



Fysisk aktivitet og kosttilskud – præstations- og helbredsmæssige aspekter for motionister



Motions- og
Ernæringsrådet



Fysisk aktivitet, kosttilskud og sportsprodukter

– præstations- og helbredsmæssige aspekter for motionister

En rapport fra Motions- og Ernæringsrådet

Af

Kristian Overgaard

Bente Kiens

Harald S. Hansen

Mette Hansen

Thue Kvorning

Lars Nybo Nielsen

Lone Banke Rasmussen

Fysisk aktivitet, kosttilskud og sportsprodukter
– præstations- og helbredsmæssige aspekter for motionister

Grafisk produktion: Boje & Mobeck as

Publikationsår: 2008

Publ. nr. 6 – Motions- og Ernæringsrådet

Pris: 80,- kr. ekskl. moms.

Indholdsfortegnelse

Forord.....	9
Resumé	11
Summary	15
Kommissorium.....	19
Arbejdsgruppens medlemmer	19
1. Definitioner af kosttilskud og sportsprodukter	21
1.1 Definition af kosttilskud	21
1.2 Definition af sportsprodukter	22
2. Afgrænsning af rapporten	23
2.1 Rapportens behandling af præstationsmæssige aspekter	24
2.2 Rapportens behandling af helbredsmæssige aspekter	25
2.3 Hvilke grupper af idrætsaktive omhandler denne rapport?	26
2.4 Kosttilskud og doping	26
3. Anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter	29
3.1 Delkonklusion om anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter ..	31

4.	Proteintilskud	33
4.1	Måling af proteinomsætningen	34
4.2	Beskrivelse af proteintilskud	34
4.2.1	Proteinformer	34
4.2.2	Førgrenede aminosyrer	35
4.2.3	Protein i kosten	35
4.3	Styrketræning og proteintilskud	36
4.3.1	Hvordan påvirkes proteinomsætningen af styrketræning?	36
4.3.2	Skal motionisten, der styrketræner, indtage mere protein?	37
4.3.3	Tidspunktet for proteinindtagelse ved muskelopbygning	38
4.3.4	Proteinmængde ved muskelopbygning	39
4.3.5	Betydningen af proteintype ved muskelopbygning	39
4.3.6	Betydningen af proteiners optagelseshastighed for muskelopbygning	39
4.3.7	Essentielle aminosyrer – leucin	40
4.4	Udholdenhedstræning og proteintilskud	40
4.4.1	Muskelproteinbalance ved udholdenhedstræning	41
4.4.2	Effekt af proteintilskud på udholdenhedspræstationsevnen	42
4.4.3	Glutamin og immunfunktion	42
4.4.4	Effekt af BCAA på træthedsudvikling	42
4.5	Proteintilskud ved motion i relation til vægttab	43
4.6	Proteintilskud og helbred	44
4.6.1	Proteintilskud og energibalance	44
4.6.2	Protein i flydende eller fast form?	45
4.7	Delkonklusion om proteintilskud	47

5.	Kreatintilskud	49
5.1	Kreatins fysiologiske rolle	49
5.1.1	Dosering af kreatintilskud	49
5.2	Kreatintilskud og præstationsevne	50
5.3	Kreatintilskud og kropssammensætning	51
5.4	Kreatintilskud og træningsudbytte – styrketræning	51
5.5	Kreatintilskud og træningsudbytte – udholdenhedstræning	51
5.6	Kreatintilskud i forhold til alder, køn og træningsgestus	52
5.6.1	Kreatintilskud og glykogen	52
5.6.2	Tidspunktet for kreatinindtagelsen	53
5.7	Kreatintilskud og helbred	53
5.7.1	Nyre- og leverfunktion	53
5.7.2	Kompartmentsyndrom	53
5.7.3	Blodlipider	54
5.7.4	Glukosetolerance og insulinsensitivitet	54
5.7.5	Kreatinbalance ved langvarig indtagelse	54
5.8	Delkonklusion om kreatintilskud	55
6.	Kulhydratrige energidrikke	57
6.1	Hvad er energidrikke?	57
6.2	Energidrikke under og efter træning	57
6.2.1	Energidrikke og udholdenhedstræning af op til 1½ times varighed	58
6.2.2	Energidrikke og udholdenhedstræning af mere end 1½ times varighed	61

6.3	Energidrikke og helbred	62
6.4	Hvilken form for kulhydrat skal man vælge?	63
6.5	Væske og elektrolytter	64
6.5.1	Retningslinjer for hvad og hvor meget man bør drikke under intens idrætsudøvelse	65
6.6	Delkonklusion om kulhydratrige energidrikke	68
7.	Koffeintilskud	69
7.1	Koffeintilskud og præstationsevne	70
7.2	Koffeinindtagelse og biologiske mekanismer	71
7.2.1	Kaffe vs. koffein	72
7.2.2	Dosis og tidspunkt for indtagelse	73
7.2.3	Koffein i kombination med andet	74
7.3	Bivirkninger og helbred ved koffeinindtagelse	74
7.4	Delkonklusion om koffeintilskud	75
8.	Vitamin- og mineralpræparater	77
8.1	B-vitaminer	77
8.1.1	Thiamin	77
8.1.2	Riboflavin	78
8.1.3	Niacin	78
8.1.4	B ₆ -vitamin	79
8.1.5	Folat og B ₁₂ -vitamin	79
8.1.6	Pantotensyre	79
8.1.7	Delkonklusion om B-vitaminer	79

8.2	C-vitamin	80
8.2.1	Delkonklusion om C-vitamin	81
8.3	Fedtopløselige vitaminer (A-, D- og E- vitamin)	81
8.3.1	A-vitamin	81
8.3.2	D-vitamin	81
8.3.3	E-vitamin	82
8.3.4	Delkonklusion om fedtopløselige vitaminer	83
8.4	Multivitamintabletter eller andre kombinationer af næringsstoffer	83
8.5	Selen	84
8.5.1	Delkonklusion om selen	85
8.6	Magnesium	85
8.6.1	Delkonklusion om magnesium	86
8.7	Krom	86
8.7.1	Delkonklusion om krom	86
8.8	Kalcium	87
8.8.1	Delkonklusion om kalcium	87
8.9	Jern	87
8.9.1	Delkonklusion om jern	90
9.	Andre kosttilskud og sportsprodukter	93
9.1	Fedtsyreblandinger	93
9.1.1	Fedtsyreblandinger og præstationsevne	93
9.1.2	Fedtsyreblandinger og helbred	94
9.1.3	Delkonklusion om fedtsyreblandinger	95
9.2	Medium-chain triacylglycerol	95
9.2.1	Delkonklusion om medium-chain triacylglycerol	95

9.3	Konjugeret linolsyre	95
9.3.1	Delkonklusion om konjugeret linolsyre	96
9.4	Carnitin	96
9.4.1	Delkonklusion om carnitin	96
9.5	Antioxidanter (Q10, E-vitamin, C-vitamin, β-caroten og selen) . . .	96
9.5.1	Delkonklusion om antioxidant	97
10.	Sammenfatning og konklusion	99
10.1	Proteintilskud	99
10.2	Kreatintilskud	100
10.3	Kulhydratrige energidrikke	100
10.4	Koffeintilskud	100
10.5	Vitamin- og mineralpræparater	100
10.6	Andre kosttilskud og sportsprodukter	101
11.	Ordliste	103
12.	Referencer	105
13.	Bilag 1: Interessekonflikterklæringer	129

Forord

I dag ved vi, at vores sundhed i vidt omfang afhænger af vores livsstil. Det betyder noget, hvad vi spiser, og hvordan vi bruger vores kroppe. Fysisk aktivitet i fritiden er et vigtigt element i tilværelsen for de fleste mennesker i Danmark. Trods det aktuelle fokus på, at vi bevæger os for lidt, viser statistikkerne dog stadig, at hovedparten af befolkningen er fysisk aktive. Uanset om det er i form af cykelture, gåture, idræt eller andre former for motion, er det veldokumenteret, at denne fysiske aktivitet har en stor positiv helbredsmæssig betydning for os.

Der er en stor spændvidde mellem de aktiviteter, som de fysisk aktive engagerer sig i. Nogle cykler på arbejde, nogle spiller bold et par gange om ugen. Andre træner hårdt flere timer hver dag. Ligeledes er der forskellige forventninger til hvad vi får ud af den fysiske aktivitet.

Hvis man dyrker fysisk aktivitet for at blive sundere, er det naturligt at interessere sig for, om den helbredsmæssige positive effekt af fysisk aktivitet kan styrkes med en ændret kost eller med et tilskud til kosten. Parallelt med dette er der mange idrætsudøvere som træner for at forbedre deres præstationsevne, og som ønsker at optimere deres træningsudbytte ved at indtage de rigtige næringsstoffer på de rigtige tidspunkter.

Der findes en lang række produkter – kosttilskud og sportsprodukter – som markedsføres netop med henblik på at appellere til mennesker, som ønsker at forbedre effekten af deres træning på helbredet eller den fysiske præstationsevne. Det kan være uklart, hvad disse produkter egentlig kan bidrage med, og i hvilke sammenhænge det er relevant at bruge dem, og for at bidrage med information om disse forhold har Motions- og Ernæringsrådet i denne rapport samlet den aktuelle videnskabelige dokumentation for virkningen af diverse populære kosttilskud og sportsprodukter, som anvendes i forbindelse med træning og fysisk aktivitet.

Morten Grønbæk
Formand

Resumé

Kosttilskud og sportsprodukter indtages i troen på, at der er et øget behov for visse næringsstoffer, når det fysiske aktivitetsniveau øges, og at kosttilskud og sportsprodukter vil kunne optimere træningsudbyttet. Indtagelsen sker ofte uden at have kendskab til, hvorvidt der er belæg for, om kosttilskud og sportsprodukter har en fremmede effekt på den fysiske præstationsevne eller en virkning i relation til helbredet.

Denne rapport bidrager med viden om disse spørgsmål. Rapporten har samlet den aktuelle videnskabelige dokumentation for virkningen af de hyppigst anvendte lovlige kosttilskud samt sportsprodukter, som indtages i forbindelse med fysisk aktivitet. Målgruppen for rapporten er personer, der kendetegnes som motionister og er fysisk aktive en til flere gange om ugen indenfor både udholdenheds- og styrketræning.

Der foreligger ikke danske undersøgelser på forbruget af kosttilskud og sportsprodukter i forbindelse med fysisk aktivitet. Men på grundlag af undersøgelser om det generelle forbrug af kosttilskud i Danmark og udenlandske opgørelser over idrætsudøveres forbrug af kosttilskud og sportsprodukter må det antages, at forbruget af kosttilskud og sportsprodukter er omfattende blandt såvel veltrænede som mindre trænede idrætsaktive voksne i alle aldre.

For motionister, der træner regelmæssigt og er i energibalance, er der ikke evidens for, at den daglige totale proteinindtagelse skal være større, end hvad der angives i de nordiske næringsstofanbefalinger (10-20 E% protein). Der er meget, der tyder på, at energibalancen er vigtigere end indtagelsen af proteintilskuddet, når det gælder om at opnå den optimale effekt på muskeltilvækst og præstationsevne ved træning. I forbindelse med længerevarende udholdenhedstræning gælder det ligeledes om at være i energibalance og at have et tilstrækkeligt indtag af kulhydrater. Dette minimerer brugen af protein som energikilde under træningen, hvilket derved reducerer behovet for at øge proteinindtaget. Et vigtigt aspekt ved proteinindtagelse synes at være tidspunktet for indtagelsen i forhold til træningen. Flere studier har vist, at indtagelse af en mindre mængde protein lige før eller efter tung styrketræning kan øge træningens effekt på muskelstyrke og muskeltilvækst. Effekten af proteinindtagelse er den samme uanset om indtagelsen sker som tilskud med proteinpulver, eller om kilden til protein er almindelige fødevarer.

Hovedparten af studier viser, at indtagelse af kreatintilskud forøger evnen til at opretholde den muskulære kraft- og effektudvikling under gentagne, kortvarige og maksimale arbejdsperioder. Ligeledes vil indtagelse af kreatintilskud kombineret med intensiv styrketræning over en periode på 4-8 uger i gennemsnit resultere i større stigninger i maksimal muskelstyrke og muskelmasse end træning uden kreatinindtagelse. Effekterne af kreatintilskud varierer dog meget mellem individer. Fysisk aktivitet, som er kendetegnet ved kontinuerligt aerobt arbejde, vil derimod ikke påvirkes positivt af kreatintilskud. En bivirkning ved kreatinindtagelse er en forøgelse af kropsvægten p.g.a. en øget væsketilbageholdelse i musklerne. Derudover er der ikke beskrevet væsentlige fysiologiske bivirkninger eller skader ved kreatinindtagelse i doser af 2-5 g dagligt over en typisk indtagelsesperiode på 1-2 måneder.

Ved træning med varighed under 1½-2 timer er der ikke behov for indtagelse af kulhydrater, da kroppens kulhydratlagre kan dække det øgede energibehov. Dette fordrer vel at mærke, at man har spist normalt dagen forinden og indtaget et måltid ca. 2-3 timer før træningen. Ved idrætsudøvelse i 2 timer eller derover kan der være behov for indtagelse af kulhydrater for at opretholde præstationsevnen. Kulhydratrige energidrikke kan dække dette behov, men energien kan også indtages i form af kulhydratrige fødevarer og vand. I et køligt eller tempereret klima som det danske vil behovet for væskeindtagelse i forbindelse med idrætsudøvelse kunne dækkes ved indtagelse af rent vand, når blot man følger sin tørstfornemmelse (ca. ½ liter i timen). Kun på meget varme dage eller hvis man dyrker motion indendørs i lokaler med stillestående og fugtig luft, vil behovet for væske være højere. I de tilfælde hvor træning kan gennemføres uden kulhydrattilskud, må dette anses for at være mest hensigtsmæssigt.

Der er evidens for, at indtagelsen af koffein har en positiv effekt på udholdenhed og præstationsevne indenfor aerobe aktiviteter ved arbejdsbelastninger svarende til mellem 75-90 % af maksimal ydeevne. Også ved mere intenst arbejde af en varighed på 4-8 min og ved korte repetitioner synes koffein at have en positiv effekt på præstationsevnen i laboratorieforsøg. Ved enkeltstående indtagelse på 3-5 mg koffein/kg kropsvægt er der ingen eller kun milde bivirkninger.

Det er ikke påvist, at behovet for vitaminer og mineraler er højere for motionister end for fysisk inaktive individer. Ved en energi-tilstrækkelig varieret kost vil behovet for vitaminer og mineraler blive dækket. Kosttilskud som eksempelvis carnitin, n-3 fedtsyrer, konjugeret linolsyre (CLA), Medium-chain triacylglycerol (MCT) synes ikke at have nogen gunstig effekt på præstationsevnen eller træningsudbyttet. MCT kan derimod give gastrointestinale bivirkninger, og

brug af CLA som kosttilskud frarådes på grund af mulige sundhedsskadelige effekter. Det kan dog ikke konkluderes om antioxidanttilskud (Q10, vitamin E, vitamin C, β -caroten og selen) kan nedsætte oxidativt stress opstået i forbindelse med fysisk aktivitet, og der findes ikke dokumentation for, at antioxidanttilskud har en effekt på præstationsevnen.

Nogle få af de ovennævnte kosttilskud og sportsprodukter kan således bidrage med små effekter på præstationsevnen og træningsudbyttet hos fysisk aktive i specifikke situationer. Hvad angår de helbredsmæssige aspekter konkluderes det dog, at ingen af de ovennævnte kosttilskud og sportsprodukter bidrager med relevante sundhedsfremmende effekter, som ikke ville kunne opnås alene ved fysisk træning kombineret med en sund, varieret og næringsstof-tilstrækkelig kost.

Summary

Physical activity and dietary supplements – performance and health related aspects for moderately physically active individuals

Dietary supplements and sports products are being consumed in the belief that there is an increased need for certain nutrients when the level of physical activity is increased and that dietary supplements have the potential to optimize the exercise output. There is often a lack of scientifically based knowledge among consumers of dietary supplements and sports products about the effects of these products in relation to exercise performance or to health.

This report contributes with information on these issues. The current scientific literature about the effects of the most common legal dietary supplements and sports products, which are being consumed in the context of physical activity, is gathered in this report. The target group for this report is individuals who are characterized as being moderately physically active several times a week in both aerobic exercise and strength training programmes.

At present, there are no surveys about the consumption of dietary supplements and sports products in the context of physical activity in Denmark. However, on the basis of surveys regarding the consumption of dietary supplements in Denmark in general and international surveys about athlete's consumption of dietary supplements and sports products, it is assumed that the consumption of dietary supplements and sports products is wide spread among well trained as well as less trained adult athletes of all ages.

For moderately physically active people who train regularly and who are in energy balance, there is no evidence that the daily protein intake should exceed the Nordic Nutrition Recommendations (10-20 E%). There is evidence that the energy balance as such is more important than the consumption of the protein supplement, when it comes to obtaining the optimal effect on increasing muscle mass and performance capacity by exercise. Also, when participating in prolonged endurance exercise, it is important to be in energy balance and to have a sufficient intake of carbohydrates. This will minimize the use of protein as energy substrate during the exercise which will reduce the requirements for increasing the protein intake. Several studies have shown that intake of a small amount of protein immediately before or after heavy strength exercise can increase the training effects on muscle strength and muscle mass. However, the

effects of protein intake is the same regardless of whether the source of protein is a supplement or ordinary food products.

Most studies show that creatine supplementation increases the ability to maintain muscular power- and strength development during repeated, short and intense work periods. In addition, creatine supplementation combined with intense strength training in periods of 4-8 weeks on average, will result in greater increases in maximal muscle strength and gain in muscle mass, than training without creatine supplementation. However, the effects of creatine supplementation are variable among individuals. On the other hand, physical activity, which is characterized as continuous aerobic exercise, is not positively affected by creatine supplementation. A side effect of creatine supplementation is an increase in body weight because of increased water retention in the muscles. Beyond this, no other important physiologic side effects are described in the literature at an intake of creatine in doses of 2-5 grams daily, taken in periods of 1-2 months.

There is no need to supplement with carbohydrates when exercising in periods lasting less than 1½-2 hours as the body's glycogen stores can cover the increased energy demand. This implies that one has eaten normally the day before and eaten a meal ~ 2-3 hours before the training session. When exercising for 2 hours or more, there may be a need for supplementation of carbohydrates to maintain exercise performance capacity. Energy drinks with high contents of carbohydrates have the potential to cover these needs. However, the intake can also be made in forms of foods with high contents of carbohydrates and plain water. In a cool or temperate climate like in Denmark, the need for fluid in relation to physical exercise can be covered by drinking plain water when feeling thirsty (~ ½ liters an hour). Only on very warm days or when exercising indoors in rooms with static air and high humidity, the need for fluid will be higher. In those circumstances when exercise can be carried out without carbohydrate supplementation, this must be considered preferable.

There is evidence that supplementation of caffeine has a positive effect on endurance and exercise performance at aerobic activities with exercise intensities at about 75-90 % of maximal capacity. Also, at higher exercise intensities lasting 4-8 minutes and at short exercise repetitions, caffeine seems to have a positive effect on the performance capacity in laboratory exercise trails. A single dose of 3-5 mg caffeine per kilograms of bodyweight leads to none or only minor side effects.

It has not been proven conclusively that the requirements for vitamins and minerals are higher among moderately physically active individuals than among physically inactive individuals. When consuming an energy sufficient varied diet, the requirements for vitamins and minerals will usually be covered. Dietary supplements like carnitine, n 3 polyunsaturated fatty acids, conjugated linoleic acid (CLA), medium-chain triglycerides (MCT) do not seem to have any positive effect on exercise performance capacity or output of the exercise programme. On the other hand, MCT may cause gastrointestinal side effects and it is advised not to use CLA as dietary supplement because of potentially negative effects on health. It can not be concluded whether antioxidants (Q10, E-vitamin, C-vitamin, β -caroten and selenium) can reduce oxidative stress as a reaction to physical activity, and there is no evidence that antioxidants have any effect on the performance capacity.

A few of the above mentioned nutritional supplements can contribute with minor positive effects on the performance capacity and output of the exercise programme among moderately physically active individuals in specific situations. However, for the moderately physically active adult and healthy individual who already consumes an energy- and nutrient balanced diet, consuming any currently legal dietary supplement does not seem to confer additional benefits on health.

Kommissorium

Brugen af kosttilskud og sportsprodukter i forbindelse med fysisk aktivitet er velkendt, især blandt eliteidrætsudøvere. Men også mange motionister, der er fysisk aktive én til flere gange om ugen, både inden for udholdenhedstræning og styrketræning, har et stort forbrug af kosttilskud og sportsprodukter.

Kosttilskud og sportsprodukter indtages i troen på, at der er et øget behov for visse næringsstoffer, når det fysiske aktivitetsniveau øges, og at kosttilskud og sportsprodukter vil kunne optimere træningsudbyttet. Der er et stort forbrug af kosttilskud og sportsprodukter blandt mange motionister, der dyrker fysisk aktivitet en til flere gange om ugen, både inden for udholdenhedstræning og styrketræning. Indtagelsen sker ofte uden at have kendskab til, hvorvidt der er belæg for, at kosttilskud og sportsprodukter har en fremmende effekt på den fysiske præstationsevne, eller om et højt indtag af kosttilskud og sportsprodukter kan have en virkning i relation til helbredet.

Motions- og Ernæringsrådet har derfor fundet det relevant – på baggrund af den eksisterende videnskabelige litteratur – at udarbejde en redegørelse om brug af kosttilskud i forbindelse med fysisk aktivitet.

Denne redegørelse skal levere videnskabelig dokumentation for, hvorvidt et givet kosttilskud og/eller sportsprodukt er relevant for personer, der er fysisk aktive/dyrker motion i såvel et præstationsmæssigt som et helbredsmæssigt perspektiv.

Arbejdsgruppens medlemmer

Lektor, cand.scient., ph.d. Kristian Overgaard (formand)

Professor, dr.scient. Harald S. Hansen

Cand.scient., ph.d.-stud. Mette Hansen

Professor, dr.scient. Bente Kiens

Cand.scient., ph.d. Thue Kvorning

Lektor, dr.scient. Lars Nybo Nielsen

Seniorforsker, cand.scient., ph.d. Lone Banke Rasmussen

Cand.scient. i human fysiologi Peter Gjerndrup Aagaard har været tilknyttet arbejdsgruppen som videnskabelig sekretær.

1. Definitioner af kosttilskud og sportsprodukter

Der findes i dag en lang række produkter, som markedsføres med løfter om positive effekter på eksempelvis præstationsevne, kropskomposition, vægttab, muskeltilvækst eller udholdenhed. Disse produkter kan være klassificeret som kosttilskud eller levnedsmidler, men fælles for dem er, at de henvender sig til fysisk aktive, som ønsker at øge effekten af deres træning eller forbedre deres præstation i konkurrencer. For den enkelte fysisk aktive forbruger kan det være vanskeligt at vurdere, hvorvidt sådanne produkter reelt vil kunne påvirke udbyttet af træningen. Derfor vil denne rapport vurdere virkningen af de mest udbredte af disse produkter på baggrund af en gennemgang af den videnskabelige litteratur.

1.1 Definition af kosttilskud

Definitionen af kosttilskud findes i bekendtgørelse om kosttilskud nr. 683 af 21. juli 2003 (1). Følgende fremgår af kapitel 2, § 2:

Definition af kosttilskud

Ved kosttilskud forstås i denne bekendtgørelse fødevarer, der

- 1) har til formål at supplere den normale kost
- 2) er koncentrerede kilder til næringsstoffer eller andre stoffer med en ernæringsmæssig eller fysiologisk virkning, alene eller kombinerede
- 3) markedsføres i dosisform, f.eks. kapsler, pastiller, tabletter, piller og andre lignende former, pulverbrev, væskeampuller, dråbedispenseringsflasker og andre lignende former for væsker og pulvere beregnet til at blive indtaget i mindre afmålte mængder.

Kilde: (1).

Kosttilskud er på etiketten forsynet med angivelsen "Kosttilskud".

Kosttilskud må anprises for deres ernæringsmæssige og/eller fysiologiske virkning, men man må ikke reklamere for, at et kosttilskud f.eks. helbreder eller lindrer sygdom,

ligesom man i dag heller ikke må anføre, at kosttilskuddet kan reducere risikoen for sygdom. En sådan anprisning ville som udgangspunkt betyde, at produktet var et lægemiddel og derfor altså ikke et kosttilskud.

Overstiger indholdet af vitaminer eller mineraler en bestemt mængde, defineres det som et lægemiddel.

Det kan i nogle tilfælde være svært at skelne mellem, om et produkt er et kosttilskud, eller om der er tale om et (natur)lægemiddel. Naturlægemidler er en særlig gruppe lægemidler, som typisk indeholder tørrede planter eller plantedele, udtræk af planter eller andre naturligt forekommende stoffer. Naturlægemidler er i lovgivningen defineret som "lægemidler, hvis aktive indholdsstoffer udelukkende er naturligt forekommende stoffer i koncentrationer, der ikke er væsentligt højere end dem, hvori de forekommer i naturen". Naturlægemidler skal godkendes af Lægemiddelstyrelsen inden de kan sælges, og der stilles krav til sikkerhed ved brug af og virkning af naturlægemidler. Naturlægemidler er på etiketten forsynet med angivelsen "Naturlægemiddel".

1.2 Definition af sportsprodukter

Sportsprodukter hører til gruppen af fødevarer, der er bestemt til særlig ernæring. Der er følgende kategorier inden for sportsprodukter:

- Kulhydratrige energidrikke
- Kulhydratrige produkter
- Proteintilskud
- Kreatintilskud.

2. Afgrænsning af rapporten

I rapporten behandles kun kosttilskud og sportsprodukter, der anvendes i forbindelse med eller med begrundelse i fysisk aktivitet og træning.

I rapporten behandles seks hovedkategorier af stoffer:

1. Proteintilskud (herunder aminosyrer)
2. Kreatintilskud
3. Kulhydratrige energidrikke
4. Koffeintilskud
5. Vitamin- og mineralpræparater
6. Andre kosttilskud og sportsprodukter

Der er lagt vægt på at behandle de mest almindeligt forekommende produkter.

I rapporten behandles kun produkter, som lovligt kan indkøbes og anvendes i Danmark. Kosttilskud, som ikke er godkendt til salg i Danmark, er således ikke medtaget, ligesom lægemidler ikke er medtaget.

Der findes præstationsfremmende stoffer, der hverken forhandles som kosttilskud eller som sportsprodukt i Danmark. Stofferne kan dog heller ikke klassificeres som doping eller et lægemiddel. Et eksempel er bikarbonat, som i de rette doser kan øge effekten ved udførelsen af højintensivt arbejde af 1-6 minutters varighed (2). Da bikarbonat og andre sådanne produkter ikke forhandles i Danmark som kosttilskud eller sportsprodukt, og da de til sådant brug formodentlig kun har relevans for en meget snæver gruppe af eliteatleter, vil disse stoffer ikke blive behandlet yderligere i rapporten.

En del mindre udbredte kosttilskud samt kosttilskud, som kun sjældent anvendes i forbindelse med fysisk aktivitet, og kosttilskud, som ikke er undersøgt videnskabeligt, er ikke behandlet i denne rapport.

De fleste af de kosttilskud og sportsprodukter, som behandles i denne rapport, består af stoffer, som i forvejen findes naturligt i kosten. Derfor vil mennesker, som spiser en normal kost, få en vis mængde af disse stoffer. For proteiner, kulhydrater (energidrikke) og diverse fedtstoffer gælder endvidere, at de er energiholdige og dermed påvirker den samlede energibalance.

Der er et særligt problem ved mange studier, der beskriver virkningen af kosttilskud og sportsprodukter. Problemet består i, at man ikke har kontrolleret kostindtaget hos de personer, som indgår i studierne. Det er således ofte meget vanskeligt eller umuligt at afgøre, om et kosttilskud eller sportsprodukt har en effekt, der rækker ud over effekten af indtagelse af en sund, varieret kost med tilstrækkeligt næringsindhold.

Denne rapport vil ikke behandle målgrupper, som indtager en særlig diæt, herunder vegetarianer, veganere og personer, der lider af fødevarerallergi.

Der er mange forskellige årsager til, at kosttilskud og sportsprodukter indtages i forbindelse med fysisk aktivitet. Nogle mennesker træner for at komme i bedre form, mens andre måske træner for at præstere bedre i deres idrætsdisciplin. Andre har et mere sundhedsorienteret sigte med den fysiske aktivitet og vil således foretrække kosttilskud og sportsprodukter, der kan bidrage til at øge de sundhedsfremmende effekter ved træningen.

I denne rapport fokuseres på virkninger af kosttilskud og sportsprodukter, som er fremmende for både det præstationsmæssige og det helbredsmæssige udbytte af træningen samt på akutte virkninger på præstationsevnen. Ligeledes vil bivirkninger og risici ved indtagelse af kosttilskud og sportsprodukter blive behandlet, hvor der foreligger viden om disse forhold.

2.1 Rapportens behandling af præstationsmæssige aspekter

Ved vurderingen af præstationseffekter gennemføres der ofte laboratoriestudier. Disse anvender forskellige præstationsmål, som kan påvirkes af kosttilskuddets fysiologiske effekt. F.eks. kan man undersøge, hvor mange minutter man kan opretholde en bestemt arbejdsintensitet på en ergometercykel med eller uden indtagelse af et kosttilskud. Problemet med de anvendte laboratoriebaserede præstationsmål kan være, at de ikke altid er relevante i forhold til en idrætsmæssig præstation, eller at

de ikke er tilstrækkeligt følsomme til at måle en præstationsmæssigt relevant forskel. Det betyder, at de forsøg, som evaluerer kosttilskuddenes effekt i laboratoriet, ikke altid kan overføres direkte til præstationseffekter på idrætspladsen.

I sjældnere tilfælde måles der i feltstudier direkte på idrætspræstationer. Målinger fra sådanne studier er vigtige, fordi de måler et meget relevant forhold for idrætsudøvere, nemlig den konkrete idrætsmæssige præstation. Resultaterne skal dog vurderes i lyset af, at der i sådanne studier vil være mange vanskeligt kontrollerbare faktorer, som kan bidrage til variationer i præstationsevnen.

Når det i videnskabelige forsøg anføres, at et præparat har en positiv eller negativ virkning, er det vigtigt, at man kan identificere denne virkning som værende ud over placeboeffekten (den virkning, som opnås, blot ved at forsøgspersoner tror, at de får et virksomt præparat). Derfor er der lagt vægt på, at de gennemgåede studier i videst muligt omfang er placebokontrollerede studier.

2.2 Rapportens behandling af helbredsmæssige aspekter

Der findes for de fleste behandlede kosttilskud og sportsprodukter ingen eller højst få langsigtede epidemiologiske studier af, hvorvidt de vil føre til ændret risiko for sygdomsudvikling. Sådanne studier findes for visse antioxidanter/vitaminpræparater og indgår bl.a. i en nylig rapport fra Motions- og Ernæringsrådet, men i disse studier er kosttilskuddene eller sportsprodukterne ikke indtaget i forbindelse med fysisk aktivitet (3). Derfor kan de helbredsmæssige aspekter af kosttilskud og sportsprodukter, indtaget med begrundelse i fysisk aktivitet, ikke vurderes på dette niveau. Ligeledes er det ganske sjældent undersøgt, hvorvidt kosttilskuddene og sportsprodukterne påvirker den sundhedsfremmende effekt af fysisk aktivitet som sådan. Visse studier har vist, at kosttilskud og sportsprodukter påvirker forskellige risikofaktorer eller parametre, som er relateret til den sundhedsfremmende effekt af fysisk aktivitet, f.eks. blodets lipidprofil, iltoptagelseshastigheden, vægttab og andet. Sådanne oplysninger er medtaget i rapporten.

For alle de behandlede kosttilskuds vedkommende er der en vis dokumentation for, at de er sikre at indtage og anvende ved de angivne doser (ellers bliver de ikke godkendt af Fødevarestyrelsen). Til gengæld vil nogle kosttilskud have utilsigtede virkninger, når de indtages i større mængder eller i kombination med andre kosttilskud eller medicinske præparater.

2.3 Hvilke grupper af idrætsaktive omhandler denne rapport?

Da anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter formentlig er udbredt blandt både voksne konkurrenceudøvere som voksne motionister, vil rapporten også omhandle voksne idrætsaktive i bredest mulig forstand. Rapporten omhandler således hele den gruppe af voksne personer, som dyrker idræt, motion og anden fysisk aktivitet og i den forbindelse ønsker viden om evt. effekter af kosttilskud og sportsprodukter på præstation og helbred.

I rapporten inddrages hovedsageligt studier af voksne personer fra 18 år og opefter. Effekter af kosttilskud og sportsprodukter på børn og unge behandles således ikke.

Indtagelse af kosttilskud og sportsprodukter i forbindelse med sygdomme eller rehabilitering efter sygdom opfattes også som et selvstændigt område og vil ikke blive behandlet i denne rapport.

Eliteidrætsudøvere behandles ikke særskilt i denne rapport, idet der sigtes på en bredere gruppe af idrætsaktive. Der findes publikationer, som behandler betydningen af kost og kosttilskud i forhold til denne gruppe idrætsaktive (4).

Selv med de ovennævnte afgrænsninger er der stadig tale om en særdeles bred målgruppe. Der vil således være store variationer i omfanget og arten af den fysiske aktivitet, som udøves, og der vil være forskel på udøvernes fysiske form og præstationssevne, hvilket samlet set kan have indflydelse på effekten af kosttilskud og sportsprodukter. Ligeledes kan der være køns- og aldersrelaterede forskelle i virkningerne af kosttilskud. I gennemgangen af den videnskabelige litteratur vurderes det derfor, hvor det er muligt, om faktorer som alder, køn, træningstilstand og aktivitetstype spiller en særlig rolle for virkningen af de enkelte typer af kosttilskud og sportsprodukter.

2.4 Kosttilskud og doping

Stoffer, der optræder på den officielle dopingliste fra World Anti-Doping Agency (WADA) og Den Internationale Olympiske Komite (IOC), er ikke behandlet i denne rapport (5).

Der findes eksempler på, at man i lovlige kosttilskud og sportsprodukter har fundet stoffer, bl.a. prohormoner til steroider, som er på dopinglisten, og som dermed er ulovlige at indtage i forbindelse med idræt (6). Årsagen kan være, at nogle produ-

center af kosttilskud også producerer steroider, og at de ikke renser deres maskiner og beholdere grundigt nok efter steroidproduktionen, inden de går i gang med at producere et kosttilskud (såkaldt krydskontaminering) (7). Kosttilskuddet kan så blive forurenet med steroider i så høje koncentrationer, at det kan give sig udslag i et positivt resultat ved en dopingkontrol:

"Idrætsudøvere er altid selv ansvarlige for eventuel indtagelse af forbudte stoffer gennem kosttilskud eller naturpræparater og vil altid skulle stå til ansvar for en positiv dopingprøve, også selv om denne ikke måtte være en følge af bevidst doping, men f.eks. af forurenet kosttilskud."

Kilde: (8).

Koffein har tidligere været på dopinglisten, men er det ikke længere. Første gang koffein optrådte på dopinglisten som et stimulerende middel, var i 1984. En urinkoncentration på over 15 µg/ml kunne resultere i, at en idrætsudøver blev testet positiv for koffein under en dopingkontrol. I 1985 ændrede man grænseværdien til 12 µg/ml, inden man den 1. januar 2004 fjernede koffein helt fra dopinglisten. Koffein er således ikke længere på listen over forbudte stoffer til trods for den veldokumenterede præstationsmæssige effekt (se kapitlet om koffeintilskud) (9).

De etiske og holdningsmæssige aspekter ved anvendelse af de lovlige kosttilskud og sportsprodukter til at fremme præstationsevnen ligger uden for kommissoriet for denne rapport. I den forbindelse henvises til Danmarks Idræts-Forbund (DIF) og Team Danmark, som i et dokument har fremført organisationernes holdning til anvendelse af kosttilskud primært ud fra etiske overvejelser (10). Heri fremføres, at "DIF og Team Danmark tager afstand fra generel brug af kosttilskud i dansk idræt". Selv blandt eliteatleter vil man først kunne modtage vejledning om brug af kosttilskud, når træningen og kostindtagelsen i øvrigt er tilrettelagt på en optimal måde. Dette begrundes bl.a. i, at effekten af kosttilskud på idrætspræstationer i bred forstand anses for at være minimal sammenlignet med optimal kost og træning.

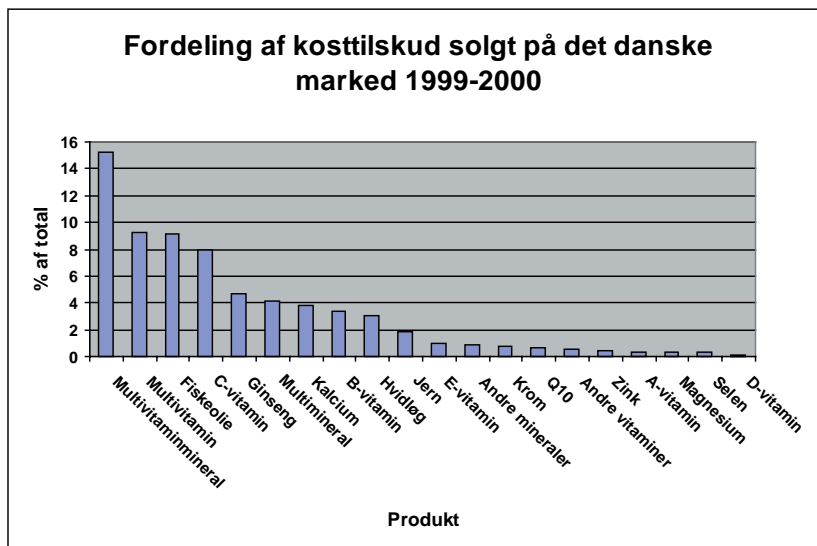
3. Anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter

Brugen af kosttilskud i den danske befolkning er generelt omfattende. I en landsdækkende kostundersøgelse, udført i 1985, tog 60 % af kvinderne og 50 % af mændene et eller flere kosttilskud (11). I undersøgelsen deltog 2.239 tilfældigt udvalgte personer mellem 15 og 80 år. Brugen af kosttilskud er ligeledes blevet undersøgt i de landsdækkende kostundersøgelser i 1995 (3.098 deltagere) og i 2002-2004 (5.850 deltagere). I 1995 tog 60 % kosttilskud (12), og i 2002-2004 tog 56 % af mændene og 64 % af kvinderne kosttilskud (13). Der er således ingen tegn på en større stigning i forbruget i den generelle befolkning inden for de seneste ca. 20 år. I en europæisk undersøgelse blandt ældre i 12 lande havde de danske ældre det største forbrug af kosttilskud sammenlignet med de øvrige lande (14).

I to af undersøgelserne (12;13) er brugen af kosttilskud i forhold til alder og køn analyseret, og der blev registreret en stigning i forbruget med stigende alder blandt voksne. Forbruget var som nævnt højere hos kvinder end hos mænd. Generelt er brugere af kosttilskud i Danmark mere veluddannede, de ryger sjældnere og de har ofte en højere næringsstofindtagelse fra kosten end ikke-brugere af kosttilskud.

Langt det hyppigst anvendte kosttilskud er multivitamin-mineral-tabletter. Blandt deltagerne i den danske jod- og stofskifteundersøgelse tog 47,9 % multivitamin-mineral-tabletter, mens C-vitamin (9,6 %), fiskeolie (7,6 %), B-vitaminer (6,1 %), calcium (5,3 %), hvidløg (3,9 %), jern (3,4 %) og Q10 (2,8 %) rangerede på de næste pladser. Der var derudover en lang række forskellige produkter, som blev taget af mindre end 2,5 % af deltagerne, men som tilsammen udgjorde en relativ stor gruppe. 27 % af brugerne tog mere end ét kosttilskud (12).

Data fra markedsanalyseinstituttet GfK (Growth from Knowledge) redegør bl.a. for fordelingen af kosttilskud, købt på det danske marked. GfK ConsumerScan registrerer alle indkøb hos ca. 3.000 husholdninger, hvilket inkluderer 4.200 personer. Fra juli 1999 til juni 2000 blev der registreret indkøb af 464 forskellige kosttilskud (13). De hyppigst købte og for denne rapport relevante kosttilskud fremgår af figur 3.1.



Figur 3.1

De hyppigst solgte og for denne rapport relevante kosttilskud på det danske marked i perioden 1999 til 2000.

Kilde: modificeret fra (13).

Brugen af kosttilskud og sportsprodukter blandt motionister i Danmark er ikke undersøgt. Team Danmark gennemførte i foråret 2003 en spørgeskemaundersøgelse blandt alle eliteidrætsudøvere på Team Danmarks bruttogrupperliste (15). Blandt de 826, som besvarede spørgeskemaet (deltagerprocent: 62), anvendte 63 % et eller flere kosttilskud, og 80 % anvendte sportsprodukter og/eller kosttilskud. Koffein blev anvendt af 9,4 %, kreatin af 9,3 % og bikarbonat af 2,2 %. Ud over multivitamin-mineral-tabletter var jern (8,7 %), C-vitamin (5,9 %) og kalcium (3,4 %) de hyppigst anvendte kosttilskud med mikronæringsstoffer. Derudover blev der anvendt en række forskellige kosttilskud uden tilsatte mikronæringsstoffer. De mest anvendte af disse var fiskeolie (8,7 %) og ginseng (4,1 %). 1-2 % af udøverne tog mere end fem forskellige slags kosttilskud dagligt udover evt. multivitamin- og sportsprodukter.

I et udenlandsk studie blev brugen af kosttilskud og sportsprodukter blandt deltagere i veteranmesterskaberne i atletik 2004 undersøgt (16). Spørgeskemaer blev udelæveret til 1.560 af de 2.405 deltagere, og 598 (38,3 %) besvarede og afleverede dem.

Deltagerne var mellem 35 og 87 år, og de fleste kom fra Tyskland (49,9 %) og andre europæiske lande (41,7 %). 60,5 % tog et eller flere kosttilskud. Det hyppigst anvendte tilskud var mineraler og vitaminer (65,3 %), derefter kom proteiner (10,6 %), kulhydrater (8,8 %), kreatin (6,5 %), fiskeolie (3,6 %) og urter (2,6 %). Der var ikke forskel på antallet af brugere blandt mænd og kvinder, i forhold til hvilket land udøveren kom fra, eller i forhold til hvor mange discipliner udøveren deltog i. Der blev fundet flere brugere af kosttilskud blandt dem, som trænede mest, i forhold til dem, som kun trænede "sporadisk".

En opsummering af udenlandske opgørelser, som er lavet før 2000 angiver, at der blandt idrætsudøvere, som træner på konkurrenceniveau, er en ganske udbredt anvendelse af diverse kosttilskud og sportsprodukter, og at ca. halvdelen af denne type udøvere anvender disse produkter (17). Det er vanskeligt at sammenligne de enkelte studier, idet definitionen af, hvad der inkluderes som kosttilskud, er forskellig, og ligeledes er den anvendeshyppighed, der skal til, for at man kategoriseres som bruger af et kosttilskud, opgjort forskelligt.

Ud fra ovenstående kan det ikke klart konkluderes, om forbruget er større blandt motionister end blandt resten af befolkningen. I flere af de nævnte danske studier (12;13) blev der spurgt til fysisk aktivitet i fritiden bedømt ud fra fire kategorier: 1) hovedsagelig stillesiddende eller let fysisk aktivitet i mindre end 2 timer pr. uge, 2) let fysisk aktivitet 2-4 timer pr. uge, 3) let fysisk aktivitet i mere end 4 timer pr. uge og 4) mere anstrengende fysisk aktivitet i mere end 4 timer pr. uge. Medtages fysisk aktivitet i fritiden i en logistisk regressionsanalyse med brugere/ikke-brugere af kosttilskud, blev der ikke fundet forskel i brugen hos de forskellige aktivitetsgrupper i nogen af de to studier. I modsætning hertil er dette dog fundet i en amerikansk undersøgelse (18).

3.1 Delkonklusion om anvendelsen af kosttilskud

Generelt er brugere af kosttilskud i Danmark mere veluddannede, de ryger sjældnere og de har ofte en højere næringsstofindtagelse fra kosten end ikke-brugere af kosttilskud (12;13). Inddrages også udenlandske undersøgelser, er en typisk bruger mere sundhedsbevidst (ofte ikke-ryger, drikker mindre alkohol, er sjældnere overvægtig, spiser sundere og er muligvis mere fysisk aktiv) end en ikke-bruger af kosttilskud. Alligevel må det på det foreliggende grundlag antages, at anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter er vidt udbredt blandt såvel veltrænede som mindre trænede idrætsaktive i alle aldre.

4. Proteintilskud

Fordelene ved at indtage protein i forbindelse med træning har været kendt i århundreder. Siden de olympiske lege i det antikke Grækenland har atleter indtaget store mængder af protein. I dag sælges proteinpulver og proteinbarer til motionister i alle store supermarkeder, sportsbutikker og fitnesscentre og på internettet.

Kroppen både opbygger og nedbryder kontinuerligt protein. Forskellen mellem opbygningshastigheden og nedbrydningshastigheden for de forskellige typer af proteiner i musklerne er afgørende for, hvilken tilpasning der sker i musklerne over tid (19). Protein har mange potentielle positive effekter i forhold til at fremme effekten af træning. I forbindelse med fysisk aktivitet vil proteinindtagelse f.eks. øge opbygningshastigheden for muskelproteiner i timerne efter indtagelsen. Træningstypen, -hyppigheden og -mængden er dog afgørende for den tilpasning, der sker i musklernes proteinsammensætning i forbindelse med et træningsforløb.

Styrketræning har generelt en stimulerende effekt på opbygningen af strukturelle muskelproteiner, hvilket betyder, at muskelmassen øges. Ved udholdenhedstræning øges derimod musklernes evne til at omsætte og forbrænde næringsstoffer ved at øge antallet og aktiviteten af bl.a. transportproteiner, enzymer og mitokondrier.

Ud over at proteinindtagelse og fysisk arbejde i sig selv påvirker kroppens proteinomsætning, har også kostens øvrige næringsstoffer betydning for proteinomsætningen. Høj energiindtagelse og høj kulhydratindtagelse reducerer behovet for protein, mens mangelfuld energiindtagelse og lav kulhydratindtagelse øger proteinbehovet hos motionister. Årsagen til det øgede behov er, at kroppen begynder at anvende protein som energikilde. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på den øvrige kost, når effekten af proteinindtagelse i forbindelse med træning skal vurderes. Størstedelen af de forsøg, hvori den akutte effekt af proteintilskud i forhold til fysisk aktivitet og præstationsevne og/eller muskelproteinomsætningen er undersøgt, er udført efter en nats faste, hvor proteinbalancen såvel som energibalancen er negativ. Sandsynligheden for i den forbindelse at registrere en positiv effekt af proteintilskud er derfor begrundet i forhold til, hvis der var indtaget et proteinholdigt måltid i timerne forinden.

4.1 Måling af proteinomsætningen

Effekten af proteintilskud kan vurderes på både helkrops- og muskelniveau ved hjælp af forskellige metoder. De hyppigst anvendte metoder til at måle på proteinomsætningen og proteinbehovet er nitrogenbalancemetoden og indgivelse af mærkede aminosyrer (20-23).

Protein indeholder i gennemsnit 16 % nitrogen (N), hvilket er en størrelse, som anvendes til at kvantificere den samlede difference mellem proteinnedbrydning og proteinopbygning på helkropps niveau. I praksis måles N-indtaget via kosten og tabet af N (urin, fæces, sved mm.) over en periode (dage), og i forlængelse heraf bliver proteinbalancen kvantificeret. Størrelsen af den proteinindtagelse, der bringer kroppen i nitrogenbalance, vurderes til at svare til kroppens proteinbehov. Denne metode har dog visse begrænsninger (21-24).

Det er relevant ikke kun at måle kroppens proteinbehov, men også proteinsyntese og proteinnedbrydning i f.eks. muskelvæv. Til at kvantificere musklernes proteinomsætning anvendes isotopteknik. Kort beskrevet går denne metode ud på, at der indgives mærkede aminosyrer i blodet, hvorefter der opsamles blodprøver, udåndingsluft og muskelprøver for at følge de mærkede aminosyrer.

4.2 Beskrivelse af proteintilskud

Termen proteintilskud er bred og dækker over et bredt udvalg af produkter. Proteintilskud sælges som hele proteiner, isolerede aminosyrer eller blandinger af enkeltstående aminosyrer. Tilskuddene kan købes som drikke, i pulverform og som proteinbarer.

4.2.1 Proteinformer

Valleproteinpulver er det mest solgte proteinprodukt på markedet. Det teoretiske argument for at anvende valleproteinpulver har i mange år været, at dette protein har et højt indhold af essentielle aminosyrer (EAA), og at det hurtigt optages i blodbanen og dermed hurtigt bliver tilgængeligt for musklerne. Et andet proteinpulver med proteinet kaseinproten kategoriseres i forhold til valleprotein som en "langsom" proteinkilde, da det fører til en langsom, jævn stigning i aminosyrekoncentrationen i blodet (25).

Valleprotein udgør 20 % af mælkeprotein, mens kaseinprotein udgør de øvrige 80 %. Der er ligeledes sojaproteinprodukter på markedet. Sojaprotein optages ligeledes hurtigere i blodbanen end kaseinprotein (25). I en almindelig varieret kost findes en blanding af proteintyper med forskellig optagelseshastighed.

4.2.2 Forgrene aminosyrer

Omsætningen af de forgrenede aminosyrer (BCAA: leucin, isoleucin, valin) i musklerne under muskelarbejde er forholdsvis høj. Da disse aminosyrer er essentielle, og da hovedparten af kroppens indhold af BCAA findes i musklerne (26;27), har BCAA fået særlig opmærksomhed på proteintilskudsmarkedet. Endvidere har laboratorieforsøg med isolerede aminosyrer påvist, at indholdet af frie EAA, herunder særligt BCAA, kan spille potentielt betydningsfulde regulatoriske roller, bl.a. i forhold til stimulering af proteinsyntesen (28;29). De foreløbige fund har vakt stor interesse hos både eliteatleter og motionister, og på markedet er det nu muligt at finde tilskudsprodukter, hvor der er sat fokus på et højt indhold af BCAA. Den forgrenede aminosyre leucin har fået særlig opmærksomhed i den forbindelse. En del af årsagen til, at denne aminosyre er blevet fremhævet i forhold til andre EAA, er dog givetvis, at metoderne til måling af leucinomsætning ved hjælp af isotopteknik er nogle af de mest veletablerede.

4.2.3 Protein i kosten

De nordiske næringsstofanbefalinger fungerer som de officielle anbefalinger i Danmark (30). Anbefalingen for protein lyder på 10-20 % af energiindtaget (E%) ved indtag af en energibalanceret kost. FNs Fødevare- og landbrugsorganisation (FAO) og World Health Organization (WHO) anbefaler 0,75 g protein/kg/dag. Denne anbefaling bygger på en vurdering af det gennemsnitlige proteinbehov målt ved nitrogenbalancemetoden. Anbefalingen svarer til gennemsnitsbehovet tillagt en sikkerhedsmargen for at tage hensyn til bl.a. individuelle forskelle i behov samt kostens proteinkvalitet (herunder EAA-indhold).

Medmindre at energiindtagelsen er lav (< 6,5 MJ pr. dag), vil de fleste danskere indtage over 0,8 g protein/kg/dag og dermed have et tilstrækkeligt indtag af EAA (30).

Den officielle anbefaling i Danmark er alligevel fastsat til 10-20 E% protein, da det i praksis er svært at sammensætte en kost efter dansk madkultur med et lavere proteinindhold. Ifølge undersøgelser af danskernes kostvaner (30-32) indtager mere end 95 % af befolkningen mere end 10 E% protein. Den gennemsnitlige proteinindtagelse blandt voksne (15-80 år) er således på 81g/dag for mænd og 63 g/dag for kvinder (32).

4.3 Styrketræning og proteintilskud

Formålet med styrketræning for motionister er oftest at vedligeholde eller øge muskelmassen og muskelstyrken. Muskelstyrken er tæt forbundet med muskelmassen. Specielt for ældre er det vigtigt at sætte fokus på at bevare muskelmassen og muskelstyrken for at kunne udføre almindelige praktiske gøremål i dagligdagen. En øget muskelmasse er ligeledes forbundet med en stigning i hvilestofskiftet, hvilket vil reducere risikoen for udvikling af overvægt.

Muskeltilvækst er resultatet af en længere periode, hvori den gennemsnitlige muskelproteinsyntese har været højere end muskelproteinbrydningen. Mange faktorer har indflydelse på effekten af kostindtagelsen på nettoproteinbalancen i forbindelse med styrketræning. Kroppens energistatus (forholdet mellem energiindtagelse og -forbrug) (33), kostens indhold af proteiner, tidspunktet for indtagelsen af proteinerne samt personens alder og træningsstatus synes at have særlig betydning for, hvordan kroppen reagerer på fødevarerindtagelse i forbindelse med muskelopbyggende træning (21;34-40). På grund af denne kompleksitet diskuteres proteins rolle i forbindelse med træning stadig i litteraturen (41).

4.3.1 Hvordan påvirkes proteinomsætningen af styrketræning?

Det er velkendt, at progressiv styrketræning er effektivt i forhold til at øge muskelmassen hos både unge og ældre, uanset køn. Efter et intensivt styrketræningspas sker der en stigning i muskelproteinsyntesehastigheden i op til 48 timer efter arbejdets ophør, men dette modvirkes dog af en samtidig stigning i muskelproteinbrydningen (42;43). Trænes der på tom mave efter en nats faste, vil nettomuskelproteinbalancen således forblive negativ, så længe kroppen ikke får tilført energi og næring, herunder protein, via kosten (42-44). Tilføres der derimod protein, vil nettomuskelproteinbalancen blive positiv i den periode, hvor proteinsyntesen i musklerne er stimuleret. Det er denne viden, producenterne af proteintilskud fremhæver og bygger deres markedsføring på.

4.3.2 Skal motionisten, der styrketræner, indtage mere protein?

Studier af utrænede mandlige forsøgspersoner, som begyndte at styrketræne 1 time om dagen 6 gange om ugen i en måned, viste et proteinbehov på gennemsnitlig 1,65 g/kg/dag for at opretholde nitrogenbalancen (45). Et øget absolut proteinbehov (g/kg/dag) i forbindelse med styrketræning er også observeret i forbindelse med intensivisering af træningen hos personer, der styrketræner regelmæssigt.

Imidlertid forekommer der ved regelmæssig træning en tilpasning i organismens proteinomsætning, så det øgede proteinbehov, der opstår, når man som utrænnet begynder på et regelmæssigt træningsprogram, eller hvis man intensiverer træningen, blot er forbigående og med tiden vender tilbage til det oprindelige proteinbehov (46). Denne tilpasning skyldes givetvis, at en større andel af de aminosyrer, der frigives ved nedbrydning af kropspoteiner i forbindelse med fysisk aktivitet, genanvendes i syntesen af nye proteiner i stedet for at blive nedbrudt (45;47). Dette underbygges af studier, som viser, at helkropsproteinomsætning reduceres ved regelmæssig træning, hvilket indikerer, at proteinkravet vil blive mindre ved regelmæssig træning (48).

De fleste forsøg, hvor proteinbehovet er kvantificeret, er foretaget med unge mænd. Der findes dog få forsøg med ældre (49). I et energikontrolleret studie med ældre (62-75 år) blev der ikke målt en yderligere stigning i syntesen af de kontraktile proteiner op til et døgn efter et styrketræningspas med en proteinindtagelse på 28 E% protein eller 14 E% protein frem for en indtagelse på 7 E% protein (49). Dette studie indikerer, at ældre ikke synes at have gavn af at øge den daglige proteinindtagelse ud over anbefalingerne på 10-20 E% protein i forbindelse med styrketræning, hvis energiindtagelsen er tilstrækkelig.

De få studier, der er udført med kvindelige forsøgspersoner, indikerer, at kvinder ikke i samme grad som mænd bruger protein som energikilde under styrketræning såvel som udholdenhedstræning (45;50;51). Desværre er der i studierne ikke foretaget en direkte sammenligning med mandlige forsøgspersoner, men til støtte for tesen om et mindre proteinforbrug hos kvinder ved et givet arbejde er, at kvinder i højere grad end mænd forbruger fedt som energikilde (52;53). Det tyder derfor på, at kvindelige motionister heller ikke har behov for at spise mere protein i dagligdagen end det, der anbefales, for at opnå træningens gavnlige effekter på kropskompositionen.

Hvis den samlede energiindtagelse øges i overensstemmelse med det øgede energi-forbrug i forbindelse med træning, og proteinindtagelsen i kosten holdes på de anbefalede 10-20 E% protein, er der ikke evidens for, at proteinmangel er en begrænsende faktor i forbindelse med træning målrettet mod at øge muskelmassen, hverken hos motionister eller eliteatleter. Specielt ikke hvis energiindtaget øges ud over energi-forbruget for at maksimere muskeltilvæksten. Der er derfor i litteraturen enighed om, at proteintilskud i form af pulver og barer ikke er nødvendigt for at dække det totale daglige proteinbehov for at opnå optimal muskeltilvækst i forbindelse med styrketræning (54).

4.3.3 Tidspunktet for proteinindtagelse ved muskelopbygning

Tidspunktet for indtagelse af proteiner i forhold til fysisk arbejde (træning) kan have større betydning for proteinsyntesen og dermed for muskeltilvækst end den totale mængde af proteiner (51;55). Studier af motionister (56) har vist, at hvis man tager et protein- eller aminosyretilskud umiddelbart før et træningspas, er proteinsyntesen større under træningspasset og i de første timer efter arbejdets ophør, end hvis tilskuddet først blev indtaget efter træningspasset. Der er også evidens for, at hvis man indtager protein eller aminosyrer i umiddelbar forbindelse med træningstidspunktet (enten kort tid før eller inden for to timer efter), så øges muskelmassen og muskelstyrken både hos unge mænd, der har trænet regelmæssigt over længere tid, og hos ældre (57-60).

Et relevant spørgsmål er, om det nødvendigvis skal være protein, der skal indtages i forbindelse med træning for at fremme muskelopbygning, eller om der kan opnås samme effekt ved indtagelse af f.eks. kulhydrat, da tilførsel af energi i sig selv har en opbyggende effekt. Ved måling af helkropsproteinomsætningen og markører for muskelnedbrydning efter et styrketræningspas blev der ikke fundet forskel i muskelopbygningen, uanset om der var tale om kulhydrattilskud eller tilskud af en blanding af kulhydrat, protein og fedt med samme energiindhold (55). Der var generelt en positiv effekt af et energiholdigt tilskud i forhold til intet tilskud.

Alt i alt tyder forsøgene på, at det er fordelagtigt for opbygningen af muskelmasse at indtage et mindre, proteinrigt måltid i timerne op til eller lige efter træningen frem for at faste i timerne inden og efter muskelarbejdet.

4.3.4 Proteinmængde ved muskelopbygning

Mængden af protein, der skal indtages i umiddelbar forbindelse med træning for at optimere tilvæksten af muskelvæv, er ikke fastlagt og synes at afhænge af bl.a. alder, den øvrige ernæringsstatus og indholdet af EAA i proteinkilden. Ved indtagelse af store mængder protein nås et mætningspunkt, hvor en højere proteinindtagelse ikke fører til en større stimulering af nettomuskelproteinsyntesen. Meget tyder på at dette mætningspunkt ligger i intervallet 20-40 g protein. Det skal dog bemærkes, at en positiv effekt på muskeltilvækst er opnået ved indtagelse af blot 10 g protein i umiddelbar forbindelse med træning (60).

4.3.5 Betydningen af proteintype ved muskelopbygning

Hele proteiner er den primære vej til at få aminosyrer fra proteinholdige fødevarer. I de fleste proteintilskudsprodukter (proteinbarer, -pulvere og -drikke) optræder aminosyrerne ligeledes som hele proteiner. Endvidere findes produkter med isolerede EAA.

4.3.6 Betydningen af proteiners optagelseshastighed for muskelopbygning

Fordøjelseshastigheden for protein og optagelseshastigheden for de frigivne aminosyrer i blodbanen og videre til musklerne kan påvirke proteinomsætningen. Til trods for, at der reklameres for, at nogle proteintilskudsprodukter skulle være særligt effektive i forhold til muskeltilvækst, er der reelt kun få humane forsøg, hvor betydningen af proteintypen er blevet undersøgt.

I grupper af unge mænd blev der målt en mere positiv helkropsproteinbalance ved indtag af langsomt optageligt kaseinprotein (udgør 80 % af mælkeprotein) sammenlignet med indtag af hurtigt optageligt valleprotein (udgør 20 % af mælkeprotein) eller hurtigt optageligt sojaprotein (25;61;62). Det samme er observeret på muskelniveau i ét studie (34), mens et andet studie ikke påviste en forskel i muskelproteinbalancen ved sammenligning af indtag af valleprotein og kaseinprotein efter et styrketræningspas (63).

I et nyligt 10-ugers styrketræningsstudie blandt unge styrketrænende mænd sammenlignede man ændringer i muskelmasse og styrkefremgang i tre grupper, der indtog henholdsvis: 1) en blanding af valleprotein (40 g/dag) og kaseinprotein (8 g/dag), 2) en blanding af valleprotein (40 g/dag), BCAA (3 g/dag) og glutamin (5 g/dag) og 3) isokalorisk kulhydratindtag (48 g/dag) (64). Der var ingen forskel i energiindtagelse,

træningsvolumen eller styrkefremgang mellem grupperne efter ti uger, men gruppe 1, der havde fået en blanding af hurtigt og langsomt optagelige proteiner, havde opnået en markant stigning i muskelmasse (gruppe 1: 1,9 kg; gruppe 2: -0,1 kg; gruppe 3: 0,0 kg) (64).

I forhold til opbygning af muskelmasse synes det således at være fordelagtig at indtage en blanding af langsomt- og hurtigt optagelige proteinkilder i forbindelse med træningen. En sådan blanding findes eksempelvis i mælk.

4.3.7 Essentielle aminosyrer – leucin

Det er tilstedeværelsen af EAA, der er hovedansvarlig for stigningen i muskelproteinsyntesen. Derfor kan der argumenteres for, at proteiner fra animalske fødevarer er bedre til at stimulere muskeltilvækst efter styrketræning end proteiner fra vegetabiliske fødevarer.

Der har også været fokus på tilskud af enkelte specifikke aminosyrer, især leucin. Hos unge fandtes ingen effekt på muskelproteinsyntesen ved at øge andelen af leucin i et aminosyretilskud (65). Til gengæld er der i en gruppe af ældre mænd i forbindelse med indtag af 30 g protein målt en større stigning i muskelproteinsyntesen ved at øge andelen af BCAA (leucin) (66). Observationen er dog næppe relevant for de fleste raske, aktive ældre, da proteinindtagelsen generelt er tilstrækkelig i denne gruppe, og mange almindelige proteinholdige fødevarer er rige på leucin.

Ud fra ovenstående betragtninger er der ikke grundlag for at anbefale leucintilskud frem for almindelige fødevarer til raske motionister.

4.4 Udholdenhedstræning og proteintilskud

Ved udholdenhedstræning forstås fysisk aktivitet af længere varighed (over en time). De primære energikilder under udholdenhedsarbejde er kulhydrat og fedt. Nedbrydning og oxidation af protein bidrager normalt med under 5 % af den samlede produktion af adenosintrifosfat (ATP) under fysisk aktivitet (29;37). Ved længerevarende aktiviteter, især med moderat til høj intensitet, vil forbruget af muskelglykogen være stort, og efterhånden som lageret af muskelglykogen bliver brugt, øges proteinnedbrydningen. Udholdenhedstrænende atleter eller elitemotionister har derfor sandsynligvis et proteinbehov, der er større end anbefalingerne, hvis den regelmæssige træning indeholder lange, glykogenudtømmende træningspas.

Men noget tyder også på, at der er en øvre grænse for, hvor høj proteinindtagelsen skal være. Det er således dokumenteret, at hvis man indtager meget protein, fremmes forbruget af protein som energikilde under muskelarbejde (37;67). Det er ligeledes dokumenteret, at indtagelsen af 3,6 g protein/kg/dag reducerede muskelproteinsyntesen efter udholdenhedsarbejde markant i forhold til en indtagelse på 1,8 g/kg/dag, som viste samme muskelproteinsyntese som ved en indtagelse på 0,8 g/kg/dag (68). Derimod vil en høj kulhydrattilgængelighed, dvs. indtagelse af kulhydrater før og under det langvarige fysiske arbejde, mindske nedbrydningen og forbruget af protein som energikilde under udholdenhedsarbejdet, hvilket understøtter vigtigheden af ikke kun at fokusere på protein, men på den totale næringssammensætning. Faktisk vil en ekstra høj proteinindtagelse for nogle idrætsudøvere betyde en reduktion i kulhydratindtagelsen, hvis den samlede energiindtagelse er begrænset, hvilket kan medføre en præstationsnedgang (69).

Udholdenhedstræning øger energiforbruget. Øges energiindtagelsen tilsvarende, og fastholdes proteinindtagelsen svarende til anbefalingerne (10-20 E%), vil der ikke være problemer med at få dækket proteinbehovet ved den daglige kost, uanset om dette sættes så højt som 1,2-1,5 g/kg/dag (37;70), som det undertiden anslås for mandlige, elitetrænede udholdenhedsatleter. Kostregistreringer har vist, at mandlige udholdenhedsatleter har en gennemsnitlig daglig proteinindtagelse på 1,8 g/kg kropsvægt/dag (17). Et placebokontrolleret studie over seks uger, hvor utrænede kvinder udførte styrketræning og 20 minutters konditionstræning tre gange ugentlig, påviste ingen effekt på vægt og kropssammensætning ved at øge det daglige proteinindtag fra 0,9 til 1,24 g/kg/dag (71). Da det kun er få procent af danske kvinder, der indtager mindre end 0,9 g/kg/dag i den daglige kost, understøtter sidstnævnte studie, at der ikke er brug for proteintilskud til (kvindelige) motionister for at optimere ændringer i kropssammensætningen i forbindelse med et træningsforløb af moderat karakter. Der er således ikke evidens for, at der er behov for en øget proteinindtagelse i forbindelse med udholdenhedstræning hos motionister, når der indtages tilstrækkelig energi, og kosten sammensættes efter anbefalingerne.

4.4.1 Muskelproteinbalance ved udholdenhedstræning

Antallet af humane forsøg, hvor der er udført udholdenhedsarbejde og efterfølgende målt på proteinbalancen efter proteinindtag, er begrænset. Foreløbige fund understøtter imidlertid styrketræningsforsøg, hvor det er velkendt, at proteinindtag i umiddelbar forbindelse med udholdenhedsarbejdet har en positiv effekt på proteinbalan-

cen. En positiv effekt på helkrops- og muskelproteinbalancen efter cykelarbejde er målt efter indtag af blot 10 g protein (72;73). På sigt vil dette muligvis kunne have en positiv effekt ved regelmæssig træning, da det er muligt at reducere restitutionstiden.

4.4.2 Effekt af proteintilskud på udholdenhedspræstationsevnen

Der er kun udført relativt få forsøg, der søger at påvise, hvad et indtag af proteintilskud før og under udholdenhedsarbejde betyder for præstationsevnen (74-76). Alt i alt tyder foreløbige forsøg ikke på en forbedring af udholdenhedspræstationsevnen ved langvarigt arbejde ved indtag af protein, hvis kulhydratindtaget er optimeret (se kapitlet om kulhydratrige energidrikke, kap. 6). Proteintilskud under længerevarende træningspas kan dog potentielt være fordelagtigt i relation til at fremme restitutionsevnen. I et forsøg med seks timers udholdenhedsarbejde blev der således observeret mindre muskelnedbrydning og en positiv proteinbalance, hvilket ikke blev fundet ved indtag af udelukkende kulhydrat eller placebo undervejs (75).

4.4.3 Glutamin og immunfunktion

Hård fysisk aktivitet kan være associeret med en reduceret immunfunktion umiddelbart efter arbejdet ("det åbne vindue"-teorien) (77;78). Fald i plasmaniveauet af glutamin (en aminosyre, der ligeledes findes i fødevarer og visse proteintilskud) efter hård fysisk aktivitet har været opstillet som en mulig forklaring på den observerede immundepression, da glutamin omsættes hurtigt i immunforsvarets celler (lymfocytterne og monocytterne) (79-81). Foreløbige forsøg med glutamintilskud har imidlertid ikke fundet effekt ved måling på immunfunktionsmarkører (81-84). Ved dagligt tilskud af BCAA (12 g), der indgår som forstadium i glutaminsyntesen, er der dog i et enkelt placebokontrolleret forsøg fundet en positiv effekt på immunfunktionen hos eliteidrætsudøvere i forbindelse med konkurrencer inden for ekstremidræt (f.eks. triatlon, 30 km løb) (85). Forsøgene inden for dette område er fåtallige, og det skal påpeges, at udholdenhedsarbejdet, der er udført i ovenstående forsøg, ligger udover niveauet for almindelige motionister.

4.4.4 Effekt af BCAA på træthedsudvikling

Der har de seneste 10-15 år været en hypotese fremme om, at tilskud af BCAA kunne udsætte udviklingen af træthed i forbindelse med udholdenhedsarbejde og derved øge præstationsevnen (28). Fald i plasmaniveauet af BCAA i forbindelse med fysisk aktivitet er blevet sammenkoblet med en øget produktion af 5-hydroxytryptamine (5-HT) i hjernen, som er blevet foreslået at være en af årsagerne til udvikling af ud-

mattelse under langvarigt arbejde (86). Imidlertid har langt hovedparten af forsøgene ikke vist forskel i udholdenhed ved BCAA-tilskud (87-96).

4.5 Proteintilskud ved motion i relation til vægttab

Flere kortvarige kostinterventionsforsøg (uden træning) har påvist en positiv effekt af en proteinrig kost i forhold til at opnå vægttab. Der er kun få forsøg, der har undersøgt samspillet mellem træning, proteintilskud og vægttab. I forbindelse med vægttab, hvor energiforbruget er større end energiindtagelsen (negativ energibalance), øges risikoen for ikke at få tilstrækkelig protein til at opretholde proteinbalancen. Der er imidlertid god dokumentation for, at fysisk aktivitet kan hindre eller mindske tabet af muskelmasse ved at stimulere proteinsyntesen og fremme tabet af fedtmasse i forbindelse med vægttab, særligt hvis udholdenhedstræning og styrketræning kombineres (97-99). Nye fund påpeger imidlertid, at det i den forbindelse er vigtigt, at vægttabetsdiæten har et højt proteinindhold for at opretholde proteinbalance og ikke miste muskelmasse (100).

I et 12-ugers træningsforsøg blev overvægtige personer randomiseret til henholdsvis fedtfattig hypokalorisk kost (80 % af estimeret behov) eller styrketræning, kombineret med proteinrig (1,5 g/kg/dag) hypokalorisk kost (99). Sidstnævnte gruppe var yderligere delt op i en gruppe, der fik proteintilskud med kaseinprotein, og en gruppe, der fik proteintilskud med valleprotein. Vægttabet var ca. 2,5 kg i begge grupper, men gruppen, der havde styrketrænet og indtaget tilskud af kaseinprotein, opnåede det største tab i fedtmasse (7 kg) og den største stigning i muskelmasse og styrke. Forsøget understreger, at en kombination af træning og proteinrig kost kan skabe positive ændringer i kropssammensætning blandt overvægtige personer.

Der er observationer blandt konkurrenceatleter (brydere), der skal tabe sig for at opfylde deres vægtklasser. Disse observationer tyder på, at proteinrig kost reducerer risikoen for at tabe muskelvæv (101;102).

Alt i alt tyder foreløbige forsøg på en positiv effekt på kropssammensætningen af at indtage en relativt proteinrig diæt (>15 E% protein) i forbindelse med træning kombineret med vægttab. Der er dog ikke grundlag for at anbefale specifikke proteintilskudsprodukter til motionister i forbindelse med vægttab frem for proteinrige fødevarer.

4.6 Proteintilskud og helbred

Mange motionister er – specielt i forbindelse med styrketræning – meget fokuserede på at indtage (unødvendigt) store mængder protein. Da proteintilskudsprodukter generelt er dyre i forhold til energiindholdet, skal det tages med i overvejelserne, at et proteinindtag ud over proteinbehovet blot forbruges som energikilde (103) eller bliver omdannet til fedt ved positiv energibalance. Et stort forbrug af proteintilskudsprodukter er således en dyr måde at få dækket sit energibehov på.

Der eksisterer ikke megen viden om, hvor den maksimale tolerancegrænse ligger for proteinindtag for raske individer. Der har været rejst flere problematikker i relation til en høj proteinindtagelse. Proteinrig kost øger udskillelsen af calcium (104), hvilket er særligt problematisk, hvis der er tale om kvindelige motionister med lav energiindtagelse og menstruationsforstyrrelser. Der mangler dog forsøg til at underbygge, at høj proteinindtagelse har en negativ indflydelse på knoglerne. Det er til gengæld påvist, at en høj proteinindtagelse frem for en lav er associeret med et mindre tab af knoglemasse hos ældre (105).

Det har været diskuteret, om et stort proteinindtag er skadeligt for nyrerne. Der er ikke evidens for, at det er tilfældet i relation til raske motionister.

Ved indtag af tilskud med specifikke aminosyrer er der i flere forsøg rapporteret om mave-tarm-problemer (opkast og diarre). Ved aminosyretilskud (6,6 g/dag) i tre måneder er der i en gruppe eliterugbyspillere målt en stigning i totalcholesterol og LDL-cholesterol. Mekanismerne bag dette er dog ikke klarlagt og skal undersøges nærmere, før der er grundlag for at bekymre sig om denne observation. Derimod er der grund til at være opmærksom på kontrollen af tilskuddenes renhed. I udlandet er der observeret tilfælde af livstruende sygdom (eosinophilic myalgia-syndrom) pga. forurening af aminosyretilskud med bakterievækster (106).

4.6.1 Proteintilskud og energibalance

Proteinrig kost har en højere termogenetisk effekt (øger energiforbruget få procent) sammenlignet med kost med et mindre proteinindhold (107;108). Dette vil forrykke balancen mellem energiforbrug og -indtag lidt i den forkerte retning i forhold til at opnå muskeltilvækst (107;109), men i den rigtige retning i forhold til fedttab. Denne problemstilling forstærkes af, at foreløbige fund tyder på, at et stort proteinindtag (afhængigt af kilden) sandsynligvis påvirker ad libitum-energiindtaget. Størrelsen

af denne effekt synes dog at være påvirket af proteinkildens konsistens (flydende/ fast) og energitæthed (energiindhold/g) og ikke kun proteinindholdet i sig selv (104;108;109). Fedtfattige, proteinrige fødevarer (fisk, magert kød) synes at mætte mere i forhold til fødevarer med høj energitæthed eller energiholdige drikke (109;110).

En reduktion i energiindtaget i forhold til energiforbruget pga. øget mæthedseffekt af kosten vil være fordelagtig for motionisten, der gerne vil opnå fedttab. For motionisten, der gerne vil øge muskelmassen, er en reduktion i energiindtaget imidlertid ufordelagtig, da et stort energiindtag kombineret med styrketræning fremmer muskeltilvækst (111-113).

4.6.2 Protein i flydende eller fast form?

På baggrund af at flydende energikilder mætter relativt dårligere end faste fødevarer, vil mæthedseffekten ved indtagelse af flydende proteintilskud givetvis ikke påvirke energiindtag i samme grad som proteinholdige, fedtfattige fødevarer. Energitætheden (kJ/100 g) i de eksisterende proteinbarer på markedet er ligeledes relativt høj (> 1.000kJ/100 g), hvilket ved sammenligning med indtagelse af protein fra magre proteinkilder, f.eks. fjerkræ og fisk, der har lavere energitæthed, vil have en mindre mæthedseffekt. Ved sammenligning med fedtfattige, proteinrige fødevarer vil det derfor sandsynligvis være lettere at komme i energioverskud ved indtagelse af proteintilskud (flydende eller barer). Det skal dog understreges, at der ikke er gennemført forsøg til at understøtte dette udsagn. Endvidere er der i forbindelse med ønsket om muskeltilvækst ikke grundlag for at anbefale proteintilskudsprodukter frem for almindelige fødevarer. Optimering af både protein- og energiindtagelse kan opnås ved en almindelig varieret kost, der kan reguleres i mæthedseffekt ved at ændre energitætheden, fiberindholdet og fødevarernes tilstand (flydende og faste fødevarer). Træningsstudier tyder i den sammenhæng på, at fokus på en høj energiindtagelse er vigtigere for muskeltilvækst end fokus på at øge proteinindtaget (114). Dette understøttes yderligere af, at der er målt en negativ korrelation mellem proteinindtagelse og plasmakoncentrationen af testosteron ($p = -0,71$) (115), som har en veldokumenteret stimulerende effekt på muskeltilvækst (116). Denne interessante observation antyder, at entusiasmen for en høj proteinindtagelse for at fremme muskeltilvækst ikke nødvendigvis er velbegrundet.

Da indholdet af mikronæringsstoffer i mange proteintilskud er lavt, vil et stort forbrug af tilskudsprodukter i stedet for fødevarer fortynde den samlede kosts nærings-

stoffæthed. Dette vil øge risikoen for næringsstofmangel, specielt for motionisten, der har et lavt energibehov, eller som har reduceret energiindtaget i forbindelse med vægttab. Dette vil ikke kun give helbredsproblemer, men vil for motionisten ligeledes øge risikoen for idrætsskader og potentielt påvirke træningsudbyttet og præstations- evnen. Øges indtaget af protein på bekostning af andre makronæringsstoffer (især kulhydrat) kan det ligeledes have betydning for specielt udholdenhedspræstationsev- nen (117).

Alt i alt er der af helbredsmæssige årsager ikke grundlag for at fraråde aminosyre-/ proteintilskudsprodukter, der er fremstillet under kontrollerede forhold, til motionister, hvis de indgår som en del af en varieret kost. Da indholdet af vitaminer og mineraler ofte er lavt i tilskudsprodukter, bør indtagelsen dog ikke overdrives, og den kan lige- frem være ufordelagtig i forhold til at spise almindelige fødevarer i relation til både helbred, træningsmålsætning og idrætspræstation.

4.7 Delkonklusion om proteintilskud

Når man begynder at træne – og intensiverer træningen – øges forbruget af amino- syrer i kroppen, hvorfor behovet for protein er øget såvel ved styrketræning som ved udholdenhedstræning. Dette er dog forbigående, så det træningsinducerede øgede forbrug reduceres, når kroppen har tilpasset sig den ny tilstand.

For motionisten, der træner regelmæssigt, er der ikke evidens for, at det daglige to- tale indtag skal være større, end hvad der angives i de nordiske næringsstofanbefa- linger (10-20 E% protein), hvis energibehovet i øvrigt er dækket via en varieret kost.

Tidspunktet for indtagelsen af proteiner i forbindelse med især styrketræning synes at være væsentligt, og proteinindtagelse før eller umiddelbart efter træning kan sti- mulere muskelproteinsyntesen og muskeltilvækst og -styrke. Effekten er størst ved sammenligning med faste og mindre ved sammenligning med indtag af andre ener- giholdige makronæringsstoffer. Store mængder protein er ikke nødvendigvis hen- sigtsmæssigt, da der er en øvre grænse for, hvor meget proteinsyntesehastigheden i musklerne stiger ved indtagelse af protein. Den øvre grænse for akut stimulering af muskelproteinsyntesen ligger givetvis i størrelsesordenen 20-40 g protein af høj kvalitet (10 g EAA).

Hvad angår typen af protein, har det vist sig, at en blanding af langsomt og hurtigt optageligt protein (som f.eks. i mælk), indtaget i forbindelse med fysisk aktivitet, har en stimulerende effekt på proteinsyntesen.

Der er meget, der tyder på, at energibalancen er vigtigere end proteintilskuddet. Det gælder således om altid at få tilstrækkelig energi for at opnå den optimale effekt på muskeltilvækst og ydeevne ved træning. Dertil skal man i forbindelse med længerevarende udholdenhedstræning også få tilstrækkeligt med kulhydrater for at undgå at bruge protein som energikilde frem for til muskelopbygning.

Der er ikke nogen evidens for, at et øget proteinbehov i forbindelse med træning skal dækkes af proteintilskud. Er der i perioder behov for mere protein, kan dette nemt dækkes gennem almindelige fødevarer. Fordelen ved tilskudsprodukter frem for mange proteinholdige fødevarer er, at mange af tilskuddene har lang holdbarhed, og at de er lette at transportere og have liggende i sportstasken. Et stort indtag af proteintilskudsprodukter er særligt u hensigtsmæssigt, hvis det sker på bekostning af en varieret kost med et højere indhold af mikronæringsstoffer og andre makronæringsstoffer, der er fordelagtige at indtage i relation til helbredet og motionistens mål med træningen.

5. Kreatintilskud

Kreatin er et aminosyre lignende stof, der findes i kroppens celler, herunder især i muskelcellerne. Kreatintilskud markedsføres hovedsageligt som pulver bestående af rent kreatinmonohydrat. Kreatin findes endvidere i en række fødevarer, primært fisk og kød.

5.1 Kreatins fysiologiske rolle

Kreatin indgår i de reaktioner, der er med til at levere energi til anaerobt arbejde. Kroppens lager af kreatin findes primært i skeletmuskulaturen, hvor størstedelen er bundet til fosfat. Bindingen mellem kreatin og fosfat er energirig, og kreatinfosfat indgår således som energileverandør ved muskelarbejde. Dannelsen af ATP fra kreatinfosfat og adenosinfosfat (ADP) foregår meget hurtigt og afhænger i høj grad af kreatinfosfat-lageret i musklen. Kreatinfosfat-koncentrationen i muskelfiberen falder under kortvarigt højintensitets arbejde, hvorved muskulaturens evne til hurtigt at gen-danne ATP hæmmes, og således nedsættes evnen til at opretholde intensiteten.

En mindre del af musklernes kreatin nedbrydes dagligt til kreatinin (ca. 2 g). Kreatinin udskilles via nyrerne i urinen. Koncentrationen af kreatin i muskulaturen opretholdes ved syntese af ca. 1 g kreatin/dag i leveren og tilførsel af yderligere 1 g kreatin/dag igennem kosten (118).

5.1.1 Dosering af kreatintilskud

I de fleste videnskabelige studier indledes et tilskudsregime typisk med 5 g kreatin 4 gange om dagen i 4-7 dage, hvilket kan forøge musklens indhold af kreatin med ca. 20-30 % (118;119). Mindre doser på 3 g/dag øger – ved indtagelse af tilskud i fire uger – musklens koncentration af kreatin tilsvarende (119). Vedligeholdelse af den for-øgede muskelkreatinfosfatkoncentration kan herefter opnås ved indtag af 2-5 g kreatin/dag (120-122). I Danmark anbefales en dagsdosis på 2 g/dag. Der er stor individuel variation i den stigning i muskelkreatin, som opnås ved tilskud, hvilket tildels skyldes variationen i det initiale niveau. Kreatinkoncentrationen i musklerne normaliseres igen efter ophør med kreatintilskud, men det kan tage op til en måned eller længere, før normalniveauet er nået (118;121).

5.2 Kreatintilskud og præstationsevne

Den "akutte" effekt af kreatintilskud er primært blevet undersøgt i forbindelse med tilskud over kort tid (ca. en uge). Mange studier har dokumenteret, at kreatintilskud øger evnen til at opretholde den muskulære kraft- og effektudvikling under gentagne kortvarige højintense arbejdsperioder udført enten i form af cykling, sprint, hop eller styrketræning (123-127). En større metaanalyse fra 2003 viser, at der er stor variation i de forbedringer, som opnås ved kreatintilskud, afhængigt af hvilken arbejdsrelateret variabel der måles på (124). Nogle studier har dog ikke vist nogen effekt af kreatintilskud ud over placeboeffekten. McKenna et al. (128) og Kinugasa et al. (129) observerede ingen effekt, på trods af, at de kunne dokumentere et øget kreatinfosfat-niveau hos forsøgsparticipanterne. På samme vis så Ferguson og Syrotuik (130) heller ingen effekt af kreatintilskud og diskuterer i den sammenhæng, at der findes "responders" og "non-responders" til kreatin. Noget tyder på, at personer, der som udgangspunkt har lave koncentrationer af kreatin i muskulaturen, udviser den største lagring ved tilskud (131;132) og dermed også opnår den største effekt. Ca. 30 % responderer ikke eller har et lavt respons på kreatintilskud.

Den anaerobe præstationsevne, karakteriseret ved 0-30 s arbejde hvor den primære energileverandør er ATP-Kreatinfosfat systemet, forbedres som nævnt ved kortvarig indtagelse af kreatintilskud. Forbedringerne er typisk set i form af flere gentagelser udført med en given submaksimal belastning eller i form af øget maksimal styrke (1 RM) i styrketræning, større kraftudvikling (N), større effekt (W) målt under hop samt større arbejde (J) og flere omdrejninger pr. minut udført i cykelergometer. Når der er tale om sprintarbejde, ses oftere signifikant effekt, hvis der er tale om gentagne sprint end ved enkeltstående sprint (124).

Ved arbejde af en varighed på 30-150 sekunders arbejde, hvor den primære energileverandør er den anaerobe glykolyse, ses en forbedring af arbejde og effekt ved kortvarig indtagelse af kreatintilskud. Denne forbedring er dog gennemsnitligt mindre end den, der ses ved korte og mere højintense arbejdsperioder (124).

Der findes relativt få studier, af den mulige effekt af kreatin på længerevarende arbejdsintervaller (> 150 sekunder), hvor energien primært leveres ved oxidativ fosforering. Af disse fremgår det dog utvetydigt, at kreatintilskud i sig selv ikke påvirker den maksimale iltoptagelseshastighed eller præstationsevnen ved aerobt arbejde (124;133-135).

5.3 Kreatintilskud og kropssammensætning

Kreatintilskud medfører i de fleste tilfælde en forøgelse af kropsvægten på 0,5-2 kg i forbindelse med den initiale tilskudsperiode (20-25 g kreatin/dag i 5-7 dage). I den efterfølgende fase med mindre doser (3-5 g/dag i 30-60 dage) kan der optræde stigninger på 1-7 kg (118;136). Den initiale øgning i kropsvægt menes primært at være relateret til en øget tilbageholdelse af vand i muskulaturen (124).

5.4 Kreatintilskud og træningsudbytte – styrketræning

Det er påvist i flere studier, at personer, der tager kreatin i forbindelse med hård styrketræning, øger udbyttet af træningen, hvad angår muskelstyrke og muskeltilvækst (118;120;136;137). Der er dog også på dette punkt studier, som påviser manglende effekt af kreatin (130;138).

Effekten kan delvis skyldes en øget træningsmængde hos dem, som indtager kreatintilskud, idet den akutte effekt af kreatintilskud giver mulighed for at gennemføre flere gentagelser under træningen. Den additive effekt af kreatin og styrketræning er dog også påvist i et studie, hvor træningsmængden var ens for grupperne, der indtog henholdsvis kreatin og placebo (137).

Det er muligt, at den øgede tilbageholdelse af vand i muskulaturen kan virke som signalmekanisme til en øget proteinsyntese og/eller reduceret nedbrydning af protein i muskelfiberen (136). En anden forklaringsmekanisme kan være, at indholdet af myogene vækstfaktorer (MRF4 og myogenin) i muskelfibre ændres, når kreatinindtagelse kombineres med styrketræning, der øger gentranskriptionen i muskelfiberen (139). I forlængelse heraf har et nyligt forsøg vist, at kreatintilskud i forbindelse med hård styrketræning stimulerer til en øget aktivitet af de muskulære satellitceller og resulterer i en forøgelse af cellekerner i muskelfiberen i forhold til placebogruppen. Disse mekanismer er nødvendige forudsætninger for muskeltilvækst, og det tyder dermed på, at kreatintilskud forstærker effekten af styrketræning på muskelmassen (137).

5.5 Kreatintilskud og træningsudbytte – udholdenhedstræning

I studier, hvor man har undersøgt, om kreatintilskud i forbindelse med udholdenhedstræning kunne forbedre træningsudbyttet, har man konkluderet, at kreatin var uvirksomt. Således fandt man i et større studie af ældre mænd, at 6 måneders træning 2-3 gange om ugen gav en gennemsnitlig forbedring af VO_{2max} på 16 % i placebogruppen

og en tilsvarende forbedring i gruppen, der indtog kreatin under træningsforløbet (138). I et nyligt studie af fysisk aktive unge mænd og kvinder fandt man, at fire ugers træning medførte en fremgang på 7-8 % på arbejdet udført under en aerob cykeler-gometertest, uanset om der blev indtaget kreatin eller placebo under træningen (140). En mulig negativ effekt ved indtagelse af kreatin er den tidligere omtalte vægtøgning, som vil kunne hæmme præstationsevnen i vægtbærende discipliner.

5.6 Kreatintilskud i forhold til alder, køn og træningsstatus

Kreatins effekt på præstationsevnen og træningsudbyttet synes ikke at være relateret til alder, køn eller træningsstatus. Dette er vel at mærke ikke et særlig velundersøgt felt.

De få studier på området indikerer, at kvinder og mænd responderer ens på kreatintilskud (124;141). Dog viser et par studier, at kvinder tilsyneladende ikke øger deres fedtfri masse i samme grad som mænd efter kreatintilskud (141;142). I forlængelse heraf har Greenhaff et al. fremsat en teori om, at kvinder har et højere niveau af kreatin i muskulaturen og af den grund ikke responderer så kraftigt på kreatintilskud (131).

Studier, som har undersøgt effekten af kreatintilskud på ældre, viser ikke helt entydige resultater. Således registreredes der ingen yderligere effekt af kreatintilskud kombineret med træning sammenlignet med træning alene hos ældre mænd (138;143;144). Modsat rapporterer andre studier om en additiv effekt af kreatintilskud og træning på muskelmasse og styrkeparametre hos ældre mænd (120;145;146). Det er muligt, at der også for denne gruppe er tale om en større andel af "non-responders" til kreatintilskud.

Umiddelbart lader der ikke til at være forskel på effekten af kreatin, når træningsstatus betragtes. Således tyder det på, at utrænede og trænede personer responderer ens på kreatintilskud (124).

5.6.1 Kreatintilskud og glykogen

Det er påvist, at kreatintilskud kan øge musklernes glykogenindhold (134). Forklaringen skal findes både i det øgede vandindhold i cellen, som kan medføre et øget glukoseoptag, og i, at der derudover synes at ske en opregulering af muskelmembranens glukosetransportør (GLUT4) ved tilskud med kreatin (138;147). Derudover tyder det på, at insulin øger transporten af kreatin ind i muskelfiberen gennem en øget

transportaktivitet (148). I samspil hermed er det ligeledes påvist, at optaget af kreatin øges, hvis det indtages sammen med kulhydrater (149)

5.6.2 Tidspunktet for kreatinindtagelsen

Et nyligt studie viser, at tidspunktet for kreatinindtagelsen også har betydning for effekten af kreatin. Således viste Cribb et al. (59), at indtagelse af et tilskud, der indeholder både kreatin, protein og kulhydrat, umiddelbart før og efter styrketræning havde større effekt på muskelmasse og muskelstyrke efter ti ugers styrketræning, end hvis man indtog det samme tilskud morgen og aften (minimum fem timer før og efter træning) (59). Derfor synes det mest hensigtsmæssigt at indtage kreatin i forbindelse med et kulhydrat- og proteinholdigt måltid samt i forbindelse med træning.

5.7 Kreatintilskud og helbred

Man har undersøgt betydningen af kreatinindtagelse i forhold til forskellige helbredsrelaterede parametre og har generelt ikke kunnet registrere større helbredsmæssige forandringer. Der findes således på nuværende tidspunkt intet videnskabeligt bevis for, at indtagelse af kreatin medfører fysiologiske bivirkninger (ud over den nævnte vægtforøgelse) ved doser på 15-25 g/dag i 5-7 dage efterfulgt af 2-5 g/dag i 30-60 dage (118;124;150).

5.7.1 Nyre- og leverfunktion

Nyre- og leverfunktionen har været i fokus i diskussionen af bivirkninger fra kreatintilskud, men hverken korttidstilskud (dage) eller langtidstilskud (år) af kreatin har resulteret i en umiddelbar negativ effekt herpå (118;120;151).

5.7.2 Kompartmentsyndrom

Ved kompartmentsyndrom forstås et øget intramuskulært tryk, som skyldes en øget mængde intracellulær væske, med kløe, krampe, smerte m.m. til følge. Teoretisk set vil indtagelse af kreatin øge risikoen for kompartmentsyndrom, fordi kreatin tilbageholder vand i muskulaturen. Således er der også i få tilfælde rapporteret kompartmentsyndrom i quadriceps-muskulaturen samt i underbenets muskulatur ved indtagelse af kreatin (152). Hile et al. (153) dokumenterede på samme vis symptomer på kompartmentsyndrom efter indtagelse af 21,6 g kreatin/dag i 7 dage. Derimod fandt de ikke de ovenfor nævnte bivirkninger, selv om testen blev udført i dehydreret tilstand og i varme omgivelser (153).

5.7.3 Blodlipider

I et studie af basketballspillere, som indtog kreatin over en til tre sæsoner, fandt man ingen væsentlige afvigelser i blodets kolesterol- eller triglyceridindhold (154). I et andet studie fandt man ligeledes, at HDL- og LDL-kolesterolkoncentrationen var uændret efter et års træning med samtidig indtagelse af kreatin, hvorimod plasma-triglycerid-niveauet var reduceret i kreatingruppen i forhold til placebogruppen efter et års træning (138).

5.7.4 Glukosetolerance og insulinsensitivitet

Selv om det i 2001 rapporteredes, at kreatinindtagelse kunne øge musklernes indhold af glukosetransportmolekyler (GLUT4) (138), blev det i et senere studie rapporteret, at glukosetolerance og insulinsensitivitet var uforandret efter kreatinindtagelse (155). I et studie (154) fandt man hos utrænede unge mænd, at kreatinindtagelse over 11 uger i kombination med aerob træning gav en lidt større forbedring i glukosetolerance end aerob træning alene. I samme studie fandt man dog ingen forandring i insulinsensitiviteten som følge af kreatinindtagelse. Samlet tyder dette ikke på en væsentlig effekt på kulhydratstofskiftet ved kreatinindtagelse med eller uden samtidig træning.

5.7.5 Kreatinbalance ved langvarig indtagelse

Når kreatin indtages i længere perioder, sker der en nedregulering af leverens egensyntese af kreatin (118). Flere nyere studier tyder på, at kreatinindtagelsens effekter i forbindelse med styrketræning muligvis bliver svagere ved indtagelse i mere end to måneder (137;138;147). Det kan skyldes, at effekten af kreatinindtagelse på musklernes kreatin- og kreatinfosfatindhold gradvist mindskes ved længerevarende indtagelse (147).

Kreatin optages i muskelfibrene fra blodbanen via en specifik kreatintransportør (156). I forsøg, udført på rotter, har store doser kreatin over længere tid medført en nedregulering i antallet af kreatintransportører (157). Tilsvarende forandringer er hidtil ikke fundet hos mennesker (118).

Af hensyn til kreatintilskuds indflydelse på egenproduktionen af kreatin og den mulige effekt på kreatintransportører kan det ifølge Aagaard tilrådes, at længerevarende perioder med kreatintilskud afbrydes hver anden til fjerde måned i perioder af fire til otte ugers varighed, hvor der ikke indtages kreatin (118).

5.8 Delkonklusion om kreatintilskud

Hovedparten af studierne viser, at indtagelse af kreatintilskud øger evnen til at opretholde den muskulære kraft- og effektudvikling under gentagne kortvarige højintense arbejdsperioder, udført enten i form af cykling, sprint, hop eller styrketræning.

Ligeledes vil indtagelse af kreatintilskud kombineret med intensiv styrketræning resultere i større stigninger i maksimal muskelstyrke, kropsvægt, fedtfri kropsvægt og muskelmasse end træning uden kreatinindtagelse.

Effekterne af kreatin varierer meget mellem individer, og der er således ca. 30 %, som ikke opnår væsentlige effekter på præstationsevne og træningudbytte ved indtagelse af kreatintilskud

Kreatin påvirker ikke præstationsevnen eller træningsudbyttet ved aerobt arbejde.

Kreatinindtagelse medfører ingen erkendte fysiologiske bivirkninger eller skader ved indtagelse af 15-25 g/dag i 5-7 dage efterfulgt af 2-5 g/dag i 30-60 dage. Helbredsmæssige effekter af indtagelse af kreatintilskud over flere år er ukendte.

Det kan konkluderes, at kreatintilskud kan være relevant i forbindelse med fysisk aktivitet, som er kendetegnet ved at være intermitterende af karakter og anaerobt energikrævende, f.eks. styrketræning, sprint, kampsport, ishockey, håndbold, fodbold, banecykling m.m. Derimod vil fysisk aktivitet, som er kendetegnet ved kontinuerligt aerobt arbejde, ikke påvirkes positivt af kreatintilskud. Ved motionsløb, motionscykling, maratonløb, landevejscykling m.m. kan der således ikke forventes nogen umiddelbar positiv effekt.

6. Kulhydratrige energidrikke

Skal man indtage en speciel sportsdrik, når man træner? Eller er det tilstrækkeligt eller måske ligefrem bedre kun at drikke vand? Skal man følge de generelle kostråd mht. kulhydratindtagelse, eller får man mere ud af sin træning, hvis man indtager et kulhydrattilskud? Og hvor stort er behovet for væske og salt, hvis man træner og sveder meget? Disse spørgsmål belyses her i forhold til "den normalt aktive dansker", der følger de officielle anbefalinger for fysisk aktivitet, og i forhold til "supermotionisten", der ofte træner mere og deltager i f.eks. motionscykelløb, motionsløb/maratonløb og andre længerevarende idrætsbegivenheder eller spiller tennis, fodbold mv.

6.1 Hvad er energidrikke?

Energidrikke eller sportsdrikke forhandles enten som færdigblandet væske i flasker eller dåser eller som pulver, der skal opløses i vand. Indholdet er primært vand, kulhydrater af forskellige typer samt salte og smagsstoffer. Indholdet af kulhydrater varierer meget, men ligger fra ca. 6-15 % i de fleste færdigblandede produkter. Indholdet af salt varierer ligeledes – typiske værdier er mellem 0 og 20 mM natrium. Kulhydrattilskud fås også som geler eller barer. Nogle energidrikke indeholder andre tilsætningsstoffer som f.eks. koffein eller aminosyrer, og nogle typer af produkter er kombinerede protein- og kulhydrattilskud.

6.2 Energidrikke under og efter træning

Det samlede daglige behov for kulhydrater afhænger i meget høj grad af ens samlede energiforbrug. Behovet afhænger således bl.a. af, om man har stillesiddende eller fysisk arbejde, og hvilken idræt man dyrker i sin fritid. Dyrker man en idrætsgren, hvor træningsintensiteten er meget høj og den samlede træningsmængde meget stor (flere timer dagligt), vil det totale energiforbrug være væsentligt forøget, og da en stor del af den ekstra energiomsætning vil stamme fra nedbrydning af kulhydrater (primært muskelglykogen), kan det daglige kulhydratbehov blive så højt som 10 g/kg kropsvægt (158).

Har man derimod en ugentlig træningsmængde, der svarer nogenlunde til de officielle anbefalinger for fysisk aktivitet, og er man aktiv i fire timer om ugen (og op til syv timer om ugen ca. 1 time dagligt), vil kulhydratbehovet dog være mere moderat og være ca. 5 g/kg kropsvægt. Spiser man efter anbefalingerne med 55-60 E% fra

kulhydrat, vil man med en normal energiindtagelse være fint dækket ind. Eksempelvis vil en kvinde, der vejer 65 kg, og som indtager en kost med 55 E% fra kulhydrat og en samlet energiindtagelse på 10 MJ, få præcis 5 g/kg kropsvægt. Det samme gælder for en mand på 80 kg, som dagligt indtager enten 11,5 MJ med 60 E% fra kulhydrat eller 13 MJ med 55 E% fra kulhydrat. Øges træningsmængden, vil det totale energi- og kulhydratbehov stige, men så længe dette modsvares af øget energiindtagelse, er det fuldt tilstrækkeligt at holde sig til de 55-60 E% fra kulhydrat. Samlet set kan man sagtens indtage disse mængder kulhydrat via den almindelige kost. Tilskud fra sportsprodukter (energidrikke, energibarer mv.) er ikke nødvendigt for at opnå et tilstrækkeligt totalt kulhydratindhold i den daglige kost.

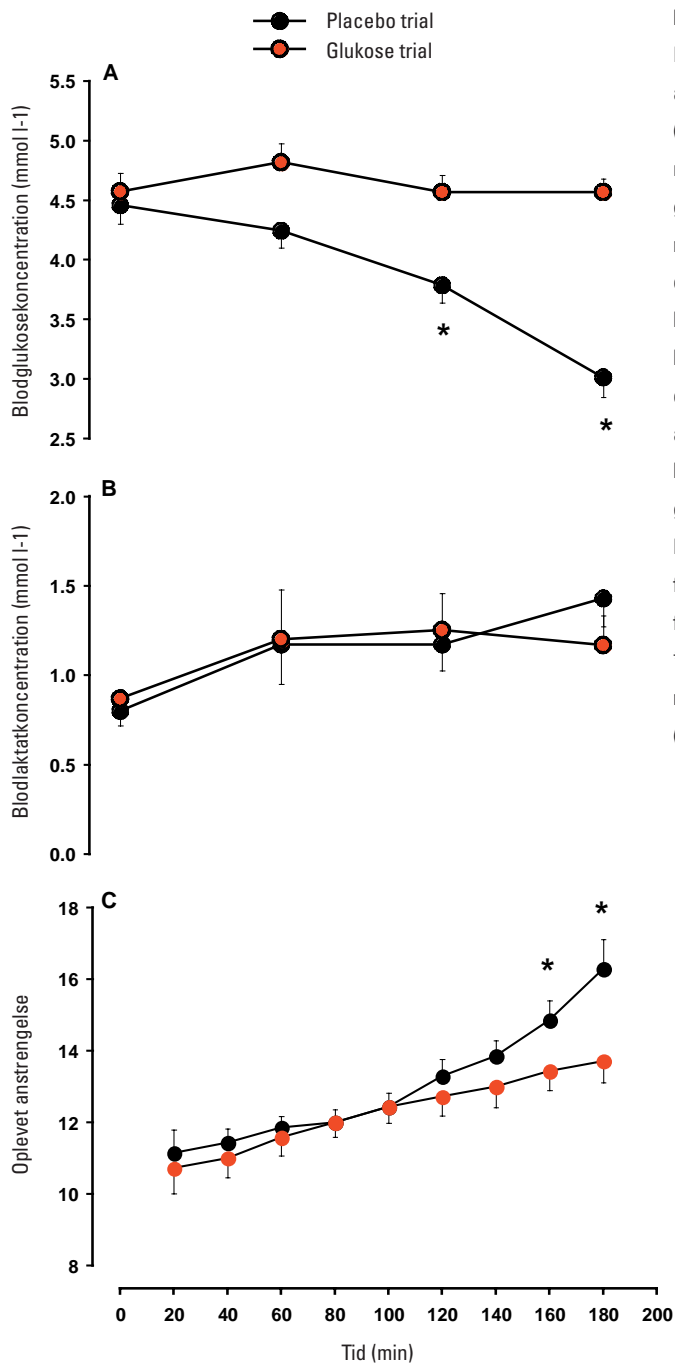
Sportsprodukter og i særdeleshed energidrikke kan dog blive relevante at overveje, i de situationer hvor der er behov for energiindtagelse under selve idrætspræstationen. Men hvornår er der så behov for det? Langt de fleste studier, der har omfattet effekten af kulhydratindtagelse under træning/arbejde, har undersøgt dette behov hos fastende individer (typisk fastende med sidste måltid ca. 12 timer før), men dette er sjældent relevant under normale omstændigheder og er absolut ikke hensigtsmæssigt (træning efter lang tids faste vil nedsætte præstationsevnen, øge proteinnedbrydningen og belaste immunforsvaret (19;159-162)). Dette er vigtigt at have i mente, når man anvender sådanne studier, og de bør holdes op mod studier, hvor forsøgspersonerne har indtaget et kulhydratholdigt måltid inden træning.

Behovet for kulhydrattilskud vil i denne rapport blive vurderet ud fra situationer, hvor der er indtaget et måltid en til tre timer før træning, da dette er, hvad man vil anbefale for såvel motionister som eliteatleter (163;164).

6.2.1 Energidrikke og udholdenhedstræning af op til mere end 1½ times varighed

I den ikke-fastende situation kan man sagtens gennemføre idrætspræstationer og træningspas, der har en varighed af op til 1-1½ time uden at få tilført kulhydrater (162;165), og der er ikke nogen reel fysiologisk præstationseffekt af at indtage sukker/kulhydrater (166). Der er ganske vist en del studier, som har registreret en præstationseffekt af glukose- eller kulhydratindtagelse under arbejde af ca. en times varighed (167-170), men denne effekt registreres især, når forsøgene foregår efter forudgående faste eller må tilskrives den såkaldte placeboeffekt. I dobbeltblindede forsøg med placebo har man således påvist, at der er en psykologisk (placebo)effekt, hvis man tror, at man får en gavnlig energidrik. I forsøg, hvor man udsatte forsøgsperso-

ner for en en cykeltest af en times varighed og fortalte dem, at den sportsdrik, de fik, indeholdt glukose (som qua den gængse holdning hos mange atleter anses som præstationsfremmende), forbedrede de deres præstation, uanset om man i virkeligheden gav dem placebo eller glukose. Derimod blev deres præstation ikke bedre, hvis de fik sukker, men fik at vide, at de fik placebo (166). Der er således ikke noget fysiologisk behov for at få tilført kulhydrater under arbejde af en times varighed, og de fleste mennesker kan sandsynligvis arbejde helt op til et sted mellem 1½ og 2 timer uden at have behov for eller gavn af kulhydratindtagelse (se Figur 6.1) (171). For idrætspræstationer af denne varighed er kroppens egne (endogene) lagre af kulhydrat nemlig tilstrækkelige til, at man ikke løber tør for kulhydrat/glykogen som substrat, og leverens glukoseproduktion og frisætning af glukose til blodbanen kan nemt sørge for, at man opretholder et normalt blodsukkerniveau (172;173).



Figur 6.1

Blod glukose (A), blod laktat (B) og angivelse af oplevet anstrengelse (Borg-skala) (C) under længerevarende cykelarbejde med og uden glukosesupplementering. Ved træning med varighed under 1½-2 timer er der ikke behov for indtagelse af kulhydrater, da kroppens endogene kulhydratlagre kan dække det øgede energibehov, og den oplevede grad af anstrengelse vil ikke være forskellig afhængigt af, om man indtager glukose eller vand under træningen. Data er gennemsnitsværdier ± SE for 8 forsøgspersoner, efter 12 timers forudgående faste.

* Signifikant forskellig fra forsøg med glukose supplementering (P<0.05) (171).

Hvis der er tale om længerevarende idrætspræstationer, vil man hos nogle personer kunne registrere, at de ikke længere har tilstrækkelige lagre af glykogen i deres lever til, at denne kan blive ved med at producere glukose og opretholde et normalt blodsukkerniveau (174). Hvor lang træningen skal være, før dette sker, afhænger først og fremmest af træningens intensitet. Desuden er det meget individuelt betinget og især afhængigt af træningstilstand (når man er udholdenhedstrænet, har man en større fedtforbrænding og et mindre optag/forbrug af blodsukker ved en given intensitet (175;176), og det spiller også en rolle, om man er vant til at træne uden sukkerindtagelse). Men selv inden for en relativt homogen gruppe af trænede personer begynder nogle at få lavt blodsukker efter ca. to timers moderat til intenst arbejde (60-70 % af VO_{2max}), mens andre kan arbejde i mere end tre timer uden at få lavt blodsukker (174;177). Alle mennesker vil dog, hvis de arbejder længe nok, få lavt blodsukker, og i sådanne situationer vil der være en klar præstationsfremmende effekt af at indtage kulhydrat. Dels vil opretholdelse af et normalt blodsukkerniveau modvirke, at hjernens glukose- og iltoptagelse falder og forårsager "central træthed" (reduceret evne til at aktivere skeletmusklerne (177;178)), dels vil det sikre en større optagelse af glukose i de arbejdende muskler, hvilket ligeledes er gavnligt for præstationsevnen (174;179).

6.2.2 Energidrikke og udholdenhedstræning af mere end 1½ times varighed

Nogle mennesker skal arbejde mere end tre timer, før de får et reelt fysiologisk behov for at indtage kulhydrater under arbejdet (180;181), men for langt de fleste vil der være behov for og præstationseffekt af at indtage kulhydrat, hvis de skal være i gang i mere end 1½-2 timer. Mange motionister og idrætsudøvere indtager dog også en sportsdrik med kulhydrat under korterevarende træning, og omkostningen ved dette er, at deres fedtforbrænding under den givne træning reduceres. Men hvis den øvrige kost tilpasses, så den totale energiindtagelse er uændret, vil man kunne opnå samme sundhedsfremmende effekter af træningen, uanset om man indtager sukker eller ej. Man har således registreret samme reduktion i fedtmasse og forbedring af kondital og kolesteroltal efter otte ugers cykeltræning hos to grupper af raske mænd, der fire gange om ugen gennemførte 1-1½ times moderat til højintens træning uden (placebo) eller med indtagelse af sukker under hvert eneste træningspas (182). Omvendt havde gruppen, der ikke indtog sukker, en større forbedring i evnen til at lagre glykogen i deres muskler efter træning og en tendens til større fremgang i ud-

holdenhed under cykelarbejde af mere end to timers varighed. Under korterevarende højintensitetsarbejde var der dog ingen forskel mellem de to grupper, og fordelene ved ikke at indtage sukker under træning (som vel at mærke kan gennemføres uden) ser kun ud til at få relevans for idrætsudøvere i idrætsgrene, der er meget langvarige, f.eks. maratonløb og lange motionscykelløb. Udøvere i disse udholdenhedsdiscipliner vil dog potentielt kunne have fordel af så vidt muligt at gennemføre alle træningspas uden indtagelse af sukker/kulhydrat og så indtage en energidrik under selve konkurrencen.

For personer, der deltager i idrætsgrene, der ikke er så langvarige, er der som allerede nævnt ikke det store behov for sukkerindtagelse under træning, men omvendt heller ikke noget decideret træningsmæssigt belæg for at gennemføre sin træning uden kulhydratindtagelse.

6.3 Energidrikke og helbred

I forhold til forbedret kondition og udholdenhed vil man få samme udbytte af sin træning – uanset om man indtager kulhydrat eller ej under selve træningen. Her er det vigtigere at tage udgangspunkt i det overordnede mål med træningen. Hvis man gerne vil tabe sig, eller hvis man motionerer for at kunne holde vægten stabil, vil man alt andet lige være i større energiunderskud under den givne træning, hvis man ikke indtager kulhydrat, og man kan derfor indtage mere energi til de "normale" måltider og fortsat opnå den ønskede balance mellem energiforbrug og energiindtagelse. Som nævnt ovenfor kan man imidlertid sagtens træne med kulhydratindtagelse og samtidig opnå en energibalance, der bevirker, at man reducerer sin fedtprocent. Det vil dog kræve, at den øvrige kostindtagelse tilpasses, og hvis man normalt har svært ved at undgå at tage på, har stillesiddende arbejde og ikke træner mere end svarende til de generelle anbefalinger for fysisk aktivitet, synes det hensigtsmæssigt, at man gennemfører sin træning uden indtagelse af kulhydrattilskud, og i stedet sørger for at indtage sin energi i forbindelse med de normale måltider. Desuden stiller det store krav til den øvrige kosts ernæringsmæssige lødighed, hvis man vælger at bruge en del af sin kulhydratindtagelse under fysisk aktivitet (normalt skal højst 10 % af energien komme fra sukker, men hos hårdtrænende "super-motionister" anbefales højst 15 %).

Er ens mål derimod at øge muskelmassen – og derfor f.eks. dyrker både styrke- og udholdenhedstræning – kan det i visse henseender være en fordel at indtage

kulhydrat under begge træningsformer. Træning og i særdeleshed styrketræning stimulerer til muskeltilvækst (183-186), men træning medfører også en vis nedbrydning af muskelprotein, og denne nedbrydning vil alt andet lige være større, hvis man er i energiunderskud, mens glukoseindtagelse vil mindske proteinomsætningen (160). Men omvendt er der ikke lige så stort energiforbrug ved styrketræning som ved konditionstræning, og hvis man ikke træner i mere end 1-1½ time om dagen, vil forbrændingen af protein under træning dog være yderst begrænset, og man vil fint kunne træne på vand og få muskeltilvækst, så længe man husker at tilgodese sit proteinbehov og tidspunktet for indtagelsen af protein i forhold til træningen (se kapitlet om proteintilskud, kap. 4).

6.4 Hvilken form for kulhydrat skal man vælge?

Man kan sagtens indtage den nødvendige kulhydratmængde via kosten, men det skal dog helst være forholdsvis hurtigt optagelige kulhydrater (f.eks. bananer, energibarer, tørret frugt, lyst brød med honning eller syltetøj o.l.). De fleste foretrækker dog en sportsdrik, da de så kan få både den nødvendige energi og væskemængde samt evt. elektrolytter (se næste afsnit om væske og elektrolytbehov). Fordelen ved at vælge almindelige, kulhydratrige fødeemner i stedet for en drik er, at kulhydrater indtaget i fast form tilsyneladende giver en længere og øget mæthedss fornemmelse end kulhydrater i flydende form, hvilket igen gør det nemmere for personer med et lille eller moderat dagligt energiforbrug at bevare energibalancen eller evt. at tabe sig, hvis det er en af målsætningerne med træningen. Endvidere har de fleste sportsdrikke et højt indhold af simple sukkerarter og intet eller et ubetydeligt indhold af vitaminer og mineraler. Et stort eller unødvendigt indtag af sportsdrikke vil derfor ikke være hensigtsmæssigt i forhold til helbred eller i forhold til at opnå en balanceret og varieret kost.

Fordelen ved at indtage kulhydrat i form af en drik er imidlertid, at det ofte er lettere og mere praktisk og at man – hvis drikken har en kulhydratkonzentration på 4-8 % (40-80 g/l) – sikrer sig, at man ikke får indtaget kulhydrater i så høj koncentration, at det vil sænke mavetømningshastigheden for væske. Indtager man drikke med en højere kulhydratkonzentration end ca. 8 % (eller tilsvarende mængde kulhydrat samt rent vand), vil optagelsen af væske fra mave-tarm-kanalen nemlig blive reduceret. Ofte er dette dog ikke et problem, medmindre det er så varmt, at man har behov for at indtage store væskemængder og/eller man får maveproblemer ved indtagelsen af høj kulhydratkonzentration. Teoretisk set vil det være en fordel, at de kulhydrater, man blander i sin drik, er kortkædede glukosepolymerer (f.eks. maltodextriner, som

består af 3-10 glukoseenheder, eller disakkarider som består af 2 glukoseenheder), da disse vil give drikken en lavere osmolaritet, end hvis man bruger glukose. Med samme glukosekoncentration (samme vægt % og energiindhold) vil der i blandinger med glukosepolymerer nemlig være færre frie molekyler, end hvis drikken består af monosakkarider (glukose eller fruktose). I praksis viser det sig dog, at der ikke er forskel på hverken præstationsevne eller mavetømning mellem drikke med ren glukose eller glukosepolymerer, og at det snarere er energiindholdet end osmolariteten af drikken, som er afgørende for mavetømningshastigheden (187;188).

Hvis målet er at maksimere den samlede optagelse af kulhydrat fra en sportsdrik, er det derimod en klar fordel med en blanding af forskellige typer kulhydrat i drikken. Lige dele maltodextrin, glukose og fruktose eller tilsvarende mængde fruktose i form af sukrose (almindeligt roesukker som i fordøjelsessystemet spaltes til glukose og fruktose) ser ud til at give mulighed for den største samlede optagelse af kulhydrat (189). At få maksimeret sin samlede optagelse af eksogent (udefra tilført) kulhydrat er dog kun relevant i meget langvarige idrætsskonkurrencer og vil sjældent have betydning for den normale motionist. Smagsmæssigt kan der dog være en fordel af de kortkædede glukosepolymerer, som typisk ikke vil gøre drikken så overdrevet sød, som hvis den kun består af ren glukose.

6.5 Væske og elektrolytter

Når vi dyrker intens idræt eller arbejder i varme omgivelser, sveder vi for at afgive varme og derigennem regulere vores kernetemperatur, så den ikke stiger ukontrolleret. En vis opvarmning af skeletmuskulaturen er gavnlig, men hvis vores indre temperatur stiger med mere end et par grader, vil det ikke blot hæmme idrætspræstationen, men også øge risikoen for varmekollaps, kramper mv. Når vi sveder, forsvinder der imidlertid også såvel væske som elektrolytter fra kroppens forskellige væskerum. Da sveden har en elektrolytsammensætning, som er forskellig fra blodets og kroppens øvrige væskekompartments (den væske, der findes i vores celler og mellem cellerne, dvs. i interstitiet), vil man få en forskydning af vand- og elektrolytbalancen reduceret totalt vandindhold og forhøjet osmolaritet (øget koncentration af salte/elektrolytter) (190). Disse forstyrrelser af kroppens homeostase vil alt andet lige betyde, at belastningen af kredsløbet øges, at risikoen for krampedannelser stiger, og at evnen til at temperaturregulere forringes.

Kredsløbsbelastningen er en direkte konsekvens af en reduceret plasmavolumen, som bevirker dårligere fyldningsbetingelser for hjertet og deraf følgende fald i den mængde blod, som pumpes ud i aorta ved hvert hjerteslag (reduceret slagvolumen) (191). Temperaturreguleringen forringes, idet man bliver dårligere til at distribuere blod ud til huden, hvilket nedsætter muligheden for at afgive varme til omgivelserne, og da man samtidigt får en nedsat svedproduktion, vil risikoen for at blive overop-
hedet stige betragteligt med deraf følgende fare for kollaps, varmeudmattelse samt andre mildere former for ubehag (192-195). Endelig vil forstyrrelser i saltbalancen betyde, at fordelingen af elektrolytter over skeletmuskulernes membraner forskydes, og dette vil i yderste konsekvens føre til krampedannelser og nedsætte musklernes evne til at producere kraft (196-198).

Konsekvenserne af dehydrering er øget risiko for varmekollaps, øget belastning af såvel kredsløb som muskler og hurtigere indsættelse af træthed. Men omvendt bør man heller ikke gå i den modsatte grøft og drikke mere, end man har behov for. Væskeindtagelsen skal afpasses, så den passer til ens behov. Driker man umådelige mængder rent vand under langvarige idrætskonkurrencer, vil man nemlig få "fortyndet" blodet og kroppens øvrige "væskerum" (intra- og ekstracellulære væskekompartments), så den ekstracellulære koncentration af natrium-ioner falder, og dette vil i lige så høj grad som dehydrering forstyrre ionbalancen (199;200).

I køligt og tempereret klima (20-25 grader) er det for idrætspræstationer af op til 1½-2 timers varighed fuldt tilstrækkeligt at drikke efter sin tørst, men hvis det er meget varmt, bør man som minimum forsøge at drikke så meget, at man matcher ca. ¾ af sit svedtab. Dette vil for de fleste betyde, at de skal drikke mere end svarende til deres tørstfølelse, og her kan det være en god rettesnor at måle sin væskeindtagelse samt veje sig før og efter træning for derved at kunne estimere sit samlede svedtab.

6.5.1 Retningslinjer for hvad og hvor meget man bør drikke under intens idrætsudøvelse

1) I normalt, tempereret klima (10-25 grader), som er den hyppigste temperatur, danske idrætsudøvere arbejder under, anbefales det, at man indtager væske, så det svarer til ca. halvdelen af ens svedtab. Det vil ved intens aktivitet sige mellem 400 og 800 ml/time for de flestes vedkommende. I varmere omgivelser skal man øge

væskeindtagelsen og i højere grad forsøge at tilpasse væskeindtagelse til svedtabet, men man bør dog ikke indtage mere end 1,2-1,5 liter/time, da det er den maksimale mængde, maven kan nå at optage. Indtager man mere, vil det blot ophobes i mave-tarm-systemet (187;201). Det er ikke nødvendigt at modsvare sit væsketab fuldt ud (100 %), da man fra musklernes metabolisme vil få frigjort en del vand. Når kulhydrater og fedt forbrændes, bliver det til kuldioxid og vand, og i vores skeletmuskler binder glykogenlagrene desuden en stor vandmængde, som bliver frigjort, når glykogenet nedbrydes – og denne væske vil være med til at opretholde væskebalancen.

- 2) Er arbejdsperioden af under 30-45 minutters varighed, er det faktisk ikke nødvendigt at drikke, hvis man træner i normalt dansk klima. For træning der varer fra 45 minutter og op til 1½ time, er rent vand fuldt ud tilstrækkeligt. Er idrætspræstationen af 1½-3 timers varighed, vil de fleste udøvere have gavn af at få tilført kulhydrater, f.eks. via en energidrik. Er det praktisk muligt, kan man dog med fordel spise lidt kulhydratrige fødevarer og drikke rent vand. Ved konkurrencer af tre timers varighed anbefales det, at en energidrik indeholder både kulhydrater og en saltmængde på ¼-½ g/l. Er arbejdet af forholdsvis kort varighed, vil kroppens egne lagre (endogene) af sukker (muskel- og leverglykogen) kunne levere den fornødne energi, og saltbalancen vil ikke blive nævneværdigt forskudt, selv om man indtager rent vand. Er arbejdet imidlertid meget langvarigt, er ekstra indtagelse af kulhydrat dog nødvendigt for at kunne opretholde blodsukkerkoncentrationen. Hvis man sveder meget og drikker væske uden salt, kan man komme i saltunderskud (hyponatraemia), hvilket i lige så høj grad som væskeunderskud kan føre til kramper og nedsat præstationsevne.
- 3) Som udgangspunkt bør energiholdige sportsdrikke have et samlet kulhydratindhold på 40-60 g/l, hvilket overstiges af mange færdigblandede sportsdrikke. En drik med fortrinsvis hurtige kulhydrater og en kombination med ca. 30 g sukrose (almindeligt roesukker; eller halvt fruktose og halvt glukose) og ca. 30 g maltodextriner (kortkædede glukosepolymerer) er tilsyneladende en optimal løsning. Man kan dog fint klare sig med "almindeligt" saftvand, der typisk kun indeholder almindeligt sukker og en anelse fruktose. Er det meget varmt, bør man blande sin drik lidt tyndere mht. kulhydrater og øge indholdet af salt (så Na⁺-koncentrationen bliver ca. 30 mM svarende til ca. 0,7 g natrium/l) for at tilgodese salt- og væskebehovet bedst muligt.

I kølige/kolde omgivelser, hvor man har behov for en mindre væskemængde, kan man øge kulhydratindholdet i drikken, så den indeholder op til ca. 100 g/l.

- 4) Vær opmærksom på, at der er store individuelle forskelle på, hvor meget vand og salt forskellige atleter mister via sveden. Tag derfor udgangspunkt i ovenstående retningslinjer, men eksperimentér derudfra med at blande sportsdrikken, så den passer til den enkelte idrætsudøvers specifikke behov og smag.

Ved langvarig fysisk aktivitet med lav intensitet (f.eks. golf, gåture, langsomme cykelture) er behovet for både væske og kulhydrater mindre end beskrevet ovenfor, og en energidrik er unødvendig. Det anbefales at slukke tørsten med vand og stille sulten med almindelige næringsrige fødevarer.

Selv om man indtager en passende mængde væske under arbejde (se punkt 1 ovenfor), er det også nødvendigt at tilgodese genoprettelse af vand- og saltbalancen i timerne efter et langvarigt arbejde. En god tommelfingerregel er, at man skal indtage omtrent 1½ gang den væskemængde, man er i underskud med (kan vurderes via vejning før og efter idrætsudøvelsen) (202), og at den indtagne væske har et moderat saltindhold, eller at man samtidig med væskeindtagelsen indtager mad, som indeholder salt (203-205). Grunden til, at man bør indtage en moderat mængde salt sammen med væsken, er, at man derved undgår et uforholdsmæssigt stort væsketab via nyrernes urinproduktion og således optimerer rehydreringsfasen. Man bør dog alligevel indtage ca. 1½ gang den tabte væske, da man selv med et samtidigt saltindtag vil udskille noget vand via nyrerne. De elektrolytter, man har brug for, er ganske almindeligt køkkensalt (NaCl; natriumklorid), idet det primært er Na⁺- og Cl⁻-ioner, som mistes via sveden. Sved indeholder ganske vist også mindre mængder af andre elektrolytter og mineraler, men hvis man spiser en varieret kost, evt. suppleret med en almindelig vitaminpille (som også indeholder mineraler), vil det meget beskedne tab af andre mineraler og elektrolytter ikke fordre særlige krav til kosten (163;204). Såvel for den moderat trænede som for eliteatleten skal der betydelige træningsvolumener til, før der opstår behov for ekstra salt, og det gælder kun, hvis der trænes i varme. Ved store mængder træning vil man for at bevare energibalancen skulle øge sit indtag af fødevarer. Dette vil alt andet lige medføre en højere saltindtagelse, der kan opveje det større tab via sved. Med et moderat aktivitetsniveau skal man derimod ikke overdrive sit indtag af salt. Utilstrækkelig saltindtagelse vil som oftest ikke give problemer i forbindelse med en enkeltstående konkurrence eller træningsdag.

6.6 Delkonklusion om kulhydratrige energidrikke

For *motionisten*, der f.eks. løber 5-10 km 3-5 gange om ugen, spiller 1-1½ times badminton eller håndbold, eller dyrker aerobics eller lignende 2-3 gange om ugen, er det fuldt tilstrækkeligt at følge de generelle anbefalinger for kostens sammensætning og energifordeling mht. protein, fedt og kulhydrat. Der er ikke behov for at indtage andet end vand under træning, og på kølige dage vil der endvidere ikke være et særligt stort behov for væskeindtagelse. En halv liter i timen vil som tommelfingerregel være tilstrækkeligt. Kun på meget varme dage, eller hvis man dyrker motion indendørs i lokaler med stillestående og fugtig luft, vil behovet for væske være større.

For *supermotionister*, der f.eks. dyrker motionscykling med træningspas af mere end to timers varighed og mere end ti timer ugentligt, eller som dyrker andre former for intens idræt i tilsvarende omfang, vil der kunne være behov for at indtage kulhydrat under træning. Her vil almindelige fødeemner (f.eks. bananer, lyst brød med honning, en müslibar eller lignende) kombineret med rent vand være fuldt ud lige så gavnlige som sportsdrikke eller andre energiholdige sportsprodukter (energibarer og sukkerholdige geleer). Fordelen ved at vælge almindelige fødeemner er, at de indeholder andre næringsstoffer og giver en øget mæthedsfølelse. Fordelen ved sportsdrikke eller energibarer er, at de er nemmere at have med, og at sportsdrikken, når den er blandet i det rigtige forhold (ca. 6 % som retningslinje), vil bidrage med den rette mængde kulhydrat i forhold til væskemængden.

Samlet set er det vigtigt, at man afbalancerer sin samlede kost og er opmærksom på, at man – hvis man under træning indtager sportsdrikke og derigennem får forholdsvis store mængder simple sukkerarter – bør justere sin øvrige kost i forhold til dette (så det samlede energibidrag fra sukker holdes under ca. 10 %). Idrætsudøveren, der udelukkende drikker vand under træningen, får derimod lidt større råderum mht. sukkerindhold i sin almindelige kost, og i alle de tilfælde, hvor træning sagtens kan gennemføres uden kulhydrattilskud, må dette anses for at være mest hensigtsmæssigt.

7. Kaffeintilskud

Koffein er et af verdens mest hyppigt indtagne stimulanter og naturligt forekommende i mere end 60 forskellige plantearter. Koffein findes ikke kun i kaffebønner, selv om det er det, de fleste identificerer koffein med, men indgår også i f.eks. te, chokolade, cola og mange andre energidrikke, som fremgår af tabel 7.1. Koffein findes også i guaranaplanten, som har et langt højere indhold af koffein end kaffebønner, og mange af de nye fødeemner og drikke, som kommer på markedet i dag, indeholder guaranaekstrakt, uden at koffein står på ingredienslisten.

Tabel 7.1

Koffeinindhold i forskellige drikkevarer

Produkt	Portionsstørrelse	Koffeinindhold
Kaffe	225 ml *	118-179 mg **
Nescafé	225 ml	106 mg
Starbucks kaffe	225 ml	250 mg
Almindelig te	225 ml	43 mg
Grøn te	225 ml	30 mg
Chokolademælk	225 ml	8 mg
Varm kakao	225 ml	5 mg
Coca-Cola	330 ml	46 mg
Pepsi	330 ml	38 mg
Faxe Kondi	500 ml	40 mg
Red Bull (energidrik)	250 ml	80 mg
Maxim Extreme Energy	500 ml	75 mg
Battery (energidrik)	250 ml	80 mg
Bawls Guarana	250 ml	38 mg
Cult (energidrik)	250 ml	38 mg

* 225 ml svarer til ét krus

** Dækker over forskellige fremstillinger af kaffe

På verdensplan blev der i 2001 i gennemsnit konsumeret 1,1 kg kaffe/person/år. I EU-landene og i Nordamerika er indtaget højst med henholdsvis 5,1 og 4,1 kg kaffe/

person/år. Af den danske kostundersøgelse (32) fremgår det, at 92 % af alle voksne havde drukket kaffe og te i kostregistreringsperioden, og at over halvdelen af alle voksne danskere drak mere end 600 ml kaffe/dag. Koffeinbidraget fra den gennemsnitlige kaffeindtagelse var på 275-550 mg/dag. Den anbefalede maksimumgrænse for daglig koffeinindtagelse er 400 mg for voksne (11).

7.1 Koffeintilskud og præstationsevne

I 1978 viste Costill og medarbejdere (206) en forbedring af den udholdenheden på 20 % i forhold til placebo ved en moderat indtagelse af koffein hos trænedede cykelryttere, der gennemførte et cykelarbejde til udmattelse med en arbejdsbelastning svarende til 80 % af den maksimale iltoptagelse. Gennem 1990'erne fremkom en lang række studier, som bekræftede disse fund. Fokus var primært på effekten på udholdenhed ved længerevarende arbejde, og sammenfattende fandt man, at indtagelsen af koffein forbedrede både veltrænede (eliteidrætsudøvere) motionisters præstationsevne inden for aerobe aktiviteter ved arbejdsbelastninger svarende til 75-90 % af den maksimale ydeevne.

Når effekten af koffein på den fysiske præstationsevne er blevet vurderet, er der blevet anvendt forskellige målemetoder. I visse tilfælde er fysisk præstationsevne blevet målt som tid til udmattelse ved en given belastning og arbejdsintensitet. Herved fås et mål for udholdenhed. I andre tilfælde er det ydeevnen, man har målt over en fastsat tid. Der er f.eks. målt på, hvor mange watt/tidsenhed, der præsteredes.

Førstnævnte metode er hyppigst anvendt i litteraturen. Den giver således et mål for, hvor længe man kan udføre det givne arbejde. Det er ofte ikke relevant i en konkurrencesituation, hvor det gælder om at være hurtigst og stærkest. Men data kan anvendes til at angive, hvorvidt man ved koffeinindtagelse er i stand til at arbejde i længere tid ved samme eller højere ydeevne. Dette har således især betydning i træningssammenhænge, og at dømme ud fra litteraturen har koffeinindtagelse en ergogen effekt. Det er dog værd at bemærke, at det kun er den akutte effekt af koffeinindtagelse, f.eks. før eller under et enkeltstående arbejde, der er undersøgt. Der er ikke udført træningsstudier, hvor koffein indtages i forbindelse med de enkelte træningspas. Det er derfor uvist, om koffeins effekt opretholdes ved gentagen indtagelse gennem et træningsforløb.

I nyere litteratur har man gjort mere og mere brug af forsøgsdesign, som bedre simulerede en konkurrencesituation f.eks. gennemførelsen af et længerevarende arbejde (ofte to timer eller mere) med en submaksimal arbejdsbelastning, efterfulgt af en tidskørsel (time trial). De fleste studier, hvor effekten af koffeinindtagelse er undersøgt ved at måle tid til udmattelse, er foretaget ved arbejdsbelastninger, der forventes at resultere i udmattelse i løbet af 30-60 minutter. Der er klar evidens for, at koffeinindtagelse har en positiv effekt på præstationsevnen i disse situationer.

Der er endvidere evidens for, at man kan træne i længere tid og/eller træne med et større udbytte. Denne effekt er registreret allerede ved arbejdsperioder varende fra 60 sekunder til 2 timer.

Der er også nyere studier, der indikerer, at koffein har en positiv effekt på muskelaktivering, og at koffeins effekt udøves direkte på musklen uafhængigt af stofskiftet.

7.2 Koffeinindtagelse og biologiske mekanismer

Koffein er en trimethylxanthin, som metaboliseres i leveren til paraxanthin, theobromin og theophyllin. Efter indtagelse optages koffein hurtigt i blodbanen. Koffein binder sig til adenosinreceptorer, som findes i organismens forskellige væv, hvorfor koffein udøver sin effekt på de fleste celler i organismen. Koffein kan endvidere krydse blodhjernebarieren og derved have en effekt på centralnervesystemet (CNS).

Koffein stimulerer adrenalinfrigørelsen, hvorved adrenalinkoncentrationen i plasma stiger. Øget adrenalinkoncentration i plasma stimulerer frigørelsen af fedtsyrer fra fedtvævet. Herved stiger plasmakoncentrationen af fedtsyrer, hvilket vil kunne øge forbruget af fedt som energikilde i muskelvævet og derved spare på glykogen, som kun findes i muskelvævet i begrænset omfang. En besparelse i glykogenforbruget under arbejdet vil kunne betyde, at der vil være glykogen til stede sent i arbejdsforløbet, som kan medvirke til f.eks. en øget udholdenhed. Denne teori om glykogenbesparelse har gennem lang tid været forklaringen på koffeins præstationsfremmende effekt. Men nyere studier synes ikke at kunne understøtte teorien. Det er f.eks. påvist, at indtagelsen af 3 mg koffein/kg kropsvægt forbedrede præstationsevnen (målt som tid til udmattelse på cykel) i forhold til kontrolsituationen, uden at man registrerede en stigning i fedtsyrekoncentrationen i plasma (207). I andre studier af kortere varighed

er der opnået præstationsforbedringer ved indtagelse af koffein, men glykogenforbruget var det samme som i kontrolforsøget. Samlet set tyder nyere studier således på, at koffeins virkning ikke skyldes metaboliske forandringer i de perifere væv.

Selv om man har identificeret forskellige virkningsmekanismer for koffein, er den vigtigste hæmningen af adenosinreceptorerne, når det drejer sig om koncentrationer af koffein i blodet, som kan opnås ved koffeinindtagelse. Koffein er i sin struktur meget lig adenosin og kan binde sig til cellemembraners adenosinreceptorer og derved blokere receptorernes virkning. Der findes adenosinreceptorer i de fleste væv, herunder i hjernen, hjertet, glatmuskulatur, fedtceller og skeletmuskler. På grund af de allestedsværende adenosinreceptorer samt de mange forskellige typer af adenosinreceptorer kan koffeins påvirkning ske mange forskellige steder i organismen samtidigt, hvilket resulterer i en lang række ofte interagerende påvirkninger. Nyere studier peger på, at koffeins ergogene effekt primært sker gennem stimulering af CNS. Normalt vil adenosin have en hæmmende effekt på hjernens aktivitet (spontane aktiviteter, "arousal") (208;209). Da koffein er en adenosin antagonist, ophæves adenosins hæmmende effekt, når koffein binder sig til hjernens adenosinreceptorer, og derved formodes stimuleringen at optræde. Blokering af adenosinreceptorerne menes i dag at ligge til grund for de fleste ergogene effekter af koffein under normale fysiologiske omstændigheder. Dette er dog svært at påvise hos mennesker, da det kan være vanskeligt at adskille perifere og centrale effekter. Forsøg, hvor man har sprøjtet koffein direkte ind i hjernen på rotter 30 minutter før løb til udmattelse på løbebånd, påviste en 60 % længere løbetid før udmattelse sammenlignet med kontrolforsøg (210). I dette studie gjorde man også den interessante iagttagelse, at hvis man sprøjtede et adenosinreceptor-stimulerende stof (en adenosinreceptor-agonist) ind i rotternes hjerne, blev deres udholdenhed voldsomt reduceret. Ud fra denne og andre nyere studier er der således en øget indirekte og direkte evidens for, at den væsentligste ergogene effekt af koffeinindtagelse er at finde i CNS (210).

7.2.1 Kaffe vs. koffein

I de fleste studier er koffein indtaget oralt enten som kapsler eller opløst i vand. Hvorvidt koffein indtaget som kaffe udløser samme effekt som indtagelse af koffein er uklart, idet der foreligger forskellige resultater (206;211-213). Man har således undersøgt indtagelsen af koffeinfri kaffe, almindelig kaffe, cola med og uden koffein og koffeinfri kaffe med koffein. Hos veltrænede løbere, som løb til udmattelse med en hastighed svarende til deres bedste tid på 10 km, fandt man, at løberne efter indtagelse

af ren koffein kunne løberne løbe 41 minutter imod 32 minutter i placeboforsøget, mens indtagelse af ren kaffe ikke havde nogen effekt (214). Den øgede udholdenhed ved indtagelse af koffein kunne ikke forklares ud fra forskelle i absorptionshastighed i de forskellige forsøg, da plasmakoncentrationen af koffein var identisk ved indtagelsen af koffein og kaffe. I dette studie tyder det ikke på, at kaffe har samme effekt som koffein. Omvendt har man i andre studier fundet, at indtagelsen af ren kaffe også har en ergogen effekt (206;212;213), så der kan ikke siges noget endeligt om, hvorvidt kaffe eller koffein er mest effektivt i relation til præstationsevne. Dertil skal det nævnes, at kaffe indeholder omkring 200 forskellige stoffer, så det er selvfølgelig noget helt andet end at indtage ren koffein, da man ikke ved, hvilken effekt eller mangel på samme de mange forskellige stoffer i kaffen kan have.

7.2.2 Dosis og tidspunkt for indtagelse

Spørgsmålet er, hvor store mængder af koffein, der skal indtages for at opnå en forbedrende effekt på den fysiske præstationsevne. Der foreligger kun få velkontrollerede forsøg, hvor dosis-respons er undersøgt. Disse studier tyder på, at den præstationsfremmende effekt opnås allerede ved indtagelsen af 2-3 mg/kg kropsvægt (svarende til 1-2 store krus kaffe). Indtagelse af henholdsvis 6 og 9 mg koffein/kg kropsvægt har ikke resulteret i en større effekt end indtagelsen af 3 mg/kg kropsvægt (207).

Efter indtagelsen absorberes koffein hurtigt. Ved indtagelse af 3-5 mg koffein/kg kropsvægt vil plasmakoncentrationen af koffein hurtigt stige, og når sit maksimale niveau inden for en time.

Plasmakoncentrationen af koffein efter indtagelsen er kun målt i få studier, hvorfor der ikke er en klar evidens for, hvornår koffeinen skal indtages inden arbejdets start, men da den maksimale koncentration opnås en time efter indtagelse, indtages koffein i de fleste studier en time før arbejdets start. Nedbrydningen af koffein er langsom (halveringstiden for koffein i blodet er 4-6 timer), hvilket betyder, at høje koncentrationer opretholdes i 3-4 timer.

Da plasmakoncentrationer holder sig på nogenlunde konstante niveauer i flere timer, synes der ikke at være grund til, at koffein indtages ad flere omgange inden arbejdets start fremfor på én omgang. Indtagelsen af koffein under arbejde er kun undersøgt i få studier. Det er påvist, at absorptionen af koffein ikke nedsættes under arbejde.

Men i og med at høje koffeinkoncentrationer opretholdes over længere tid (3-4 timer) efter indtagelsen, synes det ikke nødvendigt med indtagelse under arbejde, medmindre arbejdet er af længere varighed end 3-4 timer.

7.2.3 Koffein i kombination med andet

Spørgsmålet er, hvorvidt effekten af koffein ændres, hvis det indtages i kombination med andet. Under længerevarende arbejdsituationer indtages ofte kulhydratdrikke med eller uden tilsætning af elektrolytter, og i mange kommercielle sportsdrikke kombineres koffein med kulhydrater med/uden elektrolytter (se Tabel 7.1). Ud fra litteraturen tyder det dog på, at indtagelsen af en sådan kombination hos trænede personer ikke har nogen negativ effekt på udholdenhed/præstationsevne ved længerevarende arbejdsituationer (215;216), og at koffein tilsat til en 7 % kulhydratdrik med elektrolytter indtaget under arbejdsforløbet havde en positiv effekt på præstationsevnen i en tidskørsel (*time trial*) (215). Derimod fandt Vanderberghe et al (217), at indtagelsen af både kreatin og koffein ved intenst, gentaget arbejde bevirkede, at den positive effekt af kreatin blev reduceret.

7.3 Bivirkninger og helbred ved koffeinindtagelse

Ved indtagelse af 3-5 mg koffein/kg kropsvægt er der ingen eller kun milde bivirkninger. Ved større doser forekommer mange bivirkninger som f.eks. nervøsitet og ængstelser, rysten på hænder, søvnløshed, irritabilitet og diarre. Den danske kostundersøgelse fra 2000 viste, at 25-50 % af den voksne befolkning indtog mere koffein end den maksimale anbefalede daglige mængde, som er 400 mg for voksne. En langvarig indtagelse af denne størrelsesorden kan være forbundet med sundhedsmæssige problemer som hjerte-kar-sygdomme og knogleskørhed (32).

Der er evidens for, at koffeinindtagelse ikke forårsager dehydrering eller mave-tarmproblemer, hvis det indtages kort tid før arbejdets start. Dette kan muligvis bevirke en langsommere rehydrering i restitutionfasen sammenlignet med indtagelsen af en kulhydrat-elektrolyt-drik, men ikke i forhold til andre drikke.

Kombinationen af koffein og efedrin findes i flere produkter, der har til formål at dæmpe appetitten og anvendes i forbindelse med vægttab. Therma Power er et eksempel på et sådant produkt, der typisk købes via internettet, og som har en høj koncentration af koffein og efedrin (findes også i en variant, der indeholder synefrin).

Therma Power og lignende produkter er ulovlige i Danmark, og både Lægemiddelstyrelsen og Fødevarestyrelsen advarer mod dem. I Danmark har der været tilfælde af blodpropper i hjertet efter indtagelse af stoffet Therma Power, heraf mindst én med dødelig udgang (218).

7.4 Delkonklusion om koffeintilskud

Koffeinindtagelse har et ergogent potentiale hos de fleste, når det indtages i lave til moderate doser (3-5 mg/kg kropsvægt), og det er ikke forbundet med nævneværdig sundhedsrisiko i disse mængder. Ved indtagelse af 3-5 mg koffein/kg kropsvægt er der ingen eller kun milde bivirkninger.

Der er evidens for, at koffein har en positiv effekt på udholdenheds- og præstations- evnen inden for aerobe aktiviteter ved arbejdsbelastninger svarende til mellem 75 % og 90 % af maksimal ydeevne. Også ved mere intenst arbejde af en varighed på 4-8 minutters varighed samt ved korte repetitioner synes koffein at have en positiv effekt på præstationsevnen. Nyere studier tyder endvidere på, at hovedparten af koffeins virkning sker gennem stimulering af CNS uafhængigt af påvirkning af stofskiftet.

Koffein skal sædvanligvis indtages ca. en time før arbejdets start og kan tages undervejs. Koffein kan også indtages sammen med energi- og sportsdrikke, der indeholder kulhydrater og elektrolytter.

Det er dog værd at bemærke, at effekten af koffein kun er undersøgt ved indtagelse af koffein i forbindelse med et enkeltstående arbejde. Det vides ikke, hvorvidt denne effekt opretholdes ved gentagen indtagelse gennem et længere træningsforløb. Ligeledes er der ingen evidens for, at jævnlig indtagelse af koffein i forbindelse med træning kan påvirke træningsudbyttet. Det er også bemærkelsesværdigt, at alle studier af koffeins effekt er gennemført i laboratorier. Hvorvidt koffein har den samme effekt i egentlige konkurrencesituationer, er ikke fuldt afklaret.

8. Vitamin- og mineralpræparater

Vitamin- og mineralpræparater adskiller sig fra øvrige kosttilskud ved at indeholde essentielle mikronæringsstoffer. Generelt får danskerne tilstrækkeligt med næringsstoffer gennem kosten, dog med undtagelse af D-vitamin og, for nogle yngre kvinders vedkommende, jern.

Fysisk aktivitet kan øge behovet for visse næringsstoffer. Da energibehovet ligeledes øges med øget fysisk aktivitet, vil det øgede behov for næringsstoffer normalt blive dækket via kosten, hvis personen er i energibalance.

Tilskud af vitaminer og mineraler kan teoretisk tænkes at påvirke præstationsevnen direkte eller indirekte ved at nedsætte restitutionstiden og frekvensen og varigheden af eller længden af infektioner eller ved at nedsætte risikoen for en skade.

Dette afsnit gennemgår de mikronæringsstoffer, i forbindelse med hvilke et kosttilskuds direkte eller indirekte effekt på præstationsevnen og/eller helbredet har været diskuteret i litteraturen.

8.1 B-vitaminer

8.1.1 Thiamin

Thiamin er essentielt i forbindelse med udnyttelsen af kulhydrat. I stofskiftet indgår thiamin som coenzym (thiaminpyrophosphat, TPP) i den oxidative decarboxylering af ketosyrer til aldehyder samt i udnyttelsen af pentoser. Ligeledes er TPP involveret i nedbrydningen af forgrenede aminosyrer. Det anbefalede daglige indtag af thiamin er 1,1 mg for voksne kvinder og 1,4 mg for voksne mænd (30). Hård fysisk aktivitet øger sandsynligvis behovet for thiamin pga. øget TPP-afhængig aktivitet af citronsyrecyklus og øget katabolisme af forgrenede aminosyrer. Moderat fysisk aktivitet ser dog ikke ud til signifikant at øge behovet for thiamin (219).

Der er meget få humane studier af thiamins effekt på fysisk præstationsevne. I et studie, hvor mænd deltog i langvarig fysisk aktivitet (50 % af $VO_{2\max}$, 3,8 timer på løbebånd), fandt man en 14 % nedsat proteinsyntese og en 54 % øget protein katabolisme ved thiaminstilskud inden aktivitet (220).

8.1.2 Riboflavin

Riboflavin omdannes i kroppen til forbindelser, der sammen med proteiner danner flavoproteiner. Flavoproteiner fungerer i alle væv som dehydrogenaser, dvs. enzymer, der katalyserer overførsel af brint fra et substrat til et andet i en lang række reaktioner, bl.a. biosyntese og katabolisme af kulhydrater, fedtsyrer og aminosyrer. Det anbefalede daglige indtag af riboflavin er 1,3 mg for voksne kvinder og 1,7 mg for voksne mænd (30).

Riboflavinstatus ser ikke ud til at være signifikant ændret hos sportsudøvere sammenlignet med kontroller (221).

Et dagligt tilskud af 60 mg riboflavin til elitesvømmere (både mænd og kvinder) ændrede ikke svømmernes præstation i en 50 m svømmetest (222). Ligeledes er der ikke registreret en effekt af riboflavintilskud på præstationen i cykeltest (223). I overensstemmelse med dette blev der ikke påvist nogen sammenhæng mellem den aerobe kapacitet og riboflavinstatus efter fem ugers træning blandt ellers utrænede kvinder (224).

8.1.3 Niacin

Niacin er betegnelsen for to beslægtede stoffer, nikotinsyre og nikotinamid, som i kroppen indgår i nikotinamid adenin dinukleotid (NAD) og nikotinamid adenin dinukleotidfosfat (NADP). Disse to stoffer indgår, som coenzymer, i omsætningen af glukose, aminosyrer og fedt. Det anbefalede daglige indtag af niacin er 15 N.E. (niacinækvivalent) for voksne kvinder og 19 N.E. for voksne mænd (30).

Tilførsel af niacin i farmakologiske mængder kort inden fysisk aktivitet nedsætter tilgængeligheden af FFA og øger derved forbruget af glykogen (225;226). I studiet af Pernow og Saltin (225) benyttedes cykling med et ben ad gangen på dag 1. På dag 2 blev der givet 1,2 g niacin inden cykling med ben to. Tiden til udmattelse på dag 2 var kortere med ben to end med ben et. Når niacin blev givet i kombination med begrænset kulhydrattilgængelighed, blev præstationsevnen altså nedsat. Ved niacinadministration uden begrænset kulhydrattilgængelighed er der generelt ikke registreret nedsat udholdenhed (226). De nævnte studier er korttidsstudier med en enkelt stor dosis niacin lige inden fysisk aktivitet. Effekten af et dagligt niacintilskud på fysisk præstationsevne er ikke undersøgt.

8.1.4 B₆-vitamin

Stoffer under samlebetegnelsen B₆-vitamin fungerer som coenzym, der deltager i omsætningen af aminosyrer og glykogen. Derudover er B₆-vitamin nødvendigt for dannelsen og metaboliseringen af mange neurotransmittere og for dannelsen og vedligeholdelsen af immunforsvaret. Det anbefalede daglige indtag af B₆-vitamin er 1,2 mg for voksne kvinder og 1,6 mg for voksne mænd (30)

Tilskud af B₆-vitamin har ikke vist nogen positiv effekt på fysisk præstationsevne hos mennesker (227-229). Man har dog hos drenge med subklinisk B₆-vitamin-mangel fundet signifikant øget maksimal iltoptagelse efter tilskud med 2 mg B₆-vitamin dagligt i to måneder (230). Der blev endvidere fundet en ikke-signifikant stigning i placebogruppen. Det blev ikke oplyst, om stigningen i tilskudsgruppen var signifikant større end i placebogruppen.

8.1.5 Folat og B₁₂-vitamin

Folat og B₁₂-vitamin spiller en vigtig rolle ved dannelsen af røde blodlegemer. Der er ingen indikationer for øget behov for folat og B₁₂-vitamin ved fysisk aktivitet eller for, at tilskud af disse næringsstoffer kan påvirke fysisk præstationsevne.

8.1.6 Pantotensyre

Pantotensyre indgår i coenzym A – et stof, som findes i alle kroppens celler og er nødvendigt i en lang række reaktioner.

I et dobbeltblindet studie udført med mandlige langdistanceløbere fandt man ingen forskel i tid til udmattelse hos løbere, der fik 1 g pantotensyre dagligt i to uger sammenlignet med kontroller (231).

8.1.7 Delkonklusion om B-vitaminer

Tilskud af B-vitaminer til motionister med tilstrækkelig indtagelse af B-vitaminer fra kosten har ingen effekt på præstationsevnen. Indtagelse af B-vitaminer i større mængder er generelt ikke forbundet med væsentlige helbredsmæssige konsekvenser. Ved store indtag af B₆-vitamin er der dog registreret en række neurologiske udfald. Ligeledes er der blevet rapporteret om leverskader og nedsat glukosetolerance ved indtag af over ca. 500 mg niacin. Endelig kan større mængder niacin blokere frigivelsen af frie fedtsyrer fra fedtvæv, hvilket kan reducere præstationsevnen ved langvarig udholdenhedsstræning, når tilgængeligheden af kulhydrat er lav.

8.2 C-vitamin

Den biokemiske funktion af C-vitamin kendes ikke i detaljer, men C-vitamin indgår i mange redox-reaktioner og fungerer som antioxidant. Derudover medvirker C-vitamin til biosyntese af collagen og katekolaminer. Det anbefalede daglige indtag af C-vitamin er på 75 mg for både kvinder og mænd (30).

En del ældre studier (fra før ca. 1970) har undersøgt effekten af C-vitamin tilskud på udholdenhed eller andre mål for fysisk præstationsevne, og omkring halvdelen af disse har påvist en positiv effekt (232).

De lidt nyere studier har ikke påvist nogen effekt af C-vitamin på fysisk præstationsevne. Således fandt Bender et al (233) ingen forskel i sprinttid, langdistancetid eller arbejds effekt, målt ved en Harvard steptest, hos en gruppe forsøgspersoner, der fik 250 til 1000 mg C-vitamin dagligt, enten som tablet eller i form af juice i forhold til placebo. Der blev ikke påvist en forskel mellem placebo og tilskud med C-vitamin på VO₂max og anaerob præstationsevne i et studie, hvor tilskudsgruppen fik 1000 mg C-vitamin dagligt i 21 dage. Keith & Driskell (234) påviste ingen forskel i forceret ekspirationsvolumen, vitalkapacitet og på arbejdsbelastning – målt ved en løbebåndstest, hvilepuls eller blodlaktat efter arbejde i et dobbeltblindet crossover-studie, hvor en gruppe mænd fik enten 300 mg C-vitamin eller placebo i 21 dage. Ligeledes fandt Driskell & Herbert (235) ingen forskel i præstation i en løbebåndstest hos mænd, der fik 1000 mg C-vitamin dagligt i seks uger i forhold til en placebogruppe. I et nyere, mindre, dobbeltblindet studie, hvor otte mænd blev trænet i otte uger, fandtes ingen effekt af 1000 mg C-vitamin dagligt på maksimal iltoptagelse (236). I et sideløbende forsøg med rotter fandtes en negativ effekt af C-vitamin-tilskud på udholdenhedsevne.

Tilskud af C-vitamin kan muligvis forbedre akklimatisering ved fysisk aktivitet i et varmt klima, da flere studier har påvist lavere rektal temperatur efter tilskud af C-vitamin end efter placebo ved arbejde i varmt klima (237). C-vitamins virkning på hyppigheden og varigheden af forkølelse har været meget diskuteret. Det nyeste Cochrane-review finder, at C-vitamin-profylakse nedsætter varigheden af forkølelse med 8 % hos voksne, hvorimod der ikke blev registreret signifikant forebyggende effekt (238). Derimod blev der registreret nedsat forekomst hos en undergruppe af maratonløbere og andre udøvere af hård fysisk aktivitet. Starter man med at tage C-vitamin efter de første symptomer på forkølelse, har det vist sig, at vitaminet ingen effekt har på varigheden eller forkølelsens sværhedsgrad.

8.2.1 Delkonklusion om C-vitamin

Tilskud af C-vitamin har ingen effekt på fysisk præstationsevne, men kan have en effekt på forekomsten af forkølelse hos udøvere af hård fysisk aktivitet. Regelmæssig brug kan have en begrænset effekt på varigheden af forkølelse.

Store indtag af C-vitamin kan reducere absorptionen af kobber og forringe kroppens zinkstatus. Desuden menes indtagelse af store mængder C-vitamin at være en risikofaktor i forhold til udvikling af nyresten hos personer, der er disponeret for at danne dem. Derudover er der ikke observeret bivirkninger ved et stort indtag.

8.3 Fedtopløselige vitaminer (A-, D- og E-vitamin)

8.3.1 A-vitamin

A-vitamin er fællesbetegnelse for en række stoffer med retinolaktivitet, dels karotenoider, herunder β -caroten, dels retinoider. A-vitamin er nødvendigt for vækst og normal udvikling, og det har betydning for hud og slimhinder og indgår som en vigtig komponent i synsprocessen. Det anbefalede daglige indtag af A-vitamin er 700 R.E. (retinolækvivalent) for voksne kvinder og 900 R.E. for voksne mænd (30).

Der har ikke været udført studier angående af A-vitamins effekt på fysisk præstationsevne, og der er heller ikke teoretisk belæg for en sådan effekt. I et enkelt ældre studie fandt man ingen negativ effekt på evnen til at udføre hårdt muskelarbejde af at leve af en kost uden A-vitamin i seks måneder (328). β -karotens effekt på oxidativ stress i forbindelse med fysisk aktivitet er undersøgt i kombination med andre antioxidanter (se afsnittet om antioxidanter, kap.9).

Store indtag af A-vitamin kan forårsage ildebefindende, hovedpine, mundtørhed og leverskader. Endvidere har to epidemiologiske studier vist, at rygere har øget risiko for lungekræft ved indtagelse af β -caroten som tilskud. Endelig har en metaanalyse påvist en sammenhæng mellem β -caroten og A-vitamin, taget som tilskud enkeltvis eller i kombination, og øget dødelighed (239).

8.3.2 D-vitamin

D-vitamin spiller en central rolle i reguleringen af indholdet af kalcium og fosfat i blodet, og vitaminet er dermed nødvendigt for normal mineralisering af skelettet. Endvidere er en tilstrækkelig koncentration af kalcium og fosfat nødvendig for at sikre optimale forhold for funktionen af nerver og muskler. Det anbefalede daglige

indtag af D-vitamin er 7,5 µg/dag for både kvinder og mænd op til 60 år. Personer over 60 år anbefales at indtage 10 µg/dag (30). Store mængder af D-vitamin kan medføre hyperkalcæmi

Især D-vitamins relation til muskelfunktion er af potentiel interesse for idrætsudøvere. Der er dog meget få studier af D-vitamin-tilskuds effekt på fysisk arbejdskapacitet og lignende hos idrætsudøvere, og disse ældre studier har ikke påvist nogen effekt (226). Der er udført en række tværsnitstudier blandt ældre, hvor der typisk er registreret en omvendt association mellem D-vitamin-status og fysisk formåen (240-242). Flertallet af de randomiserede interventionsstudier med D-vitamin-tilskud, som også er udført blandt raske ældre, har ikke påvist en effekt på faldhyppighed eller fysisk funktionsevne, men flere af studierne er små og har forskellige metodologiske problemer, så det er ikke muligt at konkludere noget endeligt (243). En effekt af D-vitamin-tilskud i kombination med calcium på fysisk formåen er mulig (243).

Sammenhængen mellem D-vitamin-status og fysisk præstationsevne er interessant at undersøge, især fordi mange danskere har en lav D-vitaminstatus eller decideret D-vitamin-mangel. Da vi får størstedelen af vores D-vitamin fra solen, kan man forestille sig, at idrætsudøvere af indendørsidrætsgrene har særlig risiko for mangel og dermed teoretisk vil have gavn af et tilskud. I en ny dansk undersøgelse blev D-vitamin-status målt hos 29 elitesvømmere i marts og april måned. Der fandtes en sufficient status hos pigerne, mens drengene havde en lav status, men ikke decideret mangel (244). Hos pigerne fandtes ingen sammenhæng mellem D-vitamin-status og håndgrebsstyrke, mens der hos drengene var en tendens til øget styrke med øget D-vitamin-status.

8.3.3 E-vitamin

E-vitamin fungerer som antioxidant i cellemembranerne, hvor det beskytter de flerumættede fedtsyrer mod oxidation. E-vitamin tilskrives også andre antioxidative egenskaber. Det anbefalede daglige indtag af E-vitamin er 8 mg for voksne kvinder og 10 mg for voksne mænd (30).

Flere studier har undersøgt E-vitamins effekt på dannelsen af frie radikaler og oxidative skader under fysisk arbejde. Der blev i disse studier registreret en nedsat koncentration af malondialdehyd, lipid peroxider og markører for lipid peroxidation efter hård fysisk aktivitet hos unge og ældre mænd, suppleret med 300-800 mg

α -tocopherol i forhold til ikke-supplementerede (245). Betydningen af disse fund er dog uvis. Et nyere studie har undersøgt effekten af 1000 mg α -tocopherol givet tre timer før en 2000 m rotest til trænedede roere på en række parametre for prooxidant-antioxidant effekt (246). Prooxidant/antioxidant ratio var signifikant lavere hos E-vitamin-gruppen end hos placebo-gruppen lige efter testen, men efter 30 minutter var der ingen forskel.

Effekten af E-vitamin-tilskud på fysisk præstationsevne har været undersøgt i relativt få studier. Der er ikke registreret en effekt på styrke, arbejdskapacitet og udholdenhed hos unge mandlige svømmere, der fik 400 mg α -tocopherol dagligt i seks uger eller 1200 IU E-vitamin i 85 dage (247;248). Ligeledes var der ingen effekt på mandlige konkurrencesvømmers udholdenhed efter tilskud på 900 IU E-vitamin dagligt i seks måneder (249) eller på testresultatet i en 400 m svømmetest hos trænedede mandlige og kvindelige svømmere efter seks ugers tilskud med 400 mg α -tocopherol dagligt (250). Endelig blev der ikke registreret en effekt af 1.200 IU E-vitamin dagligt gennem 50 dage på VO_{2max} hos ishockeyspillere (251). Et andet studie viste ligeledes ingen effekt af tilskud af E-vitamin (330 mg/dag) på blodlaktat og puls under en cykelergometertest (252).

Indtag af 300 mg E-vitamin dagligt i tre uger resulteret i en signifikant hæmmende effekt på dele af immunforsvaret. Andre risici ved store indtag er øget blødnings-tendens og risiko for at forværre flere typer af lægemidlers bivirkninger. Endelig er der registreret signifikant højere dødelighed ved indtagelse af E-vitamin som tilskud, enten alene eller i kombination med andre antioxidanter (239).

8.3.4 Delkonklusion om fedtopløselige vitaminer

Der foreligger på nuværende tidspunkt ingen dokumentation for, at et tilskud med hverken A-, D- eller E-vitamin har særlig betydning for præstationsevnen hos fysisk aktive. Store doser af fedtopløselige vitaminer (A og E) frarådes pga. den registrerede stigning i dødelighed.

8.4 Multivitamin-tabletter eller andre kombinationer af næringsstoffer

Nedsat indtagelse af B-vitaminer (thiamin, riboflavin og B₆-vitamin) og C-vitamin til 33 % af det anbefalede daglige indtag i otte uger hos 23 forsøgspersoner reducerede den aerobe kapacitet signifikant (253). Samme forskningsgruppe (254) har med 24 mandlige forsøgspersoner udført et studie, hvor de undersøgte effekten af lav indta-

gelse (ca. 50 % af det anbefalede) af de tre B-vitaminer hver for sig samt i kombination. De registrerede ingen effekt på nogle af de målte faktorer for præstationsevne (aerob power, blodlaktat og iltforbrug under arbejde).

Bonkeog Nickel (255) registrerede i et dobbeltblindet placebokontrolleret studie, at store doser thiamin, B₆-vitamin og B₁₂-vitamin (henholdsvis 300 mg, 600 mg og 600 µg dagligt) i otte uger forbedrede præcisionen i skydning. Effekten kan tænkes at skyldes en forbedring af kontrollen af finmotorikken. Der er ikke udført andre studier, som kan af- eller bekræfte dette fund.

Flere studier har undersøgt, om fysisk aktive har en positiv effekt af at tage et multivitaminpræparat. Weight et al. (256) undersøgte effekten af et multivitamin-mineraltilskud gennem tre måneder hos 30 veltrænede mandlige idrætsudøvere i et placebokontrolleret crossover-design. Der blev ikke fundet nogen effekt af tilskuddet på nogle af de målte parametre (VO_{2max}, maksimal løbehastighed og blodlaktat) under en løbebåndstest. Ligeledes blev tiden ved en 15 km løbetest ikke påvirket. Et andet studie undersøgte effekten af et multivitamin-mineraltilskud sammenlignet med effekten af placebo hos 82 atleter fra fire forskellige idrætsgrene (228). Atleternes normale indtagelse via kosten fulgte anbefalingerne mht. mikronæringsstofindtag. Der blev ikke registreret en forskel mellem placebo og tilskud i nogen af de udførte aerobe og anaerobe tests. Testene var forskellige, alt efter hvilken idrætsgren den enkelte atlet dyrkede. Den eneste effekt af tilskuddet var en øget kropsvægt og øget hudfoldssum samt en bedre springevne hos kvindelige basketballspillere.

8.5 Selen

Selen indgår i enzymet glutathionperoxidase (GSHPx) og deltager i aktiveringen af enzymet thyroxin. GSHPx er det enzym, som omdanner hydrogenperoxid til vand, og selen kan derfor spille en rolle i forbindelse med fysisk aktivitet ved at nedsætte risikoen for oxidative skader. Det anbefalede daglige indtag af selen er 40 µg voksne kvinder og 50 µg for voksne mænd (30).

Der har kun været udført få studier af selens effekt i forbindelse med fysisk aktivitet. I et studie blev effekten af et tilskud på 180 µg selen dagligt eller placebo undersøgt hos utrænede forsøgspersoner, der udholdenhedstrænede i forsøgsperioden. Der var ingen forskel i total glutathion eller glutathion disulfid under en aerob fysisk aktivitetstest, men muskel-GSHPx-aktivitet i hvile øgedes i tilskudsgruppen (257). I samme

studie blev der ikke registreret en effekt af selen tilskud på VO_{2max} og maksimal aerob kapacitet. Et andet studie med samme design fandt, at selen tilskud ikke havde en effekt på muskel-GSHPx-aktivitet under hvile eller på VO_{2max} (258). I et andet studie registrerede man en øgning i muskel-GSHPx-aktivitet i respons til akut fysisk aktivitet efter tilskud med 240 µg organisk selen i ti uger (259).

8.5.1 Delkonklusion om selen

Sammenfattende er det uafklaret om, og i hvilket omfang, selen tilskud kan øge det antioxidative forsvar, men der er intet som tyder på en direkte præstationsfremmende effekt af selen tilskud.

8.6 Magnesium

Omkring halvdelen af kroppens magnesium findes i skelettet i form af komplekse salte med fosfat og hydroxid. Magnesium er desuden vigtigt for energikrævende membrantransport, for opretholdelse af det elektriske potentiale i nerver- og cellemembraner og for overførsel af neuromuskulære impulser. Det anbefalede daglige indtag af magnesium er 280 mg for voksne kvinder og 350 mg for voksne mænd (30).

Det har været diskuteret, om magnesiumstatus er relateret til aerob kapacitet (260). I to studier er der således registreret en korrelation mellem maksimal iltoptagelse og plasmamagnesium (261;262). Dog blev der i det første studie registreret den stærkeste korrelation hos trænede individer, mens der i det andet studie kun blev registreret en signifikant sammenhæng hos utrænede. Effekten af magnesiumtilskud på fysisk præstationsevne er undersøgt i flere kontrollerede studier, hvoraf ca. halvdelen har registreret en effekt, mens den anden halvdel ingen registrerede (260). Både i studier, hvor der blev registreret en effekt, og i studier, hvor der ikke blev registreret en effekt, var tilskuddet på mellem 200 og 500 mg dagligt. Tilskuddet blev givet fra én dag og op til tre måneder. Der blev målt på forskellige parametre i de forskellige studier, bl.a. tid og iltoptagelse ved et givet stykke arbejde. I de færreste af studierne kendte man forsøgsdeltagernes normale magnesiumindtagelse eller magnesiumstatus. I de studier, hvor den var kendt og indtagelsen fra kosten eller magnesiumstatus var tilstrækkelig, blev der ikke registreret en effekt af magnesium. Det var derimod typisk tilfældet, når magnesiumindtagelsen var lav i forhold til anbefalingerne.

Flere casestudier har peget på en sammenhæng mellem kramper efter langvarigt fysisk arbejde og magnesiumstatus (260). I disse tilfælde, hvor personer har dyrket

motion/idræt i 5-6 timer dagligt, var magnesiumstatus lav, og magnesiumtilskud eller intravenøs infusion med magnesium forhindrede udvikling af kramper. I et studie med cykelryttere, som deltog i et 100 mile cykelløb, fik 46 % af de 109 deltagere kramper undervejs (263). Serum-magnesium-koncentrationen faldt 0,29 mg/dl hos dem, der fik kramper, og 0,19 mg/dl hos dem, som ikke fik kramper. I studiet blev der målt på en lang række parametre, hvoraf ændringen i magnesiumstatus var den eneste signifikante. Det er muligt, at magnesium spiller en rolle i forhold til at stabilisere det neuromuskulære system gennem dets rolle i både nerveoverførsel og muskelkontraktion. Et nyere studie (264) fandt dog en signifikant højere serum-magnesium-koncentration efter et ultradistanceløb hos dem, som fik kramper, end hos dem, som ikke gjorde.

8.6.1 Delkonklusion om magnesium

Der er ikke dokumentation for, at magnesium kan have en effekt på fysisk præstationsevne hos personer med normal magnesiumstatus, ligesom en evt. sammenhæng mellem magnesium og kramper ved langvarig fysisk aktivitet ikke er dokumenteret.

8.7 Krom

Kroms rolle som essentielt næringsstof er fortsat uklar, men det menes at fungere som en cofaktor for insulin, evt. via en påvirkning af membranreceptorerne for dette hormon. Der er ikke angivet anbefalinger for det daglige indtag af krom (30).

Interessen for krom bunder primært i effekten på kropssammensætning. Således har flere studier undersøgt kromtilskuds effekt på kropssammensætning, ofte i kombination med træning. Nogle få studier har registreret en større fedtfri kropsvægt og lavere fedtmasse ved kromtilskud sammenlignet med placebo (265), mens flertallet af studier ikke har kunnet dokumentere en effekt på kropssammensætning (266-271). Ligeledes er der ikke registreret en effekt af kromtilskud på muskelstyrke (266-270). Tilskuddet blev typisk givet som krompicolinat i doser mellem 200 og 800 µg dagligt i en periode på seks til ni uger.

8.7.1 Delkonklusion om krom

Indtagelse af kromtilskud i forbindelse med fysisk aktivitet har ingen særlig effekt på hverken kropssammensætning eller muskelstyrke.

8.8. Kalcium

Kalcium indgår i knoglerne og har betydning for nervefunktionen og blodets evne til at koagulere. Det anbefalede indtag af kalcium er på 800 mg/dag for voksne kvinder og mænd (30).

Der findes ikke studier af sammenhængen mellem kalcium og fysisk præstations- evne. Lav kalciumindtagelse kan muligvis øge risikoen for træthedsbrud i forbindelse med fysisk aktivitet. Således fandt Myburgh et al. (272) mindre kalciumindtag hos atleter med træthedsbrud end hos en kontrolgruppe (697±242 mg/dag over for 832±309 mg/dag). Schwellnus og Jordaan (273) undersøgte effekten af kalciumtilskud på træthedsbrud og overbelastningsskader under et ni uger langt fysisk træningsprogram. Der blev ikke registreret en forskel i antal af skader eller træthedsbrud mellem placebo- og kontrolgruppen. Kalciumindtagelsen blev fastlagt hos en undergruppe af de i alt 1398 deltagere, og indtagelsen var over 800 mg. I et case-kontrolstudie undersøgte Cline et al (274) kalciumindtagelsen hos kvinder inden for militæret. Der blev ikke registreret en forskel i kalciumindtagelse blandt dem med træthedsbrud og dem uden. Kalciumindtagelsen var over det anbefalede i begge grupper.

8.8.1 Delkonklusion om kalcium

Kalciumindtagelsen er ikke sat i forbindelse med fysisk præstationsevne. Lav kalciumindtagelse er muligvis en risikofaktor i forhold til udvikling af træthedsbrud, mens en indtagelse, der overstiger den anbefalede mængde, ikke nedsætter risikoen yderligere.

8.9 Jern

Jern indgår i vigtige processer i kroppen og er bl.a. en komponent i blodets iltbindende molekyle, hæmoglobin, som har stor betydning for præstationsevnen i udholdenhedsidræt. Jern indgår desuden i musklernes iltbindende molekyle, myoglobin, og i enzymer i mitokondrierne. Lav jernstatus er hyppigt forekommende også i Danmark, hvor det i den voksne befolkning især forekommer hos præmenopausale kvinder. Til gengæld forekommer jernoverskud hos 15-20 % af mænd over 40 år og 5-6 % af ældre kvinder. Det anbefalede daglige indtag af jern er 15 mg for voksne kvinder (9 mg for postmenopausale kvinder) og 9 mg for voksne mænd (30).

Et voksent menneske mister ca. 0,8-0,9 mg jern dagligt via udskillelse i tarmen, tab af døde hudceller og urin. Dette jernstab opvejes af en tilsvarende absorption i tarmen af jern fra kosten. Præmenopausale kvinder (fysisk aktive såvel som ikke-aktive) mister endvidere jern ved blodtab i forbindelse med menstruation og har dermed en større jernomsætning og ofte mindre jerndepoter end mænd.

Ifølge visse studier er jernomsætningen forøget hos personer med høj træningsaktivitet, især efter udholdenhedstræning. Hos udholdenhedsatleter er der således registreret jernstab på 1,5-1,7 mg dagligt hos mænd og 2,2-2,3 mg dagligt hos kvinder (17).

Langdistanceløbere mister især jern gennem blodtab til tarmen og i mindre omfang gennem sved (17;275). For at opveje dette øgede jernstab må der hos atleterne ske en øgning i indtagelsen af jern via kosten, eller absorptionen af jern i tarmen må øges. Optagelsen af jern i tarmen opreguleres, så der ved jernmangel kan optages op til 20 % af den indtagne jernmængde mod under 10 % ved normal jernstatus (276). En lang række yderligere faktorer har dog indflydelse på jernoptagelsen, herunder det indtagne jerns biotilgængelighed og forekomsten af hæmmende eller fremmende faktorer for jernoptagelse i kosten (276).

Når man skal vurdere kroppens jernstatus anvendes ofte hæmoglobinindhold (Hgb) i blodet og serum-ferritin som mål for henholdsvis anæmi og kroppens jernlager. Decideret jernmangel-anæmi (lavt Hgb og lavt serum-ferritin) er relativt sjældent forekommende. Fogelholm påviste, at incidensen var < 3 % hos såvel fysisk aktive som ikke-fysisk-aktive (219). Derimod er der studier, som viser, at forekomsten af lavt serum-ferritin (uden samtidig anæmi) kan variere mellem 10 % og 80 % blandt idrætsaktive kvinder i andre vestlige lande. Den store variation kan forklares med, at forskellige grupper er undersøgt, og at forskellige grænseværdier er anvendt for serum-ferritin (277). Dette synes at være på niveau med forekomsten af lave jerndepoter i normalbefolkningen i Danmark, hvor det anslås, at ca. 40 % af præmenopausale kvinder har et serum-ferritin-niveau under 30 µg/l (276).

Blandt voksne mænd er andelen med lave jerndepoter generelt kun omkring 5 %. Hvorvidt forekomsten af lav jernstatus er hyppigere blandt trænede end blandt utrænede personer er uklart, idet nogle studier viser, at lavere serum-ferritin-værdier forekommer hyppigere blandt udholdenhedsatleter end i normalbefolkningen (17;278) mens andre studier viser enten ingen forskel (279) eller større forekomst af lav jern-

status blandt ikke-aktive personer (280). Longitudinale studier, der undersøger udviklingen i jernstatus under et træningsforløb, giver heller ikke et klart svar, idet nogle studier viser en reduktion i niveauet af serum-ferritin i forbindelse med træning (281) mens andre viser at jernstatus forbliver uændret (282;283)

Herudover er det et problem, at serum-ferritin-koncentrationen ikke i alle tilfælde kan antages at reflektere kroppens jernlagre, idet serum-ferritin-koncentrationen kan påvirkes af andre faktorer (284). Derfor har det været foreslået at anvende andre markører for jernstatus, f.eks. niveauet af transferrinreceptoren i serum og dens mætningsgrad. Sådanne mål er dog endnu sjældnere anvendt i større målestok blandt fysisk aktive, og det er usikkert, om det vil give et andet billede af jernstatus end det, som tegnes ud fra målinger af serum-ferritinkoncentration.

Man har interesseret sig for, om jerntilskud kunne have en præstationsfremmende effekt hos idrætsudøvere. Primært har man undersøgt, om jerntilskud kunne forbedre kroppens maksimale iltoptagelseshastighed og/eller præstationen og udholdenheden i forskellige aerobe test. Effekterne af jerntilskud afhænger af, om de personer, som indtager tilskuddene, som udgangspunkt er anæmiske og/eller har lav jernstatus.

Jernmangel-anæmi er forbundet med en reduceret aerob præstationsevne, idet blodets kapacitet i forhold til iltbinding er nedsat. Generelt er jernholdige kosttilskud en effektiv behandling af jernmangelanæmi. Når blodets hæmoglobinindhold stiger til normale værdier, opnår man en forøget aerob kapacitet og dermed en præstationsfremgang eller -normalisering (285).

I studier af ikke-anæmiske grupper med lavt serum-ferritinindhold registreres der i de fleste studier ikke en præstationsfremmende effekt af indtag af jernholdige kosttilskud (17;219;285) eller af intramuskulær jerninjektion (286;287). Andre (men færre) studier har vist positive effekter på forskellige aspekter af den aerobe præstationsevne hos ikke-anæmiske kvinder med lavt niveau af serum-ferritin (288;289). I et dobbeltblindet randomiseret studie af utrænede kvinder med lavt serum-ferritin-niveau (<16 µg/l) og uden anæmi (Hgb > 120 g/l) fandt man, at et jerntilskud i kombination med træning forbedrede præstationsevnen ved 15 km cykling mere end træning kombineret med placebokosttilskud (290). Effekten var dog kun signifikant for de kvinder, som også forud for interventionen havde et forøget serum-transferrin-receptorniveau (indikator for lav jernstatus). Kvinderne i de sidstnævnte studier, hvor en effekt af

jerntilskud blev konstateret, havde et lavt til moderat konditionsniveau. Zoller og Vogel (284) fremhæver, at man ikke har set en præstationsfremmende effekt af jerntilskud i studier med veltrænede personer med lav jernstatus.

Der er ikke fundet studier, hvor man har undersøgt effekten af jerntilskud på præstationsevnen i forhold til grupper med normalt serum-ferritin-niveau og normalt hæmoglobinindhold i blodet. I det ovenfor beskrevne studie (290), som vurderede træningseffekt blandt utrænede kvinder, registrerede man ingen effekt af jerntilskud blandt de kvinder, som havde normalt niveau af transferrinreceptor i serum (< 8mg/l). I lyset af de foreslåede mekanismer for jerns virkning på den aerobe præstationsevne, og i betragtning af at der i størsteparten af studierne ikke registreres en præstationseffekt blandt ikke-anæmiske jerndeficiente personer (se ovenfor), er det derfor højst usandsynligt, at jernkosttilskud virker præstationsfremmende på personer med normal jernstatus.

Som nævnt ovenfor er indtagelse af jern som kosttilskud en effektiv behandling af lav jernstatus og jernmangel-anæmi. En for høj indtagelse af jern er derimod uhenigtsmæssig, da kroppen ikke har mulighed for at regulere udskillelsen af jern. Kosttilskud med jern kan føre til oxidativ skade i tarmen og evt. også bivirkninger i form af forstoppelse eller diarre. En vedvarende høj jernoptagelse og opbygning af store jernlagre i kroppen kan på lang sigt føre til organskade. Dette forekommer f.eks. hos personer med arvelig hæmokromatose – en sygdom, som skyldes hyperabsorption af jern i tarmen. Personer, der er arveligt disponeret for denne sygdom (ca. 0,5 % af befolkningen (276)), vil kunne få et fremskyndet sygdomsforløb ved indtagelse af jern som kosttilskud. Et stort jern-indtag kan desuden nedsætte optagelsen af andre essentielle mineraler som zink og kobber, men vil også nedsætte optagelsen af skadelige tungmetaller som cadmium og bly.

8.9.1 Delkonklusion om jern

Jern er et vigtigt mineral, som i forbindelse med fysisk aktivitet spiller en særlig rolle for opbygningen af kapaciteten for aerobt arbejde. Generelt er der ved træning en større jernomsætning i kroppen, men træningen i sig selv vil ikke nødvendigvis påvirke jernstatus, og hovedparten af fysisk aktive, som opretholder en almindelig varieret og næringssuffICIENT daglig kost, vil have normal jernstatus.

Ved konstateret jernmangel og jernmangel-anæmi virker kosttilskud med jern genoprettende på jernlagrene, på blodets hæmoglobinindhold og på præstationsevnen. Jern som kosttilskud har ikke præstationsfremmende effekt hos personer med normal jernstatus. Derimod kan der være en sundhedsmæssig risiko ved at indtage store doser jern. Jerntilskud bør derfor kun tages, når der er konstateret lav jernstatus.

9. Andre kosttilskud og sportsprodukter

9.1 Fedtsyreblandinger

Især n-3-fedtsyrerne, som findes i fiskeolier, har påkaldt sig interesse hos bl.a. motionister og idrætsfolk. N-3-fedtsyrerne, også kaldet omega-3-fedtsyrerne, omfatter alpha-linolen-syre, der findes i små mængder i planter, samt eicosapentaensyre (EPA) og docosahexaensyre (DHA), der begge overvejende findes i marine dyr, især fisk. Disse fedtsyrer hører til de essentielle fedtsyrer, som skal indtages med føden. N-3-fedtsyrerne i form af DHA udfylder især en funktion i opbygningen af nervevæv som hjerne og nethinde. Mangelsymptomer hos mennesker kendes stort set kun fra for tidligt fødte børn, som har fået modermælkserstatning med et meget lavt indhold af n-3-fedtsyrer, og hvor der blev observeret en forsinket udvikling af nethinden (291). Disse modermælkserstatninger er ikke længere i brug.

N-6-fedtsyrer, også kaldet omega-6-fedtsyrer, der omfatter bl.a. linolsyre, som findes i mange planteolier, er også essentielle fedtsyrer. Mangelsymptomer på n-6-fedtsyrer hos mennesker omfatter bl.a. en defekt vandbarriere i huden (292), og det er kun undtagelsesvis set hos ekstremt fejrlærerede mennesker.

9.1.1 Fedtsyreblandinger og præstationsevne

NNR 2004 angiver et indtag af n-3 fedtsyrer på mindst 0,5 E% (30). I Danmark er det gennemsnitlige indtag 0,9 E% (293), hvoraf indtaget af DHA + EPA er på ca. 500 mg/dag (= ca. 0,1 E%) (294;295). Indtaget i Danmark af DHA og EPA er relativt højt sammenlignet med andre lande som f.eks. USA (130 mg/dag) (296), og det skyldes vores tradition for at spise meget sild, makrel og laks.

Ved sammenligning mellem dyrearter er det observeret, at små dyr med kort levetid og et højt energistofskifte har et højt indhold af DHA i musklerne (297). Hvorvidt DHA-indholdet i musklerne kan korreleres til deres metabolismehastighed er dog usikkert (298). Hos mennesker registreres der ingen effekt af 1,8 g DHA+ EPA dagligt i to uger på energiforbrug ved cykling (299) eller af 2,5 g DHA+ EPA dagligt i ti uger på præstationsevnen hos trænedede fodboldspillere (300). På den anden side er der også – ved sammenligning mellem forskellige dyrearter – fundet en korrelation mellem et

højt indhold af n-6-fedtsyrer i musklerne og den maksimale løbehastighed (anaerob muskelaktivitet) (301). Man ved, at fysisk træning ændrer fedtsyresammensætningen i musklerne hos mennesker i retning af en nedsat n-6-/n-3-ratio (302). Så generelt tyder det ikke på, at der kan påvises nogen muskelforbedrende effekt af indtag af fedtsyreblandinger hos mennesker (303).

9.1.2 Fedtsyreblandinger og helbred

Hjerteforeningen anbefaler meget velbegrunderet (304) hjertepatienter at spise fisk eller tage fiskeolie svarende til 1 g DHA + EPA/dag for at forbygge hjerte-kar-sygdomme. Herudover ved man, at fiskeolier i store mængder indtaget over længere tid har en række gunstige farmakologiske effekter som f.eks. at være mildt smertestillende ved forskellige betændelsesreaktioner som leddegigt, tarmbetændelse og menstruationssmerter (305). Her skal man indtage mere end 2,7 g DHA + EPA/dag i mindst tre måneder for at opnå en mild gavnlig effekt (305). Det er tænkeligt, at så store doser også vil kunne dæmpe muskelsmerter forårsaget af meget træning og overbelastning. For astmatiske idrætsudøvere synes store mængder fiskeolier også at kunne begrænse aktivitetsudløst vejrtræningsbesvær. Her var dosen 5,2 g DHA + EPA/dag i tre uger (306), og det er tænkeligt, at en lidt mindre dosis indtaget i længere tid vil kunne give samme effekt.

2,7 g DHA + EPA/dag svarer til 8 g fiskeolie/dag eller 16 stk. ½-grams kapsler, hvis olien indeholder 33 % DHA + EPA, og 8 stk. ½-grams kapsler, hvis olien indeholder 66 % DHA + EPA.

1-2 g DHA + EPA/dag igennem flere måneder kan sænke triacylglycerol i blodet (307) og muligvis også reducere fedtmængden i kroppen hos overvægtige (308-310). Disse studier er gennemført med mennesker, der som baggrundsværdi har et generelt lille indtag af DHA + EPA, og det er usikkert, om man vil kunne se det samme hos danskere, der som baggrundsværdi i gennemsnit har et betydeligt større indtag af DHA + EPA.

Store tilskud af fiskeolier kan forøge LDL-kolesterol, som er en risikofaktor for hjerte-kar-sygdomme, og muligvis forværre glykemisk kontrol hos diabetikere (311).

9.1.3 Delkonklusion om fedtsyreblandinger

Der er ikke evidens for, at et øget indtag af DHA + EPA har en gavnlig effekt på fysisk træning og præstationsevne. Det er derimod rimeligt sikkert, at store doser indtaget over længere tid (> 2,7 g/dag i mere end tre måneder) har en mild betændelsehæmmende effekt og dermed også en mild smertehæmmende effekt.

9.2 Medium-chain triacylglycerol

Medium-chain triacylglycerol (MCT) er et kunstigt fremstillet fedtstof indeholdende mellemkædede fedtsyrer, som absorberes og forbrændes hurtigere end naturligt fedt, og man har derfor ment, at tilskud af MCT kunne spare glykogenlagre ved længerevarende cykelarbejde (312). Forsøgsresultater har generelt ikke været positive, og der er blevet rapporteret om gastrointestinale ubehag ved større doser (303).

9.2.1 Delkonklusion om medium-chain triacylglycerol

MCT synes ikke at have en positiv virkning i forhold til fysisk præstationsevne og kan give gastrointestinale bivirkninger.

9.3 Konjugeret linolsyre

Konjugeret linolsyre (CLA) er en fællesbetegnelse for isomere C18 konjugerede diene fedtsyrer. CLA, bestående overvejende af 9cis og 11trans-CLA, er oprindeligt fundet som kræft hæmmende fedtsyrer, isoleret fra oksekød. CLA findes i meget små mængder i produkter fra drøvtyggere, f.eks. i mælk, ost og kød, idet CLA dannes helt eller delvis i dyrets vom ved bakteriernes fordøjelse af den indtagede føde (313). Menneskers indtag af CLA fra sådanne dyriske produkter er i størrelsesordenen 150-220 mg/dag (313), og denne mængde mener man ikke har nogen biologisk effekt.

Den kommercielt tilgængelige CLA er syntetisk fremstillet. Den er en blanding fortrinsvis af næsten lige dele 9cis, 11trans-CLA, 10trans og 12cis-CLA, og de har vidt forskellige biologiske effekter. CLA, især 10trans og 12cis-CLA, har i dyreforsøg vist at kunne omfordele forholdet mellem muskelmasse og fedtmasse til fordel for øget muskelmasse, og derfor mente man, at CLA kunne bruges som slankemiddel og som middel til at opbygge muskelmasse. Imidlertid har kontrollerede forsøg med mennesker ikke været overbevisende, idet nogle forsøg resulterede i et lille vægttab og

andre i intet vægttab. I flere forsøg var der en tendens til nedsat fedtmængde og øget muskelmasse, dog uden at det var signifikant. CLA-tilskud synes heller ikke at have en effekt på den fysiske udholdenhedsevne (314). Til disse forsøg er ofte blevet anvendt CLA-doser på > 3 g/dag indtaget i adskillige uger. Indtag af disse mængder CLA synes imidlertid at kunne have skadelige virkninger i relation til blodlipider og insulinvirkning (315-317).

9.3.1 Delkonklusion om konjugeret linolsyre

Der er ikke evidens for, at CLA kan reducere fedtmassen og øge muskelmassen hos mennesker. Brug af CLA som kosttilskud frarådes pga. grund af mulige sundhedsskadelige effekter.

9.4 Carnitin

Carnitin er en lavmolekylær organisk syre, som fungerer ved transport af fedtsyrer ind i mitokondrierne til forbrænding. Carnitin kan dannes i kroppens celler, og den findes i kødprodukter. Der er blevet fremsat en hypotese om, at tilskud af carnitin kan forøge fedtsyreforbrændingen og dermed øge den fysiske præstationsevne. Det generelle billede er, at der næppe er nogen gunstig effekt af tilskud af carnitin på fysiske præstationsevne (f.eks. ergometercykling) for raske mennesker (318-321).

9.4.1 Delkonklusion om carnitin

Kosttilskud med carnitin synes ikke at have nogen gunstig effekt på den fysiske præstationsevne eller træningsudbytte.

9.5 Antioxidanter (Q₁₀ og E-vitamin, C-vitamin, β-caroten, selen)

Hård fysisk aktivitet kan medføre oxidativt stress, som involverer øget dannelse af frie iltradikaler, der kan ødelægge vævsmolekyler (322). Det er derfor blevet foreslået, at et tilskud af antioxidant kan nedsætte oxidativt stress i forbindelse med fysisk aktivitet. Der er udført en række studier, som har set på forskellige antioxidants effekt på indikatorer for oxidativt stress i forbindelse med fysisk aktivitet. Generelt måles der på en eller flere markører i blodet. Relevansen af de enkelte målinger er vanskelig at afgøre, dels fordi de enkelte metoder ikke er særligt præcise, dels fordi den fysiologiske betydning af ændringer i blodet er uvis (323). Yderligere indgår Q₁₀ i mitokondriernes energidannede komponenter, og det har derfor været formodet, at tilskud af Q₁₀ kunne øge mitochondriernes kapacitet for energidannelse. Q₁₀-tilskud

giver ikke nogen påviselig forbedring af fysisk aktivitet, og det er tvivlsomt om det kan forebygge oxidative skader (324-326).

I 2006 udgav Motions- og Ernæringsrådet en rapporten "Antioxidanter og Helbred", hvor det blev konkluderet, at der ikke er videnskabelig evidens for, at tilskud af antioxidanter har en effekt på fysisk præstationsevne og muskeltræthed (327).

9.5.1 Delkonklusion om antioxidanter

Det kan ikke konkluderes, at antioxidanttilskud i forbindelse med fysisk aktivitet kan nedsætte oxidativt stress opstået i forbindelse med fysisk aktivitet, og der findes ikke dokumentation for, at antioxidanttilskud har en effekt på den fysiske præstationsevne (se også afsnittet om E-vitamin og C-vitamin, kap. 8).

10. Sammenfatning og konklusion

Udbredelsen af kosttilskud og sportsprodukter anvendt i forbindelse med fysisk aktivitet er ikke undersøgt direkte i den danske befolkning, men det må antages, at anvendelsen af kosttilskud og sportsprodukter er vidt udbredt blandt såvel veltrænede som mindre trænede samt ældre og yngre grupper af idrætsaktive. Til grund for antagelsen ligger undersøgelser om den generelle brug af kosttilskud i Danmark og udenlandske opgørelser over idrætsudøveres anvendelse af kosttilskud og sportsprodukter.

Det bør understreges, at kosttilskud ikke kan erstatte fysisk aktivitet og træning. Der er således intet kosttilskud eller sportsprodukt, som har den egenskab, at brugen af det i sig selv resulterer i en god fysisk form hos den, der indtager det. Derimod er det velunderbygget, at fysisk aktivitet og træning i sig selv kan forbedre menneskers helbred og fysiske form.

På baggrund af denne rapport kan det konkluderes, at der ikke findes nogen relevant helbredsforbedrende effekt af de behandlede kosttilskud og sportsprodukter, som ikke ville kunne opnås alene ved fysisk træning kombineret med en sund varieret og næringsstof-tilstrækkelig kost.

I visse situationer kan der opnås små, men målbare effekter på træningsudbytte og præstationsevne af nogle kosttilskud og sportsprodukter. Dette er primært vist hos grupper af personer, som træner med høj intensitet, eller som træner i perioder med lang varighed.

Ligeledes kan der være uhensigtsmæssige effekter eller bivirkninger forbundet med indtagelse af visse kosttilskud og sportsprodukter i forbindelse med træning som skitseret i gennemgangen af de enkelte produktgrupper.

10.1 Proteintilskud

Flere studier af tung styrketræning har vist, at indtagelse af en mindre mængde protein lige før eller efter træningen kan øge træningens effekt på muskelstyrke og muskeltilvækst. Dette proteinindtag kan sikres ved hjælp af proteintilskud, men kan også

dækkes ved indtagelse af andre proteinrige fødevarer, f.eks. fedtfattig mælk. Der er ikke et påvist behov for at øge det daglige proteinindtag ud over det, der opnås ved en energi-tilstrækkelig varieret kost.

10.2 Kreatintilskud

Kreatintilskud synes at kunne øge præstationsevnen ved kortvarigt anaerobt arbejde en smule. Der er dog store individuelle forskelle i effekten. Ligeledes kan kreatintilskud indtaget i forbindelse med tung styrketræning give en lille øget effekt af træningen, hvad angår muskelstyrke og muskeltilvækst. En veldokumenteret bivirkning ved kreatinindtagelse er, at det øger kropsvægten pga. en øget væsketilbageholdelse i musklerne.

10.3 Kulhydratrige energidrikke

Ved intens idrætsudøvelse i to timer eller derover kan der være behov for indtagelse af kulhydrater og væske for at opretholde præstationsevnen. Kulhydratrige energidrikke kan dække dette behov, men behovet kan også dækkes af andre kulhydratrige fødevarer og vand. Ved idrætsudøvelse af kortere varighed er der ikke behov for energidrikke, og et evt. væskebehov kan dækkes med vand.

10.4 Koffeintilskud

Koffein indgår i kaffe, i forskellige andre fødevarer, i visse kosttilskud og i nogle energidrikke. Koffein, som menes at virke via en stimulation af centralnervesystemet, kan udsætte trætheden ved vedvarende udholdenhedsarbejde. Koffein påvirker dog ikke fedtforbrændingen under arbejde. Det er ikke påvist, at koffein fremmer træningsudbyttet ved jævnlig indtagelse i forbindelse med træning.

10.5 Vitamin- og mineralpræparater

Der er ikke evidens for, at behovet for vitaminer og mineraler er større for idrætsudøvere end for ikke-aktive. En energi-tilstrækkelig varieret kost dækker behovet for vitaminer og mineraler. Hos idrætsudøvere, som ikke er i vitamin- eller mineralunderskud, er der ikke påvist nogen præstationsfremmende eller helbreds-fremmende effekter ved indtagelse af vitamin- eller mineraltilskud.

10.6 Andre kosttilskud og sportsprodukter

En række andre kosttilskud er behandlet i rapporten herunder carnitin, CLA, MCT, DHA og EPA. De behandlede tilskud har ingen relevante effekter på præstationsevne eller træningsudbytte ved indtagelse i forbindelse med fysisk aktivitet.

Sammenfattende kan det siges, at det præstationsmæssige udbytte af indtagelse af kosttilskud ved fysisk aktivitet kun vil være ganske lille i forhold til udbyttet ved veltilrettelagt træning kombineret med en varieret kost, der dækker energi- og næringsbehovet. Endvidere vil de præstationsmæssige effekter kun vise sig i specifikke situationer med arbejde af høj intensitet eller lang varighed. For motionisten, der f.eks. løber 5-10 km 3-5 gange om ugen, spiller 1-1½ times badminton eller håndbold eller dyrker aerobics eller lignende aktiviteter 2-3 gange om ugen, er der ingen fordele ved indtagelse af de behandlede kosttilskud og sportsprodukter, hvad angår hverken helbred eller træningsudbytte.

11. Ordliste

BCAA	Forgrenede aminosyrer (Branched Chain Amino Acids).
Dopinglisten	Dopinglisten eller Præparatfortegnelsen er en oversigt over de medicinske præparater, der udgives via medicinalfirmaer i Danmark. Fortegnelsen angiver om et præparat indeholder forbudte stoffer.
EAA	Essentielle aminosyrer (Essential Amino Acids).
Ergogen	Præstationsfremmende.
Kontraktile proteiner	Proteiner, der indgår i muskelfiberens myofilamenter (myosin, aktin, troponin og tropomyosin).
Hypokalorisk kost	En kost, der har et lavere energiindhold end anbefalet, eller medfører negativ energibalance.
Isokalorisk	Hvor energiindholdet er det samme som i de kostinterventioner, der sammenlignes.
Steroider	Steroider eller steroidhormoner er en samlebetegnelse for en gruppe hormoner, der i organismen produceres i binyrebark og kønskirtler. Findes også i et stort antal kunstigt fremstillede forbindelser, som er muskel og vævsopbyggende.
Mitokondrier	Tjener som cellers produktionssted for kemisk energi i form af ATP, men har i mange celler også andre stofskiftefunktioner.
Immundepression	En svækkelse af kroppens immunforsvar.
R.E.	Vitamin A angives i retinolækvivalenter (RE). 1 RE = 1 mikrogram retinol = 6 mikrogram β -karoten
Osmolaritet	Koncentration af salte/elektrolytter i en væske, f. eks. en kulhydratdrik.

12. Referencer

- (1) Fødevarestyrelsen. Bekendtgørelse om kosttilskud, bkg. nr. 683 af juli 2003. 2003.
- (2) Wolinsky I, Driskell JA. Nutritional ergogenic aids. 1 ed. Florida: CRC Press LLC; 2004.
- (3) Skibsted LH, Dragsted LO, Dyerberg J, Hansen HS, Kiens B, Ovesen L, et al. Antioxidanter og helbred. Søborg: Motions- og Ernæringsrådet; 2006.
- (4) Ottesen A, Hansen BS, Bundgaard L, Hansen M. Kost og elitesport - basal sportsernæring. Brøndby: Team Danmark; 2006.
- (5) Anti Doping Danmark. Præparatfortegnelsen 2008. <http://www.antidoping.dk/visHentPraparater.asp?artikelID=10804-6-2008>.
- (6) Maughan RJ. Contamination of dietary supplements and positive drug tests in sport. *J Sports Sci* 2005 Sep;23(9):883-9.
- (7) Anti Doping Danmark. Damsgaard R. Steroider findes i mange kosttilskud. <http://www.antidoping.dk/visArtikel.asp?artikelID=2964-6-2008>.
- (8) Anti Doping Danmark. Kosttilskud. <http://www.antidoping.dk/visArtikel.asp?artikelId=33644-6-2008>.
- (9) Anti Doping Danmark. Damsgaard R. Koffein. <http://www.antidoping.dk/visArtikel.asp?artikelID=14014-6-2008>.
- (10) Dansk Idrætsforbund, Team Danmark. Dansk idræts holdning til kosttilskud og præstationsfremmende hjælpemidler. [http://www.teamdanmark.dk/CMS/CMSResources.nsf/filenames/Holdning_kosttilskud_praestfremmende_hjaelpemidler.doc/\\$file/Holdning_kosttilskud_praestfremmende_hjaelpemidler.doc](http://www.teamdanmark.dk/CMS/CMSResources.nsf/filenames/Holdning_kosttilskud_praestfremmende_hjaelpemidler.doc/$file/Holdning_kosttilskud_praestfremmende_hjaelpemidler.doc) 28-1-2002.
- (11) Fagt S MJ, Biloft-Jensen A, Groth MV, Christensen T, Hinsch HJ, Hartkopp H, et al. Udviklingen i danskernes kost 1985 - 2001. Med fokus på sukker og alkohol samt motivation og barrierer for sund livsstil. Søborg: Danmarks Fødevarer- og Veterinærforskning afd. for Ernæring; 2004.
- (12) Knudsen VK, Rasmussen LB, Haraldsdottir J, Ovesen L, Bulow I, Knudsen N, et al. Use of dietary supplements in Denmark is associated with health and former smoking. *Public Health Nutr* 2002 Jun;5(3):463-8.
- (13) Spagner C. The contribution of micronutrients from dietary supplements to the total intake of vitamins and minerals in the Danish population Department of Human Nutrition, Faculty of Life Science, University of Copenhagen & The National Food Institute, Technical University of Copenhagen; 2007.

- (14) Cruz JA, Moreiras-Varela O, van Staveren WA, Trichopoulou A, Roszkowski W. Intake of vitamins and minerals. Euronut SENECA investigators. *Eur J Clin Nutr* 1991 Dec;45 Suppl 3:121-38.
- (15) Andersen NL, Rasmussen LB, Helge JW, Damsgaard R, Ottsen A, Hansen BS. Mikronæringsstoffer og elitesport - er der brug for vitaminer og mineraler? Brøndby: Team Danmark; 2002.
- (16) Striegel H, Simon P, Wurster C, Niess AM, Ulrich R. The use of nutritional supplements among master athletes. *Int J Sports Med* 2006 Mar;27(3):236-41.
- (17) Burke L, Deakin V. *Clinical Sports Nutrition*. 2 ed. McGraw Hill; 2000.
- (18) Lyle BJ, Mares-Perlman JA, Klein BE, Klein R, Greger JL. Supplement users differ from nonusers in demographic, lifestyle, dietary and health characteristics. *J Nutr* 1998 Dec;128(12):2355-62.
- (19) Rennie MJ, Tipton KD. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr* 2000;20:457-83.
- (20) Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):65-79.
- (21) Tipton KD, Witard OC. Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clin Sports Med* 2007 Jan;26(1):17-36.
- (22) Furst P, Stehle P. What are the essential elements needed for the determination of amino acid requirements in humans? *J Nutr* 2004 Jun;134(6 Suppl):1558S-65S.
- (23) Tome D, Bos C. Dietary protein and nitrogen utilization. *J Nutr* 2000 Jul;130(7):1868S-73S.
- (24) Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):65-79.
- (25) Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrere B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1997 Dec 23;94(26):14930-5.
- (26) Riazi R, Wykes LJ, Ball RO, Pencharz PB. The total branched-chain amino acid requirement in young healthy adult men determined by indicator amino acid oxidation by use of L-[1-13C]phenylalanine. *J Nutr* 2003 May;133(5):1383-9.
- (27) Layman DK, Baum JI. Dietary protein impact on glycemic control during weight loss. *J Nutr* 2004 Apr;134(4):968S-73S.
- (28) Blomstrand E. A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J Nutr* 2006 Feb;136(2):544S-7S.

- (29) Rennie MJ, Bohe J, Smith K, Wackerhage H, Greenhaff P. Branched-chain amino acids as fuels and anabolic signals in human muscle. *J Nutr* 2006 Jan;136(1 Suppl):264S-8S.
- (30) Nordic Council of Ministers, The Nordic Food Policy Co-operation. Nordic Nutrition Recommendations 2004 (Nord 2004:013). <http://www.norden.org/pub/velfaerd/livs-medel/sk/N2004013.pdf> 2004.
- (31) Andersen NL, Fragt S, Groth MV, Hartkopp H, Møller A, Ovensen L, et al. Danskernes kostvaner 1995. Levnedsmiddelstyrelsen 1996.
- (32) Fragt S, Matthiessen J, Trolle E, Lyhne N, Christense T, Hinsch H, et al. Danskernes kostvaner 2000 - 2001. Fødevarerapport 2002:10: Fødevarer direktoratet, Afdeling for Ernæring; 2002.
- (33) Taylor YS, Young VR, Murray E, Pencharz PB, Scrimshaw NS. Daily protein and meal patterns affecting young men fed adequate and restricted energy intakes. *Am J Clin Nutr* 1973 Nov;26(11):1216-23.
- (34) Phillips SM, Hartman JW, Wilkinson SB. Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men. *J Am Coll Nutr* 2005 Apr;24(2):134S-9S.
- (35) Rennie MJ, Wilkes EA. Maintenance of the musculoskeletal mass by control of protein turnover: the concept of anabolic resistance and its relevance to the transplant recipient. *Ann Transplant* 2005;10(4):31-4.
- (36) Tarnopolsky MA, Gibala M, Jeukendrup AE, Phillips SM. Nutritional needs of elite endurance athletes. Part II: Dietary protein and the potential role of caffeine and creatine. *Eur J Sports Science* 2005;5(2):59-72.
- (37) Tarnopolsky M. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition* 2004 Jul;20(7-8):662-8.
- (38) Wolfe RR. Skeletal muscle protein metabolism and resistance exercise. *J Nutr* 2006 Feb;136(2):525S-8S.
- (39) Wolfe RR. Optimal nutrition, exercise, and hormonal therapy promote muscle anabolism in the elderly. *J Am Coll Surg* 2006 Jan;202(1):176-80.
- (40) Tipton KD. Protein for adaptation of exercise training. *Eur J Sports Science* 2008;8(2):107-18.
- (41) Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):65-79.
- (42) Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* 1997 Jul;273(1 Pt 1):E99-107.

- (43) Biolo G, Maggi SP, Williams BD, Tipton KD, Wolfe RR. Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* 1995 Mar;268(3 Pt 1):E514-E520.
- (44) Pitkanen HT, Nykanen T, Knuutinen J, Lahti K, Keinanen O, Alen M, et al. Free amino acid pool and muscle protein balance after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003 May;35(5):784-92.
- (45) Lemon PW, Tarnopolsky M, MacDougall JD, Atkinson S. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J Appl Physiol* 1992;73:767-75.
- (46) Gontea I, Sutzescoup P, Jantea F. Study of the total nitrogen content in human sweat. *J Physiol* 1959;51:861-72.
- (47) Phillips SM. Dietary protein for athletes: from requirements to metabolic advantage. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31:647-54.
- (48) Hartmann JW, Moore DR, Phillips SM. Resistance training reduces whole-body protein turnover and improves net protein retention in untrained young males. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31:557-64.
- (49) Welle S, Thornton CA. High-protein meals do not enhance myofibrillar synthesis after resistance exercise in 62- to 75-yr-old men and women. *Am J Physiol* 1998 Apr;274(4 Pt 1):E677-E683.
- (50) McKenzie S, Phillips SM, Carter SL, Lowther S, Gibala MJ, Tarnopolsky M. Endurance exercise training attenuates leucine oxidation and BCOAD activation during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000;278:580-7.
- (51) Tipton KD. Gender differences in protein metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001;4:493-8.
- (52) Roepstorff C, Steffensen CH, Madsen M, Stallknecht BM, Kanstrup IL, Richter EA, et al. Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;282:435-47.
- (53) Tarnopolsky LJ, MacDougall JD, Atkinson S, Tarnopolsky MA, Sutton JR. Gender differences in substrate for endurance exercise. *J Appl Physiol* 1990;68:302-8.
- (54) Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):65-79.
- (55) Roy BD, Fowles JR, Hill R, Tarnopolsky MA. Macronutrient intake and whole body protein metabolism following resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Aug;32(8):1412-8.

- (56) Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE, et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;281:197-206.
- (57) Borsheim E, Tipton KD, Wolf SE, Wolfe RR. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;283:648-57.
- (58) Candow DG, Chilibeck PD, Facci M, Abeysekera S, Zello GA. Protein supplementation before and after resistance training in older men. *Eur J Appl Physiol* 2006;97:548-56.
- (59) Cribb PJ, Hayes A. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc* 2006 Nov;38(11):1918-25.
- (60) Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, Richter EA, Mizuno M, Kjaer M. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* 2001;535:301-11.
- (61) Bos C, Metges CC, Gaudichon C, Petzke KJ, Pueyo ME, Morens C, et al. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr* 2003 May;133(5):1308-15.
- (62) Dangin M, Boirie Y, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Fauquant J, Callier P, et al. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001 Feb;280(2):E340-E348.
- (63) Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Dec;36(12):2073-81.
- (64) Kerksick CM, Rasmussen CJ, Lancaster SL, Magu B, Smith P, Melton C, et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res* 2006 Aug;20(3):643-53.
- (65) Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR. 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* 2006 Feb 28.
- (66) Rieu I, Balage M, Sornet C, Giraudet C, Pujos E, Grizard J, et al. Leucine supplementation improves muscle protein synthesis in elderly men independently of hyperaminoacidaemia. *J Physiol* 2006 Aug 15;575(Pt 1):305-15.
- (67) Bowtell JL, Leese GP, Smith K. Modulation of whole-body protein metabolism, during and after exercise, by variation of dietary protein. *J Appl Physiol* 1998;85:1744-52.
- (68) Bolster DR, Pikosy MA, Gaine PC. Dietary protein intake impacts human skeletal muscle protein fractional synthetic rates after endurance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2005;289:768-683.

- (69) Macdermid PW, Stannard SR. A whey-supplemented, high protein diet versus a high-carbohydrate diet: effects on cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006;16:65-77.
- (70) Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):65-79.
- (71) Antonio J, Sanders MS, Ehler LA, Uelmen J, Raether JB, Stout JR. Effects of exercise training and amino-acid supplementation on body composition and physical performance in untrained women. *Nutrition* 2000 Nov;16(11-12):1043-6.
- (72) Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001 Jun;280(6):E982-E993.
- (73) Levenhagen DK, Carr C, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise protein intake enhances whole-body and leg protein accretion in humans. *Med Sci Sports Exerc* 2002 May;34(5):828-37.
- (74) Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003 Sep;13(3):382-95.
- (75) Koopman R, Pannemans DL, Jeukendrup AE, Gijzen AP, Senden JM, Halliday D, et al. Combined ingestion of protein and carbohydrate improves protein balance during ultra-endurance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2004 Oct;287(4):E712-E720.
- (76) Saunders MJ, Kane MD, Todd MK. Effects of a carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Jul;36(7):1233-8.
- (77) Gleeson M, Nieman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci* 2004 Jan;22(1):115-25.
- (78) Nieman DC, Pedersen BK. Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Med* 1999 Feb;27(2):73-80.
- (79) Rohde T, MacLean DA, Hartkopp A, Pedersen BK. The immune system and serum glutamine during a triathlon. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;74(5):428-34.
- (80) Rowbottom DG, Keast D, Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med* 1996 Feb;21(2):80-97.
- (81) Castell LM, Poortmans JR, Leclercq R, Brasseur M, Duchateau J, Newsholme EA. Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;75(1):47-53.
- (82) Shewchuk LD, Baracos VE, Field CJ. Dietary L-glutamine does not improve lymphocyte metabolism or function in exercise-trained rats. *Med Sci Sports Exerc* 1997 Apr;29(4):474-81.

- (83) Krzywkowski K, Petersen EW, Ostrowski K, Link-Amster H, Boza J, Halkjaer-Kristensen J, et al. Effect of glutamine and protein supplementation on exercise-induced decreases in salivary IgA. *J Appl Physiol* 2001 Aug;91(2):832-8.
- (84) Mackinnon LT, Hooper SL. Plasma glutamine and upper respiratory tract infection during intensified training in swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996 Mar;28(3):285-90.
- (85) Bassit RA, Sawada LA, Bacurau RF, Navarro F, Martins E Jr, Santos RV, et al. Branched-chain amino acid supplementation and the immune response of long-distance athletes. *Nutrition* 2002 May;18(5):376-9.
- (86) Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendler R, Wahren J. Substrate turnover during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. *J Clin Invest* 1974 Apr;53(4):1080-90.
- (87) Watson P, Shirreffs SM, Maughan RJ. The effect of acute branched-chain amino acid supplementation on prolonged exercise capacity in a warm environment. *Eur J Appl Physiol* 2004 Dec;93(3):306-14.
- (88) Varnier M, Sarto P, Martines D, Lora L, Carmignoto F, Leese GP, et al. Effect of infusing branched-chain amino acid during incremental exercise with reduced muscle glycogen content. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994;69(1):26-31.
- (89) Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, Ekblom B, Newsholme EA. Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiol Scand* 1997 Jan;159(1):41-9.
- (90) Verger P, Aymard P, Cynobert L, Anton G, Luigi R. Effects of administration of branched-chain amino acids vs. glucose during acute exercise in the rat. *Physiol Behav* 1994 Mar;55(3):523-6.
- (91) Pellegrino MA, Brocca L, Dioguardi FS, Bottinelli R, D'Antona G. Effects of voluntary wheel running and amino acid supplementation on skeletal muscle of mice. *Eur J Appl Physiol* 2005 Mar;93(5-6):655-64.
- (92) Vukovich MD, Sharp RL, Kesl LD, Schaulis DL, King DS. Effects of a low-dose amino acid supplement on adaptations to cycling training in untrained individuals. *Int J Sport Nutr* 1997 Dec;7(4):298-309.
- (93) Chevront SN, Carter R, III, Kolka MA, Lieberman HR, Kellogg MD, Sawka MN. Branched-chain amino acid supplementation and human performance when hypohydrated in the heat. *J Appl Physiol* 2004 Oct;97(4):1275-82.
- (94) Davis JM, Welsh RS, De Volve KL, Alderson NA. Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running. *Int J Sports Med* 1999 Jul;20(5):309-14.

- (95) Blomstrand E, Andersson S, Hassmen P, Ekblom B, Newsholme EA. Effect of branched-chain amino acid and carbohydrate supplementation on the exercise-induced change in plasma and muscle concentration of amino acids in human subjects. *Acta Physiol Scand* 1995 Feb;153(2):87-96.
- (96) Mero A. Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med* 1999 Jun;27(6):347-58.
- (97) Stallknecht BM, Galbo H. [Physical activity and obesity]. *Ugeskr Laeger* 2000 Apr 10;162(15):2170-2.
- (98) Ballor DL, Keeseey RE. A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *Int J Obes* 1991 Nov;15(11):717-26.
- (99) Demling RH, DeSanti L. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab* 2000;44(1):21-9.
- (100) Pikosky MA, Smidt T, Grediagin A, Castaneda C, Byerley LO, Glickman E, et al. Increased Protein Maintains Nitrogen Balance during Exercise-Induced Energy Deficit. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2008;40(3):505-12.
- (101) Burke et al. *Clinical Sports Nutrition*. 3 ed. McGraw-Hill Companies; 2006.
- (102) Mourier A, Bigard AX, de KE, Roger B, Legrand H, Guezennec CY. Combined effects of caloric restriction and branched-chain amino acid supplementation on body composition and exercise performance in elite wrestlers. *Int J Sports Med* 1997 Jan;18(1):47-55.
- (103) Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Chesley A, Phillips S, Schwarcz HP. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol* 1992 Nov;73(5):1986-95.
- (104) Eisenstein J, Roberts SB, Dallal G, Saltzman E. High-protein weight-loss diets: are they safe and do they work? A review of the experimental and epidemiologic data. *Nutr Rev* 2002 Jul;60(7 Pt 1):189-200.
- (105) Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, Cupples LA, Felson DT, Kiel DP. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 2000 Dec;15(12):2504-12.
- (106) Hertzman PA, Blevins WL, Mayer J, Greenfield B, Ting M, Gleich GJ. Association of the eosinophilia-myalgia syndrome with the ingestion of tryptophan. *N Engl J Med* 1990 Mar 29;322(13):869-73.
- (107) Mikkelsen PB, Toubro S, Astrup A. Effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 2000 Nov;72(5):1135-41.

- (108) Raben A, Agerholm-Larsen L, Flint A, Holst JJ, Astrup A. Meals with similar energy densities but rich in protein, fat, carbohydrate, or alcohol have different effects on energy expenditure and substrate metabolism but not on appetite and energy intake. *Am J Clin Nutr* 2003 Jan;77(1):91-100.
- (109) Halton TL, Hu FB. The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J Am Coll Nutr* 2004 Oct;23(5):373-85.
- (110) Mourao DM, Bressan J, Campbell WW, Mattes RD. Effects of food form on appetite and energy intake in lean and obese young adults. *Int J Obes (Lond)* 2007 Jun 19.
- (111) Butterfield GE. Whole-body protein utilization in humans. *Med Sci Sports Exerc* 1987 Oct;19(5 Suppl):S157-S165.
- (112) Gater DR, Gater DA, Uribe JM, Bunt JC. Impact of nutritional supplements and resistance training on body composition, strength and insulin-like growth factor-1. *Journal of Applied Sport Science Research* 1992;6:66-76.
- (113) Todd KS, Butterfield GE, Calloway DH. Nitrogen balance in men with adequate and deficient energy intake at three levels of work. *J Nutr* 1984 Nov;114(11):2107-18.
- (114) Rozenek R, Ward P, Long S, Garhammer J. Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *J Sports Med Phys Fitness* 2002 Sep;42(3):340-7.
- (115) Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Incledon T, Boetes M. Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *J Appl Physiol* 1997 Jan;82(1):49-54.
- (116) Ferrando AA, Tipton KD, Doyle D, Phillips SM, Cortiella J, Wolfe RR. Testosterone injection stimulates net protein synthesis but not tissue amino acid transport. *Am J Physiol* 1998 Nov;275(5 Pt 1):E864-E871.
- (117) Bigard AX, Satabin P, Lavier P, Canon F, Taillandier D, Guezennec CY. Effects of protein supplementation during prolonged exercise at moderate altitude on performance and plasma amino acid pattern. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66(1):5-10.
- (118) Aagaard P. Aspekter ved kreatin supplementering. http://www.motion-online.dk/kost_og_kosttilskud/kosttilskud/aspekter_ved_kreatin_supplementering/ 4-6-2008.
- (119) Hultman E, Soderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* 1996 Jul;81(1):232-7.
- (120) Brose A, Parise G, Tarnopolsky MA. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003 Jan;58(1):11-9.

- (121) Preen D, Dawson B, Goodman C, Beilby J, Ching S. Creatine supplementation: a comparison of loading and maintenance protocols on creatine uptake by human skeletal muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003 Mar;13(1):97-111.
- (122) Vandenberghe K, Goris M, Van HP, Van LM, Vangerven L, Hespel P. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol* 1997 Dec;83(6):2055-63.
- (123) Bembien MG, Lamont HS. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med* 2005;35(2):107-25.
- (124) Branch JD. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003 Jun;13(2):198-226.
- (125) Juhn MS, Tarnopolsky M. Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review. *Clin J Sport Med* 1998 Oct;8(4):286-97.
- (126) Paddon-Jones D, Borsheim E, Wolfe RR. Potential ergogenic effects of arginine and creatine supplementation. *J Nutr* 2004 Oct;134(10 Suppl):2888S-94S.
- (127) Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2000 Mar;32(3):706-17.
- (128) McKenna MJ, Morton J, Selig SE, Snow RJ. Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *J Appl Physiol* 1999 Dec;87(6):2244-52.
- (129) Kinugasa R, Akima H, Ota A, Ohta A, Sugiura K, Kuno SY. Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans. *Eur J Appl Physiol* 2004 Mar;91(2-3):230-7.
- (130) Ferguson TB, Syrotuik DG. Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women. *J Strength Cond Res* 2006 Nov;20(4):939-46.
- (131) Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol* 1994 May;266(5 Pt 1):E725-E730.
- (132) Harris RC, Soderlund K, Hultman E. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond)* 1992 Sep;83(3):367-74.
- (133) Balsom PD, Harridge SD, Soderlund K, Sjodin B, Ekblom B. Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiol Scand* 1993 Dec;149(4):521-3.

- (134) van Loon LJ, Oosterlaar AM, Hartgens F, Hesselink MK, Snow RJ, Wagenmakers AJ. Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. *Clin Sci (Lond)* 2003 Feb;104(2):153-62.
- (135) Vandebuerie F, Vanden EB, Vandenberghe K, Hespel P. Effect of creatine loading on endurance capacity and sprint power in cyclists. *Int J Sports Med* 1998 Oct;19(7):490-5.
- (136) Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, Reinarly J, et al. Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998 Jan;30(1):73-82.
- (137) Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, et al. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *J Physiol* 2006 Jun 1;573(Pt 2):525-34.
- (138) Eijnde BO, Van LM, Goris M, Labarque V, Taes Y, Verbessem P, et al. Effects of creatine supplementation and exercise training on fitness in men 55-75 yr old. *J Appl Physiol* 2003 Aug;95(2):818-28.
- (139) Hespel P, Op't EB, Van LM, Urso B, Greenhaff PL, Labarque V, et al. Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans. *J Physiol* 2001 Oct 15;536(Pt 2):625-33.
- (140) Reardon TF, Ruell PA, Fiatarone Singh MA, Thompson CH, Rooney KB. Creatine supplementation does not enhance submaximal aerobic training adaptations in healthy young men and women. *Eur J Appl Physiol* 2006 Oct;98(3):234-41.
- (141) Tarnopolsky MA, MacLennan DP. Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000 Dec;10(4):452-63.
- (142) Chilibeck PD, Stride D, Farthing JP, Burke DG. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males and females. *Med Sci Sports Exerc* 2004 Oct;36(10):1781-8.
- (143) Berman S, Venembre P, Sachet C, Valour S, Dolisi C. Effects of creatine monohydrate ingestion in sedentary and weight-trained older adults. *Acta Physiol Scand* 1998 Oct;164(2):147-55.
- (144) Carter JM, Bemben DA, Knehans AW, Bemben MG, Witten MS. Does nutritional supplementation influence adaptability of muscle to resistance training in men aged 48 to 72 years. *J Geriatr Phys Ther* 2005;28(2):40-7.
- (145) Chilibeck PD, Chrusch MJ, Chad KE, Shawn DK, Burke DG. Creatine monohydrate and resistance training increase bone mineral content and density in older men. *J Nutr Health Aging* 2005 Sep;9(5):352-3.

- (146) Chrusch MJ, Chilibeck PD, Chad KE, Davison KS, Burke DG. Creatine supplementation combined with resistance training in older men. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Dec;33(12):2111-7.
- (147) Derave W, Eijnde BO, Verbessem P, Ramaekers M, Van LM, Richter EA, et al. Combined creatine and protein supplementation in conjunction with resistance training promotes muscle GLUT-4 content and glucose tolerance in humans. *J Appl Physiol* 2003 May;94(5):1910-6.
- (148) Hespel P, Eijnde BO, Derave W, Richter EA. Creatine supplementation: exploring the role of the creatine kinase/phosphocreatine system in human muscle. *Can J Appl Physiol* 2001;26 Suppl:S79-102.
- (149) Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;4:6.
- (150) Hathcock JN, Shao A. Risk assessment for carnitine. *Regul Toxicol Pharmacol* 2006;46:23-8.
- (151) Poortmans JR, Auquier H, Renaut V, Durussel A, Saugy M, Brisson GR. Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(6):566-7.
- (152) Juhn MS, Tarnopolsky M. Potential side effects of oral creatine supplementation: a critical review. *Clin J Sport Med* 1998 Oct;8(4):298-304.
- (153) Hile AM, Anderson JM, Fiala KA, Stevenson JH, Casa DJ, Maresh CM. Creatine supplementation and anterior compartment pressure during exercise in the heat in dehydrated men. *J Athl Train* 2006 Jan;41(1):30-5.
- (154) Gualano B, Novaes RB, Artioli GG, Freire TO, Coelho DF, Scagliusi FB, et al. Effects of creatine supplementation on glucose tolerance and insulin sensitivity in sedentary healthy males undergoing aerobic training. *Amino Acids* 2008 Feb;34(2):245-50.
- (155) Newman JE, Hargreaves M, Garnham A, Snow RJ. Effect of creatine ingestion on glucose tolerance and insulin sensitivity in men. *Med Sci Sports Exerc* 2003 Jan;35(1):69-74.
- (156) Guimbal C, Kilimann MW. A Na(+)-dependent creatine transporter in rabbit brain, muscle, heart, and kidney. cDNA cloning and functional expression. *J Biol Chem* 1993 Apr 25;268(12):8418-21.
- (157) Brault JJ, Abraham KA, Terjung RL. Muscle creatine uptake and creatine transporter expression in response to creatine supplementation and depletion. *J Appl Physiol* 2003 Jun;94(6):2173-80.

- (158) Achten J, Halson SL, Moseley L, Rayson MP, Casey A, Jeukendrup AE. Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *J Appl Physiol* 2004 Apr;96(4):1331-40.
- (159) Mutch B, Banister E. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15(1):41-50.
- (160) Snow R, Carey M, Stathis C, Febbraio M, Hargreaves M. Effect of carbohydrate ingestion on ammonia metabolism during exercise in humans. *J Appl Physiol* 2000;88(5):1576-80.
- (161) Nieman D, Nehlsen-Cannarella S, Fagoaga O, Henson D, Utter A, Davis JM, et al. Influence of mode and carbohydrate on the cytokine response to heavy exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:671-8.
- (162) Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Lowe RC, Walters TJ. Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *J Appl Physiol* 1985 Aug;59(2):429-33.
- (163) Maughan R. The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proc Nutr Soc* 2002 Feb;61(1):87-96.
- (164) Burke L.M., Hawley JA. Carbohydrate and exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1999;2(6):515-20.
- (165) Schabert E, Bosch A, Weltan S, Noakes TD. The effect of a preexercise meal on time to fatigue during prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(3):464-71.
- (166) Clark V, Hopkins W, Hawley JA, Burke L.M. Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9):1642-7.
- (167) Below P, Mora-Rodriguez J, Gonzalez-Alonso J, Coyle E. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(2):200-10.
- (168) Coggan A, Coyle EF. Effect of carbohydrate feedings during high-intensity exercise. *J Appl Physiol* 1987;65:1703-9.
- (169) el-Sayed M, Balmer J, Rattu A. Carbohydrate ingestion improves endurance performance during a 1 h simulated cycling time trial. *J Sports Sci* 1997;15:223-30.
- (170) Jeukendrup A, Brouns F, Wagenmakers A, Saris WH. Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 1997;18:125-9.
- (171) Nybo L. CNS Fatigue and Prolonged Exercise: Effect of Glucose Supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:589-94.
- (172) Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendler R, Wahren J. Substrate turnover during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. *J Clin Invest* 1974;53(4):-1090.

- (173) Richter EA. Glucose utilization. In: Rowell LB, Shepherd J, editors. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press; 1996.
- (174) Langenfeld ME, Seifert JG, Rudge SR, Bucher RL. Effect of carbohydrate ingestion on performance in non-fasted cyclists during a simulated 80-mile time trial. *J Sports Med Phys Fitness* 1994;34(3):263-70.
- (175) Kristiansen S, Gade J, Wojtaszewski JF, Kiens B, Richter EA. Glucose uptake is increased in trained vs. untrained muscle during heavy exercise. *J Appl Physiol* 2000;89(3):1151-8.
- (176) Hickner RC, Fisher JS, Hansen PA, Racette SB, Mier CM, Turner MJ, et al. Muscle glycogen accumulation after endurance exercise in trained and untrained individuals. *Journal of Applied Physiology* 1997 Sep 1;83(3):897-903.
- (177) Nybo L, Møller K, Pedersen B, Nielsen B, Secher N. Association between fatigue and failure to preserve cerebral energy turnover during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand* 2003.
- (178) Nybo L. CNS fatigue and prolonged exercise – effect of glucose supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(April).
- (179) Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, Martin W.H., Ehsani AA, Holloszy JO. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 1983;55(1):230-5.
- (180) Madsen K, MacLean DA, Kiens B, Christensen D. Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *J Appl Physiol* 1996;81:2644-50.
- (181) Lepers R, Hausswirth C, Maffiuletti N, Brisswalter J, van Hoecke J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(11):1880-6.
- (182) Nybo L, Aagaard P, Christensen B, Pedersen KJ, Kiens B. Glucose supplementation during prolonged exercise. 2008. Ref Type: Unpublished Work
- (183) Hargreaves M, Cameron-Smith D. Exercise, diet, and skeletal muscle gene expression. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Sep;34(9):1505-8.
- (184) Short KR, Vittone JL, Bigelow ML, Proctor DN, Coenen-Schimke JM, Rys P, et al. Changes in myosin heavy chain mRNA and protein expression in human skeletal muscle with age and endurance exercise training. *J Appl Physiol* 2005 Jul;99(1):95-102.
- (185) Komi P. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int J Sports Med* 1986;7(Suppl 1):10-5.

- (186) Willoughby DS, Rosene J. Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Oct;33(10):1674-81.
- (187) Maughan RJ, Leiper JB. Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999 Apr;24(2):173-87.
- (188) Rehrer NJ, Wagenmakers AJM, Beckers EJ, Halliday D, Leiper JB, Brouns F, et al. Gastric emptying, absorption, and carbohydrate oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1992;72(2):468-75.
- (189) Jentjens RLPG, Achten J, Jeukendrup AE. High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2004 Sep;36(9):1551-8.
- (190) Sawka MN, Wenger CB. Physiological responses to acute exercise-heat stress. In: Pandolf KB, Sawka MN, and Gonzalez RR, editors. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. 1988. p. 97-151.
- (191) González-Alonso J. Separate and Combined Influences of Dehydration and Hyperthermia on Cardiovascular Responses to Exercise. *Int J Sports Med* 1998;19:11-114.
- (192) Hamilton MT, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol* 1991;71:871-7.
- (193) González-Alonso J, Calbet JA, Nielsen B. Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. *J Physiol (Lond)* 1999;520:577-89.
- (194) Montain SJ, Latzka WA, Sawka MN. Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *J Appl Physiol* 1995;79:1434-9.
- (195) Sawka MN, Young RP, Francesconi R, Muza SR, Pandolf KB. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol* 1985;59:1394-401.
- (196) Armstrong LE, Costill DL, Fink W. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports exerc*: 1985;17:456-61.
- (197) Buskirk ER, Iampietro PF, Bass DE. Work performance after dehydration: Effects of physical conditioning and heat acclimatization. *J Appl Physiol* 1958;12(2):189-94.
- (198) Costill DL, Cote R, Fink W. Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol* 1976;40:6-11.
- (199) Noakes T. Hyponatremia in distance runners: fluid and sodium balance during exercise. *Curr Sports Med Rep* 2002 Aug;1(4):197-207.
- (200) Speedy DB, Noakes TD, Schneider C. Exercise-associated hyponatremia: a review. *Emerg Med (Fremantle)* 2001 Mar;13(1):17-27.

- (201) Noakes TD, Rehrer NJ, and Maughan RJ. The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med Sci Sports exerc*: 1991;23(3):307-13.
- (202) Maughan RJ, Shirreffs SM, Leiper JB. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci* 2007 May;25(7):797-804.
- (203) Maughan RJ. Restoration of water and electrolyte balance after exercise. *Int J Sports Med* 1998 Jun;19 Suppl 2:S136-S138.
- (204) Maughan RJ, Shirreffs SM. Recovery from prolonged exercise: restoration of water and electrolyte balance. *J Sports Sci* 1997 Jun;15(3):297-303.
- (205) Maughan RJ, Leiper JB. Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;71(4):311-9.
- (206) Costill DL, Dalsky GP, Fink WJ. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports* 1978;10(3):155-8.
- (207) Graham TE, Spriet LL. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol* 1995 Mar;78(3):867-74.
- (208) Fredholm BB, Battig K, Holmen J, Nehlig A, Zvartau EE. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev* 1999 Mar;51(1):83-133.
- (209) Gervitz LM, Lutherer LO, Davies DG, Pirch JH, Fowler JC. Adenosine induces initial hypoxic-ischemic depression of synaptic transmission in the rat hippocampus in vivo. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2001;280:639-45.
- (210) Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003;10:399-404.
- (211) Casal DC, Leon AS. Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med Sci Sports Exerc* 1985 Feb;17(1):174-9.
- (212) Trice I, Haymes EM. Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sport Nutr* 1995 Mar;5(1):37-44.
- (213) Wiles JD, Bird SR, Hopkins J, Riley M. Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *Br J Sports Med* 1992;26:116-20.
- (214) Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* 1998 Sep;85(3):883-9.
- (215) Kovacs EM, Stegen JHCH, Brouns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 1998 Aug;85(2):709-15.
- (216) Sasaki H, Maeda J, Usui S, Ishiko T. Effect of sucrose and caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *Int J Sports Med* 1987 Aug;8(4):261-5.

- (217) Vandenberghe K, Gillis N, Van LM, Van HP, Vanstapel F, Hespel P. Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *J Appl Physiol* 1996 Feb;80(2):452-7.
- (218) Lægemiddelstyrelsen, Fødevarestyrelsen. Lægemiddelstyrelsen og Fødevarestyrelsen advarer kraftigt mod slankemidlet Therma Power. <http://www.laegemiddelstyrelsen.dk/1024/visLSArtikel.asp?artikelID=13030> 4-6-2008.
- (219) Fogelholm M, Jaakkola L, Lampisjarvi T. Effects of iron supplementation in female athletes with low serum ferritin concentration. *Int J Sports Med* 1992 Feb;13(2):158-62.
- (220) Rennie MJ, Edwards RH, Krywawych S, Davies CT, Halliday D, Waterlow JC, et al. Effect of exercise on protein turnover in man. *Clin Sci (Lond)* 1981;61:627-39.
- (221) Keith RE, Alt LA. Riboflavin status of female athletes consuming normal diets. *Nutr Res* 1991;11:727-33.
- (222) Guillard JC, Penaranda T, Gallet C, Boggio V, Fuchs F, Klepping J. Vitamin status of young athletes including the effects of supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Aug;21(4):441-9.
- (223) van DW, van der Beek EJ. Vitamines en prestatievermogen. *Voeding* 1985;46:50-5.
- (224) Belko AZ, Obarzanek E, Roach R, Rotter M, Urban G, Weinberg S, et al. Effects of aerobic exercise and weight loss on riboflavin requirements of moderately obese, marginally deficient young women. *Am J Clin Nutr* 1984;40:553-61.
- (225) Pernow B, Saltin B. Availability of substrates and capacity for prolonged heavy exercise in man. *J Appl Physiol* 1971 Sep;31(3):416-22.
- (226) Lewis RD, Frederick AM. Riboflavin and niacin. In: Wolinsky I, Driskell JA, editors. *Sports nutrition. Vitamins and trace elements*. Florida: CRC Press; 1997.
- (227) Fogelholm M, Ruokonen I, Laakso JT, Vuorimaa T, Himberg JJ. Lack of association between indices of vitamin B1, B2, and B6 status and exercise-induced blood lactate in young adults. *Int J Sport Nutr* 1993 Jun;3(2):165-76.
- (228) Telford RD, Catchpole EA, Deakin V, Hahn AG, Plank AW. The effect of 7 to 8 months of vitamin/mineral supplementation on athletic performance. *Int J Sport Nutr* 1992 Jun;2(2):135-53.
- (229) Virk RS, Dunton NJ, Young JC, Leklem JE. Effect of vitamin B-6 supplementation on fuels, catecholamines, and amino acids during exercise in men. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:400-8.
- (230) Suboticanec K, Stavljenic A, Schalch W, Buzina R. Effects of pyridoxine and riboflavin supplementation on physical fitness in young adolescents. *Int J Vitam Nutr Res* 1990;60:81-8.
- (231) Nice C, Reeves AG, Brinck-Johnsen T, Noll W. The effects of pantothenic acid on human exercise capacity. *J Sports Med Phys Fitness* 1984;24:26-9.

- (232) Haymes EM. Vitamin and mineral supplementation to athletes. *Int J Sport Nutr* 1991 Jun;1(2):146-69.
- (233) Bender AE, Nash AH. Vitamin C and physical performance. *Plant Foods Man* 1975;1:217-23.
- (234) Keith RE, Driskell JA. Lung function and treadmill performance of smoking and non-smoking males receiving ascorbic acid supplements. *Am J Clin Nutr* 1982;36:840-5.
- (235) Driskell JA, Herbert WG. Pulmonary function and treadmill performance of males receiving ascorbic acid supplements. *Nutr Rep Int* 1985;32:443-9.
- (236) Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, et al. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 2008;87:142-9.
- (237) Keith RE. Ascorbic acid. In: Wolinsky I, Driskell JA, editors. *Sports nutrition. Vitamins and trace elements*. 1 ed. Florida: CRC Press; 1997.
- (238) Douglas RM, Hemila H, Chalker E, Treacy B. Vitamin C for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(3):CD000980.
- (239) Bjelakovic G, Nikolova D, Gluud LL, Simonetti RG, Gluud C. Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2007 Feb 28;297(8):842-57.
- (240) Gerdhem P, Ringsberg KA, Obrant KJ, Akesson K. Association between 25-hydroxy vitamin D levels, physical activity, muscle strength and fractures in the prospective population-based OPRA Study of Elderly Women. *Osteoporos Int* 2005 Nov;16(11):1425-31.
- (241) Houston DK, Cesari M, Ferrucci L, Cherubini A, Maggio D, Bartali B, et al. Association between vitamin D status and physical performance: the InCHIANTI study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007 Apr;62(4):440-6.
- (242) Zamboni M, Zoico E, Tosoni P, Zivelonghi A, Bortolani A, Maggi S, et al. Relation between vitamin D, physical performance, and disability in elderly persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002 Jan;57(1):M7-11.
- (243) Latham NK, Anderson CS, Reid IR. Effects of vitamin D supplementation on strength, physical performance, and falls in older persons: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2003 Sep;51(9):1219-26.
- (244) Geiker N, Larsen N. D-vitaminstatus hos elitesvømmere Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet; 2007.
- (245) Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* 2004 Jul;20(7-8):632-44.

- (246) Zembron-Lacny A, Szyszka K, Sobanska B, Pakula R. Prooxidant-antioxidant equilibrium in rowers: effect of a single dose of vitamin E. *J Sports Med Phys Fitness* 2006;46:257-64.
- (247) Sharman IM, Down MG, Sen RN. The effects of vitamin E and training on physiological function and athletic performance in adolescent swimmers. *Br J Nutr* 1971 Sep;26(2):265-76.
- (248) Shephard RJ, Campell R, Pimm P, Stuart D, Wright GR. Vitamin E, exercise and the recovery from physical activity. *Eur J Appl Physiol* 1974;33(119):126.
- (249) Lawrence JD, Bower RC, Riehl WP, Smith JL. Effects of alpha-tocopherol acetate on the swimming endurance of trained swimmers. *Am J Clin Nutr* 1975 Mar;28(3):205-8.
- (250) Sharman IM, Down MG, Norgan NG. The effects of vitamin E on physiological function and athletic performance of trained swimmers. *J Sports Med Phys Fitness* 1976 Sep;16(3):215-25.
- (251) Watt T, Romet TT, McFarlane I, McGuey D, Allen C, Goode RC. Vitamin E and oxygen consumption. *Lancet* 1974;2:354-8.
- (252) Rokitzki L, Logemann E, Sagredos AN, Murphy M, Wetzel-Roth W, Keul J. Lipid peroxidation and antioxidative vitamins under extreme endurance stress. *Acta Physiol Scand* 1994 Jun;151(2):149-58.
- (253) van der Beek EJ, van DW, Schrijver J, Wedel M, Gaillard AW, Wesstra A, et al. Thiamin, riboflavin, and vitamins B-6 and C: impact of combined restricted intake on functional performance in man. *Am J Clin Nutr* 1988 Dec;48(6):1451-62.
- (254) van der Beek EJ, van DW, Wedel M, Schrijver J, van den BH. Thiamin, riboflavin and vitamin B6: impact of restricted intake on physical performance in man. *J Am Coll Nutr* 1994 Dec;13(6):629-40.
- (255) Bonke D, Nickel B. Improvement of fine motoric movement control by elevated dosages of vitamin B1, B6, and B12 in target shooting. *Int J Vitam Nutr Res Suppl* 1989;30:198-204.
- (256) Weight LM, Myburgh KH, Noakes TD. Vitamin and mineral supplementation: effect on the running performance of trained athletes. *Am J Clin Nutr* 1988 Feb;47(2):192-5.
- (257) Tessier F, Margaritis I, Richard MJ, Moynot C, Marconnet P. Selenium and training effects on the glutathione system and aerobic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995 Mar;27(3):390-6.
- (258) Margaritis I, Tessier F, Prou E, Marconnet P, Marini JF. Effects of endurance training on skeletal muscle oxidative capacities with and without selenium supplementation. *J Trace Elem Med Biol* 1997 Apr;11(1):37-43.

- (259) Tessier F, Hida H, Favier A, Marconnet P. Muscle GSH-Px activity after prolonged exercise, training, and selenium supplementation. *Biol Trace Elem Res* 1995 Jan;47(1-3):279-85.
- (260) Bohl CH, Volpe SL. Magnesium and exercise. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2002;42(6):533-63.
- (261) Conn CA, Schemmel RA, Smith BW, Ryder E, Heusner WW, Ku PK. Plasma and erythrocyte magnesium concentrations and correlations with maximum oxygen consumption in nine- to twelve-year-old competitive swimmers. *Magnesium* 1988;7(1):27-36.
- (262) Lukaski HC, Bolonchuk WW, Klevay LM, Milne DB, Sandstead HH. Maximal oxygen consumption as related to magnesium, copper, and zinc nutriture. *Am J Clin Nutr* 1983 Mar;37(3):407-15.
- (263) Williamson SL, Johnson RW, Hudkins PG, Strate SM. Exertion cramps: a prospective study of biochemical and anthropometric variables in bicycle riders. *Cycling Science* 1993;-15.
- (264) Schwellnus MP, Nicol J, Laubscher R, Noakes TD. Serum electrolyte concentrations and hydration status are not associated with exercise associated muscle cramping (EAMC) in distance runners. *Br J Sports Med* 2004 Aug;38(4):488-92.
- (265) Clarkson PM. Effects of exercise on chromium levels. Is supplementation required? *Sports Med* 1997 Jun;23(6):341-9.
- (266) Campbell WW, Joseph LJ, Davey SL, Cyr-Campbell D, Anderson RA, Evans WJ. Effects of resistance training and chromium picolinate on body composition and skeletal muscle in older men. *J Appl Physiol* 1999 Jan;86(1):29-39.
- (267) Clancy SP, Clarkson PM, DeCheke ME, Nosaka K, Freedson PS, Cunningham JJ, et al. Effects of chromium picolinate supplementation on body composition, strength, and urinary chromium loss in football players. *Int J Sport Nutr* 1994 Jun;4(2):142-53.
- (268) Hallmark MA, Reynolds TH, DeSouza CA, Dotson CO, Anderson RA, Rogers MA. Effects of chromium and resistive training on muscle strength and body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1996 Jan;28(1):139-44.
- (269) Livolsi JM, Adams GM, Laguna PL. The effect of chromium picolinate on muscular strength and body composition in women athletes. *J Strength Cond Res* 2001 May;15(2):161-6.
- (270) Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA, Milne DB. Chromium supplementation and resistance training: effects on body composition, strength, and trace element status of men. *Am J Clin Nutr* 1996 Jun;63(6):954-65.
- (271) Lukaski HC, Siders WA, Penland JG. Chromium picolinate supplementation in women: effects on body weight, composition, and iron status. *Nutrition* 2007 Mar;23(3):187-95.

- (272) Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB, Hough SF, Noakes TD. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med* 1990 Nov 15;113(10):754-9.
- (273) Schweltnus MP, Jordaan G. Does calcium supplementation prevent bone stress injuries? A clinical trial. *Int J Sport Nutr* 1992 Jun;2(2):165-74.
- (274) Cline AD, Jansen GR, Melby CL. Stress fractures in female army recruits: implications of bone density, calcium intake, and exercise. *J Am Coll Nutr* 1998 Apr;17(2):128-35.
- (275) Nachtigall D, Nielsen P, Fischer R, Engelhardt R, Gabbe EE. Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. *Int J Sports Med* 1996 Oct;17(7):473-9.
- (276) Fødevareredirektoratet. Jern - bør forsyningen i den danske befolkning forbedres? Søborg: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri; 2002.
- (277) Gropper SS, Blessing D, Dunham K, Barksdale JM. Iron status of female collegiate athletes involved in different sports. *Biol Trace Elem Res* 2006 Jan;109(1):1-14.
- (278) Newhouse IJ, Clement DB. Iron status in athletes. An update. *Sports Med* 1988;5:337-52.
- (279) Risser WL, Lee EJ, Poindexter HB, West MS, Pivarnik JM, Risser JM, et al. Iron deficiency in female athletes: its prevalence and impact on performance. *Med Sci Sports Exerc* 1988 Apr;20(2):116-21.
- (280) Malczewska J, Raczynski G, Stupnicki R. Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000 Sep;10(3):260-76.
- (281) Wilkinson JG, Martin DT, Adams AA, Liebman M. Iron status in cyclists during high-intensity interval training and recovery. *Int J Sports Med* 2002 Nov;23(8):544-8.
- (282) Bourque SP, Pate RR, Branch JD. Twelve weeks of endurance exercise training does not affect iron status measures in women. *J Am Diet Assoc* 1997 Oct;97(10):1116-21.
- (283) Rajaram S, Weaver CM, Lyle RM, Sedlock DA, Martin B, Templin TJ, et al. Effects of long-term moderate exercise on iron status in young women. *Med Sci Sports Exerc* 1995 Aug;27(8):1105-10.
- (284) Zoller H, Vogel W. Iron supplementation in athletes--first do no harm. *Nutrition* 2004 Jul;20(7-8):615-9.
- (285) Nielsen P, Nachtigall D. Iron supplementation in athletes. Current recommendations. *Sports Med* 1998 Oct;26(4):207-16.
- (286) Blee T, Goodman C, Dawson B, Stapff A. The effect of intramuscular iron injections on serum ferritin levels and physical performance in elite netballers. *J Sci Med Sport* 1999 Dec;2(4):311-21.
- (287) Peeling P, Blee T, Goodman C, Dawson B, Claydon G, Beilby J, et al. Effect of iron injections on aerobic-exercise performance of iron-depleted female athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007 Jun;17(3):221-31.

- (288) Brutsaert TD, Hernandez-Cordero S, Rivera J, Viola T, Hughes G, Haas JD. Iron supplementation improves progressive fatigue resistance during dynamic knee extensor exercise in iron-depleted, nonanemic women. *Am J Clin Nutr* 2003 Feb;77(2):441-8.
- (289) Hinton PS, Giordano C, Brownlie T, Haas JD. Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *J Appl Physiol* 2000;88:1103-11.
- (290) Brownlie T 4th, Utermohlen V, Hinton PS, Haas JD. Tissue iron deficiency without anemia impairs adaption in endurance capacity after aerobic training in previously untrained women. *Am J Clin Nutr* 2004;79:437-43.
- (291) Lauritzen L, Hansen HS, Jorgensen MH, Michaelsen KF. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Prog Lipid Res* 2001 Jan;40:1-94.
- (292) Hansen HS. Linoleic acid and epidermal water barrier. In: Galli C, Simopoulos AP, editors. *Dietary w3 and W6 Fatty Acids: Biological Effects and Nutritional Essentiality*. London: Plenum Press; 1989. p. 333-42.
- (293) Alexander J, Anderssen SA, Aro A, Becker W, Fogelholm M, Lyhne N, et al. *Nordic Nutrition Recommendations 2004*. 4 ed. Copenhagen: Nordic Council; 2004.
- (294) Tjonneland A, Overvad K, Thorling E, Ewertz M. Adipose tissue fatty acids as biomarkers of dietary exposure in Danish men and women. *Am J Clin Nutr* 1993;57:629-33.
- (295) Marckmann P, Lassen A, Haraldsdottir H, Sandström B. Biomarkers of habitual fish intake in adipose tissue. *Am J Clin Nutr* 1995;62:956-9.
- (296) Gebauer SK, Psota TL, Harris WS, Kris-Etherton PM. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Am J Clin Nutr* 2006 Jun;83:1526S-35S.
- (297) Hulbert AJ, Pamplona R, Buffenstein R, Buttemer WA. Life and death: metabolic rate, membrane composition, and life span of animals. *Physiol Rev* 2007 Oct;87(4):1175-213.
- (298) Valencak TG, Ruf T. N-3 polyunsaturated fatty acids impair lifespan but have no role for metabolism. *Aging Cell* 2007 Jan;6(1):15-25.
- (299) Bortolotti M, Tappy L, Schneiter P. Fish oil supplementation does not alter energy efficiency in healthy males. *Clin Nutr* 2007 Apr;26(2):225-30.
- (300) Raastad T, Hostmark AT, Stromme SB. Omega-3 fatty acid supplementation does not improve maximal aerobic power, anaerobic threshold and running performance in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 1997 Feb;7(1):25-31.
- (301) Ruf T, Valencak T, Tataruch F, Arnold W. Running Speed in Mammals Increases with Muscle n-6 Polyunsaturated Fatty Acid Content. *PLoS ONE* 2006;1:e65.
- (302) Helge JW, Wu BJ, Willer M, Daugaard JR, Storlien LH, Kiens B. Training affects muscle phospholipid fatty acid composition in humans. *J Appl Physiol* 2001 Feb;90:670-7.

- (303) Lowery LM. Dietary fat and sports nutrition: A primer. *Journal of Sports Science and Medicine* 2004;3:106-17.
- (304) Von Schacky C, Harris WS. Cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids. *Cardiovasc Res* 2007 Jan 15;73(2):310-5.
- (305) Goldberg RJ, Katz J. A meta-analysis of the analgesic effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for inflammatory joint pain. *Pain* 2007 May;129(1-2):210-23.
- (306) Mickleborough TD, Murray RL, Ionescu AA, Lindley MR. Fish oil supplementation reduces severity of exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes. *Am J Respir Crit Care Med* 2003 Nov 15;168:1181-9.
- (307) Milte CM, Coates AM, Buckley JD, Hill AM, Howe PR. Dose-dependent effects of docosahexaenoic acid-rich fish oil on erythrocyte docosahexaenoic acid and blood lipid levels. *Br J Nutr* 2007 Oct 31;1-6.
- (308) Couet C, Delarue J, Ritz P, Antoine J-M, Lamisse F. Effect of dietary fish oil on body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. *Int J Obes* 1997;21:637-43.
- (309) Hill AM, Buckley JD, Murphy KJ, Howe PR. Combining fish-oil supplements with regular aerobic exercise improves body composition and cardiovascular disease risk factors. *Am J Clin Nutr* 2007 May;85(5):1267-74.
- (310) Kabir M, Skurnik G, Naour N, Pechtner V, Meugnier E, Rome S, et al. Treatment for 2 mo with n 3 polyunsaturated fatty acids reduces adiposity and some atherogenic factors but does not improve insulin sensitivity in women with type 2 diabetes: a randomized controlled study. *Am J Clin Nutr* 2007 Dec;86(6):1670-9.
- (311) Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2003 Feb;23:E20-E31.
- (312) Berning JR. The role of medium-chain triglycerides in exercise. *Int J Sport Nutr* 1996 Jun;6(2):121-33.
- (313) Silveira MB, Carraro R, Monereo S, Tebar J. Conjugated linoleic acid (CLA) and obesity. *Public Health Nutr* 2007 Oct;10(10A):1181-6.
- (314) Colakoglu S, Colakoglu M, Taneli F, Cetinoz F, Turkmen M. Cumulative effects of conjugated linoleic acid and exercise on endurance development, body composition, serum leptin and insulin levels. *J Sports Med Phys Fitness* 2006 Dec;46(4):570-7.
- (315) Poirier H, Shapiro JS, Kim RJ, Lazar MA. Nutritional supplementation with trans-10, cis-12-conjugated linoleic acid induces inflammation of white adipose tissue. *Diabetes* 2006 Jun;55:1634-41.
- (316) Taylor JSW, Williams SRP, Rhys R, James P, Frenneaux MP. Conjugated linoleic acid impairs endothelial function. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2006;26:307-12.

- (317) Risérus U, Vessby B, Arner P, Zethelius B. Supplementation with trans10cis12-conjugated linoleic acid induces hyperproinsulinaemia in obese men: close association with impaired insulin sensitivity. *Diabetologia* 2004 Jun;47:1016-9.
- (318) Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005 Dec;15(6):665-79.
- (319) Heinonen OJ. Carnitine and physical exercise. *Sports Med* 1996 Aug;22(2):109-32.
- (320) Lee JK, Lee JS, Park H, Cha YS, Yoon CS, Kim CK. Effect of L-carnitine supplementation and aerobic training on FABPc content and beta-HAD activity in human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 2007 Jan;99(2):193-9.
- (321) Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Eur J Appl Physiol* 2005 Dec;95(5-6):431-5.
- (322) Vollaard NB, Cooper CE, Shearman JP. Exercise-induced oxidative stress in overload training and tapering. *Med Sci Sports Exerc* 2006 Jul;38(7):1335-41.
- (323) Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr* 2000;72:637-46.
- (324) Nielsen AN, Mizuno M, Ratkevicius A, Mohr T, Rohde M, Mortensen SA, et al. No effect of antioxidant supplementation in triathletes on maximal oxygen uptake, 31P-NMRS detected muscle energy metabolism and muscle fatigue. *Int J Sports Med* 1999 Apr;20(3):154-8.
- (325) Kaikkonen J, Kosonen L, Nyyssonen K, Porkkala-Sarataho E, Salonen R, Korpela H, et al. Effect of combined coenzyme Q10 and d-alpha-tocopheryl acetate supplementation on exercise-induced lipid peroxidation and muscular damage: a placebo-controlled double-blind study in marathon runners. *Free Radic Res* 1998 Jul;29(1):85-92.
- (326) Weston SB, Zhou S, Weatherby RP, Robson SJ. Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes? *Int J Sport Nutr* 1997 Sep;7(3):197-206.
- (327) Skibsted LH, Dragsted LO, Dyerberg J, Hansen HS, Kiens B, Ovesen L, et al. Antioxidanter og helbred. Søborg: Motions og Ernæringsrådet; 2006.
- (328) Wald G, Brouha L, Johnson R. Experimental human vitamin A deficiency and ability to perform muscular exercise. *Am J Physiol* 1942;137:551-556

13. Bilag

Interessekonflikterklæring - relation til nærværende rapport

Dækkende perioden 2007 – 2008

Lektor, cand.scient., ph.d. Kristian Overgaard , Center for Idræt, Århus Universitet	Der er ikke nogen engagementer at oplyse.
Professor, dr.scient. Harald S. Hansen , Det farmaceutiske fakultet, Københavns Universitet	Forskningsstøtte, herunder ph.d.-projekter med hel eller delvis industrifinansiering: Novonordisk Fonden, Ferrosan a/s, IMK-almene Fond, Rheoscience a/s, Novo Nordisk a/s, Lundbeckfonden. Patenter: Patent sammen med Rheoscience a/s om et stof der nedsætter fødeindtagelsen.
Cand.scient., stud. ph.d. Mette Hansen ,	Forskningsstøtte, herunder ph.d.-projekter med hel eller delvis industrifinansiering: Gigtfonden. Konsulentopgaver: Sonofi Aventis. Ejerskab: mhhealthconsult.
Professor, dr.scient. Bente Kiens , Institut for Idræt, Københavns Universitet	Forskningsstøtte, herunder ph.d.-projekter med hel eller delvis industrifinansiering: Unilever, UK. Tillidsposter/repræsentation i følgende rådgivende organer: Det rådgivende udvalg for fødevarerforskning.
Cand.scient., ph.d. Thue Kvorning , Team Danmark	Der er ikke nogen engagementer at oplyse.
Lektor, cand.scient., ph.d. Lars Nybo Nielsen , Institut for Idræt, Københavns Universitet	Konsulentopgaver: Team Danmark. Tillidsposter/repræsentation i følgende organer: Bestyrelsesmedlem i Team-Løgstør – Cycling for Health.
Seniorforsker, cand.scient., ph.d. Lone Banke Rasmussen , Fødevarerinstitutionen, Danmarks Tekniske Universitet	Der er ikke nogen engagementer at oplyse.
Akademisk medarbejder, cand.scient. Peter Gjerndrup Aagaard , Motions- og Ernæringsrådets sekretariat	Ansættelser: Dopingkontrollant i Anti Doping Danmark