarande grad av hypohydrering gav en mindre ökning i anabola hormoner i samband med nämnda träningspass (Judelson *et al.*, 2008). Effekten av kolhydratintag i samband med styrketräning redovisas på sid 12.

Efter träning

Efter träning bör man dricka ca 1.5 gånger den vätska man förlorat för att helt återställa vätskebalansen i kroppen. Drycken bör innehålla natriumsalt i en koncentration av 1.1 -1.4 g/l för optimal resorption av vätska (Maughan *et al.*, 1997; Sawka *et al.*, 2007). Det kan ta många timmar att återställa en vätskeförlust och vätskebalansen återställs bäst genom att man intar dryck i samband med en eller flera måltider efter träningen. Har man behov av att återställa sina glykogendepåer bör kolhydrater ingå samt protein eller aminosyror för att stimulera nybildningen av muskelprotein (se sid 15).

Kosttillskott

Kreatin

Teoretisk bakgrund

I kroppen återfinns merparten av kreatin i musklerna där det i form av kreatinfosfat fungerar som en snabbtillgänglig energikälla. Kreatinfosfat bildas från kreatin i muskeln och används huvudsakligen vid kortvariga högentensiva arbeten (Newsholme & Leech, 1983; Terjung *et al.*, 2000). Trots musklernas höga kreatininnehåll sker ingen syntes av kreatin i muskeln utan syntesen sker huvudsakligen i levern (Terjung *et al.*, 2000). Från levern transporteras det sedan med blodet till musklerna. Förutom kroppens egentillverkning, återfinns även kreatin i kosten, främst i kött och fisk. Mängden kreatin som tillverkas i levern är ~1 g/dag och en lika stor mängd fås via kosten (Bemben & Lamont, 2005). I muskeln sker den huvudsakliga nedbrytningen av kreatin till kreatinin som därefter utsöndras via urinen.

Den huvudsakliga mekanismen bakom den prestationshöjande effekten av kreatin baserar sig på det faktum att mängden kreatinfosfat anses vara det begränsande substratet vid maximalt arbete. Normalt räcker depåerna av kreatinfosfat endast för 5-8 s maximalt arbete (Newsholme & Leech, 1983), men med förhöjda kreatinfosfatnivåer i muskeln kan arbetet pågå under längre tid. Att supplementering med kreatin faktiskt leder till en högre koncentration av kreatinfosfat i muskeln visades i början av 90-talet (Harris *et al.*, 1992) och i linje med detta fann man en förbättring i prestationsförmågan vid kortvariga explosiva arbeten. Effekten är särskilt tydlig vid upprepade maximala arbeten vilket förklaras av att återbildningen av kreatinfosfat är snabbare i viloperioderna dessemellan (Balsom *et al.*, 1995). Ytterligare en trolig mekanism är att kreatin motverkar försurningen som uppstår under högentensivt arbete i samband med att mjölksyra bildas (Terjung *et al.*, 2000; Bemben & Lamont, 2005).

Kreatin och prestation

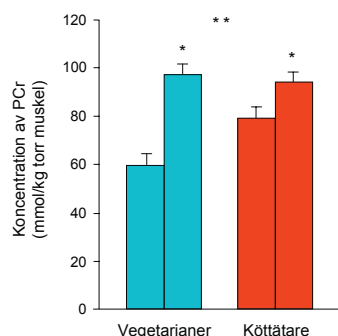
Majoriteten av studier som visar ökad prestation av kreatinsupplementering har undersökt högentensivt och kortvarigt arbete som exempelvis sprintarbete vilket är i linje med föreslagna mekanismer. Dessa studier har visat positiva resultat för kortvarigt maximalt arbete i form av cykelarbete, löpning, fotboll, simning (Birch *et al.*, 1994; Balsom *et al.*, 1995; Casey *et al.*, 1996; Grindstaff *et al.*, 1997; Peyrebrune *et al.*, 1998; Romer *et al.*, 2001; Skare *et al.*, 2001; Cox *et al.*, 2002).

Utöver nämnda aktiviteter har kreatinsupplementering även visats ha prestationshöjande effekter i samband med styrketräning. Det finns stöd i litteraturen för att kreatinsupplementering kombinerat med längre tids styrketräning resulterar i ökad maximal styrka, ökad högentensiv arbetsförmåga samt ökad muskelmassa jämfört med styrketräning utan kreatinsupplementering (Terjung *et al.*, 2000; Branch, 2003; Burke *et al.*, 2003; Kreider, 2003; Nissen & Sharp, 2003; Volek & Rawson, 2004). Förklaringen anses vara att högre träningsintensitet och volym kan upprätthållas vilket ger en bättre träningseffekt. Med avseende på muskelmassa rapporteras generellt 0.5-2 kg större ökning när kreatin kombineras med styrketräning under 4-12 veckors träning (Buford *et al.*, 2007). Det har diskuterats huruvida kreatin har en prestationshämmande effekt under vissa typer av träning på grund av nämnda viktökning. Många studier rapporterar att kreatinsupplementering medför en viktökning på 1-3 kg redan efter ett par dagars användning. Detta på grund av kreatinets osmotiska verkan vilket ger en ökning av mängden vatten i muskeln (Terjung *et al.*, 2000). Denna viktökning tros vara negativ för långvariga och viktbärande typer av aktiviteter som exempelvis långdistanslöpning (Buford *et al.*, 2007).

I majoriteten av studierna har man använt sig av ett doseringsprotokoll som består av en s.k. laddningsfas följt av en underhållsfas. Generellt har laddningsfasen utgjorts av ett kreatinintag

på 20-25 g/dag fördelat på 4-5 tillfällen under dagen i 4-5 dagar. Efter laddningsfasen går man över till en underhållsfas som består av 5-10 g kreatin/dag. Dessa doseringsprotokoll medför att kreatinmängden i musklerna ökat till följd av supplementeringen (Harris *et al.*, 1992; Greenhaff *et al.*, 1994) och med dessa doser har man i långtidsstudier (10 v) kunnat bibehålla förhöjda kreatinnivåer i musklerna (Vandenberghe *et al.*, 1997). När supplementeringen upphört minskar kreatinnivåerna och återgår till ursprungsnivåer efter ungefär fyra veckor (Vandenberghe *et al.*, 1997).

Även om kreatinsupplementering generellt medför förhöjda nivåer i muskeln har man sett att upptaget i muskeln varierar mellan individer (Harris *et al.*, 1992; Greenhaff *et al.*, 1994). Vissa individer får inte någon ökning alls medan andra får en ökning i kreatinfosfat med 40 % (Harris *et al.*, 1992; Greenhaff *et al.*, 1994). Denna variation tyder på att det finns individer som inte reagerar på kreatinintag och benämns således som "nonresponders" (Greenhaff *et al.*, 1994; Terjung *et al.*, 2000). Det är inte helt känt vad som orsakar denna variation men flera studier har rapporterat att ju mindre mängd totalkreatin (kreatin plus kreatinfosfat) man har i muskeln innan supplementering desto större höjning får man och vice versa, personer med höga nivåer av totalkreatin får ingen/mindre ökning (Harris *et al.*, 1992; Greenhaff *et al.*, 1994; Burke *et al.*, 2003). Detta stöds av studier på vegetarianer, som har lägre basalnivåer av totalkreatin i musklerna. Under åtta veckors hård styrketräning med kreatintillskott fick vegetarianer större ökning av både totalkreatin och kreatinfosfat i musklerna jämfört med individer som åt kött (Burke *et al.*, 2003). Vegetarianerna i studien ökade även mer i muskelmassa samt fick en större ökning i arbetsförmåga efter kreatinsupplementering jämfört med de individer som åt kött (Burke *et al.*, 2003). Dock var såväl nivåerna av kreatinfosfat och totalkreatin som kraftutveckling efter supplementering lika i båda grupperna, **se figur 9**. Med avseende på prestationsökningar har man



Figur 9

*Jämförelse mellan effekten av kreatinsupplementering hos vegetarianer och köttätare vad gäller ökning i kreatinfosfat (PCr) i muskeln. * signifikant skillnad över tid, ** signifikant skillnad mellan grupperna. Från Burke *et al.* 2003.*

funnit stora variationer mellan individer och det är möjligt att denna variation, åtminstone delvis förklaras av variationen i kreatinupptag hos olika individer (Harris *et al.*, 1992). Utifrån detta samband förefaller det rimligt att försöka maximera muskelns kreatinupptag i samband med supplementering och ett flertal studier pekar på att ett samtidigt intag av kolhydrater och/eller protein medför en effektivare inlagring av kreatin i muskeln (Green *et al.*, 1996a; Green *et al.*, 1996b; Steenge *et al.*, 2000). Även fysisk aktivitet verkar främja muskelns kreatinupptag (Harris *et al.*, 1992; Robinson *et al.*, 1999) och det kan därför vara fördelaktigt att inta kreatin i samband med träning för bästa möjliga upptag.

Biverkningar

Användningen av kreatin har sedan dess introduktion på marknaden varit omgärdad av diskussioner och både mediala och anekdotiska rapporter har påstått att kreatin användning är både farligt och onödigt (Buford *et al.*, 2007). Det har rapporterats om illamående, kramper samt njur- och leverpåverkan (Terjung *et al.*, 2000; Bembem & Lamont, 2005; Buford *et al.*, 2007), men dessa har i huvudsak varit anekdotiska och man har inte funnit stöd för dessa

påstående när systematiska undersökningar har genomförts på friska individer (Terjung *et al.*, 2000; Bembem & Lamont, 2005; Buford *et al.*, 2007).

Störst uppmärksamhet har givits till kreatinets påstådda negativa effekter på njurarnas funktion. Denna uppmärksamhet bygger huvudsakligen på en fallrapport där det rapporterades att kreatinintag medförde nedsatt njurfunktion (Pritchard & Kalra, 1998). I det fallet handlade det emellertid om en individ med redan existerande njurproblem. Inga undersökningar har kunnat påvisa någon negativ inverkan av kreatinsupplementering på njurfunktion eller någon annan hälsoparameter (Poortmans & Francaux, 1999; Greenwood *et al.*, 2003; Pline & Smith, 2005; Poortmans *et al.*, 2005; Gualano *et al.*, 2008). Det är dock viktigt att påpeka att det saknas studier som undersökt kreatinets effekter på hälsa över längre tid än fem år. Vid nedsatt njurfunktion bör man avstå från användning av kreatintillskott.

Koffein

Koffein är en naturligt förekommande substans med farmakologiska egenskaper men utan egentligt näringsvärde. Som sådan klassas koffein som en stimulantia men med social acceptans (Fredholm *et al.*, 1999; Burke, 2008). En klar majoritet av vuxna individer (80-90 %) konsumerar koffein på ett eller annat sätt vilket medför att koffein är världens mest konsumerade ”drog” (Fredholm *et al.*, 1999; Nawrot *et al.*, 2003; Burke, 2008). Den huvudsakliga koffeinkällan världen runt utgörs av kaffe men även te är en stor koffeinkälla och bland barn är koladrycker och choklad stora koffeinkällor (Fredholm *et al.*, 1999). Koffein är mest känt för att kunna motverka trötthet och främja vakenhet och skärpa. Dessa egenskaper har medfört att koffein i stor utsträckning används som ett prestationshöjande medel i sammanhang som kräver god mental skärpa och vakenhet (Burke, 2008).

Koffein och prestation

Under de senaste 30 åren har en mängd studier undersökt koffeinets egenskaper i samband med fysisk aktivitet och ett stort antal undersökningar visar att koffein förbättrar prestationsförmågan (Burke, 2008; Ganio *et al.*, 2009). Bilden är dock inte enhetlig, det finns studier som inte funnit någon skillnad i prestation jämfört med en kontrollsubstans (Burke, 2008). Mycket av variationen i resultaten beror troligtvis på skillnader i studiedesign men kan möjligtvis även delvis bero på individuella skillnader (Burke, 2008; Graham *et al.*, 2008). Olika typer av fysiskt arbete har undersökts och mest stöd för koffeinets prestationshöjande effekter har man funnit i samband med uthållighetsträning (Burke, 2008). Relativt få studier har undersökt koffeinets effekter i samband med styrketräning och befintlig information ger inget stöd för att koffein har någon effekt i sådana sammanhang (Burke, 2008).

De första studierna som visade att koffeinintag ökar prestationsförmågan visade också att fettförbränningen var högre och man drog således slutsatsen att koffein verkade genom att öka användningen av fett och därmed sparade på glykogen (Costill *et al.*, 1978; Spriet *et al.*, 1992; Graham *et al.*, 2008). Senare års studier har dock ifrågasatt om det är denna mekanism som leder till bättre prestation och idag anses det vara tämligen säkert att koffein även verkar via andra mekanismer (Graham *et al.*, 2008). Nya rön som har lagts fram för att förklara koffeinets verkan baseras på dess förmåga att påverka det centrala nervsystemet, troligtvis via blockering av adenosinreceptorer i hjärnan. Adenosin är ett ämne som sänker motorisk aktivitet och vakenhet genom dess effekt på olika signalämnen i hjärnan, inklusive dopamin och noradrenalin. Genom att blockera adenosinreceptorer i hjärnan ger koffein motsatt effekt mot adenosin. Det är dock okänt exakt hur och i vilken utsträckning denna mekanism bidrar till ökad prestation (Spriet & Howlett, 2000).

Dosering

Den dos koffein som behövs för att ge en prestationshöjande effekt i samband med uthållighetsarbete ligger enligt de flesta studier runt 2-6 mg/kg kroppsvikt (Burke, 2008). Dessa doser tolereras bra av de flesta personer och i allmänhet är det få som upplever biverkningar inom detta dosintervall (Burke, 2008). Koffeinintag över 6 mg/kg ger inte någon ytterligare effekt men risken för biverkningar ökar (Graham & Spriet, 1995; Burke, 2008; Ganio *et al.*, 2009). I de flesta studier har man tillfört koffein i form av koffeintabletter, men vissa studier har även använt sig av kaffe och koladrycker. I en del studier har man sett att den prestationshöjande effekten uteblir när koffein intas i form av kaffe men inte när det intas i form av tabletter, och man har spekulerat i att det möjligtvis är något i kaffe som motverkar effekten av koffein (Graham *et al.*, 1998). Det finns dock studier som visar att kaffe också medför ökad prestation vilket gör det svårt att dra en tydlig slutsats (Burke, 2008).

ökar urinproduktion något vid ett koffeinintag av 400-500 mg, men det medförde inga negativa effekter på vare sig vätskebalans eller temperaturreglering (Armstrong *et al.*, 2007).

Biverkningar

Utifrån koffeins vida användning världen över samt dess farmakologiska påverkan på kroppen har dess säkerhet undersökts i stor utsträckning. I en nyligen publicerad litteraturöversikt drog man slutsatsen att ett koffeinintag på upp till 400 mg/dag inte ansågs vara skadligt för friska vuxna individer (Nawrot *et al.*, 2003). Man ansåg dock att fertila kvinnor med planerade graviditeter inte skulle överskrida 300 mg/dag. För barn bedöms 2.5 mg/kg/dag vara en övre gräns för intag av koffein. Det genomsnittliga intaget av koffein i Sverige ligger på ca 400 mg/dag (Fredholm *et al.*, 1999). När intaget överstiger 6 mg/kg ökar risken för biverkningar som generellt yttrar sig i form av ökad puls och ångest, skakningar, huvudvärk och magbesvär. En aspekt som ofta tas upp i samband med koffeinintag är dess vätskedrivande effekt eftersom det skulle öka risken för vätskebrist och försämrad temperaturreglering i samband med långvarig fysisk aktivitet. Enligt en nyligen publicerad litteraturöversikt

Vitaminer och mineraler

Vitaminer och mineraler är icke-energigivande näringsämnen som är nödvändiga för god kroppsfunction och hälsa. Vitaminer är organiska ämnen som vi endast behöver i väldigt små mängder (μg - mg/dag) och de delas in i två grupper utifrån löslighetsegenskaper: fettlösliga vitaminer (A, D, E och K) och vattenlösliga vitaminer (B och C). Gemensamt för vitaminerna är att de alla måste tillföras via kosten då de inte kan tillverkas i kroppen. De fyller ett stort antal viktiga funktioner. Många av B-vitaminerna är exempelvis inblandade i de olika kemiska processerna som utviner energi ur kolhydrater, fett och aminosyror medan vissa B-vitaminer medverkar i produktionen av röda blodkroppar. Vitamin D är viktigt för kalciuminlagringen i skelettet och vitamin K har en betydande roll för blodets levringsförmåga (Lukaski, 2004; Fogelholm, 2006). Vissa av vitaminerna (A, E och C) är även s.k. antioxidanter vars huvudsakliga funktion är att oskadliggöra reaktiva syreföreningar, även kallade fria radikaler, som bildas när syre omsätts i kroppen (Atalay *et al.*, 2006; Fogelholm, 2006). Antioxidanter fungerar som ett skydd mot oxidativ stress som uppstår när fria radikaler produceras i för stor mängd (Powers *et al.*, 2004). Oxidativ stress har kopplats samman med ohälsa i ett flertal sammanhang (Atalay *et al.*, 2006).

Mineraler är oorganiska ämnen som finns naturligt i vår omgivning. Mineraler delas generellt in i två grupper utifrån kroppens behov, mineraler som det behövs mer än 100 mg av per dag kallas för makromineraler eller makroelement medan mineraler vars behov understiger 20 mg/dag kallas för mikromineraler eller spårelement (Fogelholm, 2006). Till den första gruppen hör bl.a. natrium, kalium, kalcium, magnesium och fosfor och till den senare gruppen hör bl.a. järn, koppar, zink och selen (Fogelholm, 2006). Mineralernas funktioner är generellt regulatoriska och de reglerar bl.a. energiproduktion och antioxidantskydd och ingår dessutom i strukturella komponenter i kroppen som exempelvis benmassa (Lukaski, 2004).

Som framgår av texten ovan fyller vitaminer och mineraler väldigt viktiga funktioner i kroppen och det är således nödvändigt att intaget av dessa ämnen är adekvat för god hälsa och prestation.

Vitaminer och mineraler och prestation

Trots att behovet av vitaminer och mineraler är relativt litet ger brist upphov till typiska sjukdomssymptom (bristsjukdomar). Det är dock viktigt att konstatera att det talas om uttalad brist i dessa sammanhang. Utifrån detta konstaterande blir tre frågor relevanta: 1) har fysiskt aktiva individer ett större behov av vitaminer och mineraler? 2) tillgodoser fysiskt aktiva individer sina vitamin- och mineralbehov via kosten och 3) ger ett ökat intag av vitaminer och mineraler ökad prestation om behovet redan är tillgodosett?

En del information talar för att fysisk aktivitet ökar behovet av vitaminer och mineraler (Fogelholm, 2006). Möjligtvis beror det på att vissa mineraler utsöndras i svett vars produktion ökar under fysiskt arbete och således ökar förlusterna. En annan faktor som skulle kunna förklara ett ökat behov skulle vara den ökade oxidativa stressen som fysisk aktivitet medför då syreförbrukningen ökar och därmed produktionen av fria radikaler. Eftersom både vitaminer och mineraler spelar viktiga roller i kroppens antioxidantförsvar är det en rimlig tanke att ökad oxidativ stress ökar behovet av antioxidativa vitaminer och mineraler. Resultaten varierar men sammantaget tycks fysisk aktivitet medföra ett ökat behov av vissa vitaminer och mineraler. Det finns dock för lite information för att kunna kvantifiera det ökade behovet och eftersom denna ökning tycks vara liten anses de allmänna rekommendationerna vara tillräckliga även för fysiskt aktiva individer (Fogelholm, 2006).

Information om fysiskt aktiva individers näringsstatus är bristfällig men de flesta studier har inte kunnat påvisa några skillnader mellan denna grupp och kontrollgrupper (Fogelholm, 2006). Det finns dock vissa riskgrupper som

gymnaster, uthållighetsidrottare och brottare som riskerar att inte tillgodose sina behov av vitaminer och mineraler (Lukaski, 2004). Risken uppstår eftersom dessa grupper ofta begränsar energiintaget i viktminskande eller prestationshöjande syfte varvid intaget av vitaminer och mineraler också begränsas (Lukaski, 2004). För dessa grupper blir järnintaget väldigt viktigt eftersom även en marginell anemi kan försämra prestationen (Fogelholm, 2006). Således är det viktigt att tillgodose energibehovet eftersom det står i stark relation till vitamin- och mineralintaget i en varierad kost.

När det rekommenderade behovet är tillgodosett finns det inga belägg för att supplementering skulle medföra några fördelar med avseende på prestation (Weight *et al.*, 1988; Singh *et al.*, 1992; Telford *et al.*, 1992; Lukaski, 2004; Fogelholm, 2006). Supplementering kan dock vara fördelaktigt när det föreligger uttalad brist men det bör då ske i samråd med medicinsk expertis.

Antioxidanter och prestation

Som nämnts ovan medför fysisk aktivitet en ökad produktion av fria radikaler som i sin tur har förmågan att förstöra olika komponenter i muskelcellen (Powers *et al.*, 2004; Atalay *et al.*, 2006). Således skulle det vara rimligt att anta att fysisk aktivitet ökar behovet av antioxidanter för att motverka den negativa verkan av oxidativ stress. Cellernas antioxidantförsvaret består av ett flertal olika komponenter som bl.a. utgörs av vitaminer och mineraler i olika former (Powers *et al.*, 2004; Atalay *et al.*, 2006).

Den idag existerande informationen är tvetydig när det gäller antioxidantintag och prestation. En faktor som bidrar till detta är det faktum att fysisk aktivitet medför en anpassning till ökad radikalproduktion, vilket yttrar sig i ett ökat antioxidantförsvaret till följd av träningen (Powers *et al.*, 2004). Ytterligare en aspekt som talar emot att man som fysiskt aktiv bör

öka antioxidantintaget är att de fria radikalerna kan tänkas förmedla en del av den cellulära informationen som leder till muskelns anpassning till träning. Det är således möjligt att de fria radikalerna åtminstone delvis bidrar till träningseffekten (Powers *et al.*, 2004; Atalay *et al.*, 2006). Med avseende på antioxidantintag rapporteras sällan en brist bland fysiskt aktiva och det är högst troligt att en varierad kost av god kvalitet täcker behovet av antioxidanter (Powers *et al.*, 2004).

Barn och ungdomars särskilda behov

Barndomen och tonårstiden karaktäriseras av kroppslig tillväxt och mognad. Under dessa perioder förändras skelett- och muskelmassans dimensioner liksom kroppssammansättningen samtidigt som flera organ mognar. För att dessa förändringar ska kunna ske under optimala förhållanden är det av yttersta vikt att individens energi- och näringsbehov tillgodoses (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Goulopoulou, 2004).

Energiintaget tycks spela en överordnad roll med avseende på normal tillväxt. Kronisk energibrist under tillväxtperioderna anses kunna medföra kortväxthet och försenad pubertet, menstruationsbortfall hos flickor, undermålig benhälsa, ökad skaderisk samt ökad risk för att utveckla ätstörningar (Petrie *et al.*, 2004; Bass & Inge, 2006). Få studier har undersökt energibehovet hos barn och ungdomar och ofta uppskattas deras behov utifrån data för vuxna vilka inte nödvändigtvis är överförbara på denna grupp av individer. Med avseende på energibalans rapporteras det bland fysiskt aktiva barn och ungdomar att energiintaget ofta understiger energiutgifterna och således är dessa individer i negativ energibalans (Bass & Inge, 2006). Dessa barn och ungdomar utövar ofta idrotter där kroppsvikten är av betydelse för prestationen som exempelvis gymnastik och långdistanslöpning (Petrie *et al.*, 2004; Bass & Inge, 2006). Med tanke på de ogynnsamma effekter som negativ energibalans har för barn och ungdomars utveckling samt det faktum att det förekommer i denna grupp av individer innebär att energiintaget bör prioriteras.

Proteinbehovet hos barn och ungdomar bedöms vara högre än hos vuxna till följd av barn och ungdomars tillväxt (Bass & Inge, 2006). Således är de allmänna rekommendationerna 0.9 g protein/kg/dag för barn och ungdomar upp till 17 års ålder enligt NNR (NNR, 2004). Huruvida proteinbehovet ökar hos denna grupp till följd av fysisk aktivitet är oklart. Det är

möjligt att i likhet med vuxna ökar barn och ungdomars proteinbehov med fysisk aktivitet men det finns inget underlag för att kunna ge specifika rekommendationer (Bass & Inge, 2006). Oavsett om behovet ökar eller ej så konsumerar barn och ungdomar ofta två till tre gånger mer protein än vad som allmänt rekommenderas och således är proteinintaget mer än tillräckligt även om behovet skulle vara förhöjt (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Goulopoulou, 2004). Trots det höga proteinintaget är det troligt att vissa individer riskerar att äta för lite protein. Till denna riskgrupp hör bl.a. individer som följer en strikt vegetarisk kost (Bass & Inge, 2006).

Jämfört med vuxna tycks barn i större utsträckning använda fett som bränsle under uthållighetsarbete vilket åtminstone delvis tycks bero på att barns förmåga att förbränna kolhydrater under muskelarbete är underutvecklad (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Goulopoulou, 2004; Bass & Inge, 2006). Under de tidiga tonåren tycks denna skillnad försvinna och ungdomars förmåga att förbränna kolhydrater närmar sig vuxnas (Petrie *et al.*, 2004). Det går dock inte att basera några rekommendationer på dessa skillnader i substratval under arbete och således gäller samma rekommendationer för fettintag för fysiskt aktiva barn och ungdomar som för vuxna (Petrie *et al.*, 2004; Bass & Inge, 2006).

Det finns idag inga definitiva rekommendationer för kolhydratintag för fysiskt aktiva barn och ungdomar och det är okänt huruvida denna grupp har samma fördelar av ett högt kolhydratintag som fysiskt aktiva vuxna (Petrie *et al.*, 2004; Bass & Inge, 2006). Eftersom barn och ungdomars kolhydratanvändning är föga undersökt rekommenderas kolhydratintaget tills vidare utifrån undersökningar på vuxna (Bass & Inge, 2006). Med avseende på kolhydrattillförsel under fysisk aktivitet tycks samma fördelar återfinnas bland ungdomar som hos vuxna och för ökad prestation kan kolhydratdryck under arbete vara positivt även för ungdomar (Unnithan & Goulopoulou, 2004).

Med hänsyn till vätskebalans skiljer sig barn och ungdomar från vuxna i vissa avseenden. Eftersom barn har en större kroppsytta i förhållande till kroppsvikt jämfört med vuxna, blir effekterna av den omgivande temperaturen större hos barn än hos vuxna. Exempelvis riskerar barn som är fysiskt aktiva i varma temperaturer att i större utsträckning drabbas av värmeslag eftersom deras större kroppsytta absorberar mer värme från omgivningen än vad som sker hos vuxna (Petrie *et al.*, 2004). Dessutom är barns förmåga till svettproduktion lägre än vuxnas och därutöver börjar barn svettas senare än vuxna (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Gouloupoulou, 2004). Sammantaget innebär det att barn har sämre temperaturreglering än vuxna och således blir god vätsketillförsel än viktigare för barn. Liksom för vuxna, är vätskeintaget när det finns fri tillgång på vätska, generellt sett otillräckligt för att kompensera för vätskeförlusterna (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Gouloupoulou, 2004). För att öka vätskeintaget och återställa vätskebalansen rekommenderas generellt att vätskan som erbjuds är smaksatt och innehåller kolhydrater och salt. Denna kombination medför ökat vätskeintag eftersom törsten stimuleras vilket följaktligen leder till ökat intag (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Gouloupoulou, 2004). Eftersom törst på egen hand inte medför tillräckligt vätskeintag är en generell riktlinje för barns vätskeintag att de bör dricka tills de inte längre är törstiga och därutöver dricka ytterligare ~ 1 dl vätska (Unnithan & Gouloupoulou, 2004). För vuxna anses generellt att en vätskeförlust motsvarande 2 % av kroppsvikten hämmar prestationen. För barn tycks det ske redan vid en viktförlust motsvarande 1 %, medan ungdomars prestation troligtvis påverkas vid samma viktförlust som för vuxna (Petrie *et al.*, 2004).

Intaget av vitaminer hos barn och ungdomar anses ofta motsvara eller vara nära rekommendationerna och det finns inget stöd för att fysisk aktivitet skulle öka behovet hos denna grupp (Petrie *et al.*, 2004). Individer med begränsat energiintag löper dock risk för undermåligt

vitaminintag och dessa individer återfinns ofta bland gymnaster, dansare och brottare (Bass & Inge, 2006). Med avseende på mineraler rapporteras dock att järn- och kalciumintaget ofta är för lågt bland unga fysiskt aktiva individer, i synnerhet hos flickor (Petrie *et al.*, 2004; Unnithan & Gouloupoulou, 2004; Bass & Inge, 2006). Kalciumintaget under barndomen och tonåren anses vara väldigt viktigt för skelettmassans utveckling med avseende på bentäthet och styrka (Petrie *et al.*, 2004). En anledning till att kalciumintaget ofta är lågt hos denna grupp är att intaget av mjölkprodukter ofta begränsas (Bass & Inge, 2006). Med avseende på prestation har det konstaterats att anemi har en nedsättande effekt. Hos unga kvinnor är anemi ofta orsakad av järnbrist väldigt utbrett på grund av ökade förluster via menstruation och samtidigt lågt järnintag till följd av begränsat energiintag eller vegetarisk kosthållning.

För barn och ungdomar är det av stor vikt att energiintaget är tillräckligt stort för att täcka behoven för tillväxt och fysisk aktivitet. Långvarig energibrist ökar risken för negativa konsekvenser för både hälsa och prestation. För att tillgodose näringsbehovet bör barn och ungdomar äta en välbalanserad och varierad kost.

Äldres särskilda behov

De hittills diskuterade faktorerna (behov, timing och kvalitet) har behandlats utifrån ett allmänt perspektiv oberoende av ålder. I följande stycke behandlas därför tidigare nämnda faktorer utifrån ett åldersperspektiv med fokus på äldre individer. Efter 30-40 års ålder sker en kontinuerlig förlust av muskelmassa motsvarande ca 1-2 % per år. Förlusten av muskelmassa åtföljs av nedsatt muskelstyrka (Paddon-Jones *et al.*, 2008; Tarnopolsky, 2008; Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Tillståndet benämns sarkopeni och medför generellt funktionsnedsättning hos den drabbade individen vilket i sin tur kan påverka både hälsa och prestation negativt (Paddon-Jones *et al.*, 2008; Tarnopolsky, 2008). Sarkopeni drabbar ~ 30 % av befolkningen över 70 års ålder och ~ 50 % över 80 års ålder (Paddon-Jones *et al.*, 2008; Tarnopolsky, 2008; Paddon-Jones & Rasmussen, 2009).

Mycket fokus har lagts på att undersöka huruvida proteinomsättningen hos äldre individer skiljer sig från den hos yngre. Ett flertal undersökningar har visat att nybildningen av muskelprotein i fastande vilotillstånd är densamma hos yngre och äldre individer, men när aminosyror tillförs i vila ökar nybildningen av muskelprotein i större utsträckning hos yngre (Volpi *et al.*, 2000; Paddon-Jones *et al.*, 2004; Katsanos *et al.*, 2005; Tarnopolsky, 2008). Skillnaderna tros bero på att äldre individer har nedsatt känslighet för aminosyror vilket bekräftas av studier där man tillfört protein/aminosyror i ökad mängd och av bättre kvalitet och då uppmätt samma maximala respons vad gäller nybildningen av muskelprotein (Katsanos *et al.*, 2006; Koopman *et al.*, 2006b; Paddon-Jones *et al.*, 2006; Symons *et al.*, 2007; Katsanos *et al.*, 2008).

Det råder delade meningar om huruvida äldre individer har ökat proteinbehov (över 0.8 g/kg/dag) oavsett aktivitetsnivå (Paddon-Jones *et al.*, 2008). En studie har visat att det rekommenderade intaget på 0.8 g/kg/dag medförde förlust av muskelmassa hos äldre individer under var-

dagliga förhållanden (Campbell *et al.*, 2001). När det gäller träningsstudier på äldre individer är resultaten blandade med stöd för både ökat och oförändrat proteinbehov hos denna grupp (Campbell *et al.*, 2002; Paddon-Jones *et al.*, 2008; Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). I nyligen genomförda litteraturöversikter av äldres proteinbehov argumenterar man dock för ett högre proteinintag, 1.0-1.4 g/kg/dag, oberoende av aktivitetsnivå (Campbell & Geik, 2004; Paddon-Jones *et al.*, 2008; Tarnopolsky, 2008; Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Utöver att tillgodose det totala proteinbehovet tyder vissa data på att det är viktigt för äldre att säkerställa att högkvalitativt protein intas vid varje måltid för att maximalt stimulera muskeltillväxt (Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Maximal stimulans uppnås för denna grupp av ~ 30 g högkvalitativt protein vid ett enskilt tillfälle (Symons *et al.*, 2007; Paddon-Jones & Rasmussen, 2009).

Med avseende på timing av protein/aminosyrintag i samband med träning verkar det inte vara några skillnader mellan äldre och yngre aktiva individer. Det är således positivt även för äldre att tillföra protein/aminosyror nära inpå träningen. Mer specifikt verkar det vara bättre att tillföra protein direkt före träning än direkt efter (Candow *et al.*, 2006). Likaså verkar det fördelaktigt för äldre individer att inta protein direkt efter träning jämfört med att inta proteinet två timmar efter träning (Esmarck *et al.*, 2001).

Med avseende på kolhydrater och prestation för äldre individer saknas tillräckligt underlag för en djupgående analys. Det finns dock ingen anledning att tro att äldre individer har annorlunda behov av kolhydrater jämfört med yngre tränande (Tarnopolsky, 2008). Tillförsel av kolhydrater under arbete har visats vara positivt för prestationen och även om det saknas direkt jämförande studier mellan äldre och yngre är det troligt att effekten är likvärdig hos de båda grupperna. Därmed bör äldre individer följa samma rekommendationer för kolhydrat- och vätsketillförsel under fysisk aktivitet (Tarnopolsky, 2008).

Med åldern medföljer ett flertal kroppsliga förändringar som kan påverka näringsstatusen i kroppen med avseende på vitaminer och mineraler. Faktorer som kan påverka näringsstatusen negativt hos äldre är bl.a. lägre energiintag, nedsatt absorptionsförmåga i tarmen och kronisk användning av vissa mediciner (Campbell & Geik, 2004). Ovan nämnda faktorer medför att de allmänna rekommendationerna om en varierad kost eventuellt inte räcker för att äldres behov av vitaminer och mineraler ska tillgodoses (Campbell & Geik, 2004). Det har förslagits att äldre fysiskt aktiva individer bör öka intaget av riboflavin, vitamin B6 och B12 samt av järn i förhållande till gällande rekommendationer (Campbell & Geik, 2004).

Kvinnors särskilda behov

Det finns idag relativt få studier som undersökt huruvida det föreligger någon skillnad mellan könen med avseende på proteinbehov i samband med träning. Med avseende på allmänna rekommendationer av proteinintag (0.8 g/kg/dag) saknas underlag för att behovet skulle vara annorlunda för kvinnor (Rand *et al.*, 2003). Vissa studier har dock noterat att proteinomsättningen i samband med uthållighetsarbete varierar mellan könen där kvinnor tycks förbränna aminosyror i lägre utsträckning under arbete jämfört med män (Tarnopolsky, 2004). Huruvida dessa skillnader utgör grund för olika proteinbehov är dock osannolikt eftersom aminosyror bidrag till energiutvinning under arbete generellt anses vara väldigt lågt i förhållande till övriga substrat (Tarnopolsky, 2004). Det finns således för lite information för att skilja på proteinbehovet mellan könen med avseende på fysisk aktivitet (Manore, 2005; Volek *et al.*, 2006).

Majoriteten av studierna som utförts med avseende på glykogeninlagring har använt manliga försökspersoner och det har antagits att resultaten från de studierna även är applicerbara på kvinnor (Burke *et al.*, 2004). I en tidig studie jämfördes effekten av ett ökat kolhydratintag på glykogeninlagringsförmågan hos män och kvinnor (Tarnopolsky *et al.*, 1995). Kolhydratintaget ökades från 55-60 E % till 75 E % under fyra dagar för båda könen vilket resulterade i att männens glykogeninlagring ökade med drygt 40 % medan kvinnornas förblev oförändrad (Tarnopolsky *et al.*, 1995). Resultaten indikerade att kvinnors förmåga att öka glykogeninlagringen till följd av ökat kolhydratintag var lägre jämfört med männens. En möjlig förklaring till den skilda responsen mellan könen kan vara den absoluta mängden kolhydrater. Trots att den relativa mängden kolhydrater var densamma mellan könen (75 E %) så var det stor skillnad i absoluta mängder. För kvinnorna motsvarade 75 E % endast 370 g kolhydrater medan samma relativa mängd motsvarade 614 g för männen. Uttryckt i gram kolhydrater per kg kroppsvikt

motsvarade siffrorna 7.9 g/kg fettfri vikt för kvinnorna och 9.6 g/kg fettfri vikt för männen. I senare studier fann man att kvinnors glykogeninlagring ökade i samma utsträckning som männens när kolhydratintaget ökades till 11-12 g/kg fettfri massa (James *et al.*, 2001; Tarnopolsky *et al.*, 2001). Dessa mängder faller inom de generellt rekommenderade intagen på 7-12 g kolhydrater per kg kroppsvikt och dag under hårda träningsperioder (Burke *et al.*, 2004). Ur energisynpunkt kan dock dessa mängder vara något problematiska för kvinnor som inte konsumerar så stora mängder energi. Det kan vara svårt för en kvinnlig atlet att konsumera tillräckligt med kolhydrater utan att samtidigt öka energiintaget, i synnerhet om protein- och fettintaget ska vara adekvat. Ett konstant energiöverskott kommer i längden att medföra en viktökning som kan vara hämmande för prestationen. Men eftersom denna typ av kolhydratintag och glykogeninlagring huvudsakligen genomförs inför tävlingar, vilka i allmänhet är relativt få till antalet, är det ökade energiintaget under dessa tillfällen acceptabla och bör inte medföra någon negativ effekt på längre sikt med avseende på kroppsvikten.

Ett flertal studier har på senare år identifierat kvinnliga fysiskt aktiva individer som särskilt utsatta för ett flertal ohälsosamma tillstånd. Dessa tillstånd inkluderar i olika grad oregelbunden menstruation, låg bentäthet och låg energitillgänglighet. Ytterligheterna av dessa tillstånd är totalt menstruationsbortfall och osteoporos. Man har upptäckt att dessa tillstånd är starkt sammankopplade och de tre tillstånden utgör tillsammans den kvinnliga idrottstriaden (eng; female athlete triad) (Nattiv *et al.*, 2007).

Det har observerats att ett stort antal kvinnliga fysiskt aktiva individer har någon form av menstruationsrubbing, andelen varierar mellan 6-79% beroende på vilken idrott som undersökts (Manore, 2002; Gabel, 2006; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2007). Menstruationsrubbingar karakteriseras av en drastisk minskning av kvinnliga könshormoner, främst östrogen, och

störningar i den normala menstruationscykeln (Manore, 2002). Sänkta nivåer av östrogen har visats ha en negativ inverkan på omsättning av skelettmassan och har således medfört en ökad risk för idrottsrelaterade skador samt ökad risk för tidig osteoporos (Manore, 2002; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2007). Orsaken till menstruationsrubbingar anses idag huvudsakligen utgöras av energibrist (Manore, 2002; Gabel, 2006). Energibrist kan uppstå när fysisk aktivitet utgör för stor andel av den totala energiförbrukningen. Orsaken till energibrist bland kvinnliga fysiskt aktiva individer är troligtvis att de äter för lite. Ett flertal studier har rapporterat att kvinnliga idrottare som har menstruationsbortfall har större negativ energibalans jämfört med kvinnor med regelbundna menstruationscykler (Manore, 2002). Undermåligt energiintag hos dessa kvinnor medför, förutom negativa effekter på benmassan, även en ökad risk för inadekvat näringsstatus vilket innebär att det låga energiintaget är otillräckligt för att intaget av alla näringsämnen ska vara adekvat.

Med avseende på intag av vitaminer och mineraler är det vanligt förekommande att fysiskt aktiva kvinnor har för låga intag av bl.a. olika B-vitaminer samt benbyggande näringsämnen som exempelvis kalcium, zink och magnesium (Manore, 2002). Ett adekvat kalciumintag är väldigt viktigt eftersom kalcium utgör en huvudkomponent i benmassan och bristfälligt intag ökar risken för låg bentäthet och stressfrakturer. Dock är ett adekvat intag av kalcium på egen hand inte tillräckligt för att optimera bentätheten. För detta krävs att även intaget av D-vitamin är tillräckligt samt att östrogen-nivåerna i blodet är normala (Manore, 2002). Således är benhälsan beroende av såväl god näringsstatus som god energitillgänglighet. Utöver låga intag av benbyggande näringsämnen är det även vanligt förekommande att fysiskt aktiva kvinnor har otillräckliga intag av järn. Järnbrist är den vanligast förekommande näringsbristen bland kvinnor och det rapporteras att 15-60 % av fysiskt aktiva kvinnor har undermåliga järndepåer i kroppen (Manore,

2002). Huvudanledningen till att järnintaget är lågt i denna grupp är att livsmedel rika på järn med god absorptionsförmåga i stor utsträckning undviks. Den ofta förekommande vegetariska kosthållningen bidrar dessutom till den försämrade järnstatusen eftersom järninnehållet i denna typ av kost generellt absorberas i lägre utsträckning (Manore, 2002).

Kvinnor som grupp tycks vara utsatta för en rad näringsrelaterade risker i samband med fysisk aktivitet. Dessa risker verkar dock inte bero på könet i sig utan snarare på att energi- och näringsintaget är otillräckligt. Dessa risker kan avvärjas med en allsidig kost, som inkluderar mejeriprodukter för benbyggande näringsämnen som kalcium och D-vitamin samt animaliska köttprodukter för järn med god absorptionsförmåga.

Framtida forskning

Den fysiska aktivitetens påverkan på hälsa och välbefinnande är ett stort och viktigt forskningsområde där effekten på skelettmuskulaturen utgör en viktig del. I framtida forskning kommer sannolikt mekanismerna bakom den träningsinducerade anpassningen av skelettmuskeln även fortsättningsvis att röna stort intresse. I och med att molekylärbiologiska metoder utvecklas och biokemisk metodik förfinas öppnas nya möjligheter för att snabbare kunna mäta effekten av olika träningsmodeller och även kombinationer av olika typer av träning. I framtiden kommer förhoppningsvis också olika faktorerers stimulerande effekt att kunna studeras *in vivo*, faktorer som idag studeras på isolerade muskelpreparationer och cellkulturer.

Nutritionens betydelse för träningsanpassningen är ytterligare ett forskningsfält som sannolikt kommer att fortsätta att attrahera forskare. Även här har ny biokemisk och molekylärbiologisk metodik öppnat nya vägar att undersöka kombinationseffekten av träning och näringstillförsel. Redan nu har man sett att tillgången på kolhydrater och fett kan påverka gener som har betydelse för muskelns metabolism. Ett mål med forskningen kan vara att försöka optimera träningseffekt och återhämtning såväl för idrottare som för personer som rehabiliteringstränar efter en skada. I detta sammanhang kommer även träningens påverkan på kroppens immunförsvar att spela stor roll, framför allt om man med en kombination av träning och nutrition kan stärka immunförsvaret. Nutritionens betydelse för den fysiska och psykiska prestationsförmågan kommer även fortsättningsvis att vara intressant.

Ett ytterligare område där intresset är stort redan nu, men sannolikt kommer att öka är studier av träningsanpassning hos äldre. Även här är kombinationen av näringstillförsel och träning av stort intresse eftersom det tycks vara skillnader i respons hos äldre och yngre individer. Även betydelsen av icke-energigivande näringsämnen, vitaminer och mineraler i samband med fysisk aktivitet kan komma att behöva studeras framför allt hos äldre.

Sammanfattning

Kosten anses ha stor betydelse för god hälsa och prestation för alla kategorier av människor. En väl sammansatt kost medför välmående i det vardagliga livet men är även av yttersta vikt för idrottarens förmåga att träna hårt, minimera risken för skador och sjukdom samt skapa goda förutsättningar för att nå uppsatta mål. Fysiskt aktiva individer bör äta en varierad kost för att optimera intaget av kolhydrater, protein, fett och övriga näringsämnen samt tillgodose energibehovet. När energibalansen upprätthålls med en väl sammansatt kost är risken minimal för att näringsbrister ska uppstå. Vid negativ energibalans blir det dock än viktigare för den fysiskt aktive att välja mat av god kvalitet för att garantera näringsintaget.

För hård och långvarig träning är det viktigt att kolhydratbehovet tillgodoses med kolhydratlika livsmedel för att maximera prestationen och detta är i synnerhet viktigt för uthållighetsidrottare. Generella rekommendationer gör gällande att idrottare bör konsumera ca 6-10 g kolhydrater per kg kroppsvikt och dag. Proteinbehovet tillgodoses i regel med en varierad kost och allmänna rekommendationer till idrottare är ca 1.2-1.8 g protein per kg kroppsvikt och dag. Det saknas allmänna rekommendationer för fettintag för fysiskt aktiva individer men efter att kolhydrat- och proteinintag har tillgodosetts, utgör fettintaget generellt 25-30 energiprocent. Eftersom intaget av fett är viktigt ur både energi- och näringsynpunkt bör intaget inte understiga 15 energiprocent.

Tränings- och tävlingsförberedelser bör inkludera adekvata intag av kolhydrater inför den fysiska ansträngningen. Två-tre timmar innan träning eller tävling rekommenderas en kolhydratrik måltid och tillförsel av kolhydrater, 30-60 g/tim, under aktiviteten kan vara fördelaktigt om tiden överstiger en timma. För maximal prestation kan det i vissa fall vara positivt med kolhydratladdning inför tävling vilket kan uppnås med höga kolhydratintag kombinerat med minskad träningsmängd några dagar innan tävlingsmomentet. För god

återhämtning bör kolhydratintag prioriteras efter träningspasset, speciellt om ytterligare träning ska genomföras samma dag. För att maximera träningseffekt och återhämtning bör även aminosyror och/eller protein intas nära inpå eller under träningen då det visat sig stimulera nybildningen av muskelprotein. Det har också visat sig att den muskeluppsybyggande effekten förmedlas av de essentiella aminosyrorerna. Mängden essentiella aminosyror som krävs för att maximalt stimulera nybildningen av muskelprotein i samband med styrketräning bedöms vara runt 10 g medan mängden intakt protein bedöms vara ca 20 g.

Fysisk aktivitet är förknippad med vätskeförluster, i synnerhet om det sker under varma väderförhållanden. Vätskebrist kan drastiskt försämra prestationen och det är därför viktigt att ta särskild hänsyn till vätskeintaget i samband med träning och tävling. För att motverka uttorkning och försämrad prestation rekommenderas det att idrottaren påbörjar den fysiska aktiviteten väl hydrerad samt att han/hon intar vätska under aktiviteten. Vid stora vätskeförluster förloras även salter, varför drycken bör innehålla framför allt natriumsalt i en koncentration av 0.45-0.9 g/l. Innehåll av specifika aminosyror, s.k. grenade aminosyror rekommenderas för att minska mental trötthet under långvarig träning/tävling. För att återställa vätskebalansen efter arbete bör vätska intas motsvarande 1.5 gånger vätskeförlusten och ha en natriumhalt på 1.1 -1.4 g/l.

Kreatin som kosttillskott har visats ha prestationshöjande egenskaper i samband med högintensivt och kortvarigt arbete, exempelvis i form av cykling, löpning, fotboll, simning etc. Den ökade prestationen yttrar sig i form av ökad högintensiv uthållighet och ökad återhämtning i samband med upprepat högintensivt arbete. Därutöver medför längre tids kreatin användning i samband med styrketräning ökad muskelmassa och styrka. Som kosttillskott anses kreatin vara säkert förutsatt att man är frisk men det saknas långtidsstudier längre än fem år som undersökt kreatinets effekt på hälsan.

Koffein är en socialt accepterad ”drog” som konsumeras av en stor del av världens vuxna befolkning, huvudsakligen i form av kaffe. Koffein motverkar trötthet och används därför som ett prestationshöjande medel i sammanhang som kräver god mental skärpa och vakenhet, men har även visats ha prestationshöjande egenskaper i samband med fysisk aktivitet, främst uthållighetsträning. Vid prestationshöjande doser (3-6 mg/kg) förekommer sällan biverkningar men de är desto vanligare vid högre doser. Biverkningar yttrar sig bl.a. i form av ökad puls och ångest, skakningar, huvudvärk och magbesvär.

Vitaminer och mineraler är icke-energi-givande näringsämnen som är nödvändiga för god hälsa. De är viktiga för många av kroppens funktioner och måste tillföras via kosten. Fysisk aktivitet tycks öka behovet av vitaminer och mineraler men denna ökning är liten och kan enkelt tillgodoses med god kosthållning. Fysiskt aktiva individer har sällan brist på vitaminer och mineraler men vissa grupper (gymnaster, uthållighetsidrottare, brottare etc.), som till följd av begränsat energiintag i viktminskningssyfte riskerar att inte tillgodose sina näringsbehov. Det är därför viktigt att säkerställa energi- och näringsintag med en god kosthållning. Supplementering ger ingen ytterligare fördel med avseende på prestation om behovet redan är tillfredsställt. Vid uttalad brist kan supplementering vara fördelaktigt men det ska då ske i samråd med medicinsk expertis. Antioxidanter är näringsämnen som skyddar mot oxidativ stress som kan uppstå när det bildas för mycket fria radikaler i samband med att syre omsätts i kroppen. Fysiskt aktiva individer rapporteras sällan ha brist på antioxidanter och det är högst troligt att en väl sammansatt och varierad kost medför ett tillräckligt intag av antioxidanter. Det saknas underlag för att supplementering av antioxidanter skulle ha en positiv effekt på fysisk prestation.

För barn och ungdomars karaktäristiska tillväxt och kroppsliga mognad ska ske under

optimala förhållanden är det av yttersta vikt att deras energi- och näringsbehov tillgodoses. Det saknas dock tillräckliga underlag för att ge särskilda rekommendationer och således bör barn och ungdomar äta en väl sammansatt och varierad kost i likhet med vuxna. En stor del av äldre individer lider av sarkopeni vilket innebär förlust av muskelmassa och muskelstyrka samt funktionsnedsättning. En delförklaring till sarkopeni tycks vara att äldre har en nedsatt förmåga till muskelupbyggnad jämfört med yngre individer. Denna åldersrelaterade skillnad kan dock övervinnas med adekvat nutrition i form av högkvalitativa proteiner. Det är därför rekommenderat att äldre individer tar särskild hänsyn till proteinintaget, i synnerhet i samband med träning.

Det förekommer vissa skillnader mellan könen med avseende på substratutnyttjande men dessa ger inget underlag för att skilja på kostrekommendationerna vad gäller fett och protein till män och kvinnor. Det tycks vara vanligt förekommande med olika former av menstruationsrubbingar bland hårt tränande kvinnor. Sådana rubbningar kan på sikt ge upphov till allvarlig ohälsa, bl.a. osteoporos. Orsaken till menstruationsrubbingar hos fysiskt aktiva kvinnor tros huvudsakligen bero på energibrist till följd av undermåligt energiintag. Bristfälligt energiintag medför även en ökad risk för näringsbrist och det är vanligt förekommande att fysiskt aktiva kvinnor har för låga intag av exempelvis kalcium och järn. För att undvika dessa näringsrelaterade risker i samband med fysisk aktivitet är det ytterst viktigt för kvinnor att äta en väl sammansatt och varierad kost.

Kostens betydelse för prestation och återhämtning i några olika idrotter

I följande sammanställning diskuteras kostens betydelse för prestation och återhämtning i några idrotter där vi har funnit en vetenskaplig dokumentation.

Cykel

Cykelsport är en energikrävande arbetsform som ställer stora krav på såväl aerob som anaerob förmåga. Energiomsättningen under träning har uppskattats till 18-20 MJ/dag hos manliga tävlingscyklister och vissa dagar över 25 MJ (Burke, 2001). Dessa höga värden stöds av resultaten från en senare undersökning där faktiska mätningar av energiomsättning gjordes och en daglig energiomsättning på 19 MJ uppmättes hos proffscyklister under försäsongsträning (Vogt *et al.*, 2005). En så hög energiomsättning ställer stora krav på kostens sammansättning när dessutom behovet av kolhydrater är stort. Manliga tävlingscyklister rapporteras äta 8-11 g/kg kroppsvikt/dag (Burke, 2001). Motsvarande information om kvinnliga cyklisters energiomsättning och energiintag är relativt sparsam och osäker (Burke, 2001).

I Tour de France, en av de mest krävande idrottstävlingarna, tillryggalägger cyklisterna 400 mil inklusive 30 bergsetapper under 22 dagar. Energiintag och energiförbrukning registrerades hos fem cyklister och fanns vara i genomsnitt 25 MJ/dag (högsta värdet 33 MJ/dag) (Saris *et al.*, 1989). Intaget av kolhydrater var så stort som 94 g/tim varav 30 % i form av kolhydratdryck. Samma forskningsgrupp har även gjort ett försök att under standardiserade förhållanden simulera några dagars Tour de France (Brouns *et al.*, 1989a). Vältränade cyklister genomförde två träningsdagar i en sluten kammare där energiomsättning, substratoxidation och kvävebalans mättes. Under första träningsdagen bidrog kolhydrater med 50 % av energin och under andra dagen

med 40 %. Den totala kolhydratomsättningen översteg den tillförda mängden vilket visar att muskelglykogen använts trots det relativt stora energibidraget från fettoxidationen. Både energi- och kvävebalans var negativ under träningsdagarna, men inte under vilodagarna före och efter. Den negativa kvävebalansen, som tyder på en nedbrytning av kroppspoteiner kunde emellertid förhindras genom intag av kolhydratdryck i samband med träningen (Brouns *et al.*, 1989b). Dessa resultat betonar betydelsen av att vara i energibalans, dvs. att energiintaget balanserar energiförbrukningen.

Sammanfattningsvis kan man säga att i samband med långvarig cykling under flera på varandra följande dagar är kolhydratintag under träning och tävling nödvändigt för att säkerställa energibalans och förhindra nedbrytning av muskelprotein. Utifrån laborieförsök på cykel har man även visat att prestationsförmågan förbättras vid kolhydratintag. För tävlingscyklister rekommenderas ett kolhydratintag av 1-4 g/kg kroppsvikt några timmar före tävling och 30-60 g/tim under träning. Efter träning och tävling är det viktigt att snabbt tillföra kolhydrater för att säkerställa en så snabb återbildning av muskelglykogen som möjligt (se sid 11) och att därefter tillföra totalt 7-12 g/kg/dag (Burke, 2001).

Fotboll

Fotboll är en idrott av intermittent natur vilket innebär att intensiteten under exempelvis en match kan variera från väldigt låg när en spelare står still eller går, till maximal under intensiva rusher och framspel. Denna variation medför stora krav på både aerob och anaerob förmåga hos en fotbollsspelare. Under en match avverkas i snitt 10-13 km av en yttermittfältare på elitnivå (Bangsbo *et al.*, 2006) och även om så mycket som 70 % av denna sträcka täcks med lågintensivt arbete så kräver det intermittenta rörelsemönstret i fotboll att den aeroba förmågan är välutvecklad. Under en fotbollsmatch är den genomsnittliga intensiteten ca 85 % av maxpulsen medan

vissa moment medför att hjärtfrekvensen kan stiga till nära maximala nivåer (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1994b; Krstrup *et al.*, 2005). Uttryckt i syreupptagningsförmåga motsvarar den genomsnittliga arbetsbelastningen under en match ~ 70 % av maximal syreupptagning (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1994b).

Av den totala energiproduktionen under en match uppskattas att drygt 90 % produceras aerobt (Bangsbo, 1994a) trots att spelare utför mellan 125-250 högintensiva rusher under matchspel (Mohr *et al.*, 2003; Krstrup *et al.*, 2005). Det tyder på att den anaeroba energiproduktionen spelar en viktig roll. En viktig komponent i den anaeroba energiproduktionen utgörs av kreatinfosfatsystemet som fungerar som en snabbtillgänglig energikälla under högintensivt arbete. Det är troligt att nedbrytningen av kreatinfosfat är hög under en match, men fotbollens intermittenta natur med perioder av låg intensitet tillåter en viss nybildning av kreatinfosfat (Bangsbo, 1994b). Nivåerna av kreatinfosfat kan dock sjunka om det högintensiva arbetet upprepas ofta utan tillräcklig vila mellan ansträngningarna (Bangsbo *et al.*, 2006). Som ett resultat av den anaeroba energiproduktionen stiger laktatnivåerna i blodet och under fotbollsmatcher har man uppmätt genomsnittliga värden mellan 2-10 mmol/l (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1994b; Krstrup *et al.*, 2006).

I likhet med många andra idrotter utgörs bränslekällorna för muskelarbete i fotboll av både kolhydrater och fett. Med avseende på kolhydrater är muskelglykogen mest bidragande med lägre användning av blodglukos. Sänkningen i muskelglykogen under en match varierar mellan 40-90 % (Bangsbo *et al.*, 2007). Nedgången varierar dessutom i individuella muskelfibrer, vissa muskelfibrer är helt eller delvis tömda medan andra fibrer fortfarande innehåller relativt stora mängder glykogen (Bangsbo *et al.*, 2006). Även fett används i stor utsträckning som energikälla och som i många andra sammanhang tycks fettutnyttjandet stiga med tiden även i fotboll. Man har bl.a. noterat att mängden fria fettsyror i blodet

stiger under matchen och ökar mest under andra halvlek vilket sammanfaller med successivt minskande insulinnivåer och ökande nivåer av katekolaminer som främjar lipolys (Bangsbo *et al.*, 2006). Dessa förändringar reflekterar troligtvis en ökad fettförbränning i matchens senare del.

Välfyllda glykogenlager är viktigt för prestationen under långvarig kontinuerlig fysisk aktivitet (Bergstrom *et al.*, 1967), men har även visats vara viktigt för högintensivt intermittent arbete. Man har bl.a. sett en ökad prestation i laboratoriestudier när mängden kolhydrater i kosten ökades från 4-5 g/kg/dag till ca 8 g/kg/dag (Balsom *et al.*, 1999a). Liknande resultat har erhållits i fältstudier där spelarna utförde ~ 30 % mer högintensiv löpning efter intag av en kost med 65 % jämfört med en kost med 30 % kolhydrater (Balsom *et al.*, 1999b). Vad gäller kolhydratintag i samband med träning så har man studerat högintensivt intermittent arbete designat för att simulera aktiviteten i en match. Spelarna som fick kolhydratdryck avverkade en längre sträcka under testet samt hade snabbare sprinttider jämfört med den grupp som intog en placebodyck (Nicholas *et al.*, 1995; Welsh *et al.*, 2002). Dessutom har det visat sig att kolhydrattillförsel under intermittent arbete ökar arbetsförmågan även när försökspersonerna har välfyllda glykogenlager till följd av kolhydratrik kost (Foskett *et al.*, 2008).

Om maximal prestation eftersträvas i fotboll, tycks det utifrån studierna ovan vara fördelaktigt att konsumera en kolhydratrik kost samt inta kolhydratdryck i samband med match och träning.

Golf

Golfspel karakteriseras av lågintensivt arbete, snabb promenad under ca fyra timmar. Energiomsättningen blir emellertid betydande, under en 18-hålsrunda beräknades energiåtgången till 960 kcal för medelålders män (Murase *et al.*, 1989). Genomsnittlig hjärtfrekvens var 108 slag/min vilket motsvarade 38 % av maximal syreupptagning. Liknande resultat erhöles i en

undersökning på unga manliga landslagsspelare. Under 3.5 tim golfspel i kuperad terräng var deras genomsnittliga hjärtfrekvens 103 slag/min och energiomsättningen beräknades till ca 1600 kcal (egna opublicerade data). Vid motsvarande intensitet (~ 30 % av maximal syreupptagning) under fyra timmars arbete på ergometercykel utgör fett det huvudsakliga bränslet, glukos drygt 30 % och glykogen endast 20 % (Ahlborg *et al.*, 1974). Om denna situation energimässigt kan liknas vid fyra timmars golfspel innebär det att levern frisätter 75 g glukos (av vilket 15-20 g bildats från alanin, laktat mm.) för att förse muskeln med energi. Det innebär en nedbrytning av ~ 75 % av leverns glykogen (mängden i vila varierar mellan 70-90 g) (Ahlborg *et al.*, 1974)). Nedbrytningen av muskelglykogen är dock endast ca 75 g under de fyra timmarna, en relativt liten mängd i förhållande till totala mängden i kroppen (~ 300-400 g). Det är också betydligt mindre än under mer högintensiv aktivitet och behovet av snabb tillförsel av stora mängder kolhydrater efter golfrundan för att fylla på muskelns glykogen är därför inte lika viktigt. Om ytterligare en 18-håls golfrunda skall spelas efter lunch är det extra viktigt att tillföra kolhydrater, för att upprätthålla blodglukosnivån eftersom leverns glykogenmängd är reducerad.

Vätskeomsättningen under golfspel kan bli relativt stor, hos unga manliga landslagsspelare uppmättes en vätskeomsättning på 4.5 l under 3.5 tim spel i 20 graders värme och sol (egna opublicerade data). Förutom vätska behöver kolhydrater tillföras under en 18-håls golfrunda för att bibehålla blodglukosnivå som annars sjunker (Broman *et al.*, 2004). I sistnämnda studie sjönk blodglukoshalten med 20-30 % hos både unga, medelålders och äldre golfare.

Liksom för andra idrottare är det viktigt för golfaren att vara i energibalans. Däremot är mängden kolhydrater inte så viktig som i mer intensiva uthållighetsidrotter. Eftersom vätskeomsättningen är relativt stor (beroende på väderförhållanden) är intag av vätska viktigt

under golfrundan liksom kolhydrater för att bibehålla precision och fysisk prestationsförmåga.

Löpning

Löpning på laboratoriet är liksom cykelergometer en ofta studerad arbetsform. Substratval och orsaker till trötthet är relativt väl undersökta i laboratoriemiljö, men löpning innefattar så mycket mer: banlöpning, terränglöpning, långlöpning mm. Vid sprintdistanser (100, 200 m) är kapaciteten i den anaeroba energileveransen viktig för prestationen. När distansen successivt ökar, tilltar också inslaget och betydelsen av aerob energileverans. Under långvarigt hårt arbete begränsas prestationsförmågan huvudsakligen av mängden muskelglykogen men intressant är att glykogennedbrytningen hos elitlöpare även under kortare sträckor, 5000 och 10000 m är betydande. Den aeroba omsättningen av glykogen ger ~ 13 gånger mer energi (ATP) än anaerob nedbrytning och man räknar inte med att elitlöpare på dessa distanser använder fett som bränsle. Under 5000 m har den aeroba nedbrytningen av muskelglykogen uppskattats till 87 % och den anaeroba omsättningen till 13 %. Det innebär en omsättningen av 35 respektive 63 mmol glykogen/kg och totalt 98 mmol/kg, vilket motsvarar den normala glykogennivån i muskeln (Newsholme *et al.*, 1992). Motsvarande beräkningar kan göras för glykogenförbrukning under 10000 m. Den aeroba energileveransen uppskattas till 97 % och den anaeroba till 3 %. Det innebär att 79 mmol glykogen/kg bryts ned aerobt och 30 mmol/kg bryts ned anaerobt (Newsholme *et al.*, 1992). Totalt blir det 109 mmol/kg dvs. högre än den koncentration som normalt finns i muskeln. Som nämnts tidigare har elitidrottare i uthållighetsgrenar högre glykogennivå generellt sett, vilket med all säkerhet gäller även för 5000 och 10000 m löpare. Beräkningarna visar dock att vid högintensiv träning eller tävling blir glykogendepåerna begränsande betydligt tidigare än vid intensiteter runt 75 % av maximal syreupptagning då man brukar säga att depåerna räcker i ~ 90 min.

Intag av kolhydrater under tävling är inte aktuellt för 5000 och 10000 m, däremot under träningspassen är det viktigt att tillföra extra energi. Lika viktigt är det att kosten innehåller tillräckligt med kolhydrater och att dessa intas direkt efter träning och tävling för att få en snabb återbildning av muskelglykogen.

Referenser

- ACSM, ADA & DC. (2000). Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc* **32**, 2130-2145.
- Adamsson V. (2001). *Mat för resultat*. ICA bokförlag, Västerås.
- Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendler R & Wahren J. (1974). Substrate turnover during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. *J Clin Invest* **53**, 1080-1090.
- Arkininstall MJ, Bruce CR, Nikolopoulos V, Garnham AP & Hawley JA. (2001). Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *J Appl Physiol* **91**, 2125-2134.
- Armstrong LE, Casa DJ, Maresh CM & Ganio MS. (2007). Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. *Exerc Sport Sci Rev* **35**, 135-140.
- Atalay M, Lappalainen J & Sen CK. (2006). Dietary antioxidants for the athlete. *Curr Sports Med Rep* **5**, 182-186.
- Balsom PD, Gaitanos GC, Soderlund K & Ekblom B. (1999a). High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol Scand* **165**, 337-345.
- Balsom PD, Soderlund K, Sjodin B & Ekblom B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiol Scand* **154**, 303-310.
- Balsom PD, Wood K, Olsson P & Ekblom B. (1999b). Carbohydrate intake and multiple sprint sports: with special reference to football (soccer). *Int J Sports Med* **20**, 48-52.
- Bangsbo J. (1994a). Energy demands in competitive soccer. *J sports sci* **12 Spec No**, S5-12.
- Bangsbo J. (1994b). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* **619**, 1-155.
- Bangsbo J, Iaia FM & Krstrup P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *Int J Sports Physiol Perform* **2**, 111-127.
- Bangsbo J, Mohr M & Krstrup P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* **24**, 665-674.
- Bass S & Inge K. (2006). Nutrition for special populations: children and young athletes. In *Clinical Sports Nutrition*, 3rd edn, ed. Burke L & Deakin V. McGraw Hill.
- Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B & Ivy JL. (2007). The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res* **21**, 321-329.

- Bemben MG & Lamont HS. (2005). Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med* **35**, 107-125.
- Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E & Saltin B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* **71**, 140-150.
- Bergstrom J & Hultman E. (1966). Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. *Nature* **210**, 309-310.
- Betts JA, Williams C, Boobis L & Tsintzas K. (2008). Increased carbohydrate oxidation after ingesting carbohydrate with added protein. *Med Sci Sports Exerc* **40**, 903-912.
- Biolo G, Maggi SP, Williams BD, Tipton KD & Wolfe RR. (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* **268**, E514-520.
- Biolo G, Tipton KD, Klein S & Wolfe RR. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol* **273**, E122-129.
- Birch R, Noble D & Greenhaff PL. (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **69**, 268-276.
- Bird SP, Tarpenning KM & Marino FE. (2006). Effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on acute hormonal response during a single bout of resistance exercise in untrained men. *Nutrition* **22**, 367-375.
- Blomstrand E. (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J Nutr* **136**, 544S-547S.
- Blomstrand E, Moller K, Secher NH & Nybo L. (2005). Effect of carbohydrate ingestion on brain exchange of amino acids during sustained exercise in human subjects. *Acta Physiol Scand* **185**, 203-209.
- Blomstrand E & Saltin B. (1999). Effect of muscle glycogen on glucose, lactate and amino acid metabolism during exercise and recovery in human subjects. *J Physiol* **514**, 293-302.
- Borsheim E, Cree MG, Tipton KD, Elliott TA, Aarsland A & Wolfe RR. (2004). Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol* **96**, 674-678.
- Borsheim E, Tipton KD, Wolf SE & Wolfe RR. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **283**, E648-657.
- Branch JD. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **13**, 198-226.

- Branth S, Hambraeus L, Westerterp K, Andersson A, Edsgren R, Mustelin M & Nilsson R. (1996). Energy turnover in a sailing crew during offshore racing around the world. *Med Sci Sports Exerc* **28**, 1272-1276.
- Broman G, Johnsson L & Kaijser L. (2004). Golf: a high intensity interval activity for elderly men. *Aging Clin Exp Res* **16**, 375-381.
- Brouns F, Saris WH, Stroecken J, Beckers E, Thijssen R, Rehrer NJ & ten Hoor F. (1989a). Eating, drinking, and cycling. A controlled Tour de France simulation study, Part I. *Int J Sports Med* **10 Suppl 1**, S32-40.
- Brouns F, Saris WH, Stroecken J, Beckers E, Thijssen R, Rehrer NJ & ten Hoor F. (1989b). Eating, drinking, and cycling. A controlled Tour de France simulation study, Part II. Effect of diet manipulation. *International journal of sports medicine* **10 Suppl 1**, S41-48.
- Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J & Antonio J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* **4**, 6.
- Burke & Ekblom. (1982). Influence of fluid ingestion and dehydration on precision and endurance performance in tennis. *Athletic Training* 275-277.
- Burke DG, Chilibeck PD, Parise G, Candow DG, Mahoney D & Tarnopolsky M. (2003). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Med Sci Sports Exerc* **35**, 1946-1955.
- Burke L & Hawley J. (2006). Nutritional strategies to enhance fat oxidation during aerobic exercise. In *Clinical Sports Nutrition*, 3rd edn, ed. Burke L & Deakin V. McGraw Hill.
- Burke LM. (2001). Nutritional practices of male and female endurance cyclists. *Sports Med* **31**, 521-532.
- Burke LM. (2008). Caffeine and sports performance. *App Physiol Nutr Metab = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* **33**, 1319-1334.
- Burke LM, Angus DJ, Cox GR, Cummings NK, Febbraio MA, Gawthorn K, Hawley JA, Minehan M, Martin DT & Hargreaves M. (2000). Effect of fat adaptation and carbohydrate restoration on metabolism and performance during prolonged cycling. *J Appl Physiol* **89**, 2413-2421.
- Burke LM & Hawley JA. (2002). Effects of short-term fat adaptation on metabolism and performance of prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* **34**, 1492-1498.
- Burke LM, Hawley JA, Angus DJ, Cox GR, Clark SA, Cummings NK, Desbrow B & Hargreaves M. (2002). Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability. *Med Sci Sports Exerc* **34**, 83-91.
- Burke LM & Kiens B. (2006). "Fat adaptation" for athletic performance: the nail in the coffin? *J Appl Physiol* **100**, 7-8.

- Burke LM, Kiens B & Ivy JL. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci* **22**, 15-30.
- Butterfield GE & Calloway DH. (1984). Physical activity improves protein utilization in young men. *Br J Nutr* **51**, 171-184.
- Campbell WW & Geik RA. (2004). Nutritional considerations for the older athlete. *Nutrition* **20**, 603-608.
- Campbell WW, Trappe TA, Jozsi AC, Kruskall LJ, Wolfe RR & Evans WJ. (2002). Dietary protein adequacy and lower body versus whole body resistive training in older humans. *J Physiol* **542**, 631-642.
- Campbell WW, Trappe TA, Wolfe RR & Evans WJ. (2001). The recommended dietary allowance for protein may not be adequate for older people to maintain skeletal muscle. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **56**, M373-380.
- Candow DG, Chilibeck PD, Facci M, Abeysekara S & Zello GA. (2006). Protein supplementation before and after resistance training in older men. *Eur J Appl Physiol* **97**, 548-556.
- Carey AL, Staudacher HM, Cummings NK, Stepto NK, Nikolopoulos V, Burke LM & Hawley JA. (2001). Effects of fat adaptation and carbohydrate restoration on prolonged endurance exercise. *J Appl Physiol* **91**, 115-122.
- Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell S, Hultman E & Greenhaff PL. (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol* **271**, E31-37.
- Cheuvront SN, Carter R, 3rd & Sawka MN. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep* **2**, 202-208.
- Christensen EH & Hansen O. (1939). Arbeitsfähigkeit und ernährung. *Skand Archiv Physiol* **81**, 160-171.
- Conley MS & Stone MH. (1996). Carbohydrate ingestion/supplementation or resistance exercise and training. *Sports Med* **21**, 7-17.
- Costill DL. (1977). Sweating: its composition and effects on body fluids. *Ann N Y Acad Sci* **301**, 160-174.
- Costill DL, Dalsky GP & Fink WJ. (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports* **10**, 155-158.
- Cox G, Mujika I, Tumilty D & Burke L. (2002). Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **12**, 33-46.
- Coyle EF. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *J Sports Sci* **22**, 39-55.

- Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK & Ivy JL. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* **61**, 165-172.
- Cribb PJ & Hayes A. (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc* **38**, 1918-1925.
- Davies CT & Thompson MW. (1979). Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **41**, 233-245.
- De Bock K, Derave W, Ramaekers M, Richter EA & Hespel P. (2007). Fiber type-specific muscle glycogen sparing due to carbohydrate intake before and during exercise. *J Appl Physiol* **102**, 183-188.
- Dreyer HC, Fujita S, Cadenas JG, Chinkes DL, Volpi E & Rasmussen BB. (2006). Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *J Physiol* **576**, 613-624.
- Durham WJ, Miller SL, Yeckel CW, Chinkes DL, Tipton KD, Rasmussen BB & Wolfe RR. (2004). Leg glucose and protein metabolism during an acute bout of resistance exercise in humans. *J Appl Physiol* **97**, 1379-1386.
- Ekblom B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med* **3**, 50-60.
- Elliot TA, Cree MG, Sanford AP, Wolfe RR & Tipton KD. (2006). Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* **38**, 667-674.
- Enqvist J, Mattsson M, Johansson P, Brink-Elfegoun T, Bakkman L & Ekblom B. Energy turnover during 24-hours and 6 days of adventure racing. *Manuscript*.
- Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, Richter EA, Mizuno M & Kjaer M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* **535**, 301-311.
- Essen-Gustavsson B & Tesch PA. (1990). Glycogen and triglyceride utilization in relation to muscle metabolic characteristics in men performing heavy-resistance exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **61**, 5-10.
- Febbraio MA, Chiu A, Angus DJ, Arkinstall MJ & Hawley JA. (2000). Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol* **89**, 2220-2226.
- Fielding RA, Costill DL, Fink WJ, King DS, Hargreaves M & Kovaleski JE. (1985). Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med Sci Sports Exerc* **17**, 472-476.
- Fogelholm M. (2006). Vitamin, mineral and anti-oxidant needs of athletes. In *Clinical Sports Nutrition*, 3rd edn, ed. Burke L, Deakin, V. McGraw Hill.

- Foskett A, Williams C, Boobis L & Tsintzas K. (2008). Carbohydrate availability and muscle energy metabolism during intermittent running. *Med Sci Sports Exerc* **40**, 96-103.
- Fredholm BB, Battig K, Holmen J, Nehlig A & Zvartau EE. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev* **51**, 83-133.
- Friden J, Sjostrom M & Ekblom B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med* **4**, 170-176.
- Friedman JE & Lemon PW. (1989). Effect of chronic endurance exercise on retention of dietary protein. *Int J Sports Med* **10**, 118-123.
- Gabel KA. (2006). Special nutritional concerns for the female athlete. *Curr Sports Med Rep* **5**, 187-191.
- Gainé PC, Pikosky MA, Martin WF, Bolster DR, Maresh CM & Rodriguez NR. (2006). Level of dietary protein impacts whole body protein turnover in trained males at rest. *Metabolism* **55**, 501-507.
- Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, Armstrong LE & Maresh CM. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* **23**, 315-324.
- Gisolfi CV, Lambert GP & Summers RW. (2001). Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na⁺]. *Me Sci Sports Exerc* **33**, 907-915.
- Goedecke JH, Christie C, Wilson G, Dennis SC, Noakes TD, Hopkins WG & Lambert EV. (1999). Metabolic adaptations to a high-fat diet in endurance cyclists. *Metabolism* **48**, 1509-1517.
- Graham TE, Battram DS, Dela F, El-Sohemy A & Thong FS. (2008). Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise? *Appl Physiol Nutr Metab* **33**, 1311-1318.
- Graham TE, Hibbert E & Sathasivam P. (1998). Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* **85**, 883-889.
- Graham TE & Spriet LL. (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol* **78**, 867-874.
- Green AL, Hultman E, Macdonald IA, Sewell DA & Greenhaff PL. (1996a). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *Am J Physiol* **271**, E821-826.
- Green AL, Simpson EJ, Littlewood JJ, Macdonald IA & Greenhaff PL. (1996b). Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feeding in humans. *Acta Physiol Scand* **158**, 195-202.
- Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K & Hultman E. (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol* **266**, E725-730.

- Greenwood M, Kreider RB, Greenwood L & Byars A. (2003). Cramping and Injury Incidence in Collegiate Football Players Are Reduced by Creatine Supplementation. *J Athl Train* **38**, 216-219.
- Grindstaff PD, Kreider R, Bishop R, Wilson M, Wood L, Alexander C & Almada A. (1997). Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers. *Int J Sport Nutr* **7**, 330-346.
- Gualano B, Ugrinowitsch C, Novaes RB, Artioli GG, Shimizu MH, Seguro AC, Harris RC & Lancha AH, Jr. (2008). Effects of creatine supplementation on renal function: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Eur J Appl Physiol* **103**, 33-40.
- Haff GG, Lehmkuhl MJ, McCoy LB & Stone MH. (2003). Carbohydrate supplementation and resistance training. *J Strength Cond Res* **17**, 187-196.
- Hargreaves M. (2006). Skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise. In *Exercise Metabolism*, 2nd edn, ed. Hargreaves M & Spriet LL, pp. 29-44. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Hargreaves M & Briggs CA. (1988). Effect of carbohydrate ingestion on exercise metabolism. *J Appl Physiol* **65**, 1553-1555.
- Harris RC, Soderlund K & Hultman E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond)* **83**, 367-374.
- Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV & Phillips SM. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr* **86**, 373-381.
- Havemann L, West SJ, Goedecke JH, Macdonald IA, St Clair Gibson A, Noakes TD & Lambert EV. (2006). Fat adaptation followed by carbohydrate loading compromises high-intensity sprint performance. *J Appl Physiol* **100**, 194-202.
- Heigenhauser GJ, Sutton JR & Jones NL. (1983). Effect of glycogen depletion on the ventilatory response to exercise. *J Appl Physiol* **54**, 470-474.
- Helge JW. (2002). Long-term fat diet adaptation effects on performance, training capacity, and fat utilization. *Med Sci Sports Exerc* **34**, 1499-1504.
- Helge JW, Richter EA & Kiens B. (1996). Interaction of training and diet on metabolism and endurance during exercise in man. *J Physiol* **492**, 293-306.
- Helge JW, Watt PW, Richter EA, Rennie MJ & Kiens B. (2001). Fat utilization during exercise: adaptation to a fat-rich diet increases utilization of plasma fatty acids and very low density lipoprotein-triacylglycerol in humans. *J Physiol* **537**, 1009-1020.

Helge JW, Wulff B & Kiens B. (1998). Impact of a fat-rich diet on endurance in man: role of the dietary period. *Med Sci Sports Exerc* **30**, 456-461.

Holloszy JO. (2005). Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. *J Appl Physiol* **99**, 338-343.

Horvath PJ, Eagen CK, Fisher NM, Leddy JJ & Pendergast DR. (2000a). The effects of varying dietary fat on performance and metabolism in trained male and female runners. *J Am Coll Nutr* **19**, 52-60.

Horvath PJ, Eagen CK, Ryer-Calvin SD & Pendergast DR. (2000b). The effects of varying dietary fat on the nutrient intake in male and female runners. *J Am Coll Nutr* **19**, 42-51.

IAAF. (2007). Nutrition for athletics: The 2007 IAAF Consensus Statement. <http://www.iaaf.org/mm/Document/imported/38451pdf>.

Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM & Coyle EF. (1988). Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* **64**, 1480-1485.

Ivy JL, Res PT, Sprague RC & Widzer MO. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **13**, 382-395.

Jacobs I, Kaiser P & Tesch P. (1981). Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **46**, 47-53.

James AP, Lorraine M, Cullen D, Goodman C, Dawson B, Palmer TN & Fournier PA. (2001). Muscle glycogen supercompensation: absence of a gender-related difference. *Eur J Appl Physiol* **85**, 533-538.

Jentjens RL & Jeukendrup AE. (2005). High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. *Br J Nutr* **93**, 485-492.

Jentjens RL, van Loon LJ, Mann CH, Wagenmakers AJ & Jeukendrup AE. (2001). Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *J Appl Physiol* **91**, 839-846.

Jeukendrup A, Saris WH, Brouns F & Kester AD. (1996). A new validated endurance performance test. *Med Sci Sports Exerc* **28**, 266-270.

Jeukendrup AE & Aldred S. (2004). Fat supplementation, health, and endurance performance. *Nutrition* **20**, 678-688.

Jeukendrup A & Gleeson M. (2007). *Idrottsnutrition för bättre prestation*. SISU Idrottsböcker, Stockholm.

Judelson DA, Maresh CM, Farrell MJ, Yamamoto LM, Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Spiering BA, Casa DJ & Anderson JM. (2007). Effect of hydration state on strength, power, and

- resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 1817-1824.
- Judelson DA, Maresh CM, Yamamoto LM, Farrell MJ, Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Spiering BA, Casa DJ & Anderson JM. (2008). Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine markers of anabolism, catabolism, and metabolism. *J Appl Physiol* **105**, 816-824.
- Katsanos CS, Chinkes DL, Paddon-Jones D, Zhang XJ, Aarsland A & Wolfe RR. (2008). Whey protein ingestion in elderly persons results in greater muscle protein accrual than ingestion of its constituent essential amino acid content. *Nutr Res* **28**, 651-658.
- Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A & Wolfe RR. (2005). Aging is associated with diminished accretion of muscle proteins after the ingestion of a small bolus of essential amino acids. *Am J Clin Nutr* **82**, 1065-1073.
- Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A & Wolfe RR. (2006). A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **291**, E381-387.
- Katz A, Broberg S, Sahlin K & Wahren J. (1986). Leg glucose uptake during maximal dynamic exercise in humans. *Am J Physiol* **251**, E65-70.
- Koopman R, Manders RJ, Jonkers RA, Hul GB, Kuipers H & van Loon LJ. (2006a). Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *Eur J Appl Physiol* **96**, 525-534.
- Koopman R, Manders RJ, Zorenc AH, Hul GB, Kuipers H, Keizer HA & van Loon LJ. (2005). A single session of resistance exercise enhances insulin sensitivity for at least 24 h in healthy men. *Eur J Appl Physiol* **94**, 180-187.
- Koopman R, Verdijk L, Manders RJ, Gijzen AP, Gorselink M, Pijpers E, Wagenmakers AJ & van Loon LJ. (2006b). Co-ingestion of protein and leucine stimulates muscle protein synthesis rates to the same extent in young and elderly lean men. *Am J Clin Nutr* **84**, 623-632.
- Kreider RB. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem* **244**, 89-94.
- Krustrup P, Mohr M, Ellingsgaard H & Bangsbo J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc* **37**, 1242-1248.
- Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M & Bangsbo J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* **38**, 1165-1174.
- Lambert EV, Goedecke JH, Zyle C, Murphy K, Hawley JA, Dennis SC & Noakes TD. (2001). High-fat diet versus habitual diet prior to carbohydrate loading: effects of exercise metabolism and cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **11**, 209-225.
- Lambert EV, Speechly DP, Dennis SC & Noakes TD. (1994). Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *Eu J*

- Appl Physiol Occup Physiol* **69**, 287-293.
- Lamont LS, McCullough AJ & Kalhan SC. (1999). Comparison of leucine kinetics in endurance-trained and sedentary humans. *J Appl Physiol* **86**, 320-325.
- Lamont LS, Patel DG & Kalhan SC. (1990). Leucine kinetics in endurance-trained humans. *J Appl Physiol* **69**, 1-6.
- Lemon PW, Dolny DG & Yarasheski KE. (1997). Moderate physical activity can increase dietary protein needs. *Can J Appl Physiol* **22**, 494-503.
- Lemon PW, Tarnopolsky MA, MacDougall JD & Atkinson SA. (1992). Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J Appl Physiol* **73**, 767-775.
- Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ & Flakoll PJ. (2001). Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **280**, E982-993.
- Lorraine-Lichtenstein E, Albert J & Hjelmqvist H. (2008). [Water is a dangerous poison...Two cases of hyponatremia associated with spinning and extensive fluid intake]. *Läkartidningen* **105**, 1650-1652.
- Lukaski HC. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* **20**, 632-644.
- Manore MM. (2002). Dietary recommendations and athletic menstrual dysfunction. *Sports Med* **32**, 887-901.
- Manore MM. (2005). Exercise and the Institute of Medicine recommendations for nutrition. *Curr Sports Med Rep* **4**, 193-198.
- Mascher H, Tannerstedt J, Brink-Elfegoun T, Ekblom B, Gustafsson T & Blomstrand E. (2008). Repeated resistance exercise training induces different changes in mRNA expression of MAFbx and MuRF-1 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **294**, E43-51.
- Maughan RJ, Leiper JB & Shirreffs SM. (1997). Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med* **31**, 175-182.
- McConnell G, Snow RJ, Proietto J & Hargreaves M. (1999). Muscle metabolism during prolonged exercise in humans: influence of carbohydrate availability. *J Appl Physiol* **87**, 1083-1086.
- McConnell GK, Burge CM, Skinner SL & Hargreaves M. (1997). Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand* **160**, 149-156.
- McKenzie S, Phillips SM, Carter SL, Lowther S, Gibala MJ & Tarnopolsky MA. (2000). Endurance exercise training attenuates leucine oxidation and BCOAD activation during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **278**, E580-587.

- Meredith CN, Zackin MJ, Frontera WR & Evans WJ. (1989). Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance-trained men. *J Appl Physiol* **66**, 2850-2856.
- Millard-Stafford M, Childers WL, Conger SA, Kampf AJ & Rahnert JA. (2008). Recovery nutrition: timing and composition after endurance exercise. *Curr Sports Med Rep* **7**, 193-201.
- Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE & Wolfe RR. (2003). Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* **35**, 449-455.
- Mohr M, Krstrup P & Bangsbo J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* **21**, 519-528.
- Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, Prior T, Tarnopolsky MA & Phillips SM. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr* **89**, 161-168.
- Muoio DM, Leddy JJ, Horvath PJ, Awad AB & Pendergast DR. (1994). Effect of dietary fat on metabolic adjustments to maximal VO₂ and endurance in runners. *Med Sci Sports Exerc* **26**, 81-88.
- Murase Y, Kamei S & Hoshikawa T. (1989). Heart rate and metabolic responses to participation in golf. **29**, 269-272.
- Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J & Warren MP. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 1867-1882.
- Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A & Feeley M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food A Contam* **20**, 1-30.
- Newsholme EA. (1986). Application of knowledge of metabolic integration to the problem of metabolic limitations in middle distance and marathon running. *Acta Physiol Scand Suppl* **556**, 93-97.
- Newsholme EA & Blomstrand E. (2006). Branched-chain amino acids and central fatigue. *J Nutr* **136**, 274S-276S.
- Newsholme EA, Blomstrand E & Ekblom B. (1992). Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Br Med Bull* **48**, 477-495.
- Newsholme EA & Leech AR. (1983). *Biochemistry for the medical sciences*. Wiley & Sons, Chichester.
- Nicholas CW, Williams C, Lakomy HK, Phillips G & Nowitz A. (1995). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *J Sports Sci* **13**, 283-290.
- Nilsson LH & Hultman E. (1973). Liver glycogen in man--the effect of total starvation or a carbohydrate-poor diet followed by carbohydrate refeeding. *Scand J Clin Lab Invest* **32**, 325-330.

- Nissen SL & Sharp RL. (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol* **94**, 651-659.
- NNR. (2004). *Nordic Nutrition Recommendations 2004 - Integrating nutrition and physical activity*. Nordic Council of Ministers, Norden, Copenhagen.
- Noakes T. (1991). *Lore of running*. Leisure Press, Champaign, Illinois.
- Noakes T. (2003). Fluid replacement during marathon running. *Clin J Sport Med* **13**, 309-318.
- Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, Branken T & Taylor RK. (1985). Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* **17**, 370-375.
- Noakes TD, Hew-Butler T & Tucker R. (2008). Environmental sports medicine. In *The olympic textbook of medicine in sport*, ed. Schwellnus P.
- Paddon-Jones D & Rasmussen BB. (2009). Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **12**, 86-90.
- Paddon-Jones D, Sheffield-Moore M, Katsanos CS, Zhang XJ & Wolfe RR. (2006). Differential stimulation of muscle protein synthesis in elderly humans following isocaloric ingestion of amino acids or whey protein. *Exp Gerontol* **41**, 215-219.
- Paddon-Jones D, Sheffield-Moore M, Zhang XJ, Volpi E, Wolf SE, Aarsland A, Ferrando AA & Wolfe RR. (2004). Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **286**, E321-328.
- Paddon-Jones D, Short KR, Campbell WW, Volpi E & Wolfe RR. (2008). Role of dietary protein in the sarcopenia of aging. *Am J Clin Nutr* **87**, 1562S-1566S.
- Parkin JA, Carey MF, Martin IK, Stojanovska L & Febbraio MA. (1997). Muscle glycogen storage following prolonged exercise: effect of timing of ingestion of high glycemic index food. *Med Sci Sports Exerc* **29**, 220-224.
- Petrie HJ, Stover EA & Horswill CA. (2004). Nutritional concerns for the child and adolescent competitor. *Nutrition* **20**, 620-631.
- Peyrebrune MC, Nevill ME, Donaldson FJ & Cosford DJ. (1998). The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. *J Sports Sci* **16**, 271-279.
- Phillips SM. (2004). Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition* **20**, 689-695.
- Phillips SM. (2006). Dietary protein for athletes: from requirements to metabolic advantage. *Appl Physiol Nutr Metab* **31**, 647-654.
- Phillips SM, Atkinson SA, Tarnopolsky MA & MacDougall JD. (1993). Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J Appl Physiol* **75**, 2134-2141.

- Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE & Wolfe RR. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* **273**, E99-107.
- Phillips SM, Tipton KD, Ferrando AA & Wolfe RR. (1999). Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am J Physiol* **276**, E118-124.
- Phinney SD, Bistrian BR, Evans WJ, Gervino E & Blackburn GL. (1983). The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism* **32**, 769-776.
- Pitsiladis YP & Maughan RJ. (1999). The effects of exercise and diet manipulation on the capacity to perform prolonged exercise in the heat and in the cold in trained humans. *J Physiol* **517**, 919-930.
- Pline KA & Smith CL. (2005). The effect of creatine intake on renal function. *Ann Pharmacother* **39**, 1093-1096.
- Pogliaghi S & Veicsteinas A. (1999). Influence of low and high dietary fat on physical performance in untrained males. *Med Sci Sports Exerc* **31**, 149-155.
- Poortmans JR & Francaux M. (1999). Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. *Med Sci Sports Exerc* **31**, 1108-1110.
- Poortmans JR, Kumps A, Duez P, Fofonka A, Carpentier A & Francaux M. (2005). Effect of oral creatine supplementation on urinary methylamine, formaldehyde, and formate. *Med Sci Sports Exerc* **37**, 1717-1720.
- Powers SK, DeRuisseau KC, Quindry J & Hamilton KL. (2004). Dietary antioxidants and exercise. *J Sports Sci* **22**, 81-94.
- Pritchard NR & Kalra PA. (1998). Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *Lancet* **351**, 1252-1253.
- Rand WM, Pellett PL & Young VR. (2003). Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* **77**, 109-127.
- Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, Wolf SE & Wolfe RR. (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Appl Physiol* **88**, 386-392.
- Reed MJ, Brozinick JT, Jr., Lee MC & Ivy JL. (1989). Muscle glycogen storage postexercise: effect of mode of carbohydrate administration. *J Appl Physiol* **66**, 720-726.
- Rennie MJ, Wackerhage H, Spangenburg EE & Booth FW. (2004). Control of the size of the human muscle mass. *Ann Rev Physiol* **66**, 799-828.
- Robinson TM, Sewell DA, Hultman E & Greenhaff PL. (1999). Role of submaximal exercise in promoting creatine and glycogen accumulation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* **87**, 598-604.

Roch-Norlund AE, Bergstrom J & Hultman E. (1972). Muscle glycogen and glycogen synthetase in normal subjects and in patients with diabetes mellitus. Effect of intravenous glucose and insulin administration. *Scand J Clin Lab Invest* **30**, 77-84.

Romer LM, Barrington JP & Jeukendrup AE. (2001). Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *Int J Sports Med* **22**, 546-552.

Roy BD & Tarnopolsky MA. (1998). Influence of differing macronutrient intakes on muscle glycogen resynthesis after resistance exercise. *J Appl Physiol* **84**, 890-896.

Roy BD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Fowles J & Yarasheski KE. (1997). Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *J Appl Physiol* **82**, 1882-1888.

Saltin B & Karlsson J, ed. (1971). *Muscle Metabolism During Exercise*. Plenum Press, New York.

Saris WH, van Erp-Baart MA, Brouns F, Westerterp KR & ten Hoor F. (1989). Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France. *Int J Sports Med* **10 Suppl 1**, S26-31.

Saunders MJ, Kane MD & Todd MK. (2004). Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* **36**, 1233-1238.

Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ & Stachenfeld NS. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* **39**, 377-390.

Singh A, Moses FM & Deuster PA. (1992). Chronic multivitamin-mineral supplementation does not enhance physical performance. *Med Sci Sports Exerc* **24**, 726-732.

Sjodin AM, Andersson AB, Hogberg JM & Westerterp KR. (1994). Energy balance in cross-country skiers: a study using doubly labeled water. *Med Sci Sports Exerc* **26**, 720-724.

Skare OC, Skadberg & Wisnes AR. (2001). Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scand J Med Sci Sports* **11**, 96-102.

Spriet LL & Howlett RA. (2000). Caffeine. In *Nutrition In Sport*, ed. Maughan RJ. Blackwell Science Ltd.

Spriet LL, MacLean DA, Dyck DJ, Hultman E, Cederblad G & Graham TE. (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am J Physiol* **262**, E891-898.

Starling RD, Trappe TA, Parcell AC, Kerr CG, Fink WJ & Costill DL. (1997). Effects of diet on muscle triglyceride and endurance performance. *J Appl Physiol* **82**, 1185-1189.

Steenge GR, Simpson EJ & Greenhaff PL. (2000). Protein- and carbohydrate-induced augmenta-

- tion of whole body creatine retention in humans. *J Appl Physiol* **89**, 1165-1171.
- Stellingwerff T, Boon H, Gijsen AP, Stegen JH, Kuipers H & van Loon LJ. (2007). Carbohydrate supplementation during prolonged cycling exercise spares muscle glycogen but does not affect intramyocellular lipid use. *Pflugers Arch* **454**, 635-647.
- Stellingwerff T, Spriet LL, Watt MJ, Kimber NE, Hargreaves M, Hawley JA & Burke LM. (2006). Decreased PDH activation and glycogenolysis during exercise following fat adaptation with carbohydrate restoration. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **290**, E380-388.
- Stephens NK, Carey AL, Staudacher HM, Cummings NK, Burke LM & Hawley JA. (2002). Effect of short-term fat adaptation on high-intensity training. *Med Sci Sports Exerc* **34**, 449-455.
- Sundgot-Borgen J & Torstveit MK. (2007). The female football player, disordered eating, menstrual function and bone health. *Br J Sports Med* **41 Suppl 1**, i68-72.
- Symons TB, Schutzler SE, Cocke TL, Chinkes DL, Wolfe RR & Paddon-Jones D. (2007). Aging does not impair the anabolic response to a protein-rich meal. *Am J Clin Nutr* **86**, 451-456.
- Tang JE & Phillips SM. (2009). Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **12**, 66-71.
- Tarnopolsky M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* **20**, 662-668.
- Tarnopolsky MA. (2008). Nutritional consideration in the aging athlete. *Clin J Sport Med* **18**, 531-538.
- Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Chesley A, Phillips S & Schwarcz HP. (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol* **73**, 1986-1995.
- Tarnopolsky MA, Atkinson SA, Phillips SM & MacDougall JD. (1995). Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. *J Appl Physiol* **78**, 1360-1368.
- Tarnopolsky MA, MacDougall JD & Atkinson SA. (1988). Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol* **64**, 187-193.
- Tarnopolsky MA, Zawada C, Richmond LB, Carter S, Shearer J, Graham T & Phillips SM. (2001). Gender differences in carbohydrate loading are related to energy intake. *J Appl Physiol* **91**, 225-230.
- Telford RD, Catchpole EA, Deakin V, Hahn AG & Plank AW. (1992). The effect of 7 to 8 months of vitamin/mineral supplementation on athletic performance. *Int J Sport Nutr* **2**, 135-153.
- Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, Kraemer WJ, Meyer RA, Spriet LL, Tarnopolsky MA, Wagenmakers AJ & Williams MH. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc* **32**, 706-717.
- Tipton KD, Borsheim E, Wolf SE, Sanford AP & Wolfe RR. (2003). Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion. *Am J Physiol Endo-*

crinol Metab **284**, E76-89.

Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP & Wolfe RR. (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **292**, E71-76.

Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP & Wolfe RR. (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* **36**, 2073-2081.

Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D, Jr. & Wolfe RR. (1999a). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol* **276**, E628-634.

Tipton KD, Gurkin BE, Matin S & Wolfe RR. (1999b). Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *J Nutr Biochem* **10**, 89-95.

Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE & Wolfe RR. (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **281**, E197-206.

Todd KS, Butterfield GE & Calloway DH. (1984). Nitrogen balance in men with adequate and deficient energy intake at three levels of work. *J Nutr* **114**, 2107-2118.

Tsintzas OK, Williams C, Boobis L & Greenhaff P. (1995). Carbohydrate ingestion and glycogen utilization in different muscle fibre types in man. *J Physiol* **489**, 243-250.

Tsintzas OK, Williams C, Boobis L & Greenhaff P. (1996). Carbohydrate ingestion and single muscle fiber glycogen metabolism during prolonged running in men. *J Appl Physiol* **81**, 801-809.

Unnithan VB & Goulopoulou S. (2004). Nutrition for the pediatric athlete. *Curr Sports Med Rep* **3**, 206-211.

van Hall G, Shirreffs SM & Calbet JA. (2000). Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: no effect of additional protein ingestion. *J Appl Physiol* **88**, 1631-1636.

van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M & Wagenmakers AJ. (2000). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *Am J Clin Nutr* **72**, 106-111.

Vandenbergh K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L & Hespel P. (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol* **83**, 2055-2063.

Wee SL, Williams C, Tsintzas K & Boobis L. (2005). Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol* **99**, 707-714.

Weight LM, Myburgh KH & Noakes TD. (1988). Vitamin and mineral supplementation: effect on the running performance of trained athletes. *Am J Clin Nutr* **47**, 192-195.

Welsh RS, Davis JM, Burke JR & Williams HG. (2002). Carbohydrates and physical/mental per-

- formance during intermittent exercise to fatigue. *Med Sci Sports Exerc* **34**, 723-731.
- Verde T, Shephard RJ, Corey P & Moore R. (1982). Sweat composition in exercise and in heat. *J Appl Physiol* **53**, 1540-1545.
- Widrick JJ, Costill DL, Fink WJ, Hickey MS, McConell GK & Tanaka H. (1993). Carbohydrate feedings and exercise performance: effect of initial muscle glycogen concentration. *J Appl Physiol* **74**, 2998-3005.
- Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Macdonald MJ, Macdonald JR, Armstrong D & Phillips SM. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr* **85**, 1031-1040.
- Vogt S, Heinrich L, Schumacher YO, Grosshauser M, Blum A, König D, Berg A & Schmid A. (2005). Energy intake and energy expenditure of elite cyclists during preseason training. *Int J Sports Med* **26**, 701-706.
- Volek JS, Forsythe CE & Kraemer WJ. (2006). Nutritional aspects of women strength athletes. *Br J Sports Med* **40**, 742-748.
- Volek JS & Rawson ES. (2004). Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition* **20**, 609-614.
- Volpi E, Mittendorfer B, Rasmussen BB & Wolfe RR. (2000). The response of muscle protein anabolism to combined hyperaminoacidemia and glucose-induced hyperinsulinemia is impaired in the elderly. *J Clin Endocrinol Metab* **85**, 4481-4490.
- Zawadzki KM, Yaspelkis BB, 3rd & Ivy JL. (1992). Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol* **72**, 1854-1859.
- Åstrand P-O & Rodahl K. (1986). *Textbook of work physiology*. McGraw Hill, New York.



RIKSIDROTTSFÖRBUNDET

Idrottens Hus, 114 73 Stockholm • Tel: 08-699 60 00 • Fax: 08-699 62 00
E-post: riksidrottsforbundet@rf.se • Hemsida: www.rf.se

