
Voedingsnormen

**energie, eiwitten, vetten en
verteerbare koolhydraten**

Gezondheidsraad

Health Council of the Netherlands

Aan de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Onderwerp : aanbieding advies
Ons kenmerk : U 1494/CS/cn/551-D1
Bijlagen : 1
Datum : 18 juli 2001

Hierbij bied ik u een advies aan met de nieuwe voedingsnormen voor energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten, vastgesteld door een daartoe ingestelde commissie, gehoord de Beraadsgroepen Voeding en Geneeskunde. Dit advies is het tweede in een serie ter herziening van de in 1992 door de toenmalige Voedingsraad vastgestelde Nederlandse voedingsnormen. De voedingsnormen zijn van groot belang voor de voedingsvoorlichting.

Bij deze wil ik graag wijzen op een drietal mijns inziens belangrijke punten in het advies. Ten eerste steun ik het commissiestandpunt dat een te hoge inneming van energie, veelal in combinatie met een weinig actieve leefstijl, de belangrijkste oorzaak is van overgewicht. Ten tweede ondersteun ik ook de genuanceerde benadering wat betreft de gewenste totale hoeveelheid vetten in de voeding. Ik onderstreep dat de nieuwe aanbeveling voor mensen met en zonder problemen van overgewicht uiteen loopt. Ten derde wil ik benadrukken dat een vermindering van de consumptie van verzadigde en *trans*-vetzuren in Nederland van groot belang is voor de volksgezondheid. Een groot deel van de verzadigde vetzuren in het voedsel is afkomstig uit producten waarvan de vetzuursamenstelling door de consument niet of nauwelijks te beïnvloeden is. Ik bepleit dan ook dat het bedrijfsleven doorgaat met innovatieve ontwikkelingen gericht op verbetering van de vetzuursamenstelling van het voedsel.

Ik heb dit advies vandaag ook aangeboden aan de Staatssecretaris van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

prof. dr JGAJ Hautvast

Bezoekadres
Parnassusplein 5
2511 VX Den Haag
Telefoon (070) 340 75 20
email: GR@gr.nl

Postadres
Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefax (070) 340 75 23

Voedingsnormen

energie, eiwitten, vetten en
verteerbare koolhydraten

aan:

de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de Staatssecretaris van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Nr 2001/19R, Den Haag, 18 juli 2001 (gecorrigeerde editie: juni 2002)

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement “voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid” (art. 21 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer, Sociale Zaken & Werkgelegenheid, en Landbouw, Natuurbeheer & Visserij. De Raad kan ook eigener beweging adviezen uitbrengen. Het gaat dan als regel om het signaleren van ontwikkelingen of trends die van belang kunnen zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden in bijna alle gevallen opgesteld door multidisciplinair samengestelde commissies van—op persoonlijke titel benoemde—Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad. Voedingsnormen: energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/19R (gecorrigeerde editie: juni 2002).

Preferred citation:

Health Council of the Netherlands. Dietary Reference Intakes: energy, proteins, fats and digestible carbohydrates. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication no. 2001/19R (corrected edition: June 2002).

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

ISBN: 90-5549-384-8

Inhoud

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 9

Executive summary 15

1 Algemene inleiding en begripsbepaling 21

2 Energie 47

3 Eiwitten 69

4 Vetten 85

5 Verteerbare koolhydraten 141

Bijlagen 155

A Commissie en werkgroep 157

B Voedingsnormen in andere rapporten 161

C Inneming van energie en van de voedingsstoffen behandeld in dit advies 167

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In 1992 publiceerde de toenmalige Voedingsraad de ‘Nederlandse voedingsnormen’. Deze waren hoofdzakelijk gericht op de preventie van deficiëntieverschijnselen. De laatste jaren wijzen steeds meer onderzoeksresultaten erop dat bepaalde voedingsstoffen chronische ziekten kunnen helpen voorkomen. Mede daarom werd herziening van de voedingsnormen wenselijk. De Commissie Voedingsnormen van de Gezondheidsraad is belast met deze taak en legt haar bevindingen neer in een reeks adviezen. Het eerste advies, met de voedingsnormen voor calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, panthoteenzuur en biotine, verscheen in juli 2000. Het voorliggende tweede advies betreft de voedingsnormen voor energie en voor de zogenoemde macrovoedingsstoffen eiwit, vetten en verteerbare koolhydraten. Dit zijn de stoffen in de voeding die energie leveren en waaraan het lichaam een fysiologische behoefte heeft; alcohol levert ook energie, maar blijft in dit advies buiten beschouwing. De samenhang tussen energie en de macrovoedingsstoffen komt bij veel voedingsnormen tot uiting door de formulering in termen van het energiepercentage. Dat is de procentuele bijdrage van de stof aan de totale inneming van energie.

De term voedingsnormen is een verzamelnaam voor de gemiddelde behoefte, aanbevolen hoeveelheid, adequate inneming en aanvaardbare bovengrens. De behoefte aan een voedingsstof is de inneming die deficiëntieverschijnselen voorkomt en de kans op chronische ziekten zo klein mogelijk houdt. De gemiddelde behoefte is — bij een normale spreiding van de behoefte — het niveau van inneming dat toereikend is voor de helft van de populatie. De aanbevolen hoeveelheid wordt berekend als de gemiddelde behoefte plus tweemaal de standaarddeviatie van de behoefte. Deze inneming is voldoende.

de voor vrijwel alle mensen in de beschouwde groep. Ook als de gemiddelde behoefte onbekend is, bepaalt de commissie welk niveau van inneming voldoende is voor de gehele populatie. Dan spreekt zij echter niet van ‘aanbevolen hoeveelheid’, maar van ‘adequate inneming’. Ten slotte specificceert de commissie de aanvaardbare bovengrens van inneming. Dit is de inneming waarboven de kans bestaat dat ongewenste effecten optreden.

De voedingsnormen zijn bedoeld voor de gezonde populatie. De commissie geeft afzonderlijke waarden voor zuigelingen, kinderen, adolescenten, volwassenen en ouderen en maakt in veel gevallen onderscheid naar geslacht. Ook heeft zij voedingsnormen vastgesteld voor zwangere en lacterende vrouwen. De twee tabellen aan het einde van deze samenvatting bevatten alle voedingsnormen die in dit advies zijn afgeleid. De belangrijkste veranderingen ten opzichte van de vorige Nederlandse voedingsnormen en verschillen met normen in het buitenland komen in deze samenvatting kort aan de orde.

Voor de preventie van overgewicht en ongewenste gewichtstoename is het primair van belang dat ieders inneming van energie overeenkomt met de persoonlijke behoefte. De commissie geeft formules waarmee men deze persoonlijke energiebehoefte kan schatten op basis van de leeftijd, het lichaamsgewicht en de mate van lichamelijke activiteit. Voor energie geeft zij slechts één voedingsnorm: de gemiddelde behoefte.

De aanbevolen hoeveelheden voor eiwitten zijn lager dan de vorige Nederlandse waarden en stemmen nu meer overeen met die in andere landen. De waarden voor gezonde volwassenen met een gemengde voeding liggen rond de tien energieprocent. Voor mensen met een lacto-ovovegetarisch en een veganistisch voedingspatroon zijn de aanbevolen hoeveelheden voor eiwitten respectievelijk 1,2 en 1,3 maal hoger dan de in het advies afgeleide waarden. Dat komt omdat bij deze voedingspatronen de eiwitkwaliteit iets minder is dan bij een voeding met vlees(producten). De aanvaardbare bovengrens voor eiwitten is 25 energieprocent.

Met betrekking tot de totale vetconsumptie maakt de commissie onderscheid tussen mensen met een wenselijk lichaamsgewicht en mensen met overgewicht of ongewenste gewichtstoename. Dit is nieuw ten opzichte van buitenlandse en de vorige Nederlandse voedingsnormen. Voor mensen met een wenselijk en constant lichaamsgewicht acht de commissie ieder niveau van inneming tussen 20 en 40 energieprocent adequaat. Voor mensen met overgewicht of met een ongewenste toename van het lichaamsgewicht geeft zij dezelfde ondergrens, maar een lagere bovengrens: 20 tot 30 à 35 energieprocent. Aanleiding voor dit onderscheid is de bevinding dat een voeding met een lager vetgehalte het lichaamsgewicht kan doen dalen of de bij vorderende leeftijd optredende gewichtstoename kan tegengaan. Energie — en niet vet — is daarbij echter de bepalende factor; ook bij een vetarme voeding leidt een te hoge energie-inneming tot overgewicht. De kans op overconsumptie van energie is bij een vetrijke voeding echter groter. Het

effect op het lichaamsgewicht is bescheiden: een voeding met een kwart minder vet (30 in plaats van 40 energieprocent) doet het lichaamsgewicht dalen met naar schatting gemiddeld twee tot drie kilogram. De commissie meent echter dat ook dit kleine effect op het lichaamsgewicht een bijdrage kan leveren aan de preventie van diabetes mellitus type 2 en — in mindere mate — coronaire hartziekten. Het groeiende probleem van overgewicht in Nederland maakt een aanpak op meerdere fronten wenselijk. De commissie noemt in dit verband ook het belang van voldoende lichaamsbeweging.

Behalve aan de voedingsnormen voor de totale vetconsumptie besteedt de commissie veel aandacht aan de samenstelling van het voedingsvet*. Het gaat hier om verzadigde vetzuren, *trans*-vetzuren, enkelvoudig onverzadigde vetzuren en (bepaalde) meervoudig onverzadigde vetzuren. De commissie adviseert een zo laag mogelijke inneming van verzadigde vetzuren en *trans*-vetzuren, omdat deze de kans op coronaire hartziekten vergroten. De aanvaardbare bovengrens is tien energieprocent voor verzadigde vetzuren en één energieprocent voor *trans*-vetzuren. Deze norm impliceert dat 90% van de Nederlanders de inneming van deze vetzuren moet verlagen. Vervanging van verzadigde door onverzadigde vetzuren verkleint de kans op coronaire hartziekten. Het grootste deel van de vetconsumptie moet daarom bestaan uit consumptie van enkelvoudig en meervoudig onverzadigde vetzuren. De commissie ziet geen aanleiding de inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren te begrenzen. Voor alle meervoudig onverzadigde vetzuren tezamen geeft zij een aanvaardbare bovengrens van 12 energieprocent. Bij een inneming van linolzuur van ten minste twee energieprocent is de kans op een tekort nihil. Hoewel de consumptie van veel alfa-linoleenzuur volgens sommige onderzoeken de kans op prostaatkanker zou verhogen, acht de commissie de wetenschappelijke bewijskracht voor dit ongewenste effect onvoldoende. Op basis van hun gunstige invloed op coronaire hartziekten stelt de commissie voor volwassenen de adequate inneming van alfa-linoleenzuur op één energieprocent en die van de n-3 vetzuren uit vis op 0,2 gram per dag. De adequate inneming voor alfa-linoleenzuur is relatief hoog in vergelijking tot voedingsnormen uit het buitenland.

De aanbevolen hoeveelheden voor verteerbare koolhydraten — voor volwassenen 40 energieprocent — zijn lager dan de adequate innemingen volgens de vorige Nederlandse voedingsnormen en de buitenlandse adviezen. De reden hiervan is dat de commissie zich baseert op een schatting van de behoefte aan koolhydraten, terwijl koolhydraten in de meeste andere adviezen worden benaderd als ‘sluitpost’ van de energievoorziening. De commissie stelt geen bovengrens aan de inneming van koolhydraten.

* Een toelichting van de terminologie van vetzuren is te vinden in paragrafen 4.1.1 en 4.1.2.

Voedingsnormen voor de leeftijdsgroepen tot één jaar en voor zwangere en lacterende vrouwen.

voedingsstof	voedingsnorm ^a	geslacht ^b	eenheid ^c	leeftijd in maanden			zwangerschap	lactatie
				0-2	3-5	6-11		
energie	GB	M/V	MJ/[kg.d]	0,39	0,35	0,35	-	-
	GB	V	MJ/d	-	-	-	+1,2 ^d	+2,1 ^e
eiwitten	AH ^f	M	g/d	9	10	10	-	-
	AH ^f	V	g/d	8	9	10	62	65
	AH ^f	M	en%	8	7	6	-	-
	AH ^f	V	en%	8	6	6	9	9
	AB	M/V	en%	10	10	15	25	25
vetten	AI	M/V	en%	45-50	45-50	40	zie M/V ≥ 4 jr	
	AB	M/V	en%	-	-	-	zie M/V ≥ 4 jr	
• linolzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	0,6	0,6	-	-	-
	AI	M/V	en%	-	-	2	2,5	2,5
• alfa-linoleenzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	0,08	0,08	-	-	-
	AI	M/V	en%	-	-	1	1	1
• docosahexaeenzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	0,02	0,02	-	-	-
• n-3 vetzuren uit vis ^e	AI	M/V	g/d	-	-	0,15-0,2	0,2	0,2
• arachidonzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	0,04	0,04	-	-	-
• meervoudig onverzadigde vetzuren ^e	AB	M/V	en%	-	-	12	12	12
• enkel- plus meervoudig onverzadigde vetzuren ^{e,h}	AI	M/V	en%	-	-	-	zie M/V ≥ 4 jr	
• verzadigde vetzuren	AI	M/V	en%	25	25	-	z.l.m. ⁱ	z.l.m.
	AB	M/V	en%	-	-	20	10	10
• <i>trans</i> -vetzuren	AI	M/V	en%	-	-	-	z.l.m.	z.l.m.
	AB	M/V	en%	-	-	-	1	1
koolhydraten	AI	M/V	g/[kg.d]	10	10	-	-	-
	AH ^f	M/V	en%	-	-	50	40	40

^a GB = gemiddelde behoefte

AH = aanbevolen hoeveelheid

AI = adequate inneming

AB = aanvaardbare bovengrens van inneming

^b M = jongens en mannen

V = meisjes en vrouwen

^c en% = het percentage van de totale inneming van energie

^d uitgaande van een vermindering van lichamelijke activiteiten tijdens de zwangerschap

^e uitgaande van een gemiddelde verbranding van 0,5 kg lichaamsvet per maand tijdens de lactatie

waar de commissie een aanbevolen hoeveelheid geeft, heeft zij ook een gemiddelde behoefte afgeleid (zie voor de waarden de betreffende hoofdstukken van dit advies).

Voedingsnormen voor de leeftijdsgroepen vanaf 1 jaar.

voedingsstof	voedingsnorm ^a	geslacht ^b	eenheid ^c	leeftijd in jaren							
				1-3	4-8	9-13	14-18	19-30	31-50	51-70	>70
energie	GB	M	MJ/d	5,0	7,2	10,6	14,0	12,9	12,2	11,0	9,3
	GB	V	MJ/d	4,7	6,5	9,5	10,4	10,2	9,7	9,0	7,8
eiwitten	AH ^f	M	g/d	14	22	36	56	61	59	60	60
	AH ^f	V	g/d	13	21	37	49	52	50	52	51
	AH ^f	M	en%	5	5	6	7	8	8	9	11
	AH ^f	V	en%	5	5	6	8	9	9	10	11
	AB	M/V	en%	20	25	25	25	25	25	25	25
vetten	AI	M/V	en%	25-40 bij wenselijk lichaamsgewicht: 20-40; bij overgewicht of ongewenste gewichtstoename: 20-30/35							
	AB	M/V	en%	40	40 of 30/35, zie de AI voor vetten (hierboven)						
• linolzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	AI	M/V	en%	2	2	2	2	2	2	2	2
• alfa-linoleenzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	AI	M/V	en%	1	1	1	1	1	1	1	1
• docosahexaeenzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
• n-3 vetzuren uit vis ^e	AI	M/V	g/d	0,15 - 0,2	0,15 - 0,2	0,15 - 0,2	0,15 - 0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
• arachidonzuur ^e	AI	M/V	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
• meervoudig onverzadigde vetzuren ^e	AB	M/V	en%	12	12	12	12	12	12	12	12
• enkel- plus meervoudig onverzadigde vetzuren ^{e,h}	AI	M/V	en%	-	bij wenselijk lichaamsgewicht: 8-38; bij overgewicht of ongewenste gewichtstoename: 8-28/33 ^h						
• verzadigde vetzuren	AI	M/V	en%	-	z.l.m. ⁱ	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.
	AB	M/V	en%	15	10	10	10	10	10	10	10
• trans-vetzuren	AI	M/V	en%	-	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.	z.l.m.
	AB	M/V	en%	-	1	1	1	1	1	1	1
koolhydraten	AI	M/V	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	AH ^f	M/V	en%	45	45	45	40	40	40	40	40

^f overall waar een aanbevolen hoeveelheid is gegeven, is ook de gemiddelde behoefte afgeleid; de laatstbedoelde waarden zijn echter niet in deze tabel opgenomen, maar terug te vinden in de hoofdstukken over de betreffende voedingsstoffen

^e het betreft de vetzuren met de *cis*-configuratie

^h de adequate inneming voor enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren is niet gebaseerd op onderzoeksresultaten over deze vetzuurgroep, maar berekend op basis van de voedingsnormen voor vetten, verzadigde vetzuren en trans-vetzuren

ⁱ z.l.m. = zo laag mogelijk

- = geen waarde vastgesteld

Executive summary

Health Council of the Netherlands. Dietary reference intakes: energy, proteins, fats, and digestible carbohydrates. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication no. 2001/19R

In 1992, the former Food and Nutrition Council of the Netherlands published dietary reference intakes. These were primarily aimed at the prevention of deficiency symptoms. In recent years, increasing numbers of studies have shown that certain nutrients can help to prevent chronic diseases. Partly as a result of this, it became necessary to review the dietary reference intakes. The Health Council's Committee on Dietary Reference Intakes, which is charged with this task, sets out its findings in a series of recommendations. The first recommendation, containing the dietary reference intakes for calcium, vitamin D, thiamin, riboflavin, niacin, pantothenic acid and biotin, was published in July 2000. The present recommendation, the second in the series, contains the dietary reference intakes for energy, as well as for proteins, fats and digestible carbohydrates (the so-called macronutrients). These are the substances in the diet that provide energy, and for which the body has a physiological requirement. Although alcohol also supplies energy, it has not been included in this recommendation. The link between energy and the macronutrients is expressed in many dietary reference intakes, by describing nutrients in terms of energy percentage. This is the nutrient's contribution as a percentage of the total energy intake.

The term 'dietary reference intakes' is a collective term for the estimated average requirement, recommended dietary allowance, adequate intake and tolerable upper intake level. The requirement for a nutrient is the intake that prevents symptoms of deficiency and that keeps the risk of chronic disease as small as possible. Given a requirement with a normal distribution, the estimated average requirement is the level of intake that is adequate for half of the population. The recommended dietary allowance

is calculated as the estimated average requirement plus twice the standard deviation of the requirement. This intake is adequate for virtually all of the individuals in the group in question. Even where the estimated average requirement is unknown, the Committee determines the level of intake that is sufficient for the entire population. In such cases, the Committee refers to 'adequate intake' rather than 'recommended dietary allowance'. Finally, the Committee specifies the tolerable upper intake level. This is the level of intake above which there is a chance that adverse effects will occur.

The dietary reference intakes are intended for use by the healthy section of the population. The Committee gives separate values for infants, young children, adolescents, adults and the elderly. In many cases, the Committee makes distinctions on the basis of gender. It has also established dietary reference intakes for pregnant women and women who are breastfeeding infants. The two tables at the end of this summary contain all of the dietary reference intakes that have been derived in this recommendation. In this executive summary, the major changes relative to the previous Dutch dietary reference intakes are discussed, as are the differences with dietary reference intakes in use in foreign countries.

In order to prevent overweight and undesirable weight gains, it is of crucial importance that everyone's energy intake conform to their personal requirement. The Committee provides formulae that individuals can use to estimate their personal energy requirement on the basis of age, body weight and level of physical activity. In the case of energy, the Committee provides just one dietary reference value: the estimated average requirement.

The recommended dietary allowances for protein, which are lower than in the previous Dutch values, now show greater conformity with those in other countries. The values for healthy adults with a mixed diet are around ten percent of the energy intake. The recommended dietary allowances for individuals with a lacto-ovo vegetarian dietary pattern and a vegan dietary pattern are respectively 1.2 and 1.3 times higher than the values derived in the recommendation. This is because the protein quality of these dietary patterns is a little less than in diets that include meat or meat products. The tolerable upper intake level for proteins is 25 percent of the energy intake.

With regard to the total consumption of fat, the Committee distinguishes between people with an optimum weight and those who are overweight or who experience undesirable weight gains. This is a new element, relative to foreign dietary reference intakes and to previous Dutch dietary reference intakes. For individuals whose weight is optimum and constant, the Committee feels that any level of intake between 20 and 40 percent of total energy intake is adequate.

The Committee cites the same lower limit for individuals who are overweight or who experience undesirable weight gains, however the upper limit is lower (20 to 30 or 35 percent of total energy intake). The reason for this distinction is the finding that a low-fat diet can lead to a reduction in weight or can combat the weight gain with increasing age. Energy, rather than fat, is the deciding factor in this case. Even those on a low-fat diet can become overweight if their energy intake is excessive. However, individuals on a high-fat diet are more likely to consume excessive amounts of energy. The effect on body weight is quite modest. A diet in which the amount of fat has been reduced by one quarter (30 percent of energy intake rather than 40 percent) produces an estimated average reduction in body weight of two to three kilograms. The Committee feels, however, that even this slight effect on body weight can contribute to the prevention of diabetes mellitus type 2 and (to a lesser extent) coronary artery disease. In the Netherlands, the growing problem of overweight needs to be tackled on a variety of fronts. In this connection, the Committee also mentions the importance of adequate levels of physical activity.

In addition to the dietary reference intakes for total fat consumption, the Committee has focused to a large extent on the composition of dietary fat*. This involves saturated fatty acids, trans fatty acids, monounsaturated fatty acids and (some) polyunsaturated fatty acids. The Committee recommends that the intake of saturated fatty acids and *trans* fatty acids should be as low as possible, since these substances increase the risk of coronary artery disease. The tolerable upper limit is ten percent of energy intake for saturated fatty acids and one percent of energy intake for *trans* fatty acids. This dietary reference value implies that 90% of the Dutch population must reduce their intake of these fatty acids. The risk of coronary artery disease can be reduced by replacing saturated fatty acids with unsaturated fatty acids. Most of the fat consumed should therefore consist of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The Committee sees no reason to limit the intake of monounsaturated fatty acids. For all of the polyunsaturated fatty acids together, it recommends a tolerable upper limit of 12 percent of energy intake. If an amount of linoleic acid equivalent to at least two percent of energy intake is consumed then the risk of deficiency will be zero. Although some studies associate the consumption of large quantities of alpha-linolenic acid with an increased risk of prostate cancer, the Committee takes the view that there is insufficient scientific evidence for this adverse effect. In view of the beneficial effect on the risk of coronary artery disease, the Committee proposes the following adequate intakes for adults: alpha-linolenic acid, one percent of energy intake, and n-3 fatty acids from fish, 0.2 grams per day. This adequate intake for alpha-linolenic acid is relatively high compared to that used in foreign dietary reference intakes.

* An explanation of fatty-acid terminology is given in sections 4.1.1 and 4.1.2.

The recommended dietary allowances for digestible carbohydrates (40 percent of energy intake in the case of adults) are lower than the adequate intakes quoted in the previous Dutch dietary reference intakes and in foreign recommendations. The reason for this is that the Committee works on the basis of an estimate of the carbohydrate requirement, while most other recommendations treat carbohydrates as a way of balancing the energy needs. The Committee has set no upper limit for carbohydrate intake.

Dietary reference intakes for all age groups up to one year of age, for pregnant and lactating women.

nutrient	dietary reference intake ^a	gender ^b	unit ^c	age in months			pregnancy	lactation
				0-2	3-5	6-11		
energy	EAR	M/F	MJ/[kg.d]	0,39	0,35	0,35	-	-
	EAR	F	MJ/d	-	-	-	+1,2 ^d	+2,1 ^e
proteins	RDA ^f	M	g/d	9	10	10	-	-
	RDA ^f	F	g/d	8	9	10	62	65
	RDA ^f	M	en%	8	7	6	-	-
	RDA ^f	F	en%	8	6	6	9	9
	UL	M/F	en%	10	10	15	25	25
fats	AI	M/F	en%	45-50	45-50	40	see M/F ≥ age 4	
	UL	M/F	en%	-	-	-	see M/F ≥ age 4	
• linoleic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	0,6	0,6	-	-	-
	AI	M/F	en%	-	-	2	2,5	2,5
• alpha-linolenic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	0,08	0,08	-	-	-
	AI	M/F	en%	-	-	1	1	1
• docosahexaenoic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	0,02	0,02	-	-	-
• n-3 fatty acids from fish ^g	AI	M/F	g/d	-	-	0,15-0,2	0,2	0,2
• arachidonic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	0,04	0,04	-	-	-
• polyunsaturated fatty acids ^g	UL	M/F	en%	-	-	12	12	12
• monounsaturated and poly-unsaturated fatty acids ^{g,h}	AI	M/F	en%	-	-	-	see M/F ≥ age 4	
• saturated fatty acids	AI	M/F	en%	25	25	-	a.l.a.p. ⁱ	a.l.a.p.
	UL	M/F	en%	-	-	20	10	10
• <i>trans</i> fatty acids	AI	M/F	en%	-	-	-	a.l.a.p.	a.l.a.p.
	UL	M/F	en%	-	-	-	1	1
carbohydrates	AI	M/F	g/[kg.d]	10	10	-	-	-
	RDA ^f	M/F	en%	-	-	50	40	40

^a EAR = estimated average requirement
RDA = recommended dietary allowance
AI = adequate intake
UL = tolerable upper intake level

^b M = boys and men
F = girls and women

^c en% = percentage of total energy intake

^d based on a reduced level of physical activity during pregnancy

^e based on an average metabolic combustion of 0.5 kg of body fat per month while breastfeeding

^f where a recommended dietary allowance is given, an estimated average requirement was also derived; the latter values, however, are not presented in this table, but can be found in the chapters on the nutrients concerned

Dietary reference intakes for age groups above one year of age.

nutrient	dietary reference intake ^a	gender ^b	unit ^c	age in years							
				1-3	4-8	9-13	14-18	19-30	31-50	51-70	>70
energy	EAR	M/F	MJ/d	5,0	7,2	10,6	14,0	12,9	12,2	11,0	9,3
	EAR	F	MJ/d	4,7	6,5	9,5	10,4	10,2	9,7	9,0	7,8
proteins	RDA ^f	M	g/d	14	22	36	56	61	59	60	60
	RDA ^f	F	g/d	13	21	37	49	52	50	52	51
	RDA ^f	M	en%	5	5	6	7	8	8	9	11
	RDA ^f	F	en%	5	5	6	8	9	9	10	11
	UL	M/F	en%	20	25	25	25	25	25	25	25
fats	AI	M/F	en%	25-40	person with optimum weight: 20-40; overweight person or person with undesirable weight gains: 20-30/35						
	UL	M/F	en%	40	40 or 30/35, see the AI for fats (above)						
• linoleic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	AI	M/F	en%	2	2	2	2	2	2	2	2
• alpha-linolenic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	AI	M/F	en%	1	1	1	1	1	1	1	1
• docosahexaenoic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
• n-3 fatty acids from fish ^g	AI	M/F	g/d	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
				- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 0,2				
• arachidonic acid ^g	AI	M/F	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
• polyunsaturated fatty acids ^g	UL	M/F	en%	12	12	12	12	12	12	12	12
• monounsaturated and polyunsaturated fatty acids ^{g,h}	AI	M/F	en%	-	person with optimum weight: 8-38; overweight person or person with undesirable weight gains: 8-28/33 ^h						
• saturated fatty acids	AI	M/F	en%	-	a.l.a.p. ⁱ	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.
	UL	M/F	en%	15	10	10	10	10	10	10	10
• <i>trans</i> fatty acids	AI	M/F	en%	-	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.	a.l.a.p.
	UL	M/F	en%	-	1	1	1	1	1	1	1
carbohydrates	AI	M/F	g/[kg.d]	-	-	-	-	-	-	-	-
	RDA ^f	M/F	en%	45	45	45	40	40	40	40	40

^g fatty acids with the cis configuration

^h adequate intakes for monounsaturated fatty acids plus polyunsaturated fatty acids are not based on the results of any studies on this group of fatty acids, instead they are calculated on the basis of the dietary reference intakes for fats, saturated fats and *trans* fatty acids

ⁱ a.l.a.p. = as low as possible

- = no value set

Algemene inleiding en begripsbepaling*

-
- 1.1 Achtergrond 23
-
- 1.2 Terminologie en definities 24
- 1.2.1 Gemiddelde behoefte 26
- 1.2.2 Aanbevolen hoeveelheid 26
- 1.2.3 Adequate inneming 28
- 1.2.4 Aanvaardbare bovengrens van inneming 28
-
- 1.3 Terminologie en definities in andere rapporten over voedingsnormen 30
-
- 1.4 Methoden voor het vaststellen van de gemiddelde behoefte of de adequate inneming 31
- 1.4.1 Kans op deficiëntieziekten 31
- 1.4.2 Kans op chronische ziekten 32
- 1.4.3 Biochemische parameters van de voedingstoestand 33
- 1.4.4 Factoriële methode 33
- 1.4.5 Gemiddelde inneming 34
- 1.4.6 Interpolatie 35
-
- 1.5 Factoren die de behoefte beïnvloeden 36
-

* Op enkele kleine wijzigingen na komt dit hoofdstuk overeen met het gelijknamige hoofdstuk in het Gezondheidsraad-advies over de voedingsnormen voor calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, pantotheenzuur en biotine (advies nummer 2000/12).

1.5.1	Voedingsfactoren	37
1.5.2	Overige factoren	37
<hr/>		
1.6	Leeftijdsgroepen en categorieën	38
1.6.1	Leeftijdsgroepen tot en met 18 jaar	38
1.6.2	Leeftijdsgroepen vanaf 19 jaar	39
<hr/>		
1.7	Toepassingen	40
1.7.1	Programmeren van de voedselvoorziening voor gezonde groepen	41
1.7.2	Opstellen van voedingsrichtlijnen voor gezonde individuen	41
1.7.3	Beoordelen van consumptiecijfers van gezonde groepen	41
1.7.4	Evaluatie van de inneming van mensen bij wie een slechte voedingsstatus is aangetoond	42
1.7.5	Opstellen van Richtlijnen Goede Voeding	42
1.7.6	Toepassingen waarvoor de voedingsnormen niet bedoeld zijn	42
<hr/>		
1.8	Opzet van dit advies	43
<hr/>		
	Literatuur	43

Veelgebruikte begrippen

Gemiddelde behoefte

niveau van inneming dat bij een normale verdeling van de behoefte toereikend is voor de helft van een populatie.

Aanbevolen hoeveelheid

niveau van inneming dat toereikend is voor vrijwel de gehele populatie, afgeleid van de gemiddelde behoefte.

Adequate inneming

niveau van inneming dat toereikend is voor vrijwel de gehele populatie, afgeleid van andere gegevens dan de gemiddelde behoefte.

Aanvaardbare bovengrens van inneming

niveau van inneming waarboven de kans bestaat dat ongewenste effecten optreden.

1.1 Achtergrond

In Nederland verschenen de eerste aanbevelingen voor in te nemen hoeveelheden energie en voedingsstoffen in 1949. Ze waren opgesteld door de Commissie Voeding en Landbouwpolitiek van het toenmalige Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening. Deze commissie was tot 1959 voor de aanbevelingen verantwoordelijk en publiceerde diverse herzieningen en aanvullingen.

In 1959 nam de Commissie Voedingsnormen van de Voedingsraad haar taak over. Deze commissie heeft, in wisselende samenstelling, de aanbevelingen regelmatig getoetst aan de stand van de wetenschap en ze zo nodig bijgesteld of aangevuld. Zo is het rapport Nederlandse Voedingsnormen 1989 opgesteld op basis van de tot en met 1987 gepubliceerde wetenschappelijke literatuur. In 1992 verscheen een tweede editie, waarin voor enkele voedingsstoffen ook gegevens uit de periode 1987-1991 zijn verwerkt.

In 1995 organiseerde de Voedingsraad een internationale *workshop* over voedingsnormen. Men constateerde dat uit wetenschappelijk onderzoek steeds meer aanwijzingen naar voren komen dat — naast andere factoren — de inneming van bepaalde voedingsstoffen van invloed is op het ontstaan van chronische ziekten. Voorbeelden hiervan zijn calcium en vitamine D, voedingsstoffen waarvan men nu veronderstelt dat ze het ontstaan van osteoporose en botfracturen beïnvloeden. Onder andere op basis van deze ontwikkeling is geconcludeerd dat herziening van de geldende voedingsnormen wenselijk is. Toen in 1996 de Voedingsraad werd opgeheven, zijn de werkzaamheden waaronder herziening van de voedingsnormen overgenomen door de Gezondheidsraad.

Voor de herziening van de voedingsnormen heeft de Voorzitter van de Gezondheidsraad de Commissie Voedingsnormen ingesteld, hierna te noemen ‘de commissie’

(bijlage A). Zij legt haar bevindingen neer in een reeks adviezen. Het eerste advies uit deze reeks betrof de voedingsnormen voor calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, pantotheenzuur en biotine. Dat advies verscheen in juli 2000. Het voorliggende advies betreft de voedingsnormen voor energie en de energie-leverende voedingsstoffen eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Het is voorbereid door een werkgroep van de commissie (bijlage A).

Veranderingen in de inneming van een macrovoedingsstof gaan — als de inneming van energie gelijk blijft — per definitie samen met veranderingen in de inneming van ten minste één andere macrovoedingsstof.* Dit bemoeilijkt de interpretatie van onderzoeksgegevens en veroorzaakt een samenhang tussen de voedingsnormen voor energie en de macrovoedingsstoffen. Voor macrovoedingsstoffen zijn de voedingsnormen daarom veelal geformuleerd in termen van het energiepercentage. Dit is het aandeel dat de voedingsstof levert aan de totale inneming van energie. De commissie adviseert om bij toepassing van de voedingsnormen de energiepercentages eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten van mensen die alcohol gebruiken, te berekenen op basis van de totale inneming van energie (dus inclusief de inneming via alcoholische drank).

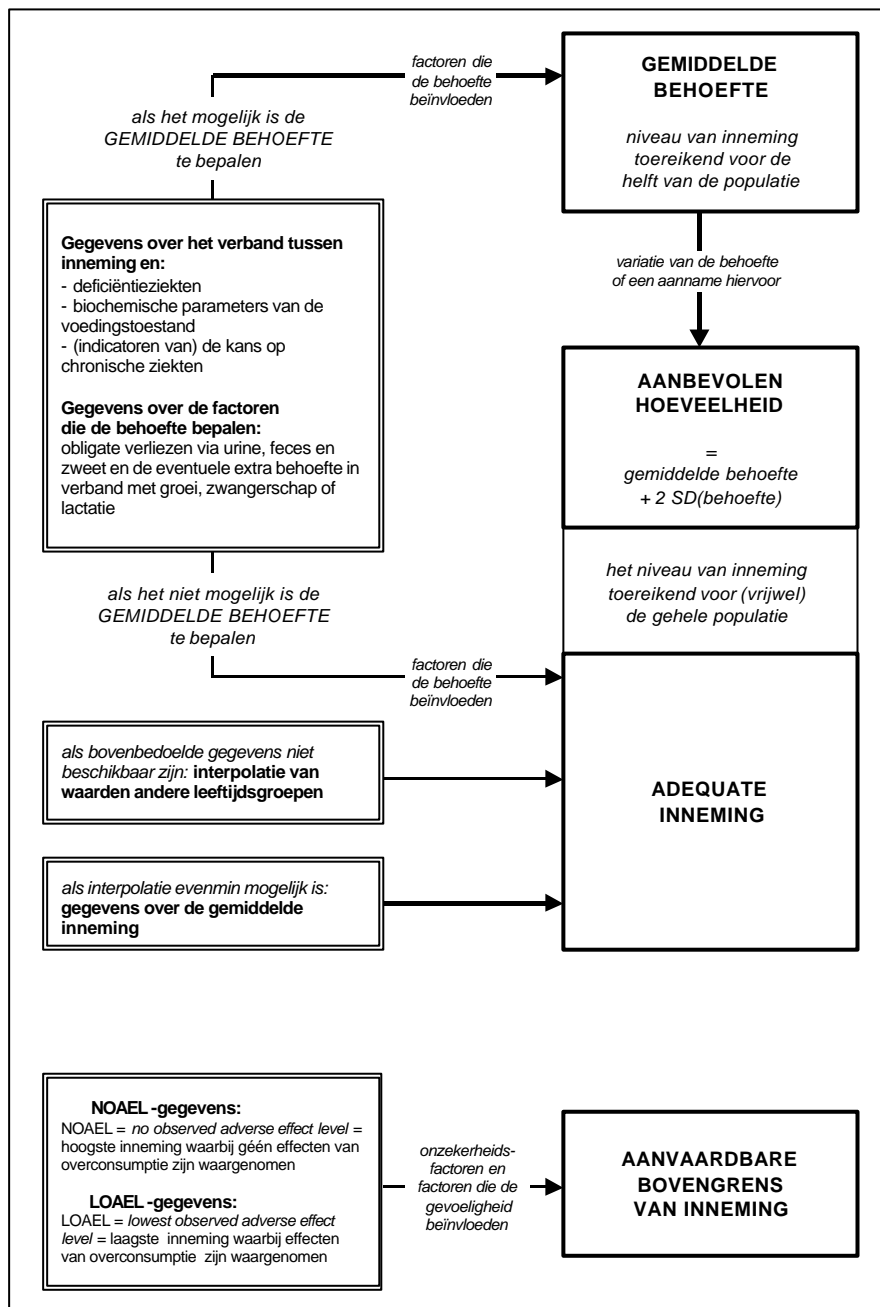
1.2 Terminologie en definities

De term ‘voedingsnormen’ is een verzamelnaam voor de volgende referentiewaarden voor energie en voedingsstoffen:

- gemiddelde behoefte
- aanbevolen hoeveelheid
- adequate inneming
- aanvaardbare bovengrens van inneming.

Figuur 1.1 geeft weer hoe de voedingsnormen worden afgeleid. Zowel de aanbevolen hoeveelheid als de adequate inneming zijn kwantificeringen van de inneming die de commissie om gezondheidskundige redenen wenselijk acht. Deze grootheden worden echter op verschillende wijze afgeleid (zie 1.2.2 en 1.2.3).

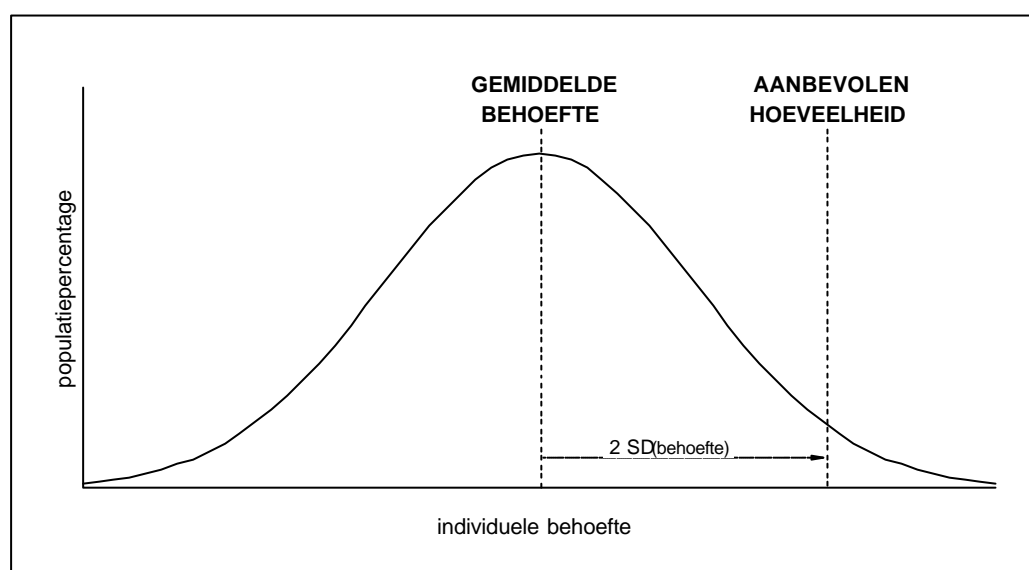
* De macrovoedingsstoffen of energie leverende voedingsstoffen zijn eiwitten, vetten en koolhydraten. Ook alcohol levert energie. Omdat het lichaam geen fysiologische behoefte heeft aan alcohol, blijft deze stof hier echter buiten beschouwing.



Figuur 1.1 Schematische weergave van de afleiding van de voedingsnormen (zie 1.2, 1.4 en 1.5).

1.2.1 Gemiddelde behoefte

Als in een populatie de behoefte aan een bepaalde voedingsstof normaal verdeeld is, geldt dat met een inneming gelijk aan de gemiddelde behoefte 50% van de mensen wel, en 50% niet is voorzien (figuur 1.2). Het vaststellen van de gemiddelde behoefte is mogelijk als onderzoeksgegevens een dosiseffectrelatie tussen inneming en behoefte beschrijven in het gebied van inneming rond deze gemiddelde behoefte. Dergelijke gegevens zijn echter in veel gevallen niet beschikbaar. De commissie merkt op dat het bij een niet-normale verdeling van de behoefte correcter zou zijn om te spreken van de mediane behoefte in plaats van de gemiddelde behoefte.



Figuur 1.2 Gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheid, als de behoefte normaal verdeeld is.

1.2.2 Aanbevolen hoeveelheid

Het vaststellen van een aanbevolen hoeveelheid is alleen mogelijk als er voldoende gegevens beschikbaar zijn om de gemiddelde behoefte te kunnen schatten (figuren 1.1 en 1.2).

Indien de tussenpersoonsvariatie in de behoefte bekend is

Als de behoefte een normale verdeling volgt (zie figuur 1.2) en de tussenpersoonsvariatie in de behoefte bekend is, berekent de commissie de aanbevolen hoeveelheid als de

gemiddelde behoefte plus tweemaal de standaarddeviatie daarvan. Deze voorziet in de behoefte van 97,5% van de individuen binnen een populatie.

Indien de tussenpersoonsvariatie in de behoefte onbekend is

Vaak zijn gegevens over de tussenpersoonsvariatie in de behoefte niet beschikbaar, ontoereikend of inconsistent. De commissie doet dan een veronderstelling die zij baseert op enkele voedingsstoffen waarvan de variatiecoëfficiënten* voor de behoefte wel zijn geschat:

- Energie: de variatiecoëfficiënt voor de dagelijkse energiebehoefte wordt op basis van onderzoek met de dubbelgemerktwater methode geschat op circa 20% (Bla96, Bra98, Bru98, Dav97).
- Vitamine A**: de inneming van vitamine A waarbij het elektroretinogram normaal is, heeft een standaarddeviatie van 300 à 600 µg/d (Sau74). Op basis hiervan schat de commissie de variatiecoëfficiënt van de vitamine A-behoefte op 15 à 20%.
- Niacine: schattingen van de variatiecoëfficiënt van de inneming van nicotinezuur-equivalenten waarbij de uitscheiding van N'-methylnicotinamine via de urine 1 mg/dag is — dit is het criterium ter bepaling van de niacinebehoefte — variëren tussen 8% en 41% (Gol52, Gol55, Hor56, Jac89).
- Vitamine C**: de vitamine C behoefte heeft een variatiecoëfficiënt van naar schatting 23% (Kal79).
- Eiwit: de variatiecoëfficiënt van de eiwitbehoefte per kilogram lichaamsgewicht wordt voor volwassenen geschat op 16% (Dew96, FAO85); de commissie gaat uit van een hogere variatiecoëfficiënt voor de eiwitbehoefte in grammen per dag.

Het is aannemelijk dat onvolkomenheden in gebruikte meetmethoden een deel van de geschatte variatie in behoefte verklaren. Waarschijnlijk is de werkelijke tussenpersoonsvariatie daarom geringer dan de hierboven vermelde waarden. Voor de eiwitbehoefte gaat de commissie niet uit van de totale variatie, maar van de tussenpersoonsvariatie. De tussenpersoonsvariatie voor de eiwitbehoefte in gram per kilogram per dag wordt voor personen vanaf één jaar geschat op 12,5% en voor de leeftijdsgroepen van nul tot één jaar op 15% (Dew96, FAO85).

Het voorgaande in overweging nemende, gebruikt de commissie voor voedingsstoffen waarvan de variatie in de behoefte onbekend is, een variatie coëfficiënt tussen 10% en 20%. De keuze wordt per hoofdstuk toegelicht. Afhankelijk van deze keuze wordt de aanbevolen hoeveelheid vastgesteld op 1,2 tot 1,4 maal de gemiddelde behoefte.

* Variatiecoëfficiënt = 100% x standaarddeviatie / gemiddelde.

** Hiermee loopt de commissie vooruit op de behandeling van deze voedingsstof in een later advies.

1.2.3 Adequate inneming

Voor veel voedingsstoffen zijn er onvoldoende onderzoeksgegevens om vast te kunnen stellen welk niveau van inneming toereikend is voor exact 50% van een bepaalde groep; de gemiddelde behoefte is dan dus niet bekend. De aanbevolen hoeveelheid, welke wordt afgeleid van de gemiddelde behoefte, kan men dan evenmin vaststellen. In die gevallen wordt direct het laagste niveau van inneming geschat dat toereikend lijkt te zijn voor vrijwel de gehele populatie: de adequate inneming. De adequate inneming zal veelal hoger zijn dan de aanbevolen hoeveelheid (wanneer deze vast te stellen zou zijn geweest).

De praktische betekenis van een adequate inneming komt overeen met die van een aanbevolen hoeveelheid: beide beschrijven het niveau van inneming dat de commissie om gezondheidskundige redenen wenselijk acht. Het terminologische onderscheid heeft betrekking op het verschil in de wijze van afleiding (figuur 1.2) en het daaruit voortvloeiende verschil in de 'hardheid' van de waarde (figuur 1.3).

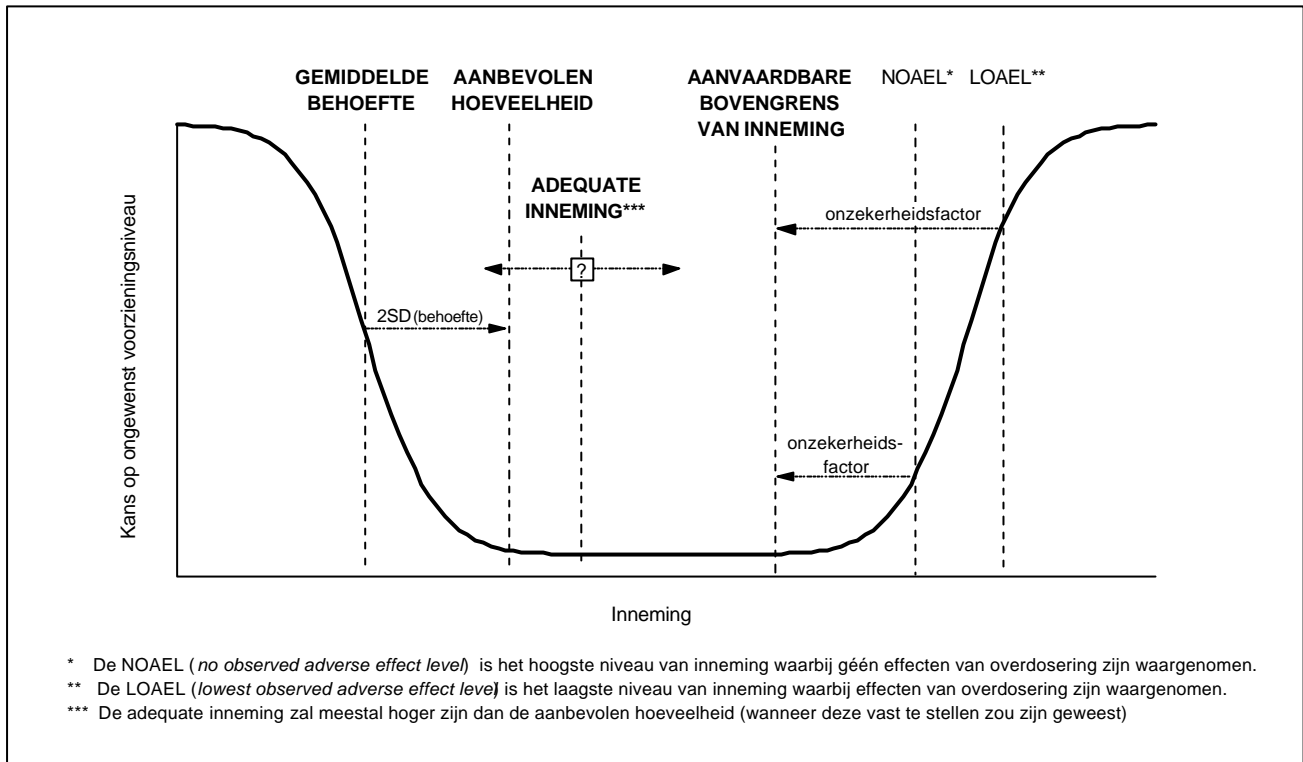
1.2.4 Aanvaardbare bovengrens van inneming

Evenals bij andere chemische stoffen kan een hoge inneming van voedingsstoffen ongewenste effecten hebben. De commissie gaat daarom na wat het hoogste niveau van inneming is waarbij, volgens de momenteel beschikbare gegevens, géén schadelijke effecten waargenomen of te verwachten zijn. Deze zogeheten aanvaardbare bovengrens van inneming is altijd hoger dan het wenselijk niveau van inneming (figuur 1.3). De commissie benadrukt dat níet deze bovengrens, maar de aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming het wenselijk niveau van inneming is.

Afleiding van de aanvaardbare bovengrens van inneming

De aanvaardbare bovengrens van inneming wordt gebaseerd op het hoogste niveau van inneming waarvoor bij de mens geen ongewenste effecten zijn geconstateerd (*no observed adverse effect level* of NOAEL), of op het laagste niveau van inneming waarbij bij de mens ongewenste effecten zijn geconstateerd (*lowest observed adverse effect level* of LOAEL; figuur 1.3; IOM97).

In het ideale geval is de aanvaardbare bovengrens van inneming — analoog aan de aanbevolen hoeveelheid — gebaseerd op de statistische verdeling van individuele NOAELs of LOAELs. Dergelijke gedetailleerde gegevens zijn echter bijna nooit beschikbaar. Voor zover ongewenste effecten van een hoge inneming bij mensen beschreven zijn, betreffen deze beschrijvingen observationeel onderzoek bij groepen of bij



Figuur 1.3 Schematisch verband tussen de individuele inneming en de kans dat deze op een ongewenst niveau ligt.

individuen; interventie-onderzoek naar de toxische effecten van voedingsstoffen bij mensen is ethisch niet acceptabel. Wegens de beperktheid van de informatie over NOAELs en LOAELs hanteert men bij de afleiding van de aanvaardbare bovengrens van inneming onzekerheidsfactoren (figuur 1.3). Naarmate onderzoeksresultaten over de LOAEL of NOAEL overtuigender zijn, gebruikt de commissie een kleinere onzekerheidsfactor. Onzekerheidsfactoren voor NOAELs zijn doorgaans lager dan die voor LOAELs. Hoge onzekerheidsfactoren worden gebruikt als de onderzoeksresultaten de effecten beschrijven van acute in plaats van chronische belasting of als het gaat om een voedingsstof die het lichaam relatief langzaam uitscheidt.

In de meeste gevallen geldt de aanvaardbare bovengrens van inneming voor de totale inneming van een voedingsstof. Soms is er reden hiervan af te wijken, bijvoorbeeld als er voor een specifieke voedingsstof aanwijzingen zijn dat de wijze van inneming (via voedsel of via supplement; bijvoorbeeld calcium en magnesium) of de chemische vorm van die stof (bijvoorbeeld foliumzuur) van invloed is op de veiligheid van hogere doseringen. Ter illustratie: bij suppletie of voedselverrijking met foliumzuur wordt een vorm van dit vitamine gebruikt dat van nature niet in voedingsmiddelen voorkomt. Ongewenste effecten van een hoge inneming van foliumzuur zijn uitsluitend gerapporteerd na het gebruik van supplementen of verrijkte voedingsmiddelen.

Aanvaardbare bovengrens van inneming voor jonge leeftijdsgroepen

De commissie veronderstelt dat de leeftijdsgroepen tot één jaar gevoeliger zijn voor een hoge inneming dan oudere personen. De reden hiervan is dat de organen die een belangrijke rol spelen in het onschadelijk maken van giftige stoffen bij zulke jonge kinderen nog minder goed in staat zijn die functie te vervullen.

Over de gevoeligheid van kinderen tussen 1 en 19 jaar ontbreken doorgaans de gegevens die nodig zijn om de aanvaardbare bovengrens van inneming af te leiden. De voor de ontgiftiging belangrijkste organen (lever en nieren) werken na het eerste levensjaar min of meer als bij volwassen personen. Om deze reden stelt de commissie de aanvaardbare bovengrens van inneming voor kinderen vanaf één jaar veelal gelijk aan die voor volwassenen. Soms is er echter aanleiding om de waarde naar rato van het referentiegewicht van de leeftijdsgroep aan te passen.

1.3 Terminologie en definities in andere rapporten over voedingsnormen

De terminologie en definities in het voorliggende advies komen overeen met die van de nieuwe Amerikaanse *Dietary Reference Intakes* (IOM97, IOM00a, IOM00b, IOM01). Het onderscheid tussen de aanbevolen hoeveelheid en de adequate inneming (1.2.2 en 1.2.3) impliceert een koerswijziging ten opzichte van het rapport Nederlandse voedingsnormen 1989. Ook zijn enkele wijzigingen in terminologie doorgevoerd. De gemiddelde behoefte is in de voorgaande Nederlandse voedingsnormen aangeduid met de term 'gemiddelde *minimum*behoefte' (VR92). De commissie heeft overeenstemming met de terminologie van nieuwe Amerikaanse *Dietary Reference Intakes* verkozen boven handhaving van de Nederlandse definities en termen uit 1992.

Internationaal bestaan veel verschillen in de gebruikte terminologie en definities. De Scandinavische voedingsnormen (NM96) maken geen onderscheid tussen 'aanbevolen' en 'adequaat', maar hanteren voor alle aanbevolen hoeveelheden en adequate innemingen de term 'recommended intake'. Een onderscheid tussen 'aanbevolen' en 'adequaat' bestaat wel in de voedingsnormen van de Europese Unie (EC92), die van Groot-Brittannië (UK91) en die van Duitsland, Zwitserland en Oostenrijk (DGE00). De in deze buitenlandse rapporten gehanteerde definities komen echter niet geheel overeen met die in het voorliggende advies.

Tabel 1.1 Vergelijking van de terminologie in het voorliggende advies met die in de Amerikaanse *dietary reference intakes* en in enkele andere rapporten over voedingsnormen.

<i>het voorliggende advies</i>	gemiddelde behoefte	aanbevolen hoeveelheid	adequate inneming	aanvaardbare bovengrens van inneming
<i>IOM97, IOM00a, IOM00b, IOM01 (Verenigde Staten)</i>	estimated average requirement	recommended dietary allowance	adequate intake	tolerable upper intake level
<i>VR92 (Nederland)</i>	gemiddelde minimumbehoefte	aanbevolen hoeveelheid en adequate inneming	aanbevolen hoeveelheid en adequate inneming	-
<i>EC92 (Europese Gemeenschap)</i>	gemiddelde behoefte	referentie-opname populatie	aanvaardbare opnameniveaus	-
<i>UK91 (Groot-Brittannië)</i>	estimated average requirement	reference nutrient intake	safe intakes	-
<i>DGE00 (Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk)</i>	-	empfohlene Zufuhr	Schätzwerte	-
<i>NM96 (Scandinavië)</i>	average requirement	recommended intake	recommended intake	upper limit of intake

Tabel 1.1 geeft een overzicht van de terminologie in het voorliggende advies, de — hiermee overeenkomstige — terminologie van de nieuwste Amerikaanse *Dietary Reference Intakes*, de terminologie in het vorige Nederlandse advies en die in de zojuist genoemde Europese publicaties op dit gebied.

1.4 Methoden voor het vaststellen van de gemiddelde behoefte of de adequate inneming

Ter afleiding van de gemiddelde behoefte of de adequate inneming zijn meerdere methoden beschikbaar. De huidige paragraaf licht deze methoden toe.

1.4.1 Kans op deficiëntieziekten

Het is ethisch niet aanvaardbaar om bij mensen deficiëntieverschijnselen te veroorzaken. Daarom zijn gegevens over het niveau van inneming waarbij deficiëntieverschijnselen ontstaan schaars. De voedingsnormen zijn dan ook meestal niet op dit type gegevens gebaseerd. De commissie gaat ervan uit dat voedingsnormen afgeleid via de overige benaderingen (1.4.2 tot en met 1.4.6) ruim voldoende zijn om deficiëntieverschijnselen te voorkomen.

1.4.2 *Kans op chronische ziekten*

Voor sommige voedingsstoffen zijn er overtuigende aanwijzingen dat de inneming de kans op het ontstaan van bepaalde chronische ziekten beïnvloedt. Gegevens hierover kunnen het optreden van de ziekte zelf betreffen, maar ook het niveau van ‘intermediaire eindpunten’, welke zeer waarschijnlijk het ontstaan van die ziekten beïnvloeden. Mede op basis van dergelijke gegevens stelt de commissie de voedingsnormen vast.

Bij haar beoordeling van onderzoeksresultaten die wijzen op een mogelijk causaal verband tussen de inneming van de voedingsstof en het ontstaan van chronische ziekten, let de commissie op het soort onderzoek waarmee de resultaten zijn verkregen (tabel 1.2), de sterkte van het gevonden verband, de eenduidigheid van de onderzoeksresultaten en de aan- of afwezigheid van een dosiseffectrelatie.

De commissie acht de resultaten van interventie-onderzoek of prospectief cohortonderzoek het meest betrouwbaar (de eerste twee onderzoekstypen in tabel 1.2), en gebruikt vooral deze bij het afleiden van voedingsnormen gericht op de preventie van chronische ziekten. Resultaten uit onderzoek van het derde, vierde en vijfde type (tabel 1.2) hebben vooral ondersteunende waarde. Voor sommige voedingsstoffen of bevolkingsgroepen zijn uitsluitend gegevens uit onderzoek van de drie laatstgenoemde typen beschikbaar; in die gevallen baseert de commissie de voedingsnormen niet op de relatie met chronische ziekten.

Tabel 1.2 Typen onderzoek, in volgorde van afnemende bewijskracht.

interventie-onderzoek bij mensen, met ziekte of sterfte als uitkomstmaat

interventie-onderzoek bij mensen, met intermediaire eindpunten of risicofactoren als uitkomstmaat;
prospectief cohortonderzoek

patiënt-controleonderzoek; migrantenonderzoek^a

ecologisch onderzoek^b; beschrijvingen van individuele patiënten, proefdieronderzoek

in vitro onderzoek

^a In migrantenonderzoek vergelijkt men ziekten en sterfte bij de eerste en de tweede generatie migranten. Voedingsgewoonten van de eerste generatie komen meestal sterk overeen met die in het land van herkomst, terwijl die van de tweede generatie meer lijken op de voedingsgewoonten in het bestemmingsland.

^b Ecologische analyses betreffen veelal observationele vergelijkingen tussen landen of regio's. De conclusies zijn niet gebaseerd op waarnemingen bij individuen, maar op populatiegemiddelden.

Wanneer de voedingsnormen gebaseerd zijn op de kans op chronische ziekten, bepaalt de commissie doorgaans geen aanbevolen hoeveelheid maar een adequate inneming. De informatie uit interventie-onderzoek en prospectief cohortonderzoek is namelijk in het algemeen onvoldoende om de gemiddelde behoefte te kwantificeren. Interventie-onderzoek beschrijft doorgaans slechts enkele niveaus van inneming; de conclusies van prospectief onderzoek betreffen meestal geen specifieke niveaus van inneming, maar zogenaamde tertielen, kwartielen of kwintielen van de inneming.

De commissie richt zich in dit advies uitsluitend op de invloed van de voedingsstoffen. Vaak zijn er ook andere factoren die het ontstaan van de chronische ziekte beïnvloeden.

1.4.3 *Biochemische parameters van de voedingstoestand*

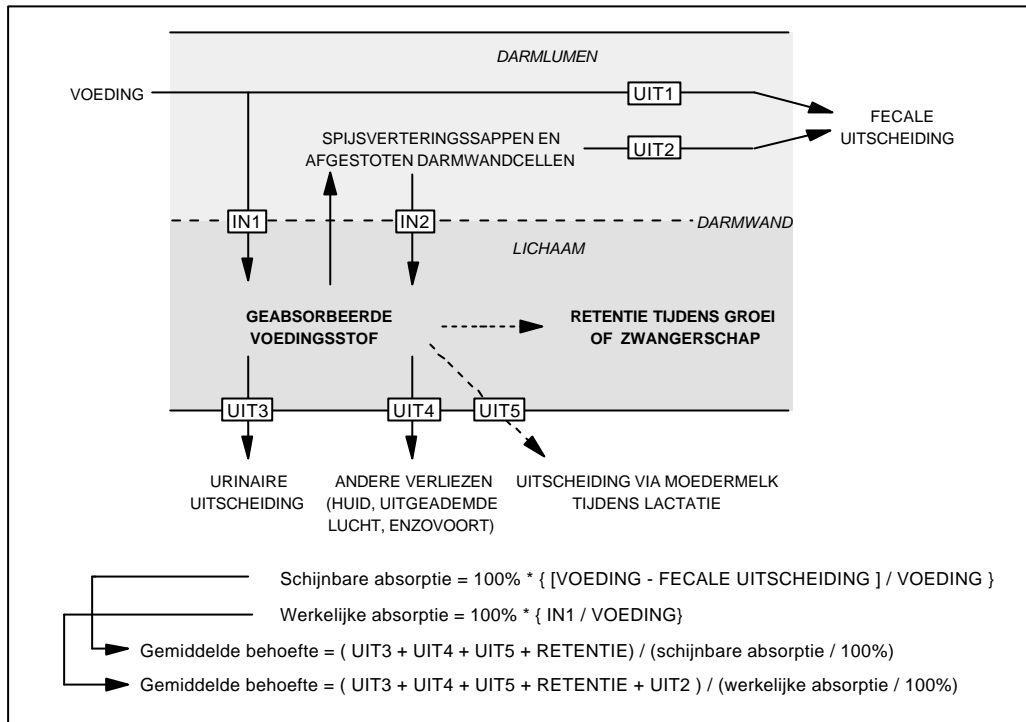
Voor sommige biochemische parameters geldt dat het al dan niet bereiken van een bepaalde drempelwaarde daarvan indicatief is voor een te lage inneming van een voedingsstof. In dat geval kan men op basis van de relatie tussen de inneming van de voedingsstof en deze biochemische variabele de gemiddelde behoefte of adequate inneming schatten. De gemiddelde inneming waarbij de biochemische variabele de drempelwaarde bereikt, is de gemiddelde behoefte. Als onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om dit niveau van inneming te bepalen, wordt vastgesteld boven welk niveau van inneming de biochemische variabele bij vrijwel alle personen een hogere waarde heeft dan de drempelwaarde. Dit niveau van inneming wordt aangeduid met de term adequate inneming.

Voor sommige voedingsstoffen zijn er diverse biochemische variabelen die de voedingstoestand kenmerken. De keuze uit deze variabelen is mede bepalend voor het niveau van de voedingsnormen. De commissie laat zich bij haar keuze onder meer leiden door verwachtingen ten aanzien van de gezondheidswinst.

1.4.4 *Factoriële methode*

De factoriële methode behelst het sommeren van de afzonderlijke factoren die de behoefte bepalen (figuur 1.4). Het gaat daarbij om de hoeveelheden voedingsstof die via ontlasting, urine en huid het lichaam verlaten en — indien van toepassing — om de hoeveelheden nodig voor groei, zwangerschap of lactatie. De extra behoefte tijdens de groei en zwangerschap is de in de nieuwgevormde weefsels vastgelegde hoeveelheid voedingsstof, ook wel aangeduid als ‘retentie’. De extra behoefte tijdens de lactatie is de hoeveelheid voedingsstof die het lichaam verlaat via de moedermelk.

Het schijnbare absorptiepercentage is het verschil tussen de inneming en de fecale uitscheiding, gedeeld door de inneming. Dit is een onderschatting van de werkelijk geab-



Figuur 1.4 Schatting van de gemiddelde behoefte via de factoriële methode.

sorbeerde fractie, omdat voedingsstoffen in de ontlasting niet alleen van de voeding afkomstig zijn, maar ook van spijsverteringssappen en afgestoten darmwandcellen. Isootop-technieken hebben het mogelijk gemaakt om ook het werkelijke absorptiepercentage te bepalen. Gegevens van dit type hebben de voorkeur boven schattingen van de schijnbare absorptie, maar zijn niet altijd beschikbaar.

1.4.5 Gemiddelde inneming

Leeftijdsgroep tot en met 5 maanden

Voor zuigelingen tot en met 5 maanden is meestal geen onderzoek beschikbaar waarin zowel de inneming als de voedingsstatus is bepaald. De commissie gaat ervan uit dat moedermelk voor deze leeftijdsgroep de optimale voeding is. Daarom stelt zij de adequate inneming gelijk aan de gemiddelde inneming van zuigelingen die uitsluitend borstvoeding krijgen*. Daarbij gaat zij uit van een gemiddelde moedermelkconsumptie van

* Voor vitamine D en K is de gemiddelde inneming via moedermelk niet toereikend, en is suppletie van borstgevoede zuigelingen aanbevolen en algemeen aanvaard.

0,80 liter per dag of 0,15 liter per kilogram per dag (All91, But84, Hei93) en van de gemiddelde concentratie van de voedingsstoffen in moedermelk*.

Voor sommige voedingsstoffen beïnvloedt de inneming van de moeder de samenstelling van de moedermelk. Voor dergelijke voedingsstoffen gebruikt de commissie de concentratie die bereikt wordt bij het gebruikelijke innemingsniveau van lacterende vrouwen in Nederland.

De adequate inneming voor zuigelingen die flesvoeding krijgen is soms hoger dan bij borstvoeding, omdat de biobeschikbaarheid van sommige voedingsstoffen uit flesvoeding lager is dan uit moedermelk.

Volwassenen

Voor sommige voedingsstoffen ontbreekt de kennis om de voedingsnormen voor volwassenen af te leiden via één van de voorgaande methoden. Indien in Nederland voor microvoedingsstoffen géén deficiëntieverschijnselen worden gerapporteerd, stelt de commissie de adequate inneming voor volwassenen vast op het niveau van de gemiddelde inneming.

1.4.6 *Interpolatie*

Voor sommige voedingsstoffen ontbreken gegevens die betrekking hebben op jongere leeftijdsgroepen. In die gevallen heeft de commissie — na bestudering van de recent in de Verenigde Staten gevolgde procedure bij vaststelling van de voedingsnormen voor B-vitamines (IOM98) — de volgende aanpak gekozen: zij stelt de adequate inneming vast via interpolatie tussen de adequate inneming van zuigelingen tot en met 5 maanden die uitsluitend borstvoeding krijgen, en de aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming voor volwassenen. Daarbij veronderstelt zij dat:

- uitgaande van de middenleeftijd van de leeftijdsgroepen, voor de leeftijdsgroepen tot en met 18 jaar de behoefte lineair toeneemt met de leeftijd,
- de behoefte voor de leeftijdsgroep 14 tot en met 18 jaar gelijk is aan die voor 19- tot en met 50-jarigen.

De adequate inneming wordt dan berekend als:

$$AI = AI_{[0-5\ mnd]} + \left(LF \times \left[\left(AI_{[>14\ jaar]} \text{ of } AH_{[>14\ jaar]} \right) - AI_{[0-5\ mnd]} \right] \right)$$

* Het gaat hierbij om de samenstelling van moedermelk van moeders met een goede voedingstoestand. Er wordt geen rekening gehouden met de afwijkende samenstelling van de moedermelk in de eerste dagen na de bevalling (het colostrum).

In deze formule staat 'AI' voor adequate inneming en 'AH' voor aanbevolen hoeveelheid. 'LF' is de leeftijdsfactor. Deze heeft de volgende waarden:

0,00 voor de leeftijdsgroep tot en met 5 maanden, 0,03 voor 6 tot en met 11 maanden, 0,14 voor 1 tot en met 3 jaar; 0,38 voor 4 tot en met 8 jaar, 0,69 voor 9 tot en met 13 jaar en 1,00 voor 14 tot en met 18 jaar.

1.5 Factoren die de behoefte beïnvloeden

Verschillen in voedingsnormen tussen landen zijn veelal terug te voeren op uiteenlopende interpretaties van de beschikbare kennis of op verschillen in uitgangspunten en definities. Het is echter ook mogelijk dat tussen landen werkelijk verschillen in behoefte bestaan. Deze kunnen samenhangen met het voedingspatroon, persoonskarakteristieken waaronder etniciteit, en verschillen in leefstijl- en omgevingsfactoren. Dezelfde factoren kunnen ook binnen een land leiden tot behoefteverschillen tussen subgroepen.

Subgroepen van de bevolking kunnen ook een afwijkende gevoeligheid voor overdosering van een voedingsstof hebben. Zo is bij sommige personen de ijzerabsorptie door erfelijke oorzaken verhoogd, waardoor al bij een relatief lage inneming schadelijke effecten van overconsumptie optreden.

Er bestaan ook groepen in de bevolking die een normale behoefte aan voedingsstoffen hebben, maar waarbij — door een afwijkend voedingspatroon — een lage inneming van bepaalde voedingsstoffen relatief vaak voorkomt. Bij de afleiding van de voedingsnormen staat echter niet de gebruikte, maar de benodigde hoeveelheid centraal. De identificatie van genoemde groepen speelt daarom geen rol bij de afleiding, maar vormt wèl een toepassingsgebied van de voedingsnormen (1.7.3).

De voedingsnormen hebben betrekking op de behoefte en gevoeligheid van de meerderheid van de Nederlandse bevolking. Bij de afleiding van de voedingsnormen gaat de commissie uit van een gemiddeld westers voedingspatroon, een gezonde leefstijl en de meest voorkomende persoonskarakteristieken in ons land. Waar dat relevant is, geeft zij aan dat de behoefte voor specifieke groepen belangrijk is verhoogd. Zo zijn voor vitamine D per leeftijdsgroep twee adequate innemingen gedefinieerd, respectievelijk voor personen met en zonder endogene productie van vitamine D.

1.5.1 Voedingsfactoren

Het voedingspatroon kan de behoefte aan voedingsstoffen beïnvloeden via de biobeschikbaarheid van de voedingsstof en via de mate waarin precursors* in de behoefte van voedingsstoffen voorzien.

Biobeschikbaarheid

De voedingsnormen zijn afgestemd op de gemiddelde biobeschikbaarheid van voedingsstoffen in de westerse voeding. In de voedingswetenschap is biobeschikbaarheid gedefinieerd als de fractie van de inneming die beschikbaar is voor normale fysiologische functies — voor precursors is dit het omgezet worden in een actieve vorm — of voor opslag (Jac97).

De biobeschikbaarheid wordt bepaald door: de structuur en de chemische vorm van de voedingsstof (bijvoorbeeld Fe^{2+} versus Fe^{3+}), de hoeveelheid van de voedingsstof in de voeding, de matrix waarin de voedingsstof zich bevindt (bijvoorbeeld carotenoiden in een groente of opgelost in spijsolie) en de aanwezigheid van stoffen die een rol spelen bij de absorptie. Ook de voedingsstatus, genetische factoren en darminfecties kunnen van invloed zijn op de biobeschikbaarheid van voedingsstoffen.

Bioconversie en werkzaamheid van precursors

In de behoefte aan bepaalde voedingsstoffen kan men — gedeeltelijk — voorzien door consumptie van precursors, die het lichaam omzet in de betreffende voedingsstof. Zo zet het lichaam bepaalde carotenoiden om in vitamine A, en tryptofaan in niacine. De mate waarin de biobeschikbare precursor wordt omgezet in de werkzame voedingsstof, wordt bioconversie genoemd (Cas98). De processen van biobeschikbaarheid en bioconversie duidt men tezamen aan als 'werkzaamheid'.

1.5.2 Overige factoren

Naast voedingsfactoren kunnen ook persoonsgebonden factoren, leefstijl- en omgevingsfactoren een effect hebben op de behoefte. Zo beïnvloeden de huidkleur en de blootstelling aan zonlicht de behoefte aan vitamine D, het lichaamsgewicht en lichamelijke activiteit de behoefte aan energie, het rookgedrag de behoefte aan vitamine C en de

* Precursors zijn stoffen waaruit het lichaam de voedingsstof kan maken; zo is β -caroteen een precursor van vitamine A.

infectiedruk de behoefte aan vitamine A. Ook risicofactoren voor chronische ziekten en genetische factoren kunnen de behoefte beïnvloeden.

1.6 Leeftijdsgroepen en categorieën

De commissie specificeert voedingsnormen naar leeftijd en geslacht, en stelt afzonderlijke voedingsnormen vast voor zwangere en lacterende vrouwen. De commissie heeft bij haar formulering van leeftijdscategorieën aansluiting gezocht bij de nieuwste Amerikaanse *Dietary Reference Intakes* (IOM97, IOM00a, IOM00b, IOM01). De groepsindeling in het voorliggende advies komt daarom niet geheel overeen met de indeling in het rapport Nederlandse voedingsnormen 1989 (VR92).

Tabel 1.3 geeft de groepsindeling in het voorliggende advies, en de referentiewaarden voor lengte en gewicht.

Tabel 1.3 Categorie/leeftijdscategorie met referentiegewichten en -lengtes.^a

leeftijdsgroep / categorie	referentiegewicht, kg		referentielengte, cm	
	M	V	M	V
0 tot en met 5 maanden	6	5,5	61	59
6 tot en met 11 maanden	9	8,5	73	71
1 tot en met 3 jaar	14	13,5	93	92
4 tot en met 8 jaar	24	23,5	123	122
9 tot en met 13 jaar	40	41	152	152
14 tot en met 18 jaar	65	59	178	169
19 tot en met 30 jaar	75	64	182	168
31 tot en met 50 jaar	72	62	179	166
51 tot en met 70 jaar	74	64	176	163
71 jaar en ouder	74	63	172	159
zwangere vrouwen	-	68	-	167
lacterende vrouwen	-	64	-	167

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

1.6.1 Leeftijdsgroepen tot en met 18 jaar

De referentiewaarden voor lengte en gewicht voor de leeftijdsgroepen tot en met 18 jaar (tabel 1.3) en voor lengte- en gewichtsgroei in deze groepen (tabel 1.4) zijn ontleend aan de uitkomsten van een grootschalig groei-onderzoek. Dit onderzoek betrof een voor Nederland representatieve steekproef van 14 500 Nederlandse zuigelingen, kinderen en adolescenten (Fre98, Fre00a, Fre00b, TNO98).

In de eerste zes levensmaanden is de groeisnelheid erg hoog. Hoewel de consumptie van moedermelk en flesvoeding in absolute termen toeneemt, blijft de inneming per kilogram lichaamsgewicht min of meer constant. Daarom worden de voedingsnormen voor deze leeftijdsgroep — in tegenstelling tot die voor de overige groepen — weergegeven als de hoeveelheid per kilogram lichaamsgewicht per dag.

Tabel 1.4 Gemiddelde gewichts- en lengtegroei voor de leeftijdsgroepen tot en met 18 jaar.^a

leeftijdsgroep / categorie	gewichtsgroei, g/dag		lengtegroei, mm/dag	
	M	V	M	V
0 tot en met 5 maanden ^b	23,6	21,7	0,9	0,84
6 tot en met 11 maanden	12,8	12,1	0,47	0,48
1 tot en met 3 jaar	6,6	6,7	0,27	0,27
4 tot en met 8 jaar	7,3	7,7	0,18	0,18
9 tot en met 13 jaar	12,1	11,9	0,16	0,15
14 tot en met 18 jaar	10,5	5,2	0,08	0,03

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

^b Gegevens over de eerste twee levensweken zijn niet beschikbaar.

1.6.2 Leeftijdsgroepen vanaf 19 jaar

De gemiddelde lichaamslengte voor de leeftijdsgroepen 19 tot en met 30 jaar en 31 tot en met 50 jaar zijn gebaseerd op gegevens verzameld in de periode 1993-1997, bij representatieve steekproeven van respectievelijk 3 984 en 12 179 personen uit de bevolking van Amsterdam, Doetinchem en Maastricht (Smi94). Voor de leeftijdsgroepen 51 tot en met 70 jaar en >70 jaar zijn deze waarden gebaseerd op representatieve steekproeven van respectievelijk 3 899 en 3 023 personen uit Rotterdam (Hof95). Bij ouderen is de referentielengte lager dan bij jongeren; dit is grotendeels toe te schrijven aan een cohorteffect. Daarnaast is er een leeftijdseffect: op hogere leeftijd daalt de lichaamslengte met naar schatting één tot twee centimeter per decennium (Dey99, WHO95a).

De referentiewaarden voor het lichaamsgewicht in de leeftijdsgroepen ouder dan 18 jaar zijn berekend op basis van de gemiddelde lengte en een wenselijke Quetelet Index. De Quetelet Index is het gewicht in kilogrammen gedeeld door het kwadraat van de lengte in meters. De commissie stelt de wenselijke Quetelet Index voor 18- tot en met 50-jarigen op 22,5 kg/m²; voor 51- tot en met 70-jarigen op 24 kg/m² en voor personen van 71 jaar en ouder op 25,0 kg/m² (Tro96, WHO95b).

1.7 Toepassingen

De voedingsnormen zijn bedoeld voor gezonde personen en vooral gericht op de preventie van ziekten. Ze worden gebruikt voor:

- het programmeren van de voedselvoorziening voor gezonde groepen
- het opstellen van voedingsrichtlijnen voor gezonde individuen
- het beoordelen van consumptiecijfers van gezonde groepen
- het evalueren van de inneming van mensen bij wie een slechte voedingsstatus is aangetoond
- het opstellen van de zogeheten Richtlijnen Goede Voeding.

Tabel 1.5 Overzicht van toepassingen en bijpassende types voedingsnorm.

toepassing	type voedingsnorm		
	gemiddelde behoefte en variatie van de behoefte	aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming	aanvaardbare bovengrens van inneming
programmeren van voeding voor gezonde groepen		+	+
opstellen van voedingsrichtlijnen voor gezonde personen		+ ^a	+
beoordelen van consumptiecijfers van gezonde groepen	+		+
evalueren van de inneming van mensen bij wie, aan de hand van biochemische parameters, een slechte voedingsstatus is aangetoond	+ ^a	+ ^a	+
opstellen van Richtlijnen Goede Voeding		+	+

^a Hierbij is het mogelijk rekening te houden met voedingsfactoren, persoonskarakteristieken en leefstijlfactoren die de behoefte beïnvloeden.

Zoals uiteengezet in 1.2, is de term ‘voedingsnormen’ een verzamelnaam voor verschillende referentiewaarden voor energie en voedingsstoffen. De aanbevolen hoeveelheden hebben dezelfde praktische betekenis als de adequate innemingen: beide geven aan welk niveau van inneming om gezondheidskundige redenen wenselijk is. Voor het beoordelen van consumptiecijfers van gezonde groepen moet de gemiddelde behoefte worden gebruikt, en niet de aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming. De aanvaardbare bovengrens van inneming wordt voor alle hier beschreven toepassingen geschikt geacht. Tabel 1.5 en het vervolg van deze paragraaf beschrijven welk type voedingsnorm voor welke toepassing geschikt is.

1.7.1 *Programmeren van de voedselvoorziening voor gezonde groepen*

Voor het programmeren van de voedselvoorziening voor gezonde groepen dienen de aanbevolen hoeveelheden en adequate innemingen gebruikt te worden. Deze toepassing is bedoeld voor instellingen die maaltijden verstrekken, zoals gevangenissen, internaten en kazernes. Als de voeding de aanbevolen hoeveelheden en adequate innemingen voor de verschillende voedingsstoffen bevat, zal deze in de behoefte van vrijwel alle individuen voorzien.

1.7.2 *Opstellen van voedingsrichtlijnen voor gezonde individuen*

Ook voor het opstellen van voedingsrichtlijnen voor gezonde individuen worden de aanbevolen hoeveelheden en adequate innemingen gebruikt. Bij gebruik op individueel niveau kunnen de voedingsrichtlijnen — indien van toepassing — worden toegesneden op voedings- en andere factoren die de behoefte beïnvloeden (1.5).

1.7.3 *Beoordelen van consumptiecijfers van gezonde groepen*

Wanneer men van een groep het gemiddelde en de variatie van zowel de inneming als de behoefte kent, is het mogelijk het percentage personen met een ontoereikende inneming te schatten (zie 1.5.3 in VR92). Bijlage C geeft schattingen van de inneming van een aantal in het voorliggende advies behandelde voedingsstoffen. Het identificeren van degenen met een ontoereikende voorziening is met dergelijke gegevens overigens niet mogelijk; daartoe dient men de voedingsstatus op individueel niveau te bepalen (zie ook 1.7.4).

Het is niet mogelijk om met aanbevolen hoeveelheden of adequate innemingen het percentage personen met een ontoereikende inneming te schatten. Indien de commissie een aanbevolen hoeveelheid heeft afgeleid, zijn echter ook schattingen van de gemiddelde behoefte en van de daarbij bestaande variatie beschikbaar (zie 1.2.2). Op basis van die gegevens kan men het percentage personen met ontoereikende inneming schatten.

Waar de commissie een adequate inneming afleidt is de gemiddelde behoefte per definitie niet bekend (zie 1.2.3). Voor die voedingsstoffen is slechts een globale beoordeling van consumptiecijfers mogelijk. Een voorbeeld hiervan is de situatie waarin de gemiddelde inneming gelijk is aan de adequate inneming. De helft van de mensen heeft dan een inneming lager dan de adequate inneming, maar bij slechts een — onbekend — deel van deze groep zal die inneming ontoereikend zijn.

1.7.4 *Evaluatie van de inneming van mensen bij wie een slechte voedingsstatus is aangetoond*

Soms geeft het niveau van een biochemische parameter aan of iemand een tekort aan een bepaalde voedingsstof heeft. Door zijn of haar inneming te vergelijken met de gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheid (of de adequate inneming), kan men inschatten of hieraan een te lage inneming ten grondslag ligt. Daarbij geldt: hoe verder de inneming onder de gemiddelde behoefte, aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming ligt, hoe groter de kans dat deze ontoereikend is (figuur 1.3).

Zonder individuele informatie over parameters voor de voedingstoestand, geven voedingsnormen onvoldoende informatie om consumptiecijfers van individuen te beoordelen. Als de inneming van een persoon lager is dan de aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming bestaat er een kans dat zijn of haar behoefte niet gedekt is (figuur 1.3). Statusparameters zijn dan nodig om na te gaan of de inneming al dan niet toereikend is.

1.7.5 *Opstellen van Richtlijnen Goede Voeding*

De Voedingsraad beschreef in 1986 de veranderingen in het voedingspatroon in Nederland die met het oog op preventie van zowel deficiëntie- als chronische ziekten wenselijk waren; de zogeheten Richtlijnen goede voeding (VR86). In dit advies werden de wenselijke niveaus van inneming afgeleid en vergeleken met Nederlandse gegevens over voedselconsumptie en voedingstoestand.

Het vorige Nederlandse advies over voedingsnormen was vooral gericht op preventie van deficiëntieziekten (VR92). Het voorliggende advies is gericht op preventie van zowel deficiëntie- als chronische ziekten, maar bevat geen beschrijving van gewenste veranderingen in het huidige Nederlandse voedingspatroon.

1.7.6 *Toepassingen waarvoor de voedingsnormen níet bedoeld zijn*

Dieetrichtlijnen voor zieke, herstellende of afslankende personen

Als gevolg van een ziekte, herstel van ziekte of tijdens afslanken kan de behoefte aan voedingsstoffen veranderen. De voedingsnormen zijn daarom mogelijk niet van toepassing in deze situaties. Wél kunnen de voedingsnormen voor gezonde personen als uitgangspunt dienen voor het opstellen van aanbevelingen voor groepen patiënten (Tam97).

Voedingswaarde-etikettering op levensmiddelen

In Nederland beschrijft de Warenwet de referentiewaarden voor de voedingswaarde-etikettering op levensmiddelen. Deze waarden zijn gebaseerd op de Europese regelgeving voor die etikettering, en dus niet op de Nederlandse voedingsnormen. Momenteel is het Warenwetbesluit van 20 april 1993 van kracht, gebaseerd op een Europese richtlijn uit 1990.

1.8 Opzet van dit advies

Aan elke te bespreken voedingsstof is één hoofdstuk gewijd, met de volgende opbouw:

- Een inleidende paragraaf beschrijft naamgeving en de eigenschappen van de voedingsstof, zijn fysiologische betekenis, de deficiëntieverschijnselen en de mogelijke invloed op het ontstaan van chronische ziekten.
- In de tweede paragraaf geeft de commissie aan welke factoren de behoefte beïnvloeden.
- De derde paragraaf betreft de afleiding van de gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheid of de adequate inneming. De commissie verschaft uitleg over de wijze waarop de behoefte is geschat en beschrijft vervolgens — per categorie van de bevolking — de wetenschappelijke informatie waarop zij de betreffende voedingsnormen heeft gebaseerd.
- In de vierde paragraaf leidt de commissie de aanvaardbare bovengrenzen van inneming af.
- De vijfde paragraaf bevat een globale vergelijking met de vorige Nederlandse voedingsnormen, en met die in andere landen.

Literatuur

- All91 Allen JC, Keller RP, Archer P, e.a. Studies in human lactation: milk composition and daily secretion rates of macronutrients in the first year of lactation. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 69-80.
- Bla96 Black AE, Coward WA, Cole TJ, e.a. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: 72-92.
- Bra98 Bratteby L-E, Sandhagen B, Enghardt H, e.a. Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labeled water method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 905-11.
- Bru98 de Bruin NC, Degenhart HJ, Gál SG, e.a. Energy utilization and growth in breast-fed and formula-fed infants measured prospectively during the first year of life. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 885-96.
- But84 Butte NF, Garza C, O'Brian Smith E, e.a. Human milk intake and growth in exclusively breast-fed infants. *J Pediatr* 1984; 104: 187-95.
-

- Cas98 Castenmiller JJM, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Ann Rev Nutr* 1998; 18: 19-38.
- Dav97 Davies PSW, Wells JCK, Hinds A, e.a. Total energy expenditure in 9 month and 12 month infants. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51: 249-52.
- Dew96 Dewey KG, Beaton G, Fjeld C, e.a. Protein requirements of infants and children. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: S119-50.
- Dey99 Dey DK, Rothenberg E, Sundh V, e.a. Height and body weight in the elderly. I. A 25-year longitudinal study of a population aged 70 to 95 years. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: 905-14.
- DGE00 Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. (1e druk). Frankfurt am Main: Umschau/Braus, 2000.
- EC92 Europese Commissie. Voedings- en energie-opnames voor de Europese gemeenschap. Verslagen van het Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding (31ste reeks). Luxemburg: EG, 1992.
- FAO85 FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Geneva: WHO, 1985; (WHO TRS 724).
- Fre98 Fredriks AM, van Buuren S, Burgmeijer RJF, e.a. Nederlandse groeidiagrammen 1997 in historisch perspectief. In : Wit JM, red. De Vierde Landelijke Groeistudie 1997. Presentatie nieuwe groeidiagrammen. Bureau Boerhaave Commissie. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden, 1998: 1-14.
- Fre00a Fredriks AM, van Buuren S, Wit JM, e.a. Body index measurement in 1996-7 compared with 1980. *Arch Dis Childhood* 2000; 82: 107-12.
- Fre00b Fredriks AM, van Buuren S, Burgmeijer RJF, e.a. Continuing positive secular growth change in The Netherlands 1955-1997. *Pediatric Res* 2000; 47: 316-23.
- Gol52 Goldsmith GA, Sarett HP, Register UD, e.a. Studies on niacin requirement in man. I. Experimental pellagra in subjects on corn diets low in niacin and tryptophan. *J Clin Invest* 1952; 31: 533-42.
- Gol55 Goldsmith GA, Rosenthal HL, Gibbens J, e.a. Studies on niacin requirement in man. II. Requirement on wheat and corn diets low in tryptophan. *J Nutr* 1955; 56: 371-86.
- Hei93 Heinig MJ, Nommsen LA, Peerson JM, e.a. Energy and protein intakes of breast-fed and formula-fed infants during the first year of life and their association with growth velocity: the DARLING study. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 152-61.
- Hof95 Hofman A, Boerlage PA, Bots ML, e.a. Prevalentie van chronische ziekten bij ouderen; het ERGO-onderzoek. *Ned Tijdschr Geneesk* 1995; 139: 1975-8.
- Hor56 Horwitt MK, Harvey CC, Rothwell WS, e.a. Tryptophan-niacin relationships in man: studies with diets deficient in riboflavin and niacin, together with observations in the excretion of nitrogen and niacin metabolites. *J Nutr* 1956; 60: 1-43.
- Hul98 Hulshof KFAM, Kistemaker C, Bouma M. De inname van energie en voedingsstoffen door de Nederlandse bevolkingsgroepen - Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. Zeist: TNO-voeding, 1998; (TNO-rapport V98.805).
- IOM97 Institute of Medicine. Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Washington: National Academy Press, 1997.
-

- IOM00a Institute of Medicine. Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B₆, folate, vitamin B₁₂, pantothenic acid, biotin, and choline. Washington: National Academy Press, 2000.
- IOM00b Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington: National Academy Press, 2000.
- IOM01 Institute of Medicine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington: National Academy Press, 2001.
- Jac89 Jacob RA, Swendseid ME, McKee RW, e.a. Biochemical markers for assessment of niacin status in young men: urinary and blood levels of niacin metabolites. *J Nutr* 1989; 119: 591-8.
- Jac97 Jackson MJ. The assessment of the bioavailability of micronutrients. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51 (suppl. 1): S1-2.
- Kal79 Kallner A, Hartmann D, Hornig D. Steady-state turnover and body pool of ascorbic acid in man. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 530-9.
- NM96 Nordiska Ministerrådet. Nordiska näringsrekommendationer 1996. Köpenhamn: Nordiska Ministerrådet, 1996.
- Sau74 Sauberlich HE, Skala JH, Dowdy RP. Laboratory tests for the assessment of nutritional status. Cleveland, OH: CRC Press, Inc., 1974.
- Smi94 Smit HA, Verschuren WMM, Bueno de Mesquita HB, e.a. Monitoring van risicofactoren en gezondheid in Nederland (MORGEN-project): Doelstellingen en werkwijze. Bilthoven: RIVM, 1994; (RIVM-rapport nummer 263 200 001).
- Tam97 Taminiou JAJM, de Meer K, Hofman Z. Bepaling van de voedingsbehoeften. In: Taminiou JAJM, de Meer K, Kneepkens CMF, e.a. Werkboek enterale voeding bij kinderen. Amsterdam: VU Boekhandel/ Uitgeverij bv, 1997.
- TNO98 TNO/LUMC. Groeidiagrammen van de vierde landelijke groeistudie. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum, 1998.
- Tro96 Troiano RP, Frongillo EA Jr, Sobal J, Levitsky DA. The relationship between body weight and mortality: a quantitative analysis of combined information from existing studies. *Int J Obesity Relat Metab Disord* 1996; 20: 63-75.
- UK91 Department of Health. Dietary Reference Intakes for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the panel on dietary reference intakes of the committee on medical aspects of food policy. London: HMSO, 1991.
- VR86 Voedingsraad. Richtlijnen goede voeding. 's-Gravenhage: Voedingsraad, 1986.
- VR92 Voedingsraad. Nederlandse voedingsnormen 1989 (2e druk). Den Haag: Voorlichtingsbureau voor de Voeding, 1992.
- WHO95a WHO Expert Committee on Physical Status. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995; (WHO Technical Report Series 854): Hfdst 9.
- WHO95b WHO Expert Committee on Physical Status. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO, 1995; (WHO Technical Report Series 854): Hfdst 7.
-

Energie

Samenvatting 49

2.1 Inleiding 50

2.1.1 Energie-leverende voedingsstoffen 50

2.1.2 Fysiologische betekenis 51

2.2 Factoren die de energiebehoefte beïnvloeden 52

2.2.1 Voedingsfactoren 52

2.2.2 Overige factoren 53

2.3 Gemiddelde behoefte 55

2.3.1 Afleidingsmethoden 55

2.3.2 Leeftijdsgroepen van 0 tot en met 11 maanden 58

2.3.3 Leeftijdsgroepen van 1 tot en met 18 jaar 60

2.3.4 Leeftijdsgroepen ouder dan 18 jaar 61

2.3.5 Zwangerschap 62

2.3.6 Lactatie 64

2.4 Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen 65

Literatuur 65

Samenvatting

Tabel 2.1 Overzicht van de in dit hoofdstuk afgeleide gemiddelde energiebehoefes.

groep	methode	gemiddelde energiebehoefte (MJ/d ^b)	
		jongens / mannen	meisjes / vrouwen
0 t/m 2 mnd	² H ₂ ¹⁸ O-methode + accretie	0,39 MJ/[kg.d] (1,8 MJ/d)	0,39 MJ/[kg.d] (1,8 MJ/d)
3 t/m 5 mnd	”	0,35 MJ/[kg.d] (2,4 MJ/d)	0,35 MJ/[kg.d] (2,4 MJ/d)
6 t/m 11 mnd	”	3,0	3,0
1 t/m 3 jaar	”	5,0	4,7
4 t/m 8 jaar	”	7,2	6,5
9 t/m 13 jaar	”	10,6	9,5
14 t/m 18 jaar	”	14,0	10,4
19 t/m 30 jaar	basaalstofwisseling ^b x PAL ^c	12,9	10,2
31 t/m 50 jaar	”	12,2	9,7
51 t/m 70 jaar	”	11,0	9,0
> 70 jaar	”	9,3	7,8
zwangere vrouwen	factoriële - en ² H ₂ ¹⁸ O-methode	-	+1,2 ^d
lacterende vrouwen	factoriële methode	-	+2,1 ^e

^a Tenzij een andere eenheid is aangegeven.

^b Berekend met voorspellingsformules op basis van het referentiegewicht.

^c Afgeleid op basis van onderzoeksresultaten met de ²H₂¹⁸O-methode. Voor het berekenen van de gemiddelde energiebehoefte van personen van 19 jaar en ouder is uitgegaan van de PAL-waarden bij het gemiddeld lage niveau van lichamelijke activiteit van Nederlandse volwassenen. De PAL-waarden bij het wenselijke niveau van lichamelijke activiteit zijn gegeven in 2.3.4.

^d Uitgaande van de gebruikelijke vermindering van lichamelijke activiteit tijdens de zwangerschap bij Nederlandse vrouwen.

^e Uitgaande van de gebruikelijke verbranding van 0,5 kg lichaamsvet per maand tijdens de lactatie bij Nederlandse vrouwen.

2.1 Inleiding

2.1.1 *Energie-leverende voedingsstoffen*

De mens voorziet in zijn energiebehoefte door de consumptie van eiwitten, vetten, koolhydraten en alcohol. Eiwitten en verteerbare koolhydraten leveren 17 kJ per gram, vetten 38 kJ per gram en alcohol 29 kJ per gram; deze waarden zijn gecorrigeerd voor de verliezen via urine en feces. Suikeralcoholen* leveren minder energie dan verteerbare koolhydraten: 8-15 kJ per gram (VR87). Ook sommige typen voedingsvezel leveren energie. Zo levert pectine 12 kJ per gram (Sou92). Cellulose levert géén energie (Sou92). Gemiddeld leveren de niet-verteerbare koolhydraten in een gemengde voeding circa 8 kJ per gram.

In het inleidende hoofdstuk is aangegeven dat de voedingsnormen voor macrovoedingsstoffen veelal zijn uitgedrukt als energiepercentage** (zie 1.1). De som van de energiepercentages eiwitten, vetten, koolhydraten en — eventueel — alcohol is per definitie 100%. De som van de aanbevolen hoeveelheden c.q. adequate innemingen voor eiwitten, vetten en koolhydraten die de commissie in dit advies vaststelt, is echter lager (zie tabel 2.2). De aanvulling tot 100 energieprocent kan plaatsvinden door het verhogen van de consumptie van eiwitten of koolhydraten boven het niveau van de aanbevolen hoeveelheid. Daarbij dient men rekening te houden met de aanvaardbare bovengrens van inneming voor eiwitten van 25 energieprocent. Daarnaast zal in de praktijk vaak een gedeelte van het hiaat worden opgevuld via de consumptie van alcoholische drank. Volgens de Nederlandse Voedselconsumptiepeiling 1998 gebruiken Nederlandse volwassenen gemiddeld 3 tot 5 energieprocent alcohol.

Bij omzettingsprocessen in het lichaam kan ongeveer de helft van de energetische waarde van eiwitten, vetten en koolhydraten worden vastgelegd in de vorm van het energierijke adenosinetrifosfaat (ATP, de voornaamste energiebron voor de levensprocessen). Het resterende deel komt als warmte vrij. Het omzetten van voedingsvet in lichaamsvet en van glucose in glycogeen gebeurt efficiënt: maar 5% van de energie wordt omgezet in warmte. De warmteproductie bij de omzetting van glucose in lichaamsvet is circa 30%. Bij lichamelijke inspanning komt 80% van de energetische waarde van het ATP als warmte vrij.

* Suikeralcoholen worden gebruikt als suikervervangende zoetstoffen.

** Het aandeel dat de voedingsstof levert aan de totale inneming van energie.

Tabel 2.2 Verdeling van de inneming van energie over de macrovoedingsstoffen bij volwassenen, uitgaande van de in dit advies afgeleide voedingsnormen.

voedingsstof	aanbevolen hoeveelheid of adequate inneming in energieprocenten	
	mensen met wenselijk lichaamsgewicht	mensen met overgewicht of met ongewenste gewichtstoename
eiwitten ^a	10	10
vetten	20 tot 40	20 tot 30 à 35
verteerbare koolhydraten	40	40
totaal	70 tot 90	70 tot 80 à 85
restant	10 tot 30	15 à 20 tot 30

^a De aanbevolen hoeveelheid eiwit voor volwassenen varieert, afhankelijk van leeftijdsgroep en geslacht, van 8 tot 11 energieprocent.

2.1.2 Fysiologische betekenis

Energie is nodig voor alle levensprocessen, voor het in stand houden van de lichaamsweefsels en voor het uitvoeren van lichamelijke activiteiten. Kinderen en zwangere vrouwen hebben bovendien energie nodig voor weefselgroei, en lacterende vrouwen voor de productie van moedermelk.

De energiebehoefte heeft een smalle marge. Een chronisch te lage inneming van energie resulteert in gewichtsverlies terwijl een chronisch te hoge inneming overgewicht veroorzaakt. De gemiddelde energiebehoefte is daarom geschikt voor het beoordelen van de consumptiecijfers op groepsniveau, maar niet op individueel niveau. De energieinneming van een persoon met een wenselijk lichaamsgewicht moet overeenkomen met zijn of haar individuele behoefte. Deze wijkt in meer of mindere mate af van de gemiddelde behoefte; de variatiecoëfficiënt van de energiebehoefte wordt geschat op circa 20% (zie hoofdstuk Inleiding en begripsbepaling, paragraaf 1.2.2).

Het regelmatig bepalen van het lichaamsgewicht is de eenvoudigste manier om te beoordelen of de energieinneming overeenkomt met de behoefte van die persoon. Bij de interpretatie dient men rekening te houden met andere oorzaken van gewichtsveranderingen, zoals groei, zwangerschap of veranderingen in de spiermassa door een wijziging van het activiteitenpatroon.

2.2 Factoren die de energiebehoefte beïnvloeden

2.2.1 Voedingsfactoren

Vet

De invloed van het vetgehalte van de voeding op de energiebalans en dus op de gewichtsregulatie is beschreven in het hoofdstuk over vetten (zie 4.7.1). De commissie concludeert in deze paragraaf dat bij personen in energiebalans iso-energetische vervanging van vetten door koolhydraten geen effect heeft op het lichaamsgewicht. Als de inneming van energie de behoefte overtreft, zou een voeding met een hoger vetgehalte echter leiden tot een grotere gewichtstoename dan een voeding met een lager vetgehalte. Uit interventie-onderzoek waarbij de voeding *ad libitum* is verstrekt, blijkt dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding de kans op een overmatige inneming van energie vermindert. Bij een vermindering met tien energieprocent vet daalt het lichaamsgewicht naar schatting met gemiddeld twee tot drie kilogram. Deze gewichtsdaaling komt binnen zes maanden tot stand, waarna het lichaamsgewicht op het nieuwe niveau stabiliseert.

Eiwit en alcohol

In de uren na consumptie van een energie-leverende voedingsstof (macrovoedingsstof) is het energieverbruik verhoogd. De omvang van die door de voedingsstof geïnduceerde thermogenese verschilt tussen de macrovoedingsstoffen. Voedingseiwitten verhogen het energieverbruik met circa 25% van de als eiwit ingenomen energie (Jéq95). Voor alcohol is dit circa 15% (Wes89). De verhoging van het energieverbruik als gevolg van de consumptie van koolhydraten en vetten is aanzienlijk lager: respectievelijk 8% en 4% van de energie-inneming via de betreffende voedingsstof (Jéq95). Het kleine verschil tussen koolhydraten en vetten kan verklaren waarom iso-energetische vervanging van vetten door koolhydraten géén meetbaar effect heeft op het energieverbruik en het lichaamsgewicht. Eiwitten zijn de minst efficiënte leveranciers van energie. Dit strookt met de bevinding dat de vervanging van koolhydraten door eiwitten het gewichtsverlies tijdens afslanken bevordert (Sko99). Zoals gezegd is ook alcohol een weinig efficiënte energiebron, maar dit heeft weinig relevantie voor de volksgezondheid omdat een hoge alcoholinneming ongewenst is.

Maaltijdfrequentie

Op basis van observationeel onderzoek is gesuggereerd dat de maaltijdfrequentie invloed heeft op het energieverbruik. Een dergelijk effect kon echter in interventieonderzoek niet worden aangetoond (Ver91, Ver93a, Ver93b).

2.2.2 Overige factoren

Lichaamsgewicht en lichaamssamenstelling

Het lichaamsgewicht is een belangrijke determinant van de basaalstofwisseling*. Ook het energieverbruik tijdens lichamelijke activiteiten is mede afhankelijk van het lichaamsgewicht, vooral als die activiteiten een verplaatsing van het lichaam met zich meebrengen (bijvoorbeeld lopen en klimmen).

Tussen weefsels en organen bestaan grote verschillen in energieverbruik; zo is het energieverbruik van organen hoog en dat van vetweefsel laag. Het aandeel dat organen, vetweefsel en spierweefsel leveren aan het lichaamsgewicht is dan ook van invloed op de basaalstofwisseling. Bij zuigelingen verbruiken de hersenen relatief veel energie, terwijl bij volwassenen het energieverbruik van de lever relatief het hoogst is (FAO85). Ook hebben personen met veel lichaamsvet minder energie nodig dan personen met hetzelfde lichaamsgewicht, maar minder lichaamsvet. Dit verklaart deels het verschil tussen mannen en vrouwen: vrouwen hebben gemiddeld tien procent meer vet dan mannen met hetzelfde lichaamsgewicht. Bij het stijgen van de leeftijd vermindert dit verschil tussen mannen en vrouwen (Sch85).

Lichamelijke activiteit

De mate van lichamelijke activiteit heeft veel invloed op de energiebehoefte. De PAL-waarde (PAL = *physical activity level*) beschrijft het niveau van fysieke activiteit; het is de factor waarmee de basaalstofwisseling vermenigvuldigd moet worden om het 24-uurs energieverbruik te berekenen (Jam88). De gemiddelde PAL-waarde varieert van 1,2 bij zeer inactieve tot 2,4 bij zeer actieve personen. Gedurende weken van extreme activiteit (Tour de France, Zuidpool-expedities) zijn hogere waarden gemeten (tot 5), maar het is onwaarschijnlijk dat deze gedurende langere periodes gehandhaafd kunnen worden (Bla96).

Naast gerichte bewegingen kosten ook onwillekeurige bewegingen energie. Tijdens periodes dat de inneming van energie te hoog is, zouden de onderlinge verschillen in ve-

* Zie paragraaf 2.3.1 voor een beschrijving van de basaalstofwisseling.

topslag tussen mensen ten dele door deze onwillekeurige bewegingen worden bepaald (Lev99).

De invloed van de mate van lichamelijke activiteit op de PAL-waarde is samengevat in tabel 2.3.

Tabel 2.3 PAL-waarden gebaseerd op $^2\text{H}_2$ ^{18}O -onderzoek (Bla96).

leefstijl	PAL-waarde
mensen die de gehele dag zitten en/of liggen	1,2
zittend werk zonder onderbreking met weinig of geen beweging in vrije tijd	1,4-1,5
zittend werk afgewisseld met rondlopen met weinig of geen beweging in vrije tijd	1,6-1,7
staand werk	1,8-1,9
veel inspanning in werk en vrije tijd	2,0-2,4
hoogst gerapporteerde PAL-waarde (extreme fysieke belasting)	$\pm 5,0$

Bij veel Nederlandse volwassenen is sprake van bewegingsarmoede, gekarakteriseerd door PAL-waarden tussen 1,5 en 1,6. Een hoger 24-uurs energieverbruik (Pat95) en meer lichaamsbeweging (Ber90, Man99) verminderen de kans op coronaire hartziekten. De commissie benadrukt dat een kleine toename van de lichamelijke activiteit al tot meetbare gezondheidswinst kan leiden. Amerikaanse deskundigen pleiten voor tenminste 30 minuten matig-inspannende activiteiten op dagelijkse basis (Pat95). De PAL-waarde wordt hierdoor met 0,03 tot 0,09 verhoogd.* Een voorbeeld van matig-inspannende activiteiten is wandelen met een tempo van vier kilometer per uur (Ain93). Recentelijk is bij Amerikaanse vrouwen gevonden dat stevig wandelen gedurende tenminste drie uur per week beschermt tegen coronaire hartziekten (Man99). Er zijn aanwijzingen dat lichaamsbeweging ook een rol kan spelen bij de preventie van overgewicht, vooral bij mensen met een vetrijke voeding (Lis97). Ook zou lichamelijke activiteit coloncarcinoom en mogelijk ook borstkanker kunnen helpen voorkomen (Col97, Fri98, Mar97, Ver00).

Voor een overzicht van het energieverbruik tijdens specifieke activiteiten verwijst de commissie naar de publicaties van Ainsworth en medewerkers (Ain93, Ain00). De commissie benadrukt dat een forse toename van de lichamelijke activiteit nodig is, voordat de PAL-waarde meetbaar verandert (zie ook de voetnoot bij de vorige alinea).

* Bij een laag niveau van lichamelijke activiteit geldt een PAL-waarde van 1,5. Matig inspannende activiteiten zijn gedefinieerd als activiteiten waarbij de verhouding tussen het energieverbruik en de basaalstofwisseling 3-6 bedraagt. Ten opzichte van een laag niveau van lichamelijke activiteit betekent dit dus een verhoging van de PAL-waarde met 1,5-4,5. Dertig minuten is 0,02 maal de tijdsduur van een etmaal. Als mensen met een laag niveau van lichamelijke activiteit dagelijks 30 minuten matig inspannende activiteit gaan verrichten, neemt hun PAL-waarde toe met 0,02 maal 1,5-4,5 is 0,03-0,09.

Genetische factoren

Weinig is bekend over de invloed van genetische factoren op het lichaamsgewicht (Bou90, Hei95, Ran98). Er zijn aanwijzingen — onder andere uit onderzoek bij tweelingen — dat genetische factoren 40-70% van de energetische efficiëntie bepalen (Bou90).

2.3 Gemiddelde behoefte

De commissie leidt voor energie géén adequate inneming of aanbevolen hoeveelheid af. Beide voedingsnormen liggen voor (vrijwel) iedereen boven de persoonlijke behoefte (zie 1.2). Dit is in het geval van energie ongewenst, omdat overconsumptie leidt tot een toename van het lichaamsgewicht.

Voor energie leidt de commissie alleen de gemiddelde behoefte af. Deze waarde heeft voor het individu weinig relevantie: om het lichaamsgewicht constant te houden moet de energie-inneming immers overeenkomen met de individuele behoefte. Op basis van de gegevens in dit hoofdstuk kan men echter de individuele energiebehoefte schatten: met behulp van tabel 2.3 valt te schatten welke PAL-waarde op een bepaald individu van toepassing is (zie 2.2.2) en met de voorspellingsformule uit tabel 2.4 kan men de basaalstofwisseling schatten op basis van het lichaamsgewicht van die persoon (zie 2.3.1). De individuele energiebehoefte wordt dan bepaald als het product van de basaalstofwisseling en de PAL-waarde.

2.3.1 Afleidingsmethoden

De commissie berekent de gemiddelde energiebehoefte van de leeftijdsgroepen tot één jaar door het met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode geschatte 24-uurs energieverbruik en de accretiekosten van de groei bij elkaar op te tellen. Voor de andere leeftijdsgroepen schat zij de gemiddelde energiebehoefte als het product van de met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode geschatte gemiddelde PAL-waarde en de basaalstofwisseling, voor de groepen tot 18 jaar aangevuld met de accretiekosten van de groei.

In het rapport Nederlandse Voedingsnormen 1989 is het 24-uurs energieverbruik vastgesteld door ieder van de factoren die bijdragen aan het energieverbruik* te schatten en bij elkaar op te tellen (VR92). Dit staat bekend als de factoriële methode. Een nadeel van deze methode is dat één van de factoren, de energetische kosten van lichamelijke activiteiten, niet betrouwbaar te meten is. Omdat de commissie nu voor de meeste groepen beschikt over onderzoeksresultaten met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode, is de fac-

* De afzonderlijke factoren van het energieverbruik zijn de basaalstofwisseling, de door voeding geïnduceerde thermogenese en het energieverbruik voor lichamelijke activiteiten.

torieële methode vrijwel overbodig geworden. In dit advies is die methode alleen gebruikt voor schatting van de energiebehoefte van zwangere en lacterende vrouwen.

De geschetste bepalingmethoden zijn hierna toegelicht.

De dubbelgemerktwater- of $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode

De gemiddelde energiebehoefte is in het voorliggende advies voor een belangrijk deel gebaseerd op onderzoeksresultaten verkregen met de relatief nieuwe dubbelgemerktwater- of $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode. De commissie hecht veel waarde aan deze methode, omdat het de enige niet-invasieve nauwkeurige methode is die het 24-uurs energieverbruik meet onder normale leefomstandigheden, dus zonder het gebruikelijke activiteitenpatroon te beïnvloeden. De meetwaarde weerspiegelt het gemiddelde energieverbruik gedurende de voorgaande 5-10 dagen bij kinderen en 10-20 dagen bij volwassenen.

Op basis van validatie-onderzoek waarbij de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode werd vergeleken met de respiratiekamer methode, wordt de nauwkeurigheid geschat op 10% en de herhaalbaarheid op 6-10% (IDEC90, Spe98). Ook in het eerste levensjaar blijkt de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode een valide schatting van het 24-uurs energieverbruik te geven (But96). De commissie gebruikt geen gegevens uit respiratiekameronderzoek voor het afleiden van de gemiddelde energiebehoefte, omdat bij deze metingen niet de normale leefomstandigheden gelden.

De gegevens verkregen met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode zijn bij de leeftijdsgroepen tot 1 jaar gebruikt om het 24-uurs energieverbruik exclusief de energetische kosten van de groei te schatten. Voor alle andere leeftijdsgroepen is met deze methode de gemiddelde PAL-waarde bepaald; dit is een maat voor het gemiddelde niveau van lichamelijke activiteit (zie 2.2.2). De commissie gaat ervan uit dat zuigelingen, kinderen en adolescenten gemiddeld een wenselijk niveau van lichamelijke activiteit hebben (zie 2.3.2). Voor volwassenen acht zij het gemiddelde niveau van lichamelijke activiteit, en dus de gemiddelde PAL-waarde, echter te laag. In 2.2.2 bespreekt de commissie de invloed van lichamelijke activiteiten op de PAL-waarde bij volwassenen.

Basaalstofwisseling

De basaalstofwisseling weerspiegelt het energieverbruik van personen in rust en in post-absorptieve toestand die zich in een thermoneutrale ruimte bevinden. Het energieverbruik tijdens de slaap is circa 5% lager (Bla96).

Als de basaalstofwisseling niet uit metingen bekend is, kan ze worden geschat op basis van lichaamsgewicht, leeftijd en geslacht*. Verschillende onderzoeksgroepen hebben schattingsformules opgesteld (Eli92). De FAO/WHO/UNU heeft in 1985 gekozen voor de Schofield-formules, die gebaseerd zijn op circa 7 000 metingen (FAO85, Sch85). Deze worden sindsdien algemeen gebruikt voor het opstellen van de energie-aanbevelingen. Het Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding van de Europese Commissie heeft voor de oudere leeftijdsgroepen nieuwe formules opgesteld, omdat het gegevensbestand van Schofield weinig metingen bij ouderen bevatte (WCMV94). De commissie gebruikt deze — deels aangepaste — Schofield-formules (tabel 2.4) en de referentiegewichten (zie 1.6) om de basaalstofwisseling per leeftijds- en geslachts-groep te berekenen.**

Tabel 2.4 Berekening van de basaalstofwisseling in MJ/d uit het lichaamsgewicht in kg (WCMV94).

categorie		basaalstofwisseling = a + b x lichaamsgewicht	
		a	b
jongens / mannen	0 t/m 2 jaar	- 0,13	0,2490
	3 t/m 9 jaar	+ 2,11	0,0950
	10 t/m 17 jaar	+ 2,75	0,0740
	18 t/m 29 jaar	+ 2,84	0,0640
	30 t/m 59 jaar*	+ 3,67	0,0485
	60 t/m 74 jaar	+ 2,93	0,0499
	75 jaar of ouder	+ 3,43	0,0350
meisjes / vrouwen	0 t/m 2 jaar	- 0,13	0,2440
	3 t/m 9 jaar	+ 2,03	0,0850
	10 t/m 17 jaar	+ 2,90	0,0560
	18 t/m 29 jaar	+ 2,08	0,0615
	30 t/m 59 jaar	+ 3,47	0,0364
	60 t/m 74 jaar	+ 2,88	0,0386
	75 jaar of ouder	+ 2,61	0,0410

* Rekenvoorbeeld: Voor een man van 50 jaar met een lichaamsgewicht van 85 kilogram wordt de basaalstofwisseling geschat op $3,67 + 0,0485 \times 85 = 7,8$ MJ/d.

* Formules waarmee de basaalstofwisseling kan worden geschat op basis van lengte, gewicht, leeftijd en geslacht hebben vrijwel dezelfde voorspellende waarde als formules op basis van gewicht, leeftijd en geslacht en zijn om die reden niet opgenomen.

** Er zijn aanwijzingen dat de formules de basaalstofwisseling overschatten; daarom is gepleit voor herevaluatie (She96).

Verschillen in de vetvrije massa van het lichaam (het lichaamsgewicht minus de vetmassa) bepalen een groot deel van de variatie in de basaalstofwisseling tussen personen. Echter, na correctie voor leeftijd, vetvrije massa, vetmassa en meetfouten, draagt de tussenpersoons variatiecoëfficiënt nog steeds 10% (Wes89). De formules in tabel 2.4 geven dus slechts een grove indicatie van de basaalstofwisseling van een individu.

Energetische kosten van groei

De energetische kosten van de groei bestaan uit de accretiekosten en de synthesekosten. Weefsels bestaan (onder meer) uit eiwitten en vetten. De hoeveelheid energie vastgelegd in de nieuwgevormde weefsels — weefseleiwit bevat 24 kJ per gram en weefselvet 39 kJ per gram — wordt aangeduid met de term 'accretiekosten'. De commissie schat de accretie van lichaamseiwit en -vet als het verschil tussen de hoeveelheden lichaamseiwit en -vet aan het begin en einde van iedere leeftijdsperiode. Deze hoeveelheden zijn berekend op basis van het lichaamsgewicht (TNO98) en de eiwit- en vetpercentages van het lichaam (Fom82) op deze leeftijdsgrenzen. De tweede component van de energetische kosten van de groei betreft de synthesekosten. Het vastleggen van één gram weefseleiwit kost 33 kJ, voor weefselvet is dat 7 kJ. De totale kosten van de groei bedragen dus 57 kJ per gram eiwit en 46 kJ per gram vet (Rob88).

Het met $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ bepaalde 24-uurs energieverbruik van personen in de groei bevat wèl de synthesekosten, maar níet de accretiekosten. De energiebehoefte wordt dan berekend als het 24-uurs energieverbruik plus de accretiekosten.

Bij schattingen van het 24-uurs energieverbruik met de factoriële methode — dus bij berekening als de som van de basaalstofwisseling, de door voeding geïnduceerde thermogenese, het energieverbruik voor lichamelijke activiteiten en de energetische kosten van de groei — moeten zowel de accretie- als de synthesekosten worden verdisconteerd.

2.3.2 *Leeftijdsgroepen van 0 tot en met 11 maanden*

24-uurs energieverbruik via de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode

$^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -metingen bij Britse en Amerikaanse zuigelingen lieten zien dat het 24-uurs energieverbruik per kilogram lichaamsgewicht stijgt gedurende de eerste levensmaanden (But96). Dit komt overeen met bevindingen bij Nederlandse zuigelingen. Op grond van dat Nederlandse onderzoek (Bru98) en een recente Amerikaanse publicatie (But00) schat de commissie het gemiddelde 24-uurs energieverbruik voor de leeftijdsgroepen

van 0 tot en met 2 en van 3 tot en met 5 maanden op 0,30 MJ/kg en voor de leeftijdsgroep van 6 tot en met 11 maanden op 0,33 MJ/kg.

Groei (accretiekosten)

In de eerste drie levensmaanden stijgt het percentage lichaamsvet van de zuigeling van circa 15% tot circa 24% en daalt het percentage lichaamseiwit met circa 1%. In de periode van 3 tot en met 5 maanden en van 6 tot en met 11 maanden neemt het percentage lichaamsvet toe tot circa 26% en blijft het percentage lichaamseiwit vrijwel gelijk (Fom82). De commissie meent dat de kleine verschillen in gewichtstoename en lichaamssamenstelling tussen jongens en meisjes in deze leeftijdsgroepen geen aanleiding geven tot onderscheid naar geslacht. Combinatie van gegevens over de percentages lichaamsvet en -eiwit met de Nederlandse gewichtsgegevens aan het begin en einde van iedere leeftijdperiode (zie 2.3.1) levert de volgende schattingen voor de gemiddelde dagelijkse accretiekosten: voor zuigelingen van 0 tot en met 2 maanden 0,5 MJ of 0,10 MJ/kg, voor de leeftijdsgroep van 3 tot en met 5 maanden 0,3 MJ of 0,05 MJ/kg en voor de leeftijdsgroep van 6 tot en met 11 maanden 0,1 MJ/d of 0,01 MJ/kg.

Gemiddelde energiebehoefte

De gemiddelde energiebehoefte bestaat uit het 24-uurs energieverbruik plus de accretiekosten (tabel 2.5). De energiebehoefte blijkt gedurende het eerste levensjaar geleidelijk toe te nemen. Uitgedrukt per kilogram lichaamsgewicht is er echter sprake van een geleidelijk afname.

Tabel 2.5 Afleiding van de gemiddelde energiebehoefte van zuigelingen.^a

categorie	factor	MJ/kg per dag	MJ/d
0 t/m 2 maanden	24-uurs energieverbruik	0,30	1,4
	accretiekosten	0,10	0,5
	gemiddelde energiebehoefte	0,39	1,8
3 t/m 5 maanden	24-uurs energieverbruik	0,30	2,1
	accretiekosten	0,05	0,3
	gemiddelde energiebehoefte	0,35	2,4
6 t/m 11 maanden	24-uurs energieverbruik	0,33	2,9
	accretiekosten	0,01	0,1
	gemiddelde energiebehoefte	0,35	3,0

^a De verschillen tussen de som van 24-uurs energieverbruik plus accretiekosten en de gemiddelde behoefte zijn veroorzaakt door afronding van de waarden.

2.3.3 Leefijdsgroepen van 1 tot en met 18 jaar

24-uurs energieverbruik via de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode

Op basis van resultaten van onderzoek met de dubbelgemerkt-water methode zijn de gemiddelde PAL-waarden geschat van jongens een meisjes van 1 tot en met 5 jaar, 6 tot en met 13 jaar en 14 tot en met 19 jaar (Tor96). Voor iedere groep is de basaalstofwisseling berekend met de formules in tabel 2.4. Vervolgens is het 24-uurs energieverbruik exclusief de energetische kosten van de groei berekend door de PAL-waarde te vermenigvuldigen met de basaalstofwisseling.

Groei (accretiekosten)

De vet- en eiwit-accretie tijdens de groei is berekend via vermenigvuldiging van het lichaamsvet- en eiwitpercentage met het gemiddelde lichaamsgewicht op de grenzen van iedere leeftijdperiode (zie 2.3.1). Voor de leeftijdsgrenzen 1, 4 en 9 jaar zijn literatuurgegevens over de percentages lichaamsvet en lichaamseiwit gebruikt (Fom82). Voor de leeftijdsgrenzen 14 en 19 jaar heeft de commissie aannames gedaan. Zij veronderstelt dat jongens op 14- en 19-jarige leeftijd 17% lichaamseiwit hebben en meisjes 15%. De aannames voor de percentages lichaamsvet op 14- en 19-jarige leeftijd zijn voor jongens respectievelijk 14% en 15% en voor meisjes respectievelijk 19% en 20%. Op basis van de voorgaande aannames is de energieaccretie in MJ/d berekend. Deze blijkt voor de leeftijdsgroepen tussen 1 en 18 jaar te variëren van 0,05 tot 0,13 MJ/d.

Gemiddelde energiebehoefte

De gemiddelde energiebehoefte is berekend als het product van de PAL-waarde en de basaalstofwisseling plus de energetische kosten van de groei (zie tabel 2.6). De bijdrage van de groei (accretie) in de energiebehoefte blijkt in deze leeftijdsgroepen klein te zijn.

Gegevens over het 24-uurs energieverbruik van Nederlandse kinderen zijn schaars. Voor gezonde jongens en meisjes van 7 tot 10 jaar zijn gemiddelde PAL-waarden van respectievelijk 2,0 en 1,7 gerapporteerd (Ber95). Deze waarden komen globaal overeen met de gegevens in tabel 2.6. De PAL-waarden laten zien dat het activiteitenpatroon in deze leeftijdsgroepen gemiddeld nog op een wenselijk niveau ligt, al ligt de wenselijke PAL-waarde voor meisjes van 14 tot en met 18 jaar niet op 1,7 maar op 1,8.

Tabel 2.6 Afleiding van de gemiddelde dagelijkse energiebehoefte.

categorie	referentie- gewicht	basaalstofwis- seling (BMR) ^a	PAL-waarde ^b	BMR x PAL	gemiddelde accretiekosten	gemiddelde energiebehoefte ^c
<i>jongens</i>						
	<i>kg</i>	<i>MJ/d</i>		<i>MJ/d</i>	<i>MJ/d</i>	<i>MJ/d</i>
1 t/m 3 jaar	14	3,4	1,5	4,99	0,05	5
4 t/m 8 jaar	24	4,4	1,6	7,09	0,06	7,2
9 t/m 13 jaar	40	5,8	1,8	10,44	0,12	10,6
14 t/m 18 jaar	65	7,5	1,8	13,87	0,11	14,0
<i>meisjes</i>						
1 t/m 3 jaar	13,5	3,2	1,5	4,66	0,05	4,7
4 t/m 8 jaar	23,5	4,0	1,6	6,42	0,09	6,5
9 t/m 13 jaar	41	5,3	1,8	9,42	0,13	9,5
14 t/m 18 jaar	59	6,1	1,7	10,31	0,07	10,4

^a De basaalstofwisseling is geschat op basis van referentiegewicht, leeftijd en geslacht (zie tabel 2.2).

^b De PAL-waarde is gebaseerd op gegevens verkregen met de ²H₂¹⁸O-methode (Tor96).

^c Berekend als BMR x PAL-waarde plus de gemiddelde accretiekosten.

2.3.4 Leeftijdsgroepen ouder dan 18 jaar

De PAL-waarde van inactieve personen ligt tussen 1,4 en 1,7 (zie 2.2.2). Bij de afleiding van de gemiddelde energiebehoefte gaat de commissie uit van een gemiddelde PAL-waarde voor volwassenen van 1,7. Bij toenemende leeftijd daalt deze waarde. In een groep 70- tot 80-jarige Zutphense mannen was de gemiddelde PAL-waarde 1,5 (persoonlijke mededeling Saris). De commissie gaat voor de leeftijdsgroep 51 tot en met 70 jaar uit van een gemiddelde PAL-waarde van 1,6.

Een verhoging van de lichamelijke activiteit is wenselijk in verband met de volksgezondheid (zie 2.2.2). De commissie definieert de PAL-waarde voor het wenselijke activiteitsniveau als 1,9 voor de leeftijdsgroepen van 19 tot en met 50 jaar, 1,8 voor de leeftijdsgroep 51 tot en met 70 jaar en 1,7 voor personen ouder dan 70 jaar. De waarde van 1,8 voor gezonde en actieve ouderen wordt ondersteund door de bevindingen in een Nederlands onderzoek (Sch97).

Een meta-analyse van onderzoek uit binnen- en buitenland laat zien dat de PAL-waarde van 70% van de mannen en 90% van de vrouwen lager is dan 1,9 (Bla96). De commissie gaat ervan uit dat veel volwassen Nederlanders minder actief zijn dan wenselijk wordt geacht.

De commissie berekent de gemiddelde energiebehoefte van volwassenen als het product van de basaalstofwisseling en de PAL-waarde bij het gemiddeld lage niveau van lichamelijke activiteit in Nederland (tabel 2.7).

Tabel 2.7 Afleiding van de gemiddelde energiebehoefte voor volwassenen.

categorie	referentie- gewicht	basaal stof- wisseling	PAL-waarden		gemiddelde energiebe- hoefte ^a
			bij het wenselijke ni- veau van lichamelij- ke activiteit	bij het gemiddeld la- ge niveau van licha- melijke activiteit in Nederland	
<i>mannen</i>	<i>kg</i>	<i>MJ/d</i>			<i>MJ/d</i>
19 t/m 30 jaar	75	7,6	1,9	1,7	12,9
31 t/m 50 jaar	72	7,2	1,9	1,7	12,2
51 t/m 70 jaar	74	6,9	1,8	1,6	11,0
> 70 jaar	74	6,2	1,7	1,5	9,3
<i>vrouwen</i>					
19 t/m 30 jaar	64	6,0	1,9	1,7	10,2
31 t/m 50 jaar	62	5,7	1,9	1,7	9,7
51 t/m 70 jaar	64	5,6	1,8	1,6	9,0
> 70 jaar	63	5,2	1,7	1,5	7,8

^a Gemiddelde energiebehoefte = basaalstofwisseling x PAL-waarde bij het gemiddeld lage niveau van lichamelijke activiteit in Nederland

2.3.5 Zwangerschap

Tijdens de zwangerschap wordt energie (in de vorm van vetten en eiwitten) vastgelegd in nieuwgevormd weefsel. De gemiddelde toename van de vetmassa tijdens de zwangerschap is bij Nederlandse vrouwen geschat op 2,4 kg (Raa87, Spa93) en bij vrouwen uit andere westerse landen op 3,3 kg (Pre96). Het verschil kan zowel veroorzaakt zijn door de meetmethode als door een werkelijk lagere vettoename in Nederland. De commissie gaat in haar berekeningen uit van een gemiddelde vettoename tijdens de zwangerschap van 3,0 kg (Pre96).

De basaalstofwisseling neemt tijdens de zwangerschap geleidelijk toe. Aan het einde van de zwangerschap is de basaalstofwisseling circa 20% hoger dan voor de zwangerschap. Over de gehele zwangerschap bedraagt de gemiddelde toename 0,6 MJ/dag (Pre96).

Het energieverbruik tijdens wandelen met een vastgesteld tempo blijft in de eerste helft van de zwangerschap vrijwel gelijk. Daarna neemt het gestaag toe tot circa +20% aan het einde van de zwangerschap. De toename van het energieverbruik tijdens fietsen met een vastgestelde belasting is kleiner (+11% aan het einde van de zwangerschap), waarschijnlijk omdat het lichaamsgewicht op de energetische kosten van fietsen een kleiner effect heeft dan op die van wandelen. Circa 5% van de stijging kan worden toegeschreven aan de stijging van de basaalstofwisseling (Pre96). Het dagelijkse leven bevat een combinatie van activiteiten die deels sterk (bijvoorbeeld lopen) en deels licht (zittende activiteiten) worden beïnvloed door het lichaamsgewicht. De commissie schat de gemiddelde toename van het netto energieverbruik voor lichamelijke activiteiten*, uitgaande van een ongewijzigd activiteitenpatroon, in de drie trimesters van de zwangerschap op respectievelijk 0%, 4% en 8%.

Op basis van de beschikbare onderzoeksresultaten gaat de commissie ervan uit dat de door voeding geïnduceerde thermogenese zowel bij niet-zwangere als bij zwangere vrouwen 10-15% van de totale energie-innemering bedraagt (Pre96). Als de energie-innemering tijdens de zwangerschap toeneemt, stijgt de door voeding geïnduceerde thermogenese in absolute termen.

Met de factoriële methode en uitgaande van een ongewijzigd activiteitenpatroon valt de toename van de energiebehoefte tijdens de zwangerschap te schatten op gemiddeld 1,5 MJ/d (bovenste gedeelte van tabel 2.8).

Nederlandse vrouwen blijken tijdens de zwangerschap geleidelijk minder actief te worden (Raa87, Spa93). Deze aanpassing zou een gemiddelde besparing van 0,5-0,6 MJ per dag opleveren (Raa87). Het tweede gedeelte van tabel 2.8 geeft de schattingen op basis van onderzoek met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode (Gol93, Kop99, Pit99). De uitkomsten van dit type onderzoek laten zien dat er grote verschillen bestaan in de energetische kosten van de zwangerschap en in de wijze waarop zwangere vrouwen in hun energiebehoefte voorzien. De langs deze weg gevonden gemiddelde waarden liggen voor de eerste twee trimesters van de zwangerschap 0,6 MJ/d lager en voor het derde trimester 0,4 MJ/d hoger dan schattingen gebaseerd op de factoriële methode. Geschat op basis van de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode is de gemiddelde stijging van de energiebehoefte tijdens de zwangerschap 1,2 MJ/d.

De commissie concludeert dat de energetische kosten van de zwangerschap gemiddeld 1,5 MJ/d bedragen. De gemiddelde extra energiebehoefte is echter lager, omdat vrouwen in Westerse landen tijdens de zwangerschap doorgaans lichamelijk minder actief worden. Op basis van de uitkomsten van onderzoek met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode schat de commissie de extra energiebehoefte tijdens de zwangerschap op 1,2 MJ/d.

* Het netto energieverbruik tijdens lichamelijke activiteiten is het energieverbruik minus de basaalstofwisseling.

Tabel 2.8 Stijging van de energiebehoefte tijdens de zwangerschap, in MJ/d.

	trimester van de zwangerschap			gehele zwanger- schap
	1	2	3	
<i>factoriële methode, uitgaande van een ongewijzigd activiteitenpatroon</i>				
energie-accretie	0,4	0,7	0,5	0,5
synthesekosten groei	0,1	0,1	0,1	0,1
basaalstofwisseling	0,2	0,4	1,1	0,6
netto kosten lichamelijke activiteit ^a	0	0,1	0,2	0,1
door voeding geïnduceerde thermogenese ^b	0,1	0,2	0,3	0,2
gemiddelde stijging van de energiebehoefte	0,8	1,5	2,2	1,5
<i>²H₂¹⁸O-methode</i>				
24-uurs energieverbruik (uitkomsten ² H ₂ ¹⁸ O-methode) ^c	-0,2	0,2	2,1	0,7
energie-accretie (zie boven)	0,4	0,7	0,5	0,5
gemiddelde stijging van de energiebehoefte	0,2	0,9	2,6	1,2

^a Vóór de zwangerschap naar schatting 2,5 MJ/d; stijging in de drie trimesters respectievelijk 0%, 4% en 8%.

^b 12,5% van de stijging in de energie-inneming = 12,5% van de totale energetische kosten van de zwangerschap.

^c Gewogen gemiddelde van 69 vrouwen (For92, Gol93 en Kop99).

2.3.6 Lactatie

De extra behoefte aan energie tijdens de lactatie is gelijk aan de energetische waarde van de moedermelk plus de energie die nodig is voor de productie daarvan. Moedermelk bevat per milliliter circa 2,6 kJ aan metaboliseerbare energie (Bru98). Het totale energiegehalte van moedermelk is ongeveer 5% hoger, dus 2,7 kJ/ml (Pre96). De gemiddelde dagelijkse uitscheiding van energie met de moedermelk is bij volledige borstvoeding (800 ml/d) circa 2,2 MJ.

De commissie berekent de energie nodig voor de productie van moedermelk door uit te gaan van de efficiëntie van de omzetting van de voedingsenergie in moedermelk-energie. Deze conversie-efficiëntie is minimaal 80% (Pre96). Uitgaande van genoemde waarden zijn de energetische kosten van de lactatie 2,7 MJ per dag. Gemiddeld daalt de hoeveelheid lichaamsvet met circa 0,5 kg per maand tijdens de lactatie. Hierdoor is de extra energiebehoefte circa 19 MJ per maand lager dan de energetische kosten van de

lactatie (Pre96). De commissie schat de extra energiebehoefte tijdens de lactatie op gemiddeld 2,1 MJ per dag.

Net als zwangere vrouwen hebben ook lacterende vrouwen mogelijk een verlaagd niveau van fysieke activiteiten (Spa94). Dit kan de energiebehoefte verminderen. Toekomstig onderzoek met de $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ -methode moet uitsluitend bieden over de omvang van deze besparing op de energiebehoefte.

2.4 Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen

Bijlage B, tabel B2, geeft voor enkele leeftijden de gemiddelde energiebehoefte zoals afgeleid in het voorliggende advies en de waarden in rapporten die in het buitenland zijn opgesteld. De in het voorliggende advies afgeleide voedingsnormen wijken weinig af van de waarden in het advies Nederlandse voedingsnormen 1989. Ze liggen meestal in de buurt van de hoogste waarden uit de buitenlandse rapporten, maar de waarde voor jongens van 15 jaar is hoger dan in de andere adviezen. De verschillen zijn voor een deel het gevolg van verschillen tussen de gebruikte referentiegewichten (zie tabel B1). Voor jongens van 15 jaar is in het voorliggende advies bovendien een hogere PAL-waarde gebruikt (1,8) dan in de meeste andere adviezen (Scandinavische landen, Groot-Brittannië en Europese Gemeenschap: 1,6; vorige Nederlandse voedingsnormen: 1,6-1,7; Verenigde Staten: 1,7; Duitstalige landen: 1,75).

Literatuur

- Ain93 Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, e.a. Compendium of physical activities: classification by energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 71-80.
- Ain00 Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, e.a. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (suppl): S498-S516.
- Ber90 Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 1990; 132: 612-28. Reacties: *Am J Epidemiol* 1990; 134: 232-4.
- Ber95 van den Berg HJG, Saris WHM, de Barbanson DC, e.a. Daily physical activity of school children with spastic diplegia and of healthy control subjects. *J Pediatr* 1995; 127: 578-84.
- Bla96 Black AE, Coward WA, Cole TJ, Prentice AM. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: 72-92.
- Bou90 Bouchard C, Tremblay A. Genetic effects in human energy expenditure components. *Int J Obes* 1990; 14 (suppl 1): S49-55.
- Bru98 de Bruin NC, Degenhart HJ, Gál S, e.a. Energy utilization and growth in breast-fed and formula-fed infants measured prospectively during the first year of life. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 885-96.
- But96 Butte NF. Energy requirements of infants. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50 (suppl. 1): S26-36.
-

- But00 Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM, e.a. Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first 2 y of life. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 1558-69.
- Col97 Colditz G, Cannuscio C, Frazier A. Physical activity and reduced risk of colon cancer: implications for prevention. *Cancer Causes Control* 1997; 8: 649-67.
- Eli92 Elia M. Energy expenditure in the whole body. In: Kinney JM, Tucker HN. *Energy metabolism: tissue determinants and cellular corollaries*. New York: Raven Press Ltd., 1992.
- FAO85 FAO/WHO/UNU. *Energy and protein requirements*. Geneva: WHO, 1985; (WHO Techn Rep Series 724).
- Fom82 Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1169-75.
- For92 Forsum E, Kabir N, Sadurskis A, e.a. Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 334-42.
- Fri98 Friedenreich CM, Thune I, Brinton LA, e.a. Epidemiologic issues related to the association between physical activity and breast cancer. *Cancer* 1998; 83: 600-10.
- Gol93 Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, e.a. Longitudinal assessment of energy expenditure in pregnancy by the doubly labeled water method. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 494-505.
- Hei95 Heitmann BL, Lissner L, Sørensen TIA, e.a. Dietary fat intake and weight gain in women genetically predisposed for obesity. *Am J Clin Nutr* 1995; 60: 1213-7.
- IDEC90 International Dietary Energy Consultancy Group. *The doubly-labelled water method for measuring energy expenditure. Technical recommendations for use in humans. A consensus report*. Vienna: International Atomic Energy Consultancy Group, 1990.
- Jam88 James WPT, Ferro-Luzzi A, Waterlow JC. Definition of chronic energy deficiency in adults. Report of a working party of the International Dietary Energy Consultancy Group. *Eur J Clin Nutr* 1988; 42: 969-81.
- Jéq95 Jéquier E. Nutrient effects: post-absorptive interactions. *Proc Nutr Soc* 1995; 54: 253-65.
- Kop99 Kopp-Hoolihan LE, van Loan MD, Wong WW, e.a. Longitudinal assessment of energy balance in well-nourished pregnant women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 697-704.
- Lev99 Levine JA, Eberhardt NL, Jensen MD. Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. *Science* 1999; 283: 212-4.
- Lis97 Lissner L, Heitmann BL, Bengtsson C. Low-fat diets may prevent weight gain in sedentary women: Prospective observations from the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Obes Res* 1997; 5: 43-48.
- Man99 Manson JE, Hu FB, Rich-Edwards JW, e.a. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1999; 341: 650-8.
- Mar97 Martinez ME, Giovannucci E, Spiegelman D, e.a. Leisure-time physical activity, body size, and colon cancer in women. *J Natl Cancer Inst* 1997; 89: 948-55.
- Pat95 Pate RR, Pratt M, Blair SN, e.a. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995; 273:402-7. Reacties: *JAMA* 1995; 274: 533-5.
- Pit99 Pitkin RM. Energy in pregnancy. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 583.
-

- Pre96 Prentice AM, Spaaij CJK, Goldberg GR, e.a. Energy requirements of pregnant and lactating women. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50 (suppl. 1): S82-111.
- Raa87 van Raaij JMA, Vermaat-Miedema SH, Schonk CM, e.a. Energy requirements of pregnancy in the Netherlands. *Lancet* 1987; ii: 953-5.
- Ran98 Ranneries C, Bulow J, Buemann B, e.a. Fat metabolism in formerly obese women. *Am J Physiol* 1998; 274: E155-61.
- Rob88 Roberts SB, Young VR. Energy costs of fat and protein deposition in the human infant. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 951-5.
- Sch85 Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutr Clin Nutr* 1985; 39C(suppl 1): 5-41.
- Sch97 Schuit AJ, Schouten EG, Westerterp KR, e.a. Validity of the Physical Activity Scale for the Elderly (PASE) according to energy expenditure assessed by the doubly labeled water method. *J Clin Epidemiol* 1997; 50: 541-6.
- Sko99 Skov AR, Toubro S, Ronn B, e.a. Randomized trial on protein versus carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1999; 23: 528-36.
- Sou92 Southgate D. In: Schweizer TF, Edwards CA, red. Dietary fibre - a component of food. Nutritional function in health and disease. ILSI human nutrition reviews. London: Springer-Verlag, 1992: 256.
- Spa93 Spaaij CJK, van Raaij JMA, de Groot LCPGM, e.a. Critical reassessment of the extra energy needs during pregnancy. In: Spaaij CJK. The efficiency of energy metabolism during pregnancy and lactation. (Proefschrift). Wageningen: University of Wageningen, 1993.
- Spa94 Spaaij CJK, van Raaij JMA, de Groot, LCPGM, e.a. Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet- and work -induced thermogenesis. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 42-7.
- Spe98 Speakman JR. The history and theory of the doubly labeled water technique. *Am J Clin Nutr* 1998; 68 (suppl): 932S-8S.
- TNO98 TNO/LUMC. Groeidiagrammen van de vierde landelijke groeistudie. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum, 1998.
- Tor96 Torun B, Davies PSW, Livingstone MBE, e.a. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50 (suppl 1): S37-81.
- Ver91 Verboeket-van de Venne WP, Westerterp KR. Influence of the feeding frequency on nutrient utilization in man: consequences for energy metabolism. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 161-9.
- Ver93a Verboeket-van de Venne WP, Westerterp KR. Frequency of feeding, weight reduction and energy metabolism. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17: 31-6.
- Ver93b Verboeket-van de Venne WP, Westerterp KR, Kester AD. Effect of the pattern of food intake on human energy metabolism. *Br J Nutr* 1993; 70: 103-15.
- Ver00 Verloop J, Rookus MA, van der Kooy K, e.a. Physical activity and breast cancer risk in women aged 20-54 years. *J Natl Cancer Inst* 2000; 92: 128-35.
- VR87 Voedingsraad. De energetische waarde van suikeralcoholen. Den Haag: Voedingsraad, 1987.
- VR92 Voedingsraad. Nederlandse voedingsnormen 1989. Den Haag: Voedingsraad, 1992.
-

- Wes89 Weststrate JA, Deurenberg P, Hautvast JGAJ. Nature and magnitude of inter-individual differences in resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis in lean and obese individuals. In: Weststrate JA. Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis. Studies in humans on individual differences and on the impact of nutritional and non-nutritional factors. (Proefschrift). Wageningen: LU, 1989.
- WCMV94 Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding. Voedings- en energieopnames voor de Europese Gemeenschap. Luxemburg: Bureau voor officiële publikaties der Europese Gemeenschappen, 1994.

Eiwitten

Samenvatting 71

-
- 3.1 Inleiding 71
- 3.1.1 Nomenclatuur, eigenschappen en voorkomen 71
- 3.1.2 Fysiologische betekenis 71
- 3.1.3 Deficiëntieverschijnselen 72
- 3.1.4 Invloed op het ontstaan van chronische ziekten 72
-
- 3.2 Factoren die van invloed zijn op de behoefte 75
- 3.2.1 Voedingsfactoren 75
- 3.2.2 Overige factoren 76
-
- 3.3 Gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheid 76
- 3.3.1 Afleidingsmethode 76
- 3.3.2 Waarden 78
-
- 3.4 Aanvaardbare bovengrens van inneming 81
-
- 3.5 Vergelijking met andere rapporten 82

Literatuur 82

Samenvatting

De gemiddelde eiwitbehoefte is afgeleid van de stikstofverliezen via urine, ontlasting, haar, nagels en transpiratie plus de eventuele extra stikstofbehoefte voor groei, zwangerschap en lactatie. Deze hoeveelheid stikstof is omgerekend naar de hoeveelheid eiwit, door vermenigvuldiging met 6,25. Bij het berekenen van de eiwitbehoefte is voorts rekening gehouden met de efficiëntie (70%) waarmee lichaamseiwit wordt aangemaakt uit aminozuren. De commissie veronderstelt dat de kwaliteit van het voedingseiwit bij een gemiddelde Nederlandse voeding optimaal is. De eiwitbehoefte van mensen met een lacto-ovovegetarisch en een veganistisch voedingspatroon is respectievelijk 1,2 en 1,3 maal hoger dan de behoefte van mensen met een gemengde voeding. Voor de gemiddelde behoeftes en aanbevolen hoeveelheden van mensen met een gemengde voeding verwijst de commissie naar de tabellen 3.1 en 3.2 in paragraaf 3.3.2. Voor de aanvaardbare bovengrens van inneming verwijst zij naar paragraaf 3.4.

3.1 Inleiding

3.1.1 *Nomenclatuur, eigenschappen en voorkomen*

Eiwitten zijn ketens van aminozuren. De specifieke eigenschappen van een eiwit hangen af van het soort aminozuren en hun volgorde. Belangrijke eiwitbronnen in Nederland zijn vlees, melk, eieren en granen.

3.1.2 *Fysiologische betekenis*

Eiwit is één van de bouwstenen van ieder levend organisme. Het is van betekenis voor vrijwel alle levensprocessen. Eiwitten vervullen in het lichaam specifieke functies, zoals het transport van stoffen, enzymwerking, hormoon- en receptorfuncties, en antistofwerking.

In het maagdarmkanaal worden de eiwitten uit het voedsel in aminozuren gesplitst. Eenmaal opgenomen in het lichaam dienen deze aminozuren weer voor de opbouw van lichaamseiwitten. Naast hun rol als bouwstof voor eiwitten zijn aminozuren betrokken bij tal van regelprocessen. Zo spelen zij een rol als neurotransmitter, als hormoon of als voorloper van één van beide. Bovendien leveren aminozuren energie.

Een aminozuur wordt geclassificeerd als essentieel of niet-essentieel. Het lichaam kan niet-essentiële aminozuren uit andere aminozuren aanmaken via zogeheten 'transaminering'. Essentiële aminozuren kan het lichaam niet fabriceren. De eiwitten in het voedsel moeten daarom voldoende essentiële aminozuren bevatten. De essentiële ami-

nozuren zijn fenylalanine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, threonine, tryptofaan en valine. De niet-essentiële aminozuren zijn alanine, arginine, asparagine, asparaginezuur, cysteïne, cystine, glutamine, glutaminezuur, glycine, hydroxyproline, proline, serine en tyrosine. Voor zes van de niet-essentiële aminozuren kan bij bepaalde ziektebeelden de productie in het lichaam tekortschieten, zodat suppletie via de voeding noodzakelijk is. Deze zogenoemde ‘semi-essentiële aminozuren’ zijn arginine, asparagine, glutamine, glycine, proline en serine.

In het lichaam vindt voortdurend afbraak en opbouw van eiwitten plaats. De omzettingssnelheid varieert — afhankelijk van het eiwit — van enkele uren tot enkele maanden. Bij iedere omzettingscyclus gaat een bepaalde hoeveelheid aminozuren verloren. Het stikstof van deze aminozuren verlaat het lichaam via de urine in de vorm van ureum. Ook gaat een kleine hoeveelheid stikstof verloren via de ontlasting en de huid (schilfers, transpiratie en haren).

3.1.3 *Deficiëntieverschijnselen*

Langdurig eiwittekort heeft verstrekkende gevolgen. Deze zijn het eerst merkbaar in functies waarbij eiwitten en cellen met een hoge omzettingssnelheid zijn betrokken, zoals de cellen van het darmepitheel en die van het immuunsysteem. Bij kinderen in de groei zullen ook groeistoornissen optreden. Het ziektebeeld dat ontstaat als gevolg van eiwitondervoeding noemt men ‘kwashiorkor’; in combinatie met een te lage energie-inneming ontstaat ‘marasmus’. Uiteindelijk leiden voedingen met een zeer laag eiwitgehalte tot de dood.

3.1.4 *Invloed op het ontstaan van chronische ziekten*

Overgewicht

Bij iso-energetische uitwisseling geven eiwitten een sterker gevoel van verzadiging dan vetten of koolhydraten (Dou97). Ook zijn eiwitten, in vergelijking met koolhydraten en vetten, een weinig efficiënte energieleverancier voor het lichaam, omdat het energieverbruik direct na de consumptie relatief sterk stijgt (zie 2.2.1). Door deze twee effecten kan een voeding met een hoog eiwitgehalte in theorie de kans op een overmatige inneming van energie verminderen. In een interventie-onderzoek waarin mensen met overgewicht een energiebeperkt dieet kregen, leidde een eiwitrijke voeding (25 energieprocent eiwit) tot een sterkere afname van het lichaamsgewicht dan een voeding met een normaal eiwitgehalte (twaalf energieprocent eiwit) (Sko99). Een hoge inneming van eiwit leidt de volgende dag echter meestal tot een voedselkeuze met een relatief lage in-

neming van eiwitten (Wes96). Over langere periodes is de variatie in de inneming van eiwit dan ook gering (Dou97, Hil95, Rol99).

De commissie meent dat er onvoldoende gegevens zijn om conclusies te kunnen formuleren over het effect van eiwitten op het lichaamsgewicht. Mogelijk is een energiebeperkt dieet succesvoller als het eiwitgehalte hoog is dan als dit laag is. Er is op dit terrein geen onderzoek gedaan bij mensen met een wenselijk lichaamsgewicht.

Coronaire hartziekten

De resultaten van prospectieve cohortonderzoeken naar het effect van de eiwitconsumptie op het ontstaan van coronaire hartziekten zijn niet eenduidig. In één cohortonderzoek leek een hoge inneming van eiwit de kans op coronaire hartziekten te verhogen (McG84), terwijl de uitkomsten van een ander cohortonderzoek juist wijzen op een beschermend effect (Hu99)*. De meeste onderzoeken van dit type laten echter geen verband zien tussen de eiwitconsumptie en het optreden van coronaire hartziekten (Feh93, Gor81, Kro84, Kus85).

Het eiwitgehalte van een energiebeperkt dieet is niet van invloed op de concentraties van lipiden in het bloed (Sko99). Mogelijk is het type eiwit in dit verband van belang. De resultaten van een meta-analyse van interventie-onderzoek wijzen er namelijk op dat soja-eiwit de concentraties van totaalcholesterol, LDL-cholesterol en triglyceriden in het bloed verlaagt (And95). Onduidelijk is in hoeverre dit effect aan het eiwit zelf kan worden toegeschreven. De auteurs menen dat de fyto-oestrogenen die in soja-eiwit voorkomen een groot deel van het gevonden effect verklaren.

De uitkomsten van dwarsdoorsnede-onderzoek wijzen erop dat eiwit in de voeding de bloeddruk verlaagt, maar gegevens uit interventie-onderzoek ondersteunen deze bevinding niet (Oba96).

De commissie concludeert dat eiwitten waarschijnlijk geen effect hebben op het ontstaan van coronaire hartziekten.

Kanker

De commissie heeft de invloed van eiwitten op het ontstaan van kanker beoordeeld aan de hand van het literatuuroverzicht van het 'World Cancer Research Fund' (WCRF97). Met betrekking tot kanker van de dikke darm (het colon) wijzen de resultaten van patiënt-controleonderzoeken veelal op een risicoverhogend, maar soms juist op een be-

* In het onderzoek van Hu en medewerkers was de eiwitinneming in het laagste kwintiel 15 energieprocent en in het hoogste kwintiel 24 energieprocent (Hu99).

schermend effect. In de vijf beschikbare prospectieve cohortonderzoeken ontbreekt een verband met colonkanker. In het geval van borstkanker wijzen drie van de vier patiëntcontroleonderzoeken op een ongunstig effect van dierlijk eiwit.

De commissie acht het niet aannemelijk dat de inneming van eiwit de kans op het ontstaan van kanker beïnvloedt.*

Osteoporose

Eiwit in de voeding verhoogt de calciumuitscheiding via de urine (Ker98, Wea99, Zem88). Dat kan ongunstig zijn voor het skelet. Een eiwitrijke voeding is echter ook rijk aan fosfaat, dat de uitscheiding van calcium vermindert (Zem88). De resultaten van een prospectief cohortonderzoek bij jonge vrouwen wijzen erop dat een hoge eiwitinneming de botopbouw vermindert (Rec92). In een ander cohortonderzoek kregen vrouwen van 55-69 jaar bij een hogere eiwitconsumptie juist minder fractures dan bij een lage inneming (Mun99). In een derde cohortonderzoek bij ouderen bestond geen verband tussen de eiwitconsumptie en het fractuurrisico (Fes96).

De commissie meent dat er onvoldoende gegevens zijn om conclusies te trekken over het effect van eiwitten op het ontstaan van osteoporose.

Nieraandoeningen

Een hoge eiwitconsumptie is mogelijk schadelijk voor de nieren (Jac99). Dit vermoeden is mede gebaseerd op het feit dat mensen met een nierziekte baat hebben bij een verlaging van het eiwitgehalte van de voeding (Ped96). Bij gezonde proefpersonen met overgewicht lijkt een eiwitrijk, energiebeperkt dieet de nierfunctie echter niet te beïnvloeden (Sko99). Mensen met ouderdomsdiabetes hebben meer kans een nierziekte te krijgen dan gezonde mensen. Ook in deze groep is gevonden dat vermindering van de eiwitconsumptie gedurende twee tot drie jaar niet van invloed is op de nierfunctie (Pij99).

De commissie concludeert dat de inneming van eiwit waarschijnlijk geen effect heeft op het ontstaan van nierziekten.

* Dit advies gaat over voedingsstoffen en niet over voedingsmiddelen. De commissie wijst er evenwel op dat een hoge consumptie van rood vlees mogelijk het risico op kanker in borstweefsel en de dikke darm verhoogt (Bin99, DH98, Hi199, WCRF97).

3.2 Factoren die van invloed zijn op de behoefte

3.2.1 Voedingsfactoren

Eiwitkwaliteit

De kwaliteit van een eiwit is afhankelijk van de verteerbaarheid en van de gehalten aan essentiële aminozuren in verhouding tot de behoefte aan deze aminozuren. Het essentiële aminozuur dat in verhouding tot de behoefte in de laagste concentratie aanwezig is, is het zogenoemde limiterende aminozuur.

De commissie gebruikt de 'Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score' of PDCAAS als maat voor de eiwitkwaliteit (FAO90, Sch00). De PDCAAS is het gehalte van het limiterende essentiële aminozuur in het eiwit, in mg per gram eiwit, gedeeld door de behoefte aan dit aminozuur van kinderen tot 4 jaar, eveneens in mg per gram eiwit (FAO85), vermenigvuldigd met de verteerbaarheid van het eiwit. De PDCAAS van een mengsel van eiwitten beschrijft de mate waarin deze eiwitten elkaars limiterende aminozuur aanvullen.

Uit de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998 blijkt dat Nederlanders gemiddeld circa tweemaal zoveel dierlijk als plantaardig eiwit consumeren (Hul98). Bij het bepalen van de eiwitkwaliteit is de commissie uitgegaan van eiwitten uit vlees, melk en tarwe in de verhouding 1:1:1. De PDCAAS van dit mengsel is 100%. Dit betekent dat in dit eiwitmengsel geen van de essentiële aminozuren limiterend is, zodat alle essentiële aminozuren optimaal benut kunnen worden voor de aanmaak van lichaamseiwitten.

In de voeding van lacto-ovovegetariërs en veganisten is lysine het limiterende aminozuur. Uitgaande van eiwitten uit melk en tarwe in de verhouding 1:1 bedraagt de PDCAAS voor een lacto-ovovegetarische voeding naar schatting 84%. De commissie gaat bij de berekening van de PDCAAS voor een veganistische voeding uit van eiwitten uit tarwe en soja in de verhouding 1:1; voor deze voeding bedraagt de PDCAAS naar schatting 77%.

Andere voedingsstoffen

Wanneer de inneming van energie ontoereikend is, gebruikt het lichaam meer eiwitten als energiebron. Daardoor stijgt de behoefte aan eiwit in de voeding. Bij een overmatige inneming van energie gebeurt het omgekeerde (Cal75, Gar76). Ook is een zekere inneming van koolhydraten nodig om eiwitafbraak tegen te gaan (zie 5.1.2 en 5.3.1). Het lichaam heeft vitamine B₆ nodig voor de vorming van niet-essentiële aminozuren; bij gebrek aan dit vitamine kunnen niet-essentiële aminozuren essentieel worden.

Bij het vaststellen van aanbevelingen voor eiwit veronderstelt de commissie dat de inneming van energie, koolhydraten en vitamine B₆ adequaat is.

3.2.2 *Overige factoren*

Bij lichamelijk actieve mensen is de inneming van eiwit van invloed op de ontwikkeling van de spiermassa (Wol00). De commissie verwijst in dit verband naar het rapport van een werkgroep van het Wetenschappelijke Comité voor Menselijke Voeding van de Europese Commissie over de voedingsbehoefte van sporters (SCF00). Atleten die langdurige prestaties leveren hebben volgens dit rapport een licht verhoogde eiwitbehoefte van 1,2 tot 1,4 gram per kilogram per dag. Ook mensen die krachttraining doen, zouden een hogere eiwitbehoefte hebben: 1,3 tot 1,5 gram per kilogram per dag. In deze groep zou de eiwitbehoefte na enkele jaren training weer iets lager worden*.

3.3 **Gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheid**

3.3.1 *Afleidingsmethode*

De behoefte aan eiwit wordt bepaald door de hoeveelheden essentiële en niet-essentiële aminozuren die nodig zijn om de eiwitten in het lichaam op te bouwen. Het zou theoretisch juist zijn om voedingsnormen voor aminozuren in plaats van eiwitten op te stellen. Dit stuit echter op bezwaren, omdat aminozuren niet als zodanig in voedingsmiddelen voorkomen, maar in de vorm van eiwitten.

Het eiwit in de voeding moet het stikstofverlies via urine, ontlasting, haar, nagels en transpiratie compenseren. Ook moet het voorzien in de eventuele extra behoefte ten behoeve van de groei, zwangerschap of lactatie.

Het stikstofverlies bij een eiwitvrije voeding wordt aangeduid met de term 'obligaat stikstofverlies'. Uit balansonderzoek blijkt dat de eiwitbehoefte hoger is dan de inneming die het obligate stikstofverlies juist compenseert, ook als er geen sprake is van groei, zwangerschap of lactatie. De stikstofbalans is pas in evenwicht bij een 1,43 maal hogere inneming. Blijkbaar kent de aanmaak van lichaamseigen eiwitten uit aminozuren een efficiëntie van $(1 / 1,43) \times 100 = 70\%$ (FAO85).

De mate waarin het lichaam de aminozuren uit het voedsel kan benutten voor de aanmaak van lichaamseiwitten is afhankelijk van de eiwitkwaliteit. De commissie gebruikt voor het beschrijven van eiwitkwaliteit de PDCAAS (zie 3.2.1).

* Het is niet wenselijk om aminozuren in plaats van eiwitten te gebruiken. Dit geldt vooral voor zwangere en lacterende vrouwen en kinderen tot 13 jaar (GR99).

De eiwitbehoefte in gram per dag wordt als volgt geschat:

$$\text{eiwitbehoefte} = [(\text{stikstofverlies} + \text{stikstofbehoefte voor groei}) \times 6,25] / (0,70 \times \text{PDCAAS})$$

waarbij:

stikstofverlies = obligaat stikstofverlies via urine, ontlasting, haar, nagels, transpiratie in g/d.

stikstofbehoefte voor groei = stikstofbehoefte voor groei, zwangerschap of lactatie in g/d.

6,25 = factor ter omrekening van stikstof naar eiwit (beide in grammen).

0,70 = factor voor de efficiëntie van de aanmaak van lichaamseigen eiwitten uit aminozuren.

PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) = factor voor eiwitkwaliteit.

De PDCAAS voor de gemiddelde Nederlandse voeding is 1,00; voor een lacto-ovovegetarisch en veganistisch voedingspatroon is deze waarde respectievelijk 0,84 en 0,77 (zie 3.2.1).

Er zijn twee methoden om het obligate stikstofverlies te bepalen. De ‘factoriële methode’ omvat het meten van de stikstofverliezen via urine, ontlasting, huid, haar en transpiratie na een week met een eiwitvrije voeding. De som van deze verliezen is het obligate stikstofverlies. Bij de ‘balansmethode’ geeft men proefpersonen eerst een voeding die een negatieve stikstofbalans veroorzaakt. Vervolgens verhoogt men de inneming van eiwit stapsgewijs tot het niveau waarboven de balans niet verder verbetert. Op basis van deze gegevens schat men via lineaire regressie-analyse het stikstofverlies bij een voeding zonder eiwit. De commissie concludeert uit de beschikbare gegevens dat de obligate stikstofverliezen voor de leeftijdsgroepen tot één jaar 63 milligram per kilogram per dag bedragen en voor alle andere personen 70 milligram per kilogram per dag (Dew96, FAO85).

De commissie heeft de stikstofbehoefte voor de groei bepaald op basis van het verschil tussen de stikstofgehalten van het lichaam op de grenzen tussen de leeftijdscategorieën. Daartoe is het gewichtspercentage eiwit in het lichaam op elk van die leeftijdsgrenzen vermenigvuldigd met het gemiddelde gewicht op deze leeftijd. Voor de leeftijdsgrenzen tot 9 jaar zijn literatuurgegevens over de percentages lichaamseiwit gebruikt (Fom82). De commissie veronderstelt dat het lichaam van jongens van 14 en 19 jaar 17% eiwit bevat en dat van meisjes 15%. Het gemiddelde gewicht op deze leeftijdsgrenzen is ontleend aan de groeidiagrammen van een landelijk onderzoek (Fre98, Fre00a, Fre00b, TNO98).

Paragraaf 3.3.2 geeft de voedingsnormen voor eiwitten voor mensen met een ‘gemiddelde Nederlandse voeding’. Uit de formule en de waarden voor de PDCAAS blijkt dat de eiwitbehoefte van lacto-ovovegetariërs $1 / 0,84 = 1,2$ hoger is en die van veganisten $1 / 0,77 = 1,3$ hoger dan die van mensen met een gemengde voeding.

3.3.2 Waarden

Voor alle leeftijdsgroepen wordt de gemiddelde eiwitbehoefte in gram per kilogram lichaamsgewicht per dag afgeleid met de formule gegeven in 3.3.1. Vermenigvuldiging met het referentiegewicht (zie 1.6) levert de gemiddelde behoefte in gram per dag. De variatiecoëfficiënt voor verschillen tussen personen in de eiwitbehoefte in gram per kilogram per dag bedraagt naar schatting 15% in het eerste levensjaar en 12,5% voor alle andere leeftijdsgroepen (Dew96, FAO85). De commissie veronderstelt dat de variatiecoëfficiënt van de eiwitbehoefte in gram per dag voor alle leeftijdsgroepen 15% bedraagt. De aanbevolen hoeveelheid is berekend als de gemiddelde behoefte plus tweemaal de standaarddeviatie van de behoefte (zie 1.2.2). Tabel 3.1 geeft de voedingsnormen weer. Voor enkele groepen volgt hierna een toelichting.

Zuigelingen

De commissie gaat ervan uit dat moedermelk voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden de optimale voeding is (zie 1.4.5). Bij volledige borstvoeding is de gemiddelde eiwitinneming in deze leeftijdsgroep 1,2 gram per kilogram per dag (Fom93). Dit is de adequate inneming voor zuigelingen die moedermelk krijgen. De aanbevolen hoeveelheden die in tabel 3.1 worden gegeven voor de leeftijdsgroepen 0 tot en met 2 maanden (1,8 gram per kilogram per dag) en 3 tot en met 5 maanden (1,4 gram per kilogram per dag) zijn bedoeld voor zuigelingen die flesvoeding krijgen. Deze leeftijdsgroep is in verband met de hoge groeisnelheid in de eerste maanden in twee groepen gesplitst.

Volwassenen

De eiwitbehoefte van ouderen komt overeen met die van jongere volwassenen (Cam96, Kur00, Mil96). Uitgedrukt als percentage van de gemiddelde energiebehoefte stijgt de aanbevolen hoeveelheid van acht tot negen energieprocent bij jong-volwassenen tot elf energieprocent in de oudste leeftijdsgroep.

Tabel 3.1 Gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheden voor jongens en mannen.

	gem. stikstofbehoefte		voedingsnormen voor eiwit		referentie-gewicht	voedingsnormen voor eiwit		
	verliezen ^a	groei ^b	gemiddelde behoefte ^c	aanbevolen hoeveelheid		gemiddelde behoefte ^d	aanbevolen hoeveelheid	aanbevolen hoeveelheid
	<i>mg/[kg.d]</i>	<i>mg/[kg.d]</i>	<i>g/[kg.d]</i>	<i>g/[kg.d]</i>	<i>kg</i>	<i>g/d</i>	<i>g/d</i>	<i>energie%^e</i>
0 t/m 2 mnd ^f	63	89	1,4	1,8	5	7	9	8
3 t/m 5 mnd	63	57	1,1	1,4	7	8	10	7
6 t/m 11 mnd	63	36	0,9	1,2	9	8	10	6
1 t/m 3 jr	70	14	0,8	0,9	14	11	14	5
4 t/m 8 jr	70	9	0,7	0,9	24	17	22	5
9 t/m 13 jr	70	8	0,7	0,9	40	28	36	6
14 t/m 18 jr	70	4	0,7	0,8	65	43	56	7
19 t/m 30 jr	70	0	0,6	0,8	75	47	61	8
31 t/m 50 jr	70	0	0,6	0,8	72	45	59	8
51 t/m 70 jr	70	0	0,6	0,8	74	46	60	9
> 70 jaar	70	0	0,6	0,8	74	46	60	11

^a Obligate stikstofverliezen (Dew96, FAO85).

^b Gebaseerd op de groeigegevens van Nederlandse kinderen (tabel 1.3 en 1.4) en gegevens over het eiwitgehalte van het lichaam van Fomon (Fom82).

^c De gemiddelde behoefte in g/kg per dag is berekend met de formule in 3.3.1 (zie ook 1.2.1). De variatiecoëfficiënt is 15% voor de leeftijdsgroepen van 0 tot en met 11 maanden en 12,5% voor alle oudere leeftijdsgroepen (Dew96, FAO85).

^d Berekend als de gemiddelde eiwitbehoefte in g/kg per dag maal het referentiegewicht (zie ook 1.6). De commissie gaat uit van een variatiecoëfficiënt van 15%.

^e Berekend als de aanbevolen hoeveelheid eiwit in g/d maal 17 kJ per gram eiwit, uitgedrukt als percentage van de gemiddelde energiebehoefte (zie hoofdstuk 2).

^f De gegeven voedingsnormen gelden voor kinderen met volledige flesvoeding; voor kinderen met volledige borstvoeding is de adequate inneming gelijk aan de gemiddelde inneming via borstvoeding (1,2 g/kg per dag).

Tabel 3.2 Gemiddelde behoefte en aanbevolen hoeveelheden voor meisjes en vrouwen

	gem. stikstofbehoefte		voedingsnormen voor eiwit		referentie-gewicht	voedingsnormen voor eiwit		
	verliezen ^a	groei ^b	gemiddelde behoefte ^c	aanbevolen hoeveelheid		gemiddelde behoefte ^d	aanbevolen hoeveelheid	aanbevolen hoeveelheid
	<i>mg/[kg.d]</i>	<i>mg/[kg.d]</i>	<i>g/[kg.d]</i>	<i>g/[kg.d]</i>	<i>kg</i>	<i>g/d</i>	<i>g/d</i>	<i>energie%^e</i>
0 t/m 2 mnd ^f	63	89	1,4	1,8	4,5	6	8	8
3 t/m 5 mnd	63	58	1,1	1,4	6,5	7	9	6
6 t/m 11 mnd	63	36	0,9	1,2	8,5	8	10	6
1 t/m 3 jr	70	14	0,7	0,9	13,5	10	13	5
4 t/m 8 jr	70	8	0,7	0,9	23,5	16	21	5
9 t/m 13 jr	70	7	0,7	0,9	41	28	37	6
14 t/m 18 jr	70	2	0,6	0,8	59	38	49	8
19 jt/m 30 jr	70	0	0,6	0,8	64	40	52	9
31 t/m 50 jr	70	0	0,6	0,8	62	39	50	9
51 t/m 70 jr	70	0	0,6	0,8	64	40	52	10
> 70 jaar	70	0	0,6	0,8	63	39	51	11
zwangerschap	70	8	0,7	0,9	68	47	62	9
lactatie	70	18	0,8	1	64	50	65	9

^a Obligate stikstofverliezen (Dew96, FAO85).

^b Gebaseerd op de groeigegevens van Nederlandse kinderen (tabel 1.3 en 1.4) en gegevens over het eiwitgehalte van het lichaam van Fomon (Fom82).

^c De gemiddelde behoefte in g/kg per dag is berekend met de formule in 3.3.1 (zie ook 1.2.1). De variatiecoëfficiënt is 15% voor de leeftijdsgroepen van 0 tot en met 11 maanden en 12,5% voor alle oudere leeftijdsgroepen (Dew96, FAO85).

^d Berekend als de gemiddelde eiwitbehoefte in g/kg per dag maal het referentiegewicht (zie ook 1.6). De commissie gaat uit van een variatiecoëfficiënt van 15% (zie ook 1.2.2).

^e Berekend als de aanbevolen hoeveelheid eiwit in g/d maal 17 kJ per gram eiwit, uitgedrukt als percentage van de gemiddelde energiebehoefte (zie hoofdstuk 2).

^f De gegeven voedingsnormen gelden voor kinderen met volledige flesvoeding; voor kinderen met volledige borstvoeding is de adequate inneming gelijk aan de gemiddelde inneming via borstvoeding (1,2 g/kg per dag).

Zwangerschap en lactatie

Tijdens de zwangerschap wordt ongeveer 0,9 kilogram eiwit vastgelegd in foetus, placenta en borstweefsel. Gemiddeld komt dit neer op een extra eiwitbehoefte van 5 gram per dag of een extra stikstofbehoefte voor groei van 8 milligram per kilogram per dag (tabel 3.2). Bij proefdieren neemt tijdens de zwangerschap de efficiëntie van de eiwitstofwisseling toe (Nai80). De commissie is er niet van overtuigd dat de efficiëntie ook bij de zwangere vrouw is verhoogd en gaat daarom uit van dezelfde waarde als voor niet-zwangere vrouwen.

Lacterende vrouwen scheiden via de moedermelk gemiddeld 7 gram eiwit per dag uit (Fom93). Dit verhoogt de stikstofbehoefte met 18 milligram per kilogram per dag.

3.4 Aanvaardbare bovengrens van inneming

Proefdieren met een hoge eiwitconsumptie leven korter dan dieren met een lagere inneming. Onlangs is beschreven via welke mechanismen eiwitten mogelijk schadelijk zouden kunnen zijn bij hoge niveaus van inneming (Dur99). Een toename van de eiwitconsumptie veroorzaakt een stijging van de zuurbelasting van het lichaam. Mogelijk neemt de uitscheiding van calcium met de urine hierdoor toe en verhoogt dit de kans op osteoporose. Ook zou een hoge eiwitconsumptie de kans op nierschade en kanker kunnen vergroten. Geen van deze effecten is echter aangetoond. Wèl blijkt een hoge inneming van eiwitten schadelijk voor patiënten met een slechte nierfunctie, maar deze groep blijft in het kader van de voorliggende voedingsnormen — die gericht zijn op de gezonde populatie — buiten beschouwing.

De resultaten van de in 3.1.4 beschreven onderzoeken laten bij een inneming van eiwit tot ongeveer 25 energieprocent geen nadelige gevolgen voor de gezondheid zien (Ast00, Hu99, Sko99). Over de hogere niveaus van inneming (20-25 energieprocent en hoger) is echter weinig bekend. De commissie stelt met enige voorzichtigheid de aanvaardbare bovengrens van inneming voor alle leeftijdsgroepen vanaf één jaar vast op 25 energieprocent. Voor zuigelingen is een hoge inneming van eiwit ongewenst, omdat de nieren nog niet volledig ontwikkeld zijn. Voor de leeftijdsgroep van 0 tot en met 5 maanden wordt de aanvaardbare bovengrens daarom vastgesteld op tien energieprocent eiwit. Voor de twee daarop volgende leeftijdsgroepen kiest de commissie voor een geleidelijke stijging van de aanvaardbare bovengrens van inneming: van 15 energieprocent voor de leeftijdsgroep van 6 tot en met 11 maanden, via 20 energieprocent voor de leeftijdsgroep 1 tot en met 3 jaar naar 25 energieprocent voor kinderen van vier jaar en ouder.

3.5 Vergelijking met andere rapporten

Bijlage B, tabel B3, geeft voor enkele leeftijden de aanbevolen hoeveelheid eiwitten in het voorliggende advies en de waarden in enkele andere rapporten. De hierboven afgeleide waarden zijn aanmerkelijk lager dan die in de Nederlandse voedingsnormen 1989. De nieuwe voedingsnormen zijn meer in overeenstemming met de voedingsnormen voor de Duitstalige landen, Groot-Brittannië, Europa en de Verenigde Staten. De Scandinavische landen hanteren aanmerkelijk hogere aanbevolen hoeveelheden voor eiwit.

Literatuur

- And95 Anderson JW, Johnstone BM, Cook-Newell ME. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *N Engl J Med* 1995; 333: 276-82.
- Ast00 Astrup A, Ryan L, Grunwald GK, e.a. The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies. *Br J Nutr* 2000; 83 (Suppl 1): S25-S32.
- Bin99 Bingham SA. High-meat diets and cancer risk. *Proc Nutr Soc* 1999; 58: 243-8.
- Cal75 Calloway DH. Nitrogen balance of men with marginal intakes of protein and energy. *J Nutr* 1975; 105: 914-23.
- Cam96 Campbell WW, Evans WJ. Protein requirements of elderly people. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50(suppl1): S180-5.
- Dew96 Dewey KG, Beaton G, Fjeld C, e.a. Protein requirements of infants and children. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50: S119-50.
- DH98 Department of Health. Nutritional aspects of the development of cancer. London: the Stationery Office, 1998: (Report on health and social subjects. No 48).
- Dou97 Doucet E, Tremblay A. Food intake, energy balance and weight control. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51: 846-55.
- Dur99 Durnin JVGA, Garlick P, Jackson AA, e.a. Report of the IDECG Working Group on lower limits of energy and protein and upper limits of protein intakes. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53 (Suppl 1): S174-6.
- FAO85 FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Geneva: WHO, 1985: (WHO Techn Rep Series 724).
- FAO90 FAO/WHO. Protein quality evaluation. Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome: FAO, 1990.
- Feh93 Fehily AM, Yarnell JWG, Sweetnam PM, e.a. Diet and incident ischaemic heart disease: the Caerphilly Study. *Br J Nutr* 1993; 69: 303-14.
- Fes96 Feskanich D, Willett WC, Stampfer MJ, e.a. Protein consumption and bone fractures in women. *Am J Epidemiol* 1996; 143: 472-9.
- Fom82 Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, e.a. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1169-75.
- Fom93 Protein. In: Fomon SJ, red. *Nutrition of normal infants*. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1993.
-

- Fre98 Fredriks AM, van Buuren S, Burgmeijer RJF, e.a. Nederlandse groeidiagrammen 1997 in historisch perspectief. In : Wit JM, red. De Vierde Landelijke Groeistudie 1997. Presentatie nieuwe groeidiagrammen. Bureau Boerhaave Commissie. Leiden: Rijksuniversiteit Leiden, 1998: 1-14.
- Fre00a Fredriks AM, van Buuren S, Wit JM, e.a. Body index measurement in 1996-7 compared with 1980. Arch Dis Childhood 2000; 82: 107-12.
- Fre00b Fredriks AM, van Buuren S, Burgmeijer RJF, e.a. Continuing positive secular growth change in The Netherlands 1955-1997. Pediatric Res 2000; 47: 316-23.
- Gar76 Garza C, Scrimshaw NS, Young VR. Human protein requirements: the effect of variation in energy intake within the maintenance range. J Clin Nutr 1976; 29: 914-23.
- Gor81 Gordon T, Kagan A, Garcia-Palmieri M, e.a. Diet and its relationship to coronary heart disease and death in three populations. Circulation 1981; 63: 500-15.
- GR99 Gezondheidsraad. Veiligheid van aminozuursuppletie. Den Haag: Gezondheidsraad, 1999; publicatie nr 1999/06.
- Hil95 Hill JO, Prentice AM. Sugar and body weight regulation. Am J Clin Nutr 1995; 62: 264S-74.
- Hil99 Hill MJ. Meat and colo-rectal cancer. Proc Nutr Soc 1999; 58: 261-4.
- Hu99 Hu FB, Stampfer MJ, Manson JAE, e.a. Dietary protein and risk of ischemic heart disease in women. Am J Clin Nutr 1999; 70: 221-7.
- Hul98 Hulshof KFAM, Kistemaker C, Bouma M. De inname van energie en voedingsstoffen door de Nederlandse bevolkingsgroepen - Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. Zeist: TNO, 1998; (TNO-rapport V98.805).
- Jac99 Jackson AA. Limits of adaptation to high dietary protein intakes. Eur J Clin Nutr 1999; 53 (Suppl 1): S44-52.
- Ker98 Kerstetter JE, O'Brian KL, Insogna KL. Dietary protein affects intestinal calcium absorption. Am J Clin Nutr 1998; 68: 859-65.
- Kro84 Kromhout D, de Lezenne Coulander C. Diet, prevalence and 10-year mortality from coronary heart disease in 871 middle-aged men: the Zutphen Study. Am J Epidemiol 1984; 119: 733-41.
- Kur00 Kurpad AV, Vaz M. Protein and amino acid requirements in the elderly. Eur J Clin Nutr 2000; 54: S131-42.
- Kus85 Kushi LH, Lew RA, Stare FJ, e.a. Diet and 20-year mortality from coronary heart disease: the Ireland-Boston Diet-Heart Study. N Engl J Med 1985; 312: 811-8.
- McG84 MGee DL, Reed DM, Yano K, e.a. Ten-year incidence of coronary heart disease in the Honolulu Heart Program: relationship to nutrient intake. Am J Epidemiol 1984; 119: 667-6.
- Mil96 Millward DJ, Roberts SB. Protein requirements of older individuals. Nutr Res Rev 1996; 9: 67-87.
- Mun99 Munger RG, Cerhan JR, Chiu B C-H. Prospective study of protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women. Am J Clin Nutr 1999; 69: 147-52.
- Nai80 Naismith NJ. Maternal nutrition and the outcome of pregnancy - a critical appraisal. Proc Nutr Soc 1980; 39: 1-11.
- Oba96 Obarzanek E, Velletri PA, Cutler JA. Dietary protein and blood pressure. JAMA 1996; 275: 1598-603.
- Ped96 Pedrini MT, Levey AS, Lau J, e.a. The effect of dietary protein restriction on the progression of diabetic and nondiabetic renal disease. Ann Int Med 1996; 124: 627-32.
-

- Pij99 Pijls LTJ. Dietary protein and renal function in type 2 diabetes mellitus. (Proefschrift). Amsterdam: Vrije Universiteit, 1999.
- Rec92 Recker RR, Davies KM, Hinders SM, e.a. Bone gain in young adult women. JAMA 1992; 268: 2403-8.
- Rol99 Rolls BJ, Bell EA. Intake of fat and carbohydrate: role of energy density. Eur J Clin Nutr 1999; 53 (suppl 1): S166-73.
- SCF00 Working Group on Nutrition, Scientific Committee on Food, European Commission. Composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen. Brussels: EC, 2000.
- Sch00 Schaafsma G. The protein digestibility-corrected amino acid score. J Nutr 2000; 130 (suppl): 1865S-7S.
- Sko99 Skov AR, Toubro S, Ronn B, e.a. Randomized trial on protein versus carbohydrate in *ad libitum* fat reduced diet for the treatment of obesity. Int J Obesity 1999; 23: 528-36.
- TNO98 TNO/LUMC. Groeidiagrammen van de vierde landelijke groeistudie. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum, 1998.
- WCRF97 World Cancer Research Fund. Food, nutrition and the prevention of cancer: a global perspective. Washington: American Institute for Cancer Research, 1997.
- Wea99 Weaver CM, Proulx WR, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. Am J Clin Nutr 1999; 70 (Suppl 1): 543S-8S.
- Wes96 Westerterp-Plantenga MS, IJedema MJ, Wijckmans-Duijsens NE. The role of macronutrient selection in determining patterns of food intake in obese and non-obese women. Eur J Clin Nutr 1996; 50: 580-91.
- Wol00 Wolfe RR. Protein supplements and exercise. Am J Clin Nutr 2000; 72(suppl): 551S-7S.
- Zem88 Zemel MB. Calcium utilization: effect of varying level and source of dietary protein. Am J Clin Nutr 1988; 48: 880-3.
-

Vetten

Samenvatting 87

- 4.1 Inleiding 88
 - 4.1.1 Nomenclatuur en voorkomen 88
 - 4.1.2 Terminologie 89
 - 4.1.3 Fysiologische betekenis 90
 - 4.1.4 Invloed op het ontstaan van chronische ziekten 91
 - 4.1.5 Factoren die de behoefte beïnvloeden 93
-

- 4.2 Meervoudig onverzadigde vetzuren 94
 - 4.2.1 Deficiëntieziekten 94
 - 4.2.2 Coronaire hartziekten 95
 - 4.2.3 Kanker 100
 - 4.2.4 Diabetes mellitus type 2 102
 - 4.2.5 Effecten op het immuunsysteem 103
 - 4.2.6 Adequate inneming 103
 - 4.2.7 Aanvaardbare bovengrens van inneming 106
-

- 4.3 Enkelvoudig onverzadigde vetzuren 107
 - 4.3.1 Coronaire hartziekten 107
 - 4.3.2 Kanker 108
 - 4.3.3 Diabetes mellitus type 2 108
-

4.3.4	Adequate inneming	109
4.3.5	Aanvaardbare bovengrens van inneming	109
<hr/>		
4.4	Totale inneming van enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren	109
4.4.1	Adequaar gebied van inneming	109
<hr/>		
4.5	Verzadigde vetzuren	111
4.5.1	Coronaire hartziekten	111
4.5.2	Kanker	112
4.5.3	Diabetes mellitus type 2	112
4.5.4	Adequate inneming	113
4.5.5	Aanvaardbare bovengrens van inneming	113
<hr/>		
4.6	Trans-vetzuren	114
4.6.1	Coronaire hartziekten	114
4.6.2	Diabetes mellitus type 2 en kanker	114
4.6.3	Adequate inneming	115
4.6.4	Aanvaardbare bovengrens van inneming	115
<hr/>		
4.7	Totaal vet	116
4.7.1	Overgewicht	116
4.7.2	Coronaire hartziekten	121
4.7.3	Kanker	126
4.7.4	Diabetes mellitus type 2	127
4.7.5	Adequate inneming	127
<hr/>		
4.8	Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen	129
<hr/>		
	Literatuur	130

Tabel 4.1 Overzicht van de in dit hoofdstuk afgeleide voedingsnormen voor vetten en vetzuren.

voedingsstof	groep	adequate inneming		aanvaardbare bovengrens	
		criterium ^a	waarde	criterium	waarde
linolzuur	0 t/m 5 maanden	moedermelk	0,6 g/[kg.d]	-	-
	≥ 6 maanden	deficiëntieziekten	2 energie%	-	-
	zwangerschap en lactatie	factoriële methode	2,5 energie%	-	-
alfalinoleenzuur	0 t/m 5 maanden	moedermelk	0,08 g/[kg.d]	-	-
	≥ 6 maanden	coronaire hartziekten	1 energie%	-	-
docosahexaeenzuur	0 t/m 5 maanden	moedermelk	0,02 g/[kg.d]	-	-
n-3 vetzuren uit vis	6 maanden t/m 18 jaar	geleidelijke overgang	0,15-0,2 g/d	-	-
	≥ 19 jaar	coronaire hartziekten	0,2 g/d	-	-
arachidonzuur	0 t/m 5 maanden	moedermelk	0,04 g/[kg.d]	-	-
meervoudig onverzadigde vetzuren	alle groepen	-	-	geen verhoogd kanker- risico	12 energie%
<i>cis</i> -onverzadigde vetzuren	≥ 4 jaar & wenselijk lichaamsgewicht	coronaire hartziekten ^b	8-38 energie%	-	-
	≥ 4 jaar & overgewicht of ongewenste gewichtstoename	coronaire hartziekten	8-28/33 energie%	-	-
verzadigde vetzuren	0 t/m 5 maanden	moedermelk	25 energie%	-	-
	6 t/m 11 maanden	coronaire hartziekten	zo laag mogelijk	geleidelijke afname	20 energie%
	1 t/m 3 jaar	coronaire hartziekten	zo laag mogelijk	geleidelijke afname	15 energie%
	≥ 4 jaar	coronaire hartziekten	zo laag mogelijk	10e percentiel van in- neming	10 energie%
<i>trans</i> -vetzuren	alle groepen	coronaire hartziekten	zo laag mogelijk	10e percentiel van in- neming	1 energie%
totaal vet	0 t/m 5 maanden	moedermelk	45-50 energie%	-	-
	6 t/m 11 maanden	geleidelijke afname	40 energie%	-	-
	1-3 jaar	geleidelijke afname	25-40 energie%	coronaire hartziekten	40 energie%
	≥ 4 jaar & wenselijk lichaamsgewicht	coronaire hartziekten	20-40 energie%	coronaire hartziekten	40 energie%
	≥ 4 jaar & overgewicht of ongewenste gewichtstoename	coronaire hartziekten	20-30/35 energie%	coronaire hartziekten	30/35 energie%

^a Waar als criterium 'coronaire hartziekten' is vermeld, wordt bedoeld 'coronaire hartziekten of risicofactoren voor coronaire hartziekten'.

^b Het adequate gebied van inneming voor *cis*-onverzadigde vetzuren is niet gebaseerd op onderzoeksresultaten over deze vetzuurgroep, maar berekend als de resultante van de voedingsnormen voor vetten, verzadigde vetzuren en trans-vetzuren.

4.1 Inleiding

De commissie beoordeelt de behoefte aan vetzuren groepsgewijs. Daarbij onderscheidt ze meervoudig onverzadigde vetzuren — met bijzondere aandacht voor linolzuur, alfa-linoleenzuur en n-3 vetzuren uit vis —, enkelvoudig onverzadigde vetzuren, verzadigde vetzuren en *trans*-vetzuren. Ook gaat ze in op de totale behoefte aan vet. De wetenschappelijke kennis is ontoereikend voor het opstellen van voedingsnormen voor ieder vetzuur afzonderlijk.

4.1.1 Nomenclatuur en voorkomen

Vet in de voeding bestaat voor het grootste deel uit triglyceriden, verbindingen die zijn opgebouwd uit glycerol en vetzuren. Vetzuren kunnen verzadigd of onverzadigd zijn. Onverzadigde vetzuren bevatten één of meer dubbele bindingen tussen de koolstofatomen. Het aantal dubbele bindingen bepaalt of het vetzuur enkelvoudig onverzadigd of meervoudig onverzadigd is. Dubbele bindingen hebben twee verschijningsvormen: de *cis*- en de *trans*-vorm.

In tabel 4.2 staan de voor dit advies belangrijkste vetzuren, met hun naam en een verkorte schrijfwijze. In de verkorte schrijfwijze duidt het cijfer na de C op het aantal koolstofatomen en het cijfer na de dubbele punt op het aantal dubbele bindingen. De koolstofketen van vetzuren heeft aan het ene uiteinde een methylgroep en aan het andere een carboxylgroep. Het cijfer achter de letter n specificeert de positie van de eerste dubbele binding ten opzichte van de methylgroep in het molecuul. In plaats van de letter n wordt ook wel de griekse letter ω gebruikt. In de scheikunde wordt de plaats van de dubbele bindingen veelal aangegeven met de griekse letter Δ , die de positie ten opzichte van de carboxylgroep aanduidt.

In de natuur hebben vetzuren meestal de *cis*-configuratie. Plantaardige oliën zijn over het algemeen rijk aan onverzadigde vetzuren, onder meer oliezuur en linolzuur. Harde plantaardige vetten zoals palmolie, palmpitolie en kokosvet zijn rijk aan verzadigde vetzuren, onder meer laurine-, myristine- en palmitinezuur. Dierlijk vet bevat veel stearine- en palmitinezuur. Daarnaast is het relatief rijk aan oliezuur. Bacteriën in het spijsverteringsstelsel van herkauwers kunnen *cis*-vetzuren omzetten in *trans*-vetzuren. Als gevolg daarvan heeft een deel van de vetzuren in zuivelproducten en in rund- en schapenvlees de *trans*-configuratie. In deze producten komt vooral *trans*-vacceenzuur voor. Ook bij de industriële harding van oliën ontstaan *trans*-vetzuren. Deze producten bevatten naast *trans*-elaïdinezuur meestal een scala aan andere *trans*-vetzuren. Eicosapentaëenzuur (EPA) en docosahexaëenzuur (DHA) komen vooral voor in vette vis; visolie bevat op gewichtsbasis gemiddeld 20-25% eicosapentaëenzuur en 8-20% do-

cosaehxaeenzuur (Wat98). Deze vetzuren worden daarom ook wel aangeduid met de term visolievetzuren.

Tabel 4.2 Een aantal bekende vetzuren in de voeding.

naam	verkorte schrijfwijze ^a
laurinezuur	C12:0
myristinezuur	C14:0
palmitinezuur	C16:0
stearinezuur	C18:0
oliezuur	C18:1 n-9 (Δ 9)
linolzuur	C18:2 n-6 (Δ 9, 12)
alfa-linoleenzuur	C18:3 n-3 (Δ 9, 12, 15)
arachidonzuur	C20:4 n-6 (Δ 5, 8, 11, 14)
eicosapentaenzuur (EPA)	C20:5 n-3 (Δ 5, 8, 11, 14, 17)
docosaehxaeenzuur (DHA)	C22:6 n-3 (Δ 4, 7, 10, 13, 16, 19)
elaïdinezuur	<i>trans</i> - C18:1 n-9 (Δ 9)
vacceenzuur	<i>trans</i> -C18:1 n-7 (Δ 11)

^a Zie de beschrijving in de tekst.

4.1.2 Terminologie

In dit advies zijn de volgende terminologische afspraken toegepast:

- De specificaties *cis* en *trans* en de specificatie van de plaats van de eerste dubbele binding (n-3, n-6, enz.) zijn voorbehouden aan onverzadigde vetzuren. Bij vermelding van deze specificaties laat de commissie de toevoeging ‘onverzadigd’ achterwege.
- Bij opmerkingen over onverzadigde vetzuren waarbij geen melding wordt gemaakt van de configuratie, bedoelt de commissie de *cis*-configuratie. De configuratie wordt dus uitsluitend gespecificeerd waar de commissie *trans*-vetzuren bespreekt.
- Bloedmonsters afgenomen bij mensen in de post-absorptieve staat (personen die ten minste acht uur geen energie hebben ingenomen via voedsel of drank), duidt de commissie aan als ‘nuchter bloed’. Bloedmonsters afgenomen na de maaltijd duidt zij aan als ‘postprandiaal bloed’.

Tabel 4.3 Enkele omzettingen van vetzuren en daarbij betrokken enzymen (Kee98).

niet-essentiële vetzuren	(semi-)essentiële vetzuren		enzymen die bij de omzetting betrokken zijn
n-9 vetzuren	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren	
C18:1 n-9 oliezuur	C18:2 n-6 linolzuur	C18:3 n-3 alfa-linoleenzuur	δ 6-desaturase elongase δ 5-desaturase
↓	↓	↓	
C20:3 n-9 meadzuur	C20:4 n-6 arachidonzuur	C20:5 n-3 eicosapentaeenzuur	elongase δ 6-desaturase β-oxidatie
		↓ C22:6 n-3 docosahexaeenzuur	

4.1.3 Fysiologische betekenis

Vrijwel alle weefsels in het menselijk lichaam kunnen vetzuren als energiebron benutten; uitzonderingen zijn de rode bloedlichaampjes en het centrale zenuwstelsel. Daarnaast is vet essentieel voor de absorptie, het transport en de opslag van in vet oplosbare vitamines. Wanneer de inneming van energie groter is dan de behoefte, wordt de overtollige energie opgeslagen in de vorm van lichaamsvet. Het onderhuidse vetweefsel vormt niet alleen een energiedepot, maar heeft ook een belangrijke isolerende functie. Op andere plaatsen dient vetweefsel als stootkussen, bijvoorbeeld rond de nieren.

Het lichaam heeft linolzuur en alfa-linoleenzuur nodig, maar kan die vetzuren zelf niet maken. Daarom worden ze essentieel genoemd. Deficiëntieverschijnselen zijn uitsluitend beschreven bij mensen die een vetvrije voeding gebruikten, bij patiënten die een inadequate parenterale voeding gebruikten en bij personen met eiwit-energie ondervoeding of met een slechte vetabsorptie.

Het lichaam kan n-6 vetzuren (linolzuur en omzettingsproducten) niet omzetten in n-3 vetzuren (alfa-linoleenzuur en omzettingsproducten) of omgekeerd. Wel vormt zij uit deze essentiële vetzuren diverse andere meervoudig onverzadigde vetzuren, zoals arachidonzuur, eicosapentaeenzuur en docosahexaeenzuur (tabel 4.3). Die vetzuren zijn een onmisbaar bestanddeel van fosfolipiden in de celmembranen en spelen op deze wijze een rol bij de werking van hormonen, eiwitten en enzymen. Ook vormt het lichaam eicosanoiden uit deze vetzuren; dit zijn hormoonachtige verbindingen die een belangrijke

rol spelen in veel lichaamsprocessen. Onder bepaalde omstandigheden is de omzetting van essentiële vetzuren in andere meervoudig onverzadigde vetzuren onvoldoende, zodat een zekere inneming noodzakelijk wordt. Daarom noemt met deze vetzuren ook wel semi-essentieel.

4.1.4 *Invloed op het ontstaan van chronische ziekten*

In het vervolg van dit hoofdstuk beschrijft de commissie de uitkomsten van onderzoek naar de invloed van de inneming van vetzuren en vetten op het ontstaan van coronaire hartziekten, kanker en diabetes mellitus type 2. Het effect op het lichaamsgewicht (obesitas) beschrijft zij alleen voor de totale vetinneming, omdat er geen aanwijzingen zijn dat de samenstelling van het voedingsvet daarbij een rol speelt. Zowel het vetgehalte van de voeding als het lichaamsgewicht zijn risicofactoren voor chronische ziekten. Daarom is voor het effect van het vetgehalte van de voeding op het ontstaan van chronische ziekten niet alleen gebruik gemaakt van interventie-onderzoeken waarin het lichaamsgewicht gelijk werd gehouden (verstrekking van afgepaste voedselhoeveelheden), maar ook van interventie-onderzoeken waarin dit niet gebeurde (*ad libitum* voedselverstrekking). Omdat de vetzuursamenstelling geen effect heeft op het lichaamsgewicht, baseert de commissie zich voor wat betreft specifieke vetzuren of vetzuurgroepen op interventie-onderzoek waarin het vetgehalte van de voeding en het lichaamsgewicht gelijk zijn gehouden.

Voor het beoordelen van de invloed van vetten op het ontstaan van kanker gaat de commissie uit van het literatuuroverzicht van het 'World Cancer Research Fund' (WCRF97) en van enkele recente overzichtsartikelen (Bra99, Zoc01). De commissie beperkt zich tot borst-, colon-, rectum-* en prostaatkanker, omdat deze vormen veel voorkomen en voedingsfactoren bij het ontstaan mogelijk een belangrijke rol spelen.

De commissie baseert zich niet alleen op onderzoek met ziekte of sterfte als uitkomstmaat, maar tevens op onderzoek naar de effecten op risicofactoren voor chronische ziekten (zie ook 1.4.2). De in dit advies genoemde risicofactoren voor coronaire hartziekten zijn weergegeven in tabel 4.4. De commissie meent dat de verhouding tussen de concentraties van totaal- en HDL-cholesterol in het bloed de belangrijkste voorspeller is van coronaire hartziekten. De verhouding tussen LDL- en HDL-cholesterol is waarschijnlijk een even goede maat; deze verhouding wordt echter minder gebruikt. Dat komt omdat LDL-cholesterol moeilijker te meten is dan totaalcholesterol (CBO98, GR00, Kan92).

* Het colon is de dikke darm, het rectum de endeldarm. In onderzoek worden deze twee vormen soms samengevoegd. Men spreekt dan van colorectalkanker.

Tabel 4.4 In dit hoofdstuk vermelde risicofactoren en intermediaire eindpunten voor coronaire hartziekten.

	onderzoekstype waarmee al (+) dan niet (-) aanwijzingen zijn verkregen voor een verband tussen de factor en het ontstaan van de ziekte ^a			effect van een verhoging of de aanwezigheid van de factor op de kans dat de ziekte ontstaat
	interventie-onderzoek	prospectief cohortonderzoek	patient-controleonderzoek	
<i>factoren bepaald in nuchter bloed:</i>				
HDL-cholesterolconcentratie	+	+	+	↓
LDL-cholesterolconcentratie ^b	+	+	+	↑
totaalcholesterolconcentratie ^b	+	+	+	↑
verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterolconcentraties ^b	+	+	+	↑
lipoproteïne a-concentratie	-	+	+	↑
triglyceridenconcentratie	-	+	+	↑
factor VII-activiteit	-	+	+	↑
fibrinogeenconcentratie	-	+	+	↑
<i>factoren bepaald in postprandiaal bloed:</i>				
triglycerideconcentratie	-	-	+	↑
factor VII-activiteit	-	-	-	↑
fibrinogeenconcentratie	-	-	-	↑
samenklontering van bloedplaatjes	+	+	+	↑
bloeddruk	+	+	+	↑
arteriële flexibiliteit	?	?	+	↓
lichaamsgewicht	-	+	+	↑
aritmie	-	-	+	↑
diabetes mellitus type 2	-	+	+	↑

^a De '+' en '-' tekens in de tabel geven níet aan of het een positief dan wel negatief verband betreft; dit wordt aangegeven in de rechter kolom.

^b De concentraties in het bloed van HDL-, LDL- en totaalcholesterol worden meestal bepaald in nuchter bloed, maar maaltijden beïnvloeden deze waarden slechts in beperkte mate.

4.1.5 Factoren die de behoefte beïnvloeden

Voedingsfactoren

Pasgeboren baby's nemen vet uit moedermelk en uit plantaardige oliën voor ongeveer 90% op. De absorptie van vet uit koemelk is in deze levensfase kleiner. Vanaf de leeftijd van ongeveer één jaar is de vetabsorptie meer dan 95%.

Het belang van de verhouding tussen n-6 en n-3 vetzuren in de voeding is nog niet overtuigend aangetoond. Mogelijk stijgt de behoefte aan n-6 vetzuren bij een hoge inneming van alfa-linoleenzuur. Linolzuur en alfa-linoleenzuur zijn bindingsconcurrenten voor het enzym δ 6-desaturase (tabel 4.3). Alfa-linoleenzuur heeft een hogere affiniteit voor dit enzym dan linolzuur. Het is daarom aannemelijk dat een hoge inneming van alfa-linoleenzuur de omzetting van linolzuur in arachidonzuur kan verlagen. De resultaten van één onderzoek wijzen juist op het omgekeerde: bij een voeding met vijf energieprocent linolzuur werd 19% van het alfa-linoleenzuur omgezet, tegen 11% bij een voeding met negen energieprocent linolzuur (Emk92). Een wetenschappelijke commissie van de *Food and Agricultural Organisation* stelde in 1994 dat de inneming van n-6 vetzuren minimaal vijf en maximaal tien maal zo hoog dient te zijn als die van n-3 vetzuren (FAO94). Op basis van de uitkomsten van het onderzoek van Emken gaat de commissie er in het voorliggende advies vanuit dat de verhouding tussen het linolzuur- en alfa-linoleenzuurgehalte van de voeding ten hoogste tien mag bedragen. Volgens de commissie zijn er echter geen aanwijzingen voor ongunstige gezondheidseffecten bij een lage verhouding tussen de inneming van linolzuur en alfa-linoleenzuur. De commissie hanteert daarom wèl een bovengrens, maar geen ondergrens voor deze verhouding.

Volgens dit advies is voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden de adequate inneming van linolzuur 7,5 maal zo hoog als die van alfa-linoleenzuur (respectievelijk 0,6 en 0,08 gram per kilogram per dag). Voor de leeftijdsgroepen van 6 maanden en ouder is de adequate inneming van linolzuur echter slechts tweemaal zo hoog als die voor alfa-linoleenzuur. Dit laatste verhoudingsgetal ligt aanzienlijk lager dan de ondergrens die de FAO hanteert. De commissie meent echter dat dit geen gezondheidsproblemen oplevert.

De resultaten van experimenten bij dieren wijzen erop dat *trans*-vetzuren de stofwisseling van essentiële vetzuren kunnen beïnvloeden. Dat effect zou alleen optreden bij de combinatie van een hoge inneming van *trans*-vetzuren en een lage inneming van essentiële vetzuren (BNF95).

Bij het vaststellen van de voedingsnormen voor onverzadigde vetzuren gaat de commissie uit van een adequate inneming van anti-oxidanten zoals vitamine E.

Lichamelijke activiteit

Resultaten van kortetermijn-onderzoeken wijzen erop dat lichamelijke activiteit de vetoxidatie verhoogt (Ast97, Mar93, Sch97b, Tre95). In één onderzoek had het vetgehalte van de voeding een effect op het lichaamsgewicht van inactieve, maar niet op dat van actieve personen (Lis97). In een onderzoek met Zweedse mannen bleek een verhoging van de lichamelijke activiteit gedurende zes weken de concentraties van palmitinezuur, linolzuur en n-6 vetzuren in de fosfolipiden van skeletspieren te verlagen, terwijl de concentratie van oliezuur steeg (And98). De commissie meent dat de genoemde onderzoeksresultaten geen aanleiding geven tot differentiatie van voedingsnormen voor mensen met verschillende niveaus van lichamelijke activiteit.

4.2 Meervoudig onverzadigde vetzuren

4.2.1 Deficiëntieziekten

Het lichaam heeft linolzuur en alfa-linoleenzuur nodig, maar kan deze vetzuren zelf niet maken. Daarom noemt men deze stoffen de essentiële vetzuren (zie 4.1.2). Te vroeg geboren baby's hebben daarnaast docosahexaeenzuur en arachidonzuur nodig.

Linolzuur

Een tekort aan linolzuur leidt bij de mens tot groeiachterstand en huidafwijkingen, zoals een droge en schilferige huid met een verdikte hoornlaag (Han63). Voor het vaststellen van de hoeveelheid linolzuur die nodig is om tekorten te voorkomen gebruikt de commissie een biochemische parameter van de voedingstoestand (zie ook 1.4.3): de triëen-tetraëenverhouding in nuchter bloed. Dit is de verhouding tussen meadzuur, een drievoudig onverzadigd vetzuur, en arachidonzuur, een viervoudig onverzadigd vetzuur. Het lichaam maakt meadzuur uit oliezuur en arachidonzuur uit linolzuur (tabel 4.3). Bij volwassenen wordt de essentiële-vetzuurstatus adequaat geacht, als de triëen-tetraëenverhouding kleiner is dan 0,2 (Moh63).* Om deze waarde te bereiken dient de inneming van linolzuur minimaal één energieprocent te bedragen (WCMV94). De commissie hanteert een veiligheidsmarge van honderd procent en stelt dat voor volwassenen een inneming van twee energieprocent linolzuur voldoende is om tekorten te voorkomen.

* De triëen-tetraëenverhouding van zuigelingen die moedermelk krijgen is lager dan 0,1 (Cra76, Nai78, San79).

Alfa-linoleenzuur

Over de verschijnselen van een tekort aan alfa-linoleenzuur bestaat discussie. Observaties bij mensen en resultaten van dierexperimenteel onderzoek duiden op leerstoornissen, afwijkingen in het elektroretinogram en een verminderd gezichtsvermogen (And89). Omdat deficiëntieverschijnselen zelden zijn waargenomen, is de behoefte aan alfa-linoleenzuur alleen bij benadering bekend. Het Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding van de Europese Commissie concludeerde uit Europese gegevens dat een inneming van 0,2 energieprocent waarschijnlijk geen tekort veroorzaakt. Met inachtneming van een veiligheidsmarge stelt zij dat voor volwassenen een inneming van een halve energieprocent alfa-linoleenzuur voldoende is om tekorten te voorkomen (WCMV94). De commissie onderschrijft dit.

Docosahexaeenzuur en arachidonzuur

Te vroeg geboren baby's ontvangen suppletie met docosahexaeenzuur en arachidonzuur ter verbetering van het gezichtsvermogen (Inn91, Nut98). Waarschijnlijk is alleen docosahexaeenzuur effectief; arachidonzuur blijkt echter nodig ter voorkoming van groei-vertraging en van een verlaging van de concentratie van arachidonzuur in het bloed (Car92, Car93, Car96a, Car96b, For96, Mak95, Mon96).

Het belang van deze vetzuren voor op tijd geboren baby's is onbekend (Inn99, Luc99, Mak96). Wel komen beide vetzuren voor in moedermelk (Hel98, Luu94, Ron92). Na de bevalling daalt de concentratie van docosahexaeenzuur in het bloed; deze daling is sterker bij lacterende vrouwen dan bij moeders die geen borstvoeding geven (Ott00). De concentratie docosahexaeenzuur in de moedermelk neemt geleidelijk af als de lactatie voortduurt (Luu94).

4.2.2 *Coronaire hartziekten*

Meervoudig onverzadigde vetzuren en linolzuur

Vier lange-termijn interventie-onderzoeken verschaffen informatie over de invloed van de vetzuursamenstelling van de voeding op het ontstaan van coronaire hartziekten (tabel 4.5). In die onderzoeken zijn dierlijke vetten vervangen door plantaardige oliën; de totale vetinneming bleef ongewijzigd. In drie onderzoeken verlaagde de interventie de kans op hartziekten (Day69, Ler70, Tur79); in het vierde onderzoek niet (MRC68).

De commissie concludeert uit deze interventie-onderzoeken dat een verbetering van de vetzuursamenstelling van de voeding de kans op coronaire hartziekten verlaagt. Dat zou kunnen komen door de stijging van de inneming van (specifieke) meervoudig onver-

Tabel 4.5 Interventieonderzoek naar het effect van vervanging van dierlijke vetten door plantaardige oliën op coronaire hartziekte.

publicatie	Tur79	Day69	Ler70	MRC68
<i>onderzoeksvraag</i>	primaire preventie	primaire plus secundaire preventie	secundaire preventie	secundaire preventie
<i>onderzoeksgroep (aantal mensen in interventie- resp. controlegroep)</i>	geesteszieke mannen (444 resp. 478)	veteranen, waarvan ongeveer 30% met hartklachten bij aanvang van het onderzoek (424 resp. 422)	hartpatiënten (206 resp. 206)	hartpatiënten (199 resp. 194)
<i>onderzoekszet</i>	cross-over ^a	parallel ^b	parallel	parallel
<i>interventieduur</i>	2 x 6 jaar	8 jaar	5 jaar (11 jaar) ^c	2 tot 6,75 jaar
<i>type interventie</i>	voedselverstrekking	voedselverstrekking	voorlichting	voorlichting ^d
<i>type olie</i>	soja olie	diverse soorten waaronder mais-, soja-, saffloer- en katoenzaadolie	niet beschreven	soja olie
<i>onderzoeksuitkomst</i>	de interventie verlaagde de kans op fatale plus ernstige niet-fatale coronaire hartziekten met 67% ^e	de interventie verlaagde de kans op hart- en vaatziekten in het algemeen met 31% ^f	de interventie verlaagde de kans op fataal myocardinfarct met 44%	de interventie had géén effect op de kans op coronaire hartziekten

^a Eén inrichting verstreek zes jaar de controlevoeding en daarna zes jaar de interventievoeding, in een andere inrichting werden deze voedingen in omgekeerde volgorde verstrekt; 36% van de deelnemers kreeg zowel de interventie- als de controlevoeding.

^b Bij een 'parallele' onderzoekszet worden personen die de interventie krijgen vergeleken met controlepersonen.

^c In de eerste vijf jaar werd voedingsvoorlichting gegeven, de samenstelling van de voeding bepaald en biochemische en klinische onderzoek verricht. Na afronding van deze interventie en metingen werden de patiënten nog zes jaar gevolgd.

^d De voorlichting aan 174 deelnemers was gedurende (een deel van) het onderzoek niet alleen gericht op de vervanging van dierlijke vetten door plantaardige olieën, maar tevens op gewichtsvermindering.

^e Vanwege de mogelijke effecten van medicatie op coronaire hartziekten, zijn milde afwijkingen aan het electrocardiogram buiten beschouwing gelaten.

^f De interventie had géén aantoonbare invloed op specifieke aandoeningen zoals myocardinfarct. Tussen personen met en personen zonder hartklachten bij aanvang van het onderzoek bestond geen aantoonbaar verschil in het effect van de interventie.

zadigde vetzuren. Alle interventies leidden tot een toename van de inneming van linolzuur en waarschijnlijk steeg ook de inneming van alfa-linoleenzuur (verschillende soorten plantaardige olie, waaronder soja-olie, bevatten relatief veel alfa-linoleenzuur). Het beschermende effect kan echter ook het gevolg zijn van de daling van de inneming van verzadigde vetzuren of van *trans*-vetzuren.

Noorse onderzoekers vergeleken het effect op hart- en vaatziekten bij gebruik van 10 ml lijnzaadolie per dag (rijk aan alfa-linoleenzuur) met dat van 10 ml zonnebloemolie per dag (rijk aan linolzuur) (Nat68).^{*} De interventieduur was een jaar. Er waren geen verschillen tussen beide interventies, behalve in de kleine subgroep van mannen die voor aanvang van het onderzoek angina pectoris hadden (ongeveer 3% van de onderzochte personen). In deze subgroep resulteerde zonnebloemolie in een lagere kans op een myocard infarct dan lijnzaadolie. Omdat de onderzoekers geen informatie verzamelden over het voedingspatroon van de deelnemers, bieden de uitkomsten van dit onderzoek echter weinig inzicht in het effect van de vetzuursamenstelling op coronaire hartziekten.

De totale inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren vertoont een sterk lineair verband met de inneming van linolzuur; de associatie tussen de totale inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren en de inneming van andere specifieke meervoudig onverzadigde vetzuren is minder sterk (gebaseerd op Hul99). Als de uitkomsten van observationeel onderzoek aangeven dat meervoudig onverzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten beïnvloeden, wijst dit dus vooral op een effect van linolzuur. Desondanks meent de commissie dat niet kan worden uitgesloten dat een ander vetzuur, bijvoorbeeld alfa-linoleenzuur, verantwoordelijk is voor dergelijke onderzoeksuitkomsten.

Van dertien prospectieve cohortonderzoeken wijzen er vier op een beschermend effect van meervoudig onverzadigde vetzuren op coronaire hartziekten; de overige negen geven geen aanwijzingen voor een verband (Wil98a). In drie onderzoeken kon geen verband tussen linolzuur en coronaire hartziekten worden aangetoond (Asc96, Dol92, Pie97). Meestal is bij de analyses niet gecorrigeerd voor de inneming van andere typen vetzuren. In het onderzoek van Pietinen en medewerkers werd onder meer gecorrigeerd voor de niveaus van inneming van verzadigde, enkelvoudig onverzadigde en *trans*-vetzuren (Pie97). Ook Hu en medewerkers corrigeerden in hun analyses voor de inneming van andere vetzuurgroepen. Zij schatten dat vervanging van vijf energieprocent verzadigde door meervoudig onverzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten met 46% verlaagt (Hu97).

Iso-energetische vervanging van verzadigde vetzuren door meervoudig onverzadigde vetzuren verlaagt de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol in nuchter bloed (beide naar schatting -0,05 mmol/l per uitgewisseld energieprocent), terwijl de concentraties van HDL-cholesterol en triglyceriden ongewijzigd blijven. Mogelijk dalen de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol in nuchter bloed ook enigszins als enkelvoudig onverzadigde vetzuren door meervoudig onverzadigde vetzuren worden vervangen (gebaseerd op Men92). In vergelijking tot verzadigde vetzuren verlagen onverzadigde vetzuren de activiteit van factor VII in nuchter bloed (Mar98). Er zijn geen aanwijzingen

* De zonnebloemolie bevatte 63% linolzuur en 1,4% alfa-linoleenzuur en de lijnzaadolie 15% linolzuur en 55% alfa-linoleenzuur. Beide oliën bevatten 19% oliezuur.

dat specifieke meervoudig onverzadigde vetzuren in dit opzicht van elkaar verschillen (Mar98). Ook leidt de vervanging van verzadigde vetzuren door meervoudig onverzadigde vetzuren tot een verminderde samenklontering van bloedplaatjes (Hor73). De inneming van linolzuur is waarschijnlijk niet van invloed op de bloeddruk (Mor94).

De commissie concludeert dat de vervanging van verzadigde vetzuren door meervoudig onverzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten verkleint. Mogelijk kan dit effect aan linolzuur worden toegeschreven, maar ook alfa-linoleenzuur zou voor de bevindingen verantwoordelijk kunnen zijn.

Alfa-linoleenzuur

In de hierna beschreven onderzoeken is nagegaan of de inneming van alfa-linoleenzuur invloed heeft op het ontstaan van coronaire hartziekten.

De 'Lyon Diet Heart Study' is een Frans onderzoek bij hartpatiënten, waarbij in de interventiegroep via voorlichting een Mediterraan voedingspatroon werd gerealiseerd. De controlegroep kreeg de gebruikelijke informatie over gezonde voedingsgewoonten (Lor94, Lor99). De interventie leidde onder andere tot een aanzienlijk hogere inneming van alfa-linoleenzuur en een iets lagere inneming van linolzuur en meervoudig onverzadigde vetzuren*. De patiënten werden vijf jaar gevolgd. De interventie verlaagde de kans op myocardinfarct en andere ernstige hartproblemen met bijna 70%. Als ook lichtere hartproblemen in de analyses werden betrokken was de ziektereductie bijna 50%. Alfa-linoleenzuur was het enige vetzuur waarvan een hoger plasmagehalte samenhang met een gunstiger ziekteverloop. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek zijn echter geen definitieve conclusies over alfa-linoleenzuur te trekken, omdat de interventie ook andere gevolgen had voor de voeding. Zo steeg de inneming van oliezuur, voedingsvezel, groenten en fruit, en daalde die van cholesterol.

De resultaten van twee Amerikaanse prospectieve cohort-onderzoeken wijzen erop dat een verhoging van het energiepercentage alfa-linoleenzuur beschermt tegen myocardinfarct en coronaire sterfte (Asc96, Dol92). In beide onderzoeken is niet gecorrigeerd voor de inneming van andere vetzuren. Dat gebeurde wèl in twee andere prospectieve cohortonderzoeken. In een Fins onderzoek werd onder meer gecorrigeerd voor de niveaus van inneming van verzadigde, enkelvoudig onverzadigde en *trans*-vetzuren (Pie97) en in een Amerikaans onderzoek voor de inneming van verzadigde vetzuren en

* Volgens voedingsanamnestisch onderzoek was de gemiddelde inneming van alfa-linoleenzuur 0,8 energieprocent (1,8 g/d) in de experimentele groep en 0,3 energieprocent (0,7 g/d) in de controlegroep. Voor linolzuur waren deze waarden respectievelijk 3,6 en 5,3 energieprocent. In het bloed van mensen uit de experimentele groep waren de concentraties van alfa-linoleenzuur, eicosapentaenzuur en oliezuur hoger en die van stearinezuur, linolzuur en arachidonzuur lager dan in het bloed van mensen uit de controlegroep (respectievelijk +68%, +36%, +12%, -7%, -7%, -7%).

linolzuur (Hu99). Ook deze twee onderzoeken wijzen op een afname van de coronaire sterfte bij een hogere inneming van alfa-linoleenzuur. In drie van de vier cohortonderzoeken blijkt uit de kwintielindeling bij welk innemingsniveau het gunstige effect optrad: de gemiddelde innemingen van personen in het laagste en hoogste kwintiel waren 0,7 en 1,4 gram per dag (Hu99), 0,9 en 2,5 gram per dag (Pie97) en 0,4 en 1,0 energieprocent (Dol92). Ascherio en medewerkers geven geen informatie over de spreiding van de inneming (Asc96).

Een indirecte aanwijzing voor een beschermend effect van alfa-linoleenzuur is verkregen via een zogenoemde ecologische analyse* (San93). Mannen uit Kreta hebben een kleinere kans op coronaire hartziekten dan mannen uit Zutphen. Het bloed van Griekse mannen bevatte meer alfa-linoleenzuur en minder linolzuur dan dat van Nederlandse mannen.

Voor zover bekend komen de effecten van alfa-linoleenzuur op de concentraties van cholesterol(fracties) en triglyceriden in het bloed (Har97a, Men92) en op de bloeddruk en bloedstolling (Dec98, Kna97, Wen99) overeen met die van linolzuur. Alfa-linoleenzuur zou de arteriële flexibiliteit verhogen, waardoor de werklust voor het hart mogelijk vermindert (Nes97).

De commissie concludeert dat alfa-linoleenzuur waarschijnlijk een specifiek beschermend effect heeft tegen coronaire hartziekten.

n-3 vetzuren uit vis

In een interventie-onderzoek naar de secundaire preventie van coronaire hartziekten bleek het twee maal per week eten van vette vis de cardiovasculaire sterfte met 29% te verlagen (Bur89). Omdat vis naast vet ook andere bestanddelen bevat, kan het effect niet direct worden toegeschreven aan visolievetzuren. Op basis van een ander interventie-onderzoek kan dit wèl: in het zogenoemde 'GISSI-onderzoek' resulteerde de dagelijkse inneming van 0,3 gram eicosapentaenzuur plus 0,6 gram docosahexaenzuur plus 300 mg vitamine E gedurende 3,5 jaar in een vermindering van de cardiovasculaire sterfte met 17% (GIS99).

In zes prospectieve cohortonderzoeken had het wekelijkse eten van één portie vis een gunstig effect op de cardiovasculaire sterfte (Alb98, Asc95, Dav97, Gil96, Kro85, Kro95, She85). Vaker vis eten bood doorgaans geen extra bescherming. In twee prospectieve cohortonderzoeken ontbrak een associatie (Lap86, Mor95). In één van deze onderzoeken was de voedingsanamnestische methodiek — de zogenoemde '24-uurs recall' — ongeschikt voor het schatten van de inneming van voedingsmiddelen die niet

* Vergelijkingen tussen landen of regio's (zie 1.4.2).

dagelijks worden gegeten, zoals bij vis het geval is (Lap86). In een Fins cohortonderzoek was een hoge consumptie van n-3 vetzuren uit vis na zes jaar geassocieerd met een verhoogde sterfte als gevolg van hart- en vaatziekten (Pie97). In dit onderzoek consumeerden de mensen in het laagste kwintiel van de inneming dagelijks gemiddeld 0,2 gram visolievetzuren*. Volgens de auteurs kan het hoge kwikgehalte in Finse zoetwatervis de oorzaak zijn van het ongunstige effect.

N-3 vetzuren uit vis verlagen de concentratie van triglyceriden in nuchter bloed. Bij een dagelijkse inneming van drie tot vier gram is de daling ongeveer 25% (Har97a). Ze verlagen ook de concentratie van triglyceriden in postprandiaal bloed (Hor98, Roc00). Visolievetzuren veroorzaken een kleine stijging van de concentraties van LDL- en HDL-cholesterol in nuchter bloed. De concentratie van totaalcholesterol en de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol veranderen nauwelijks (Har97a). Visolievetzuren veroorzaken een lichte daling van de systolische en diastolische bloeddruk van hypertensieve personen: respectievelijk 0,7 en 0,4 mmHg per gram (Mor93). In vergelijking tot oliezuur en alfa-linoleenzuur lijken n-3 vetzuren uit vis de samenklontering van bloedplaatjes te verminderen (Wen99). Deze vetzuren zouden voorts een anti-aritmisch effect hebben (Chr97, Chr99, Sin97, Sis97). Visolievetzuren verminderen waarschijnlijk vooral de kans op plotse hartstilstand en dus niet zozeer de hartziekten die met atherosclerose samenhangen. De anti-aritmische werking zou daarbij een belangrijke rol kunnen spelen.

De commissie concludeert dat n-3 vetzuren uit vis de kans op coronaire hartziekten verminderen. De resultaten van prospectieve cohortonderzoeken geven aan dat één portie vis per week voldoende is voor dit gunstige gezondheidseffect. Wekelijkse consumptie van 70-280 gram vette vis komt overeen met een gemiddelde dagelijkse inneming van 0,2 gram n-3 vetzuren uit vis (Dec98). Dit is volgens de commissie de adequate inneming voor volwassenen.

4.2.3 *Kanker*

Meervoudig onverzadigde vetzuren en linolzuur

Zock en Katan concluderen in hun overzichtsartikel dat een hoge linolzuurinneming waarschijnlijk geen belangrijke risicofactor is voor borst-, colorectaal- of prostaatkanker, maar dat een kleine verhoging van het risico niet kan worden uitgesloten (Zoc98).

Een meta-analyse van zeven prospectieve cohort-onderzoeken wees niet op een verband tussen de inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren en de kans op

* Visolievetzuren zijn in dit onderzoek gedefinieerd als n-3 meervoudig onverzadigde vetzuren met 20 of 22 koolstofatomen.

borstkanker (Hun96), evenmin als een meta-analyse van twaalf patiënt-controleonderzoeken (How90).

De resultaten van twee prospectieve cohortonderzoeken laten een licht beschermend effect van meervoudig onverzadigde vetzuren tegen colonkanker zien (Bos94, Gio94). Een derde onderzoek van dit type wees echter juist op een licht risicoverhogend effect (Gol94). Ook de uitkomsten van zeven patiënt-controleonderzoeken naar de relatie met colorectalkanker zijn niet eenduidig (WCRF97).

De uitkomsten van prospectieve cohortonderzoeken wijzen erop dat noch de inneming van linolzuur (Gio93), noch de concentratie van linolzuur in het bloed (Gan94, Har97b) invloed heeft op het ontstaan van prostaatkanker. De resultaten van een vierde cohortonderzoek wijzen op een beschermend effect (Sch99). In een patiënt-controleonderzoek was de inneming van onverzadigde vetzuren niet geassocieerd met prostaatkanker (Kol88).

De commissie meent dat linolzuur waarschijnlijk geen invloed heeft op het ontstaan van kanker.

Alfa-linoleenzuur

De resultaten van drie prospectieve cohortonderzoeken geven aan dat een hoog gehalte van alfa-linoleenzuur in serumfosfolipiden en in vetweefsel — na correctie voor de gehalten van andere vetzuren — de kans op prostaatkanker vergroot (Gan94, Gio93, Har97b). Kwantificering van de inneming waarbij het risico verhoogd was, is op basis van deze onderzoeksuitkomsten niet mogelijk. In een Nederlands prospectief cohortonderzoek was een hoge inneming van alfa-linoleenzuur echter niet geassocieerd met een verhoogde kans op prostaatkanker; dit onderzoek wees juist eerder in de richting van een beschermend effect, maar het verband was statistisch niet significant (Sch99). De resultaten van een patiënt-controleonderzoek in Uruguay wijzen op een verhoging van de kans op prostaatkanker bij een hoge inneming van alfa-linoleenzuur (Sté00).

De commissie merkte in de voorgaande alinea op dat kwantificering van de inneming waarbij het risico verhoogd was, niet mogelijk is op basis van de uitkomsten van de drie prospectieve cohortonderzoeken waarbij dit werd gevonden. Om toch enig inzicht te verkrijgen over de orde van grootte, heeft zij de gemiddelde inneming en de verdeling van de inneming van alfa-linoleenzuur onderzocht, zie tabel C8 in bijlage C. Uit deze gegevens blijkt dat slechts een klein percentage van de volwassen mannen een inneming van één energieprocent of hoger heeft. Het is daarom aannemelijk dat in de drie prospectieve cohortonderzoeken de inneming in de groepen met een verhoogd risico rond dit niveau lag.

Er is vrijwel geen onderzoek gedaan naar het effect van de inneming van alfa-linoleenzuur op het ontstaan van andere vormen van kanker bij de mens (COMA98, WCRF97, Zoc01).

Vooralsnog kan niet worden uitgesloten dat een hoge inneming van alfa-linoleenzuur de kans op prostaatkanker verhoogt. De commissie meent echter dat meer onderzoek nodig is alvorens men conclusies kan trekken.

n-3 vetzuren uit vis

Twee prospectieve cohortonderzoeken naar de relatie tussen de vis- of visolie-inneming en de kans op borstkanker vonden geen associatie (Ton94, Wil87). Een derde onderzoek van dit type liet een zwak beschermend effect zien (Vat90). Ook de resultaten van patiënt-controleonderzoeken zijn niet consistent (Hir95, Kle00, Sim98). Resultaten van dierexperimenten wijzen in het algemeen op een beschermende rol van visolie tegen de vorming van borsttumoren (Kar84, Ros94).

Twee prospectieve cohortonderzoeken (Bos94, Wil90) en zes patiënt-controleonderzoeken (Dec99, Fer99, WCRF97) wijzen op een zwak beschermend effect van de visconsumptie op colorectalkanker. In twee andere cohortonderzoeken (Gio94, Gol94) en in acht patiënt-controleonderzoeken (WCRF97) ontbrak zo'n verband. Er is geen bewijs dat een eventueel beschermend effect van visconsumptie op colorectalkanker kan worden toegeschreven aan de n-3 vetzuren uit vis (Zoc01).

De relatie tussen de inneming van vis of n-3 vetzuren uit vis en de kans op prostaatkanker is nog onvoldoende onderzocht. In twee prospectieve cohortonderzoeken is geen effect gevonden (Gio93, Sch99). De resultaten van patiënt-controleonderzoeken zijn niet consistent (Har97b, Nor99).

De commissie meent dat de aanwijzingen voor een beschermend effect van n-3 vetzuren uit vis voor borst- en colorectalkanker ontoereikend zijn om conclusies te trekken.

4.2.4 *Diabetes mellitus type 2*

De uitkomsten van drie prospectieve cohortonderzoeken geven aan dat de inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren geen invloed heeft op het ontstaan van diabetes mellitus type 2 (Col92, Fes95, Mar94). De resultaten van prospectief cohortonderzoek en dwarsdoorsnedeonderzoek zijn inconsistent (Fes99).

In één prospectief cohortonderzoek leek het eten van vis de kans op diabetes te verminderen (Fes91). Andere onderzoeken van dit type laten geen verband zien

(Fes99). Sommige, maar niet alle interventie-onderzoeken met een korte interventieduur wijzen op een verbetering van de insulinegevoeligheid door n-3 vetzuren uit vis (Sto96).

De commissie concludeert dat meervoudig onverzadigde vetzuren de kans op diabetes mellitus type 2 waarschijnlijk niet beïnvloeden. Er zijn onvoldoende gegevens voor het trekken van een conclusie over afzonderlijke meervoudig onverzadigde vetzuren.

4.2.5 *Effecten op het immuunsysteem*

Bij mensen met een zeer hoge inneming van alfa-linoleenzuur (meer dan zes energieprocent) is een ontstekingsremmend effect waargenomen (Kel91), evenals bij mensen die meer dan 1,5 energieprocent n-3 vetzuren uit vis consumeerden (End89, Lee85).

De commissie meent dat meer onderzoek nodig is voordat conclusies over de mogelijke effecten op het immuunsysteem getrokken kunnen worden.

4.2.6 *Adequate inneming*

Zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden

Het totale vetgehalte van moedermelk varieert sterk. De commissie gaat uit van een gemiddelde waarde van 42 gram per liter (Fom93). Dit vetgehalte bestaat voor 99% uit triglyceriden (Fom93), die weer voor 95% uit vetzuren bestaan. Uitgaande van een dagelijkse inneming van moedermelk van 0,15 liter per kilogram (zie 1.4.5), schat de commissie de dagelijkse inneming van vetzuren door met moedermelk gevoede zuigelingen op 5,9 gram per kilogram.

De concentraties van essentiële vetzuren in de moedermelk is mede afhankelijk van de inneming van deze vetzuren door de moeder. De commissie baseert zich op de gemiddelde gehalten, zoals gerapporteerd in onderzoek bij vrouwen uit Westerse landen.

Bij met moedermelk gevoede zuigelingen zijn nooit verschijnselen gevonden van een linolzuurtekort. Het gehalte aan linolzuur in de vetzuurfractie van moedermelk neemt naar schatting toe van gemiddeld circa 9,3% in de eerste weken na de bevalling tot circa 11,5% na een half jaar (Luu94). De gemiddelde waarde bedraagt 10% (Fom93, Luu94)*. Bij dit gehalte is de gemiddelde dagelijkse inneming van de zuigeling 0,6 gram

* Bij het gebruikelijke Westerse voedingspatroon varieert het linolzuurgehalte in de vetzuurfractie van moedermelk tussen 7% en 17%. Bij moeders die veganistisch eten is het gehalte aanzienlijk hoger: rond 30%. De variatie wordt veroorzaakt door verschillen in de inneming van linolzuur door de moeder en daardoor veroorzaakte verschillen in de samenstelling van het maternale vetweefsel (Fom93).

linolzuur per kilogram lichaamsgewicht of ongeveer vijf energieprocent. Dit is de adequate inneming voor de leeftijdsgroep 0 tot en met 5 maanden.

Het gehalte aan alfa-linoleenzuur in de vetzuurfractie van moedermelk neemt eveneens toe: van ongeveer 1,0% in de eerste weken na de bevalling tot ongeveer 1,5% na een half jaar, of van 0,06 tot 0,09 gram per kilogram (Luu94). De adequate inneming voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden bedraagt 0,08 gram per kilogram.

Het gehalte aan docosahexaeenzuur in moedermelk is direct na de bevalling ongeveer 0,4%. Daarna neemt het geleidelijk af tot circa 0,2% na zes maanden (Luu94). Deze waarden corresponderen met een gemiddelde dagelijkse inneming van docosahexaeenzuur van 0,02 gram per kilogram door pasgeboren zuigelingen en van 0,01 gram per kilogram door zuigelingen van zes maanden. Eén week na de bevalling levert arachidonzuur ongeveer 0,6% van het totale vetzuurgehalte. Dit percentage is — evenals dat van docosahexaeenzuur — na zes maanden gehalveerd (Luu94). De gemiddelde dagelijkse inneming van arachidonzuur van met moedermelk gevoede zuigelingen neemt dus geleidelijk af van 0,04 naar 0,02 gram per kilogram. Men weet nog niet of de zojuist genoemde vetzuren noodzakelijke bestanddelen van de voeding van *a terme* baby's zijn. Omdat echter het belang van die vetzuren voor te vroeg geboren baby's wèl is aangetoond, stelt de commissie de adequate inneming gelijk aan de gemiddelde inneming van met moedermelk gevoede zuigelingen: 0,02 gram docosahexaeenzuur en 0,04 gram arachidonzuur per kilogram per dag.

Overige leeftijdsgroepen

Voor alfa-linoleenzuur vormt het beschermende effect op coronaire hartziekten de maatstaf voor de adequate inneming. Op basis van gegevens uit interventie-onderzoek en prospectief cohortonderzoek stelt de commissie de adequate inneming van alfa-linoleenzuur op dit moment voor alle overige groepen op één energieprocent. Deze waarde komt overeen met de conclusies van een recente workshop over n-3 vetzuren (Dec98). Daarbij is het mogelijke effect van alfa-linoleenzuur op prostaatkanker een punt van aandacht (zie 4.2.3). De commissie merkt op dat ter voorkoming van deficiëntieziekten een lagere inneming volstaat.

Op basis van het beschermende effect voor hart- en vaatziekten stelt de commissie de adequate inneming voor n-3 vetzuren uit vis voor volwassenen vast op een gemiddelde dagelijkse inneming van 0,2 gram n-3 vetzuren uit vis. Dit komt overeen met 70-280 gram vette vis per week. Bij zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden levert volledige borstvoeding gemiddeld circa 0,15 gram eicosapentaenzuur plus docosahexaeenzuur per dag. Voor de zuigelingen vanaf 6 maanden en voor kinderen en adolescenten is de adequate inneming van n-3 vetzuren uit vis 0,15 tot 0,2 gram per dag.

Er zijn geen aanwijzingen voor een specifiek effect van linolzuur op chronische ziekten. Zoals beschreven in 4.2.1 is een inneming van linolzuur van minimaal twee energieprocent bij volwassenen voldoende om deficiëntieverschijnselen te voorkomen. De commissie acht dat niveau van inneming ook adequaat voor de leeftijdsgroep van 6 tot en met 11 maanden, peuters, kleuters, kinderen en adolescenten.

Zwangere en lacterende vrouwen

Tijdens de zwangerschap wordt ongeveer 600 gram aan essentiële vetzuren vastgelegd in de weefsels van de foetus en de moeder. De hoeveelheid linolzuur is vijf tot tien maal groter dan die van alfa-linoleenzuur (FAO94). Uitgaande van een verhouding van $7\frac{1}{2} : 1$, wordt tijdens een ‘gemiddelde zwangerschap’ 525 gram linolzuur en 75 gram alfa-linoleenzuur vastgelegd. Per dag is dit 2,0 gram linolzuur en 0,3 gram alfa-linoleenzuur. De commissie stelt de toename van de dagelijkse behoefte gelijk aan deze waarden. Dit komt overeen met een adequate inneming van linolzuur van 2,5 energieprocent. De adequate inneming van alfa-linoleenzuur verandert naar het inzicht van de commissie niet door de zwangerschap*.

Hoewel een lacterende vrouw dagelijks gemiddeld 0,5 gram alfa-linoleenzuur verliest via de moedermelk, meent de commissie dat een inneming van één energieprocent alfa-linoleenzuur ook tijdens de lactatie adequaat is. Met moedermelk gevoede zuigelingen krijgen per kilogram lichaamsgewicht gemiddeld 0,6 gram linolzuur (zie het begin van deze paragraaf). Dit betekent dat de lacterende vrouw dagelijks gemiddeld 3,2 gram linolzuur uitscheidt via de moedermelk. Een voeding met ten minste 2,5 energieprocent linolzuur voorziet in deze extra behoefte.

In 4.2.1 is aangegeven dat het gehalte docosahexaeenzuur in plasmafosfolipiden van de moeder na de bevalling daalt. De daling is bij lacterende vrouwen sterker dan bij moeders die hun zuigeling flesvoeding geven. Dit wijst op een verhoogde behoefte aan visolievetzuren tijdens de lactatie. Via de consumptie van visolie kan de lacterende vrouw de concentratie van docosahexaeenzuur in haar bloed verhogen (Hel98). Ook kan het lichaam docosahexaeenzuur maken uit alfa-linoleenzuur (zie 4.1.3, tabel 4.3). Onbekend is in hoeverre de lacterende vrouw in haar behoefte aan docosahexaeenzuur kan voorzien via een hogere inneming van alfa-linoleenzuur. Onduidelijk is ook of een betere docosahexaeenzuurstatus inderdaad beter is voor de gezondheid. De beschikbare gegevens zijn onvoldoende om een adequate inneming vast te stellen.

* De energiebehoefte is verhoogd tijdens de zwangerschap en de lactatie. Een ongewijzigd energiepercentage alfa-linoleenzuur betekent daarom een verhoging van de inneming in gram per dag.

4.2.7 Aanvaardbare bovengrens van inneming

Bijwerkingen van een extreem hoge inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren zijn voorstelbaar. Daarbij is onder meer te denken aan een grotere kans op kanker, bijvoorbeeld als gevolg van de vorming van radicalen. Plantaardige producten die van nature rijk zijn aan meervoudig onverzadigde vetzuren bevatten echter ook veel vitamine E, dat de vorming van radicalen juist tegen zou gaan (WCMV94).

De commissie vindt het niet raadzaam om grote hoeveelheden meervoudig onverzadigde vetzuren in te nemen. Goede wetenschappelijke gegevens voor het vaststellen van de aanvaardbare bovengrens zijn er echter nauwelijks.

De bevolking van Israël en sommige groepen in België consumeren tien tot twaalf energieprocent linolzuur. In deze groepen zijn geen aan dat voedingspatroon gerelateerde negatieve effecten geconstateerd (Zoc98). Bij zuigelingen die een voeding kregen waarin 60% van het totaal vetgehalte voor rekening kwam van linolzuur, zijn op korte termijn evenmin nadelige effecten waargenomen (Wid89). Dit is een NOAEL-waarde* voor acute effecten van een hoge blootstelling.

Vooralsnog kan niet worden uitgesloten dat alfa-linoleenzuur de kans op prostaat-kanker verhoogt. Zoals aangegeven in 4.2.3 acht de commissie de wetenschappelijke bewijslast voor dit ongunstige effect echter onvoldoende.

In een onderzoek zonder controlegroep kregen acht adolescenten met familiale hypercholesterolemie uit een groep van elf patiënten die gedurende zes maanden visolievetzuren gebruikten, één (of twee) neusbloedingen in de interventieperiode. De dosering van de visolievetzuren nam in dit onderzoek toe van één gram per dag in de eerste maand tot vijf gram per dag in de vijfde en zesde maand (Cla90). Dit wordt als LOAEL** aangemerkt.

De commissie acht de beschikbare gegevens onvoldoende om aanvaardbare bovengrenzen vast te stellen voor deze afzonderlijke vetzuren. Zij stelt de aanvaardbare bovengrens voor de totale inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren vast op twaalf energieprocent.

* NOAELs zijn *No Observed Adverse Effect Levels*, zie 1.2.4.

** LOAELs zijn *Lowest Observed Adverse Effect Levels*, zie 1.2.4.

4.3 Enkelvoudig onverzadigde vetzuren

4.3.1 *Coronaire hartziekten*

Er zijn de commissie geen interventie-onderzoeken bekend naar de invloed van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op het optreden van coronaire hartziekten.

Een overzichtartikel van prospectieve cohortonderzoeken vermeldt slechts één onderzoeksuitkomst over enkelvoudig onverzadigde vetzuren (Wil98a): in het Framingham onderzoek hadden jonge mannen met een hogere inneming van vetzuren van dat type een grotere kans op coronaire hartziekten (Pos91). In dat onderzoek was vlees de belangrijkste bron van enkelvoudig onverzadigde vetzuren. In een Fins prospectief cohortonderzoek is geen verband met de kans op coronaire hartziekten waargenomen (Pie97). Op basis van de resultaten van een derde cohortonderzoek is geschat dat vervanging van vijf energieprocenten verzadigde vetzuren door enkelvoudig onverzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten met 31% vermindert (Hu97).

In een meta-analyse van interventie-onderzoek is geconcludeerd dat enkelvoudig onverzadigde vetzuren een iets sterkere stijging van de concentratie van HDL-cholesterol in het bloed veroorzaken dan meervoudig onverzadigde vetzuren, maar een iets kleinere daling van de concentraties van LDL- en totaalcholesterol en van triglyceriden (Men92). Een recent interventie-onderzoek laat zien dat olijfolie hogere triglycerideconcentraties in nuchter en postprandiaal bloed veroorzaakt dan zonnebloemolie en koolzaadolie*, maar een lagere activiteit van factor VII in postprandiaal bloed (Lar99). Het effect van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op de concentratie van fibrinogeen in het bloed is nog onduidelijk (San97). Enkelvoudig onverzadigde vetzuren hebben waarschijnlijk geen effect op de bloeddruk (Mor94).

De effecten van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op de concentraties van lipiden in nuchter bloed lijken op die van meervoudig onverzadigde vetzuren. De commissie acht het waarschijnlijk dat enkelvoudig onverzadigde vetzuren in vergelijking tot verzadigde vetzuren de kans op atherosclerose verlagen. De wetenschappelijke bewijskracht is voor enkelvoudig onverzadigde vetzuren echter minder sterk dan voor meervoudig onverzadigde vetzuren, omdat interventie-onderzoek met coronaire hartziekten als eindpunt ontbreekt. Bovendien zijn de resultaten van prospectief cohortonderzoek niet eenduidig. De commissie acht de beschikbare gegevens onvoldoende om voedingsnormen vast te stellen.

* De olijfolie, koolzaadolie en zonnebloemolie bevatten respectievelijk 15%, 8% en 12% verzadigde vetzuren, 78%, 63% en 25% enkelvoudig onverzadigde vetzuren en 7%, 30% en 62% meervoudig onverzadigde vetzuren, waarvan 1%, 10% en 1% alfa-linoleenzuur (Lar99).

4.3.2 *Kanker*

Over de invloed van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op het ontstaan van borstkanker bestaan uiteenlopende onderzoeksresultaten. Blijkens een gecombineerde analyse van de resultaten van zeven prospectieve cohortonderzoeken hebben enkelvoudig onverzadigde vetzuren geen invloed op het ontstaan van borstkanker (Hun96). Een gecombineerde analyse van de uitkomsten van twaalf patiënt-controleonderzoeken wijst echter op een vergroting van de kans op borstkanker bij postmenopauzale vrouwen (How90). In de Nederlandse Cohortstudie naar voeding en kanker is juist een licht beschermend effect van enkelvoudig onverzadigde vetzuren tegen borstkanker gevonden (Bra93). Gegevens uit enkele proefdier- en observationele onderzoeken, tenslotte, wijzen erop dat een mogelijk beschermend effect van olijfolie tegen borstkanker niet wordt veroorzaakt door enkelvoudig onverzadigde vetzuren (Zoc01).

In één prospectief cohortonderzoek is gevonden dat enkelvoudig onverzadigde vetzuren de kans op het ontstaan van colorectalkanker doen toenemen (Wil90), terwijl in drie andere onderzoeken van dit type geen verband naar voren kwam (Bos94, Gio94, Gol94). De resultaten van acht patiënt-controleonderzoeken zijn onderling tegenstrijdig (WCRF97).

Blijkens twee cohortonderzoeken is er geen effect van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op de kans op prostaatkanker (Gio93; Sch99). De resultaten van zes patiënt-controleonderzoeken naar deze relatie zijn onderling tegenstrijdig (WCRF97).

Het is onduidelijk of de consumptie van enkelvoudig onverzadigde vetzuren het ontstaan van kanker beïnvloedt.

4.3.3 *Diabetes mellitus type 2*

Een overzichtsartikel over het effect van voedingsvetten op het ontstaan van diabetes mellitus type 2 laat zien dat de resultaten van prospectief cohortonderzoek niet consistent zijn: twee onderzoeken van dit type wijzen op een risicoverhogend effect van enkelvoudig onverzadigde vetzuren, terwijl in twee andere cohortonderzoeken geen verband werd gevonden. In drie dwarsdoorsnede-onderzoeken hadden mensen met een hogere inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren een hogere concentratie van insuline in nuchter bloed (Fes99).

Het effect van de consumptie van enkelvoudig onverzadigde vetzuren op het ontstaan van diabetes mellitus type 2 is onduidelijk.

4.3.4 Adequate inneming

De commissie acht de beschikbare gegevens onvoldoende om een adequate inneming voor enkelvoudig onverzadigde vetzuren vast te stellen. Wel concludeert zij dat enkelvoudig onverzadigde vetzuren een veilige bron van energie zijn.

4.3.5 Aanvaardbare bovengrens van inneming

Er zijn geen onderzoeken die erop wijzen dat een hoge inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren ongewenste effecten zou hebben. De commissie stelt daarom geen aanvaardbare bovengrens van inneming vast.

4.4 Totale inneming van enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren

In de voorgaande paragraaf concludeerde de commissie dat zij geen adequate inneming voor enkelvoudig onverzadigde vetzuren vast kon stellen. In het vervolg van dit hoofdstuk leidt de commissie voedingsnormen af voor de totale inneming van vetten (zie 4.7), voor verzadigde vetzuren (zie 4.5) en voor *trans*-vetzuren (zie 4.6). Onverzadigde vetzuren met de *cis*-configuratie vormen de restgroep die overblijft als de totale consumptie van vetzuren is verminderd met de inneming van verzadigde en *trans*-vetzuren. De adequate inneming van onverzadigde vetzuren met de *cis*-configuratie kan men daarom afleiden van de adequate innemingen voor totaal vet, verzadigde vetzuren en *trans*-vetzuren. Deze voedingsnormen zijn gericht op minimalisering van de kans op coronaire hartziekten. Als gevolg hiervan is ook de adequate inneming van onverzadigde vetzuren met de *cis*-configuratie feitelijk gericht op de preventie van coronaire hartziekten.

4.4.1 Adequaat gebied van inneming

In tabel 4.6 is het adequate gebied van inneming van enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren berekend. Uit de berekening blijkt dat de inneming van enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren bij een totale vetconsumptie van twintig energieprocent minimaal 8 energieprocent en maximaal 19 energieprocent bedraagt. Bij een vetconsumptie van 35 energieprocent varieert de wenselijke inneming van enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren tussen 22 en 33 energieprocent. In de praktijk gelden iets lagere bovengrenzen, omdat het niet mogelijk is om een gebalanceerde voeding samen te stellen die geheel vrij is van verzadigde en *trans*-vetzuren.

Tabel 4.6 Berekening van het adequate gebied van inneming van enkel- plus meervoudig onverzadigde vetzuren.

voedingsnormen voor totaal vet (zie 4.7)	totale inneming van vetzuren ^a	verzadigde vetzuren (zie 4.5)	<i>trans</i> -vetzuren (zie 4.6)	totaal enkelvoudig plus meervoudig onverzadigde vetzuren ^b
20 (ondergrens van het adequate gebied van inneming)	19	10 (bovengrens)	1 (bovengrens)	8
	19	0 (theoretische ondergrens ^c)	0 (theoretische ondergrens)	19 (theoretische bovengrens)
40 (bovengrens van het adequate gebied van inneming voor mensen met wenselijk lichaamsgewicht)	38	10 (bovengrens)	1 (bovengrens)	27
	38	0 (theoretische ondergrens)	0 (theoretische ondergrens)	38 (theoretische bovengrens)
30 of 35 (bovengrens van het adequate gebied van inneming voor mensen met overgewicht of ongewenste gewichtstoename)	28 of 33	10 (bovengrens)	1 (bovengrens)	17 of 22
	28 of 33	0 (theoretische ondergrens)	0 (theoretische ondergrens)	28 of 33 (theoretische bovengrens)

^a Totale inneming van vetzuren = 0,95 x de totale vetconsumptie.

^b Berekend als de totale inneming van vetzuren minus de inneming van verzadigde en *trans*-vetzuren.

^c De commissie meent dat de inneming van verzadigde en *trans*-vetzuren zo laag mogelijk dient te zijn. Het lichaam heeft geen fysiologische behoefte aan deze vetzuren. Daarom is de ondergrens van inneming in theorie nihil. In de praktijk zal een gemengde voeding echter altijd verzadigde en *trans*-vetzuren bevatten.

Omdat de inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren tussen drie en twaalf energieprocent dient te liggen (zie 4.2), kan men ook onder- en bovengrenzen voor de inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren berekenen. Bij een totale vetconsumptie van 35 energieprocent en een lage inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren (drie energieprocent), varieert de wenselijke inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren tussen 19 en 30 energieprocent. Als de inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren maximaal is (twaalf energieprocent), is de wenselijke inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren 10 tot 21 energieprocent. Ook hier geldt dat de aangegeven bovengrenzen in de praktijk niet helemaal haalbaar zijn, omdat een gebalanceerde voeding altijd verzadigde en *trans*-vetzuren bevat.

4.5 Verzadigde vetzuren

4.5.1 *Coronaire hartziekten*

Interventie-onderzoeken naar het effect van verzadigde vetzuren op het ontstaan van coronaire hartziekten zijn beschreven in 4.2.2 en tabel 4.5. In die onderzoeken zijn dierlijke vetten vervangen door plantaardige oliën, terwijl het vetgehalte ongewijzigd bleef. Drie onderzoeken wijzen erop dat verzadigde vetzuren zowel bij gezonde personen als bij hartpatiënten de kans op coronaire hartziekten verhogen (Day69, Ler70, Tur79). In het vierde onderzoek werd dit effect niet gevonden (MRC68).

De resultaten van vier prospectieve cohortonderzoeken wijzen op een verhoging van de kans op coronaire hartziekten door verzadigde vetzuren, maar in tien andere onderzoeken van dit type is geen verband gevonden (Wil98a).

In het algemeen stijgen de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol in nuchter bloed als onverzadigde vetzuren in de voeding op iso-energetische wijze worden vervangen door verzadigde vetzuren (Men92). Er bestaan verschillen tussen specifieke verzadigde vetzuren in de effecten op de lipidenfracties in het bloed (Cat97, Men92, Tem97). De commissie concludeert echter dat er geen aanwijzingen zijn dat ten aanzien van de verhouding tussen de concentraties van totaal- en HDL-cholesterol in het bloed onderscheid moet worden gemaakt tussen verzadigde vetzuren met verschillende ketenlengte. Zij beschouwt die verhouding als de belangrijkste voorspeller van coronaire hartziekten (zie ook 4.1.4).

Verzadigde vetzuren hebben waarschijnlijk geen effect op de bloeddruk (Mor94). Het effect van verzadigde vetzuren op de concentratie van triglyceriden in postprandiaal bloed is onduidelijk (Jac99). Hetzelfde geldt voor het effect op de concentratie van fibrinogeen in het bloed (San97). Er zijn aanwijzingen dat er in verband met de laatstgenoemde factor onderlinge verschillen bestaan tussen verzadigde vetzuren (Men98). In vergelijking tot onverzadigde vetzuren en koolhydraten, verhogen verzadigde vetzuren de factor VII-activiteit (Men98). Ook leiden verzadigde vetzuren, in vergelijking tot meervoudig onverzadigde vetzuren, tot een verhoogde samenklontering van bloedplaatjes (Hor73).

De commissie concludeert dat verzadigde vetzuren ten opzichte van onverzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten verhogen via een ongunstig effect op de verhouding tussen de concentraties van totaal- en HDL-cholesterol in nuchter bloed.

4.5.2 *Kanker*

De meeste prospectieve cohortonderzoeken naar een mogelijke relatie tussen de inneming van verzadigde vetzuren en de kans op borstkanker wijzen niet op een verband (Hun96, Wil98a, Zoc01). De uitkomsten van patiënt-controleonderzoek, daarentegen, wijzen erop dat verzadigde vetzuren bij postmenopauzale vrouwen de kans op borstkanker verhogen. Bij jongere vrouwen is zo'n verband niet gevonden (How90).

De resultaten van enkele cohortonderzoeken wijzen erop dat verzadigde vetzuren de kans op colorectalkanker verhogen (Gol94, Wil90). In andere onderzoeken van dit type is geen verband gevonden (Bos94, Gio94). In één onderzoek leken deze vetzuren juist te beschermen tegen colonkanker (Ste84). Ook de resultaten van vijftien patiënt-controleonderzoeken zijn onderling tegenstrijdig (Fra99, WCRF97).

Blijkens twee cohortonderzoeken is er geen verband tussen de inneming van verzadigde vetzuren en de kans op prostaatkanker (Gio93, Sch99). De zes patiënt-controleonderzoeken naar deze relatie leverden tegenstrijdige resultaten op (Sch99).

De commissie kent aan uitkomsten van prospectieve cohortonderzoeken meer bewijskracht toe dan aan die van patiënt-controleonderzoeken. Daarom concludeert zij dat verzadigde vetzuren de kans op borstkanker waarschijnlijk niet verhogen. Evenmin lijken verzadigde vetzuren de kans op prostaat- en colorectalkanker te beïnvloeden.

4.5.3 *Diabetes mellitus type 2*

Het verband tussen de inneming van verzadigde vetzuren en de kans op diabetes is onduidelijk (Fes99; Sto96). Recent is een samenvatting gepubliceerd van de resultaten van een drie maanden durend interventie-onderzoek, waarbij acht energieprocent verzadigde vetzuren iso-energetisch werd vervangen door enkelvoudig onverzadigde vetzuren (Ves99)*. De resultaten lijken erop te wijzen dat verzadigde vetzuren de insulinegevoeligheid verminderen, maar geen invloed hebben op de insuline-afgifte. Een verklaring van deze uitkomst is wellicht dat bij een verhoogde concentratie verzadigde vetzuren in de celmembranen een vermindering optreedt van het aantal insuline-receptoren (Ves94).

De commissie meent dat meer onderzoek nodig is voordat conclusies getrokken kunnen worden over de invloed van verzadigde vetzuren op het ontstaan van diabetes mellitus type 2.

* De volledige rapportage van dit onderzoek is nog niet beschikbaar.

4.5.4 *Adequate inneming*

Zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden

Moedermelk bevat ongeveer 25 energieprocent verzadigd vet (NEVO-tabel 1996). Dit is volgens de commissie de adequate inneming voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden.

Overige groepen

Het menselijk lichaam is zelf in staat verzadigde vetzuren te maken. De voeding hoeft daarom — voor zover bekend — geen verzadigde vetzuren te bevatten. Op grond van dit gegeven zou de adequate inneming in theorie op nul energieprocent kunnen worden vastgesteld. Verzadigde vetzuren vergroten de kans op coronaire hartziekten (zie 4.5.1). De kennis over gezondheidseffecten van voedingen zónder verzadigde vetzuren is echter nihil, omdat een gevarieerde voeding altijd verzadigde vetzuren bevat. Op grond van voorgaande overwegingen meent de commissie dat de inneming van verzadigde vetzuren zo laag mogelijk moet zijn.

4.5.5 *Aanvaardbare bovengrens van inneming*

De commissie baseert de bovengrens voor verzadigde vetzuren voor volwassenen op het laagste energiepercentage dat momenteel in Nederland redelijkerwijs haalbaar lijkt. Uit de gegevens van de Nederlandse Voedselconsumptiepeiling 1997-1998 blijkt dat Nederlanders via vlees, zuivel, eieren en vis, afhankelijk van de leeftijdsgroep, gemiddeld 5,5 tot 7,5 energieprocent verzadigde vetzuren consumeren, terwijl de tiende percentiel van de totale inneming van verzadigde vetzuren op ongeveer tien energieprocent ligt (KFA Hulshof, niet gepubliceerde gegevens van de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998). Op basis hiervan stelt de commissie de aanvaardbare bovengrens van inneming voor verzadigde vetzuren vast op het niveau van de tiende percentiel, dus op tien energieprocent.

Voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden is de aanvaardbare bovengrens van inneming gelijk aan de adequate inneming: 25 energieprocent. De commissie pleit voor een geleidelijke overgang naar tien energieprocent. Daarom stelt zij de aanvaardbare bovengrens voor de leeftijdsgroep 6 tot en met 11 maanden op 20 energieprocent en die voor de leeftijdsgroep van 1 tot en met 3 jaar op 15 energieprocent. Voor kinderen vanaf 4 jaar en voor adolescenten is de aanvaardbare bovengrens gelijk aan die voor volwassenen.

4.6 *Trans*-vetzuren

4.6.1 *Coronaire hartziekten*

Er zijn geen interventie-onderzoeken uitgevoerd naar het effect van *trans*-vetzuren op het ontstaan van coronaire hartziekten. Wèl is deze relatie in drie prospectieve cohortonderzoeken onderzocht: uit al die onderzoeken blijkt dat *trans*-vetzuren de kans op coronaire hartziekten of coronaire sterfte vergroten (Asc96, Hu97, Pie97).

Bij vervanging van één energieprocent *cis*- door *trans*-vetzuren met één dubbele binding stijgt de concentratie van LDL-cholesterol in nuchter bloed en daalt die van HDL-cholesterol. Hierdoor neemt de verhouding tussen de concentraties van LDL- en HDL-cholesterol met 0,05 toe (Men98). *Trans*-vetzuren verhogen bovendien de concentraties van triglyceriden en van het lipoproteïne Lp(a) in nuchter bloed (Asc99). Interventie-onderzoek wijst erop dat *trans*-vetzuren geen effect hebben op de bloeddruk (Men91, Zoc93). Er is nog weinig bekend over de effecten van *trans*-vetzuren op de bloedstolling (Mar98).

Over de effecten van meervoudig onverzadigde *trans*-vetzuren op het ontstaan van coronaire hartziekten is minder bekend. De resultaten van een recent onderzoek wijzen erop dat de effecten van *trans*-alfa-linoleenzuur op de verhouding tussen de concentraties van LDL- en HDL-cholesterol in het bloed even ongunstig zijn als, en mogelijk zelfs ongunstiger dan die van enkelvoudig onverzadigde *trans*-vetzuren (Ver01).

De commissie concludeert dat *trans*-vetzuren de kans op coronaire hartziekten verhogen via een ongunstig effect op de concentraties van lipiden in het bloed. Deze conclusie is vooral gebaseerd op onderzoek met enkelvoudig onverzadigde *trans*-vetzuren. Over de effecten van meervoudig onverzadigde *trans*-vetzuren op het ontstaan van coronaire hartziekten is nog onvoldoende bekend.

4.6.2 *Diabetes mellitus type 2 en kanker*

Er zijn de commissie geen resultaten bekend van onderzoek naar de relatie tussen de inneming van *trans*-vetzuren en de kans op diabetes. Over de relatie met kanker zijn enkele publicaties verschenen. De resultaten van twee prospectieve cohortonderzoeken naar het verband met borstkanker zijn niet eenduidig (Hol00, Voo00). Uit twee prospectieve cohortonderzoeken bleek geen verband tussen de inneming van *trans*-vetzuren en de kans op prostaatkanker (Gio93, Sch99).

De commissie concludeert dat er onvoldoende onderzoeksgegevens zijn om uitspraken te doen over de rol van *trans*-vetzuren bij het ontstaan van kanker en diabetes mellitus type 2.

4.6.3 Adequate inneming

Vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat het menselijk lichaam behoefte heeft aan *trans*-vetzuren. *Trans*-vetzuren vergroten de kans op coronaire hartziekten en hebben mogelijk ongunstige effecten op het metabolisme van essentiële vetzuren (zie 4.1.5). Analoog aan de redenering voor verzadigde vetzuren, meent de commissie dat inneming van *trans*-vetzuren zo laag mogelijk moet zijn.

4.6.4 Aanvaardbare bovengrens van inneming

Uit de gegevens van de Nederlandse Voedselconsumptiepeiling 1997-1998 blijkt dat Nederlandse volwassenen via zuivelproducten, eieren, vlees en vis gemiddeld ongeveer een halve energieprocent *trans*-vetzuren consumeren, terwijl de tiende percentiel van inneming, afhankelijk van de leeftijdsgroep, tussen 0,7 en 1,0 energieprocent varieert (tabel 4.7). Op basis hiervan stelt de commissie de aanvaardbare bovengrens van inneming voor *trans*-vetzuren vast op één energieprocent.

Tabel 4.7 Tiende percentiel van de totale inneming van *trans*-vetzuren en de inneming van *trans*-vetzuren via vlees, zuivel, eieren en vis per leeftijdsgroep, uitgedrukt als energiepercentage (KFAM Hulshof, niet gepubliceerde resultaten van de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998).^a

leeftijd in jaren	tiende percentiel van de totale inneming van <i>trans</i> -vetzuren		inneming van <i>trans</i> -vetzuren via vlees, zuivel, eieren en vis	
	M	V	M	V
1 t/m 3	0,7	0,7	0,5	0,5
4 t/m 8	0,8	0,8	0,4	0,4
9 t/m 13	1,0	1,0	0,4	0,4
14 t/m 18	0,9	0,9	0,4	0,4
19 t/m 50	0,8	0,8	0,5	0,5
51 t/m 70	0,8	0,8	0,5	0,5
> 70	0,8	0,9	0,4	0,5

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

4.7 Totaal vet

4.7.1 Overgewicht

Methodologische opmerkingen

Er kleven diverse methodologische problemen aan observationeel onderzoek naar het verband tussen het vetgehalte van de voeding en het ontstaan van overgewicht. Zo onderschatten personen met overgewicht doorgaans hun inneming van energie (Lic92, Pre96) en hun vetinneming (Hei95). Ook zijn de inneming van vetten en energie, door hun onderling sterke verband, moeilijk onafhankelijk van elkaar te onderzoeken. Bovendien wordt observationeel onderzoek binnen populaties bemoeilijkt door de veelal kleine variatie in vetconsumptie tussen personen.

Interventie-onderzoek kent weer andere methodologische problemen. Onderzoeken van verschillende opzet zijn nodig om de vraag te beantwoorden of het vetgehalte van de voeding van invloed is op het lichaamsgewicht. Indien dat effect via fysiologische mechanismen tot stand komt, kan men het aantonen met onderzoek waarbij de ene macrovoedingsstof iso-energetisch wordt vervangen door een andere macrovoedingsstof. Veranderingen in de inneming van energie kunnen echter ook de gewichtsregulatie beïnvloeden. Om dit te onderzoeken moet men de voeding juist *ad libitum* verstrekken, dat wil zeggen, geen invloed uitoefenen op de inneming van energie. Het beoordelen van de dieetrouw is bij een dergelijke onderzoeksopzet erg moeilijk. Een andere methodologische beperking van onderzoek met *ad libitum* voedselverstrekking is de onmogelijkheid om dit type onderzoek 'geblindeerd' uit te voeren. Daarvoor heeft het vetgehalte van de voeding een te duidelijk effect op de smaak.

Onderzoeksuitkomsten

De uitkomsten van diverse ecologische* en dwarsdoorsnede-onderzoeken laten een positieve relatie zien tussen het vetgehalte van de voeding en het lichaamsgewicht (Gol97, Lis95, Sha96). Prospectieve cohortonderzoeken hebben geen eenduidige bevindingen opgeleverd (Col90, Hei95, Kan95, Kle92, Lis97, Ris91).

In de volgende twee alinea's beschrijft de commissie de uitkomsten van interventie-onderzoek waarbij vetten op iso-energetische wijze zijn vervangen door andere macrovoedingsstoffen. In de eerste alinea komen onderzoeken ter sprake waarbij de inneming

* Vergelijkingen tussen landen of regio's (zie 1.4.2).

van energie gelijk was aan de behoefte, terwijl de tweede alinea onderzoek naar de effecten van overconsumptie betreft.

Bij personen in energiebalans blijft het 24-uurs energieverbruik doorgaans ongewijzigd als het vetgehalte van de voeding verandert (Abb90, Ast94, Hil91, Sch97a). Een uitzondering daarop lijken mensen met eetgedrag gericht op afslanken. Als de inneming van energie van die personen overeenkomt met de behoefte, zouden voedingen met een hoog vetgehalte resulteren in een lager 24-uurs energieverbruik dan voedingen met een laag vetgehalte (Ver94, Ver96).

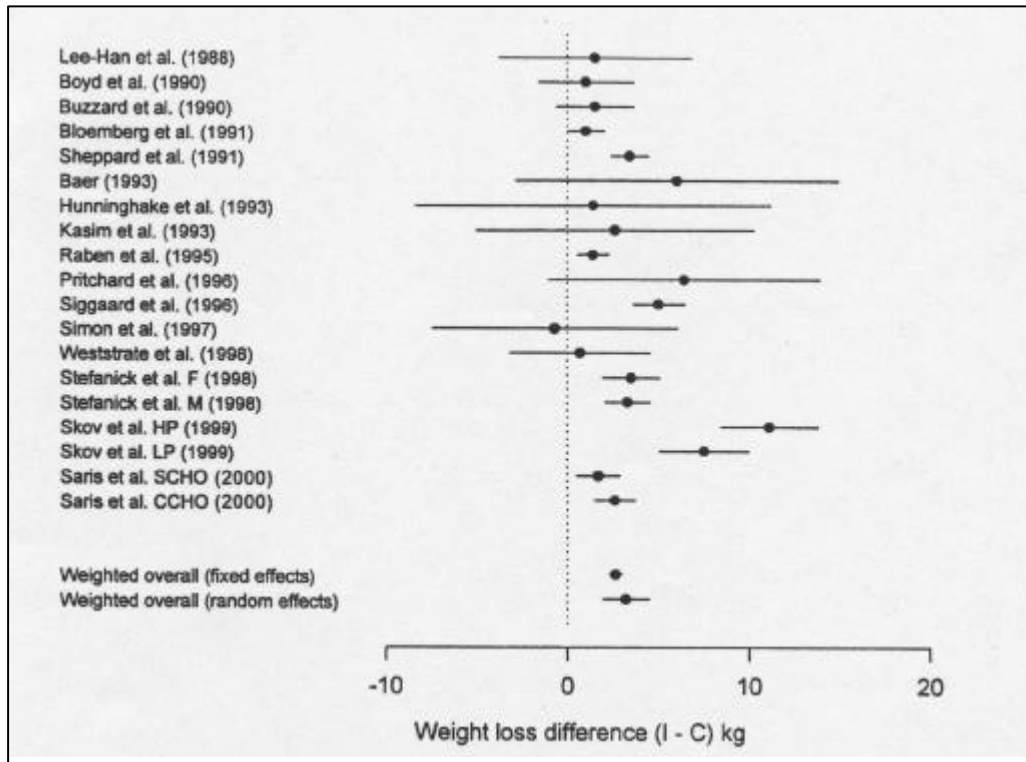
Als de inneming van energie de behoefte overtreft, leidt een vetrijke voeding tot een lager 24-uurs energieverbruik dan een koolhydraatrijke voeding (Hor95).^{*} Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de opslag van vetten minder energie kost dan de omzetting en opslag van koolhydraten als lichaamsvet (Fla85). Bij een té hoge inneming van energie zouden voedingen met een hoger vetgehalte daardoor tot een grotere gewichtstoename leiden dan voedingen met een lager vetgehalte.

In de volgende alinea beschrijft de commissie de effecten van het vetgehalte van de voeding op de inneming van energie en op het lichaamsgewicht. Het gaat daarbij om interventie-onderzoek met *ad libitum* voedselverstreking, dus om onderzoek waarbij de energie-inneming door de proefpersoon is bepaald.

In interventie-onderzoek met *ad libitum* verstrekte voedingen blijkt een hoger vetgehalte een hogere inneming van energie te veroorzaken. Astrup en collega's voerden een meta-analyse uit met de resultaten van tien gecontroleerde onderzoeken met een interventieduur van ten minste twee maanden. Bij een vermindering van het vetgehalte van de voeding met gemiddeld tien energieprocent daalde de inneming van energie met ongeveer één MJ per dag (Ast00).

In verschillende meta-analyses van interventie-onderzoek met *ad libitum* voedselverstreking is het effect van het vetgehalte van de voeding op het lichaamsgewicht geschat (Ast00, Bra98, Wil98b, Yu99). Bray en Popkin schatten dat een vermindering van het vetgehalte met tien energieprocent resulteert in een gewichtsvermindering van 16 gram per dag (Bra98). Zij veronderstellen daarbij — impliciet — dat het lichaamsgewicht blijft dalen zolang het lage vetgehalte van de voeding gehandhaafd blijft. Yu-Poth en medewerkers hebben het belang van de interventieduur niet onderzocht. Zij schatten dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent het lichaamsgewicht vermindert met 2,8 kilogram (Yu99). In de eerder genoemde meta-analyse van Astrup en medewerkers resulteerde een vermindering van het vetgehalte van

* In het betreffende interventie-onderzoek consumeerden zestien personen gedurende twee perioden van twee weken anderhalf maal hun energiebehoefte. In één periode werd de overvoeding (0,5 maal de energiebehoefte) volledig via vetten gerealiseerd, in de andere door koolhydraten. De samenstelling van het resterende gedeelte van de voeding (éénmaal de energiebehoefte) was overeenkomstig de gebruikelijke voeding van de betreffende persoon.



Figuur 4.1 Verschillen in de afname van het lichaamsgewicht (verandering in de interventiegroep 'I' minus die in de controlegroep 'C') met 95% betrouwbaarheidsintervallen in de 19 onderzoeken opgenomen in de meta-analyse van Astrup en medewerkers en de gewogen gemiddelden en 95% betrouwbaarheidsintervallen van de meta-analyses, uitgaande van 'fixed effects' en van 'random effects' (figuur met toestemming overgenomen uit Ast00).

de voeding met tien energieprocent, afhankelijk van het gebruikte regressieanalysemodel, in een gemiddelde gewichtsreductie van 2,6 of 3,2 kilogram (figuur 4.1).

De gewichtsvermindering hield in de meta-analyse van Astrup en medewerkers géén verband met de interventieduur, maar wèl met het gemiddelde lichaamsgewicht bij aanvang van het onderzoek. In onderzoeken bij mensen met overgewicht was het gemiddelde gewichtsverlies groter dan in onderzoeken bij mensen met een normaal lichaamsgewicht.

In het algemeen heeft een voeding met een lager vetgehalte een lagere energiedichtheid (Sar00)*. Mogelijk komt het effect op het lichaamsgewicht tot stand via deze verlaging van de energiedichtheid (Stu95).

Een vermindering van het vetgehalte van de voeding kan samengaan met een stijging van de consumptie van groenten, fruit en voedingsvezel. Het is niet uitgesloten dat een

* De energiedichtheid staat voor de gemiddelde hoeveelheid energie per gram geconsumeerde voedingsmiddelen (inclusief dranken).

dergelijke verandering in het voedingspatroon — onafhankelijk van de veranderingen in de vetconsumptie — mede verantwoordelijk is voor het gewichtsverlies. In het ‘carbohydrate management in European diets’ (CARMEN-) onderzoek leidde een verlaging van het vetgehalte van de voeding echter niet tot aantoonbare verschillen in de consumptie van voedingsvezel (Sar00). Desondanks daalde in dit onderzoek het lichaamsgewicht in de interventiegroep ten opzichte van de controlegroep met twee kilogram. De commissie concludeert hieruit dat het effect van een vermindering van de vetconsumptie op het lichaamsgewicht niet, of hooguit in beperkte mate, wordt veroorzaakt door een toename van de consumptie van voedingsvezel.

Een verlaging van het vetgehalte van de voeding gaat samen met een verhoging van het gehalte aan koolhydraten, al dan niet in combinatie met een verhoging van het eiwitgehalte van de voeding. In de genoemde meta-analyses zijn de veranderingen in de energiepercentages koolhydraten en eiwit niet beschreven en is dus evenmin nagegaan in hoeverre een verandering van de eiwitconsumptie verantwoordelijk is voor het effect op het lichaamsgewicht. De commissie gaat ervan uit dat de vetten zijn vervangen door zowel koolhydraten als eiwitten, in een verhouding die overeenkomt met die in de gebruikelijke voeding (circa 3 : 1) (Wes98). Bij een vermindering van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent zal het eiwitgehalte dus naar schatting met twee tot drie energieprocent toenemen. Vooralsnog kan niet worden uitgesloten dat een verhoging van de eiwitconsumptie leidt tot een afname van het lichaamsgewicht. Als mensen een energiebeperkt dieet volgen, lijkt een aanzienlijke verhoging van de eiwitconsumptie te resulteren in een groter gewichtsverlies; onder andere omstandigheden is een dergelijk effect echter niet aangetoond (zie 3.1.4, zie ook Skov et al 1999 in figuur 4.1: ‘HP’ staat voor ‘high protein’ en ‘LP’ voor ‘low protein’). Of een kleine stijging van de eiwitinneming een afname van het lichaamsgewicht kan veroorzaken is evenmin bekend.

In vrijwel alle interventie-onderzoeken is het effect onderzocht van een verlaging van het vetgehalte van de voeding (Ast00)*. Het is onduidelijk of een verhoging van het vetgehalte hetzelfde effect op het lichaamsgewicht heeft. Mogelijk komt een gewichtstoename gemakkelijker tot stand dan een gewichtsdaling en leidt een verhoging van het vetgehalte van de voeding tot een sterkere gewichtstoename dan de schattingen uit het beschikbare interventie-onderzoek. Toekomstig onderzoek zou hierover uitsluitsel moeten bieden.

Onderzoeken met een lange interventieduur laten na zes maanden geen verdere vermindering van het lichaamsgewicht zien (Kat97, Wil98b). Er zijn slechts twee onderzoeken gerapporteerd met een interventieduur langer dan een jaar (Bla94, She91). Het

* Het onderzoek van Weststrate en medewerkers is in zekere zin een uitzondering. Ook in dit onderzoek was de interventie gericht op een vermindering van de vetconsumptie (de daling bedroeg drie energieprocent). In tegenstelling tot de andere onderzoeken, waarin de vetconsumptie in de controlegroep vrijwel gelijk bleef of enigszins afnam, steeg de vetconsumptie van de controlegroep in het onderzoek van Weststrate en medewerkers met gemiddeld vijf energieprocent (Wes98).

lichaamsgewicht bleef ook in die onderzoeken gedurende de volledige interventieduur verlaagd, al nam het verschil tussen de interventie- en de controlegroep na verloop van tijd af. De afname van het gewichtsverschil tussen de interventie- en de controlegroep is mogelijk het gevolg van een vermindering van de dieettrouw.

Uit de Nederlandse voedselconsumptiepeilingen blijkt dat de vetconsumptie van volwassen mannen en vrouwen in de periode van 1987 tot 1997 met ongeveer twee energieprocent is verminderd (VCP98). In die periode is het aantal personen met obesitas toegenomen (VTV97). Omdat diverse factoren het ontstaan van overgewicht beïnvloeden, mogen deze bevindingen niet direct met elkaar in verband worden gebracht. De commissie meent dat de schijnbare discrepantie met de bevindingen uit interventie-onderzoek het gevolg is van andere factoren, waarvan toenemende bewegingsarmoede de meest waarschijnlijke is.

De commissie concludeert dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent resulteert in een gewichtsreductie van gemiddeld twee tot drie kilogram. Dit effect wordt primair veroorzaakt door een verminderde inneming van energie: het vetgehalte van de voeding heeft geen invloed op het lichaamsgewicht zolang de inneming van energie gelijk is aan de behoefte. Mensen blijken echter van voedingen met een lager vetgehalte gemiddeld iets minder te eten dan van voedingen met een hoger vetgehalte*. Dit effect is bij mensen met overgewicht groter dan bij mensen met een wenselijk lichaamsgewicht. De commissie benadrukt dat de problematiek van obesitas meerdere oorzaken kent. Een verlaging van het vetgehalte van de voeding kan in dit verband een beperkte rol spelen en heeft uitsluitend een gunstig effect als de betreffende persoon door deze verlaging minder energie tot zicht neemt. Voorsnog valt niet uit te sluiten dat het effect op de inneming van energie mede wordt veroorzaakt door de toename van de consumptie van groenten, fruit, koolhydraten, voedingsvezel en eiwitten, die bij verlaging van het vetgehalte van de voeding gebruikelijk is.

* De commissie wijst erop dat een afname van het vetgehalte van de voeding van 40 naar 30 energieprocent betekent dat het vetgehalte van de voeding met 25% afneemt, terwijl de vetconsumptie in grammen per dag zelfs met bijna 30% daalt. Rekenvoorbeeld: Een man van 40 jaar met een energiebehoefte van 12,2 MJ/d gebruikt een voeding met een vetgehalte van 40 energieprocent. Omgerekend is dit 128 gram vet per dag. Als het vetgehalte met 10 energieprocent afneemt tot 30 energieprocent, betekent dit een vermindering van dit vetgehalte met 25%. Als het lichaamsgewicht van deze man in een half jaar tijd met drie kilogram daalt, is zijn energie-inneming waarschijnlijk circa 0,5 MJ/d lager dan zijn energie-behoefte, dus 11,7 MJ/d. Bij een vetgehalte van 30 energieprocent eet deze man circa 92 gram vet per dag. Uitgedrukt in grammen per dag is zijn vetconsumptie dus met 128 minus 92 gedeeld door 128 is 28% verminderd.

4.7.2 *Coronaire hartziekten*

Er zijn geen goede interventie-onderzoeken naar het effect van het vetgehalte van de voeding op het ontstaan van coronaire hartziekten (Cor97). De uitkomsten van enkele oudere onderzoeken laten geen verband zien tussen het vetgehalte van de voeding en de kans op coronaire hartziekten (MRC65).

De resultaten van enkele prospectieve cohortonderzoeken wijzen erop dat het vetgehalte van de voeding geen invloed heeft op het ontstaan van coronaire hartziekten bij mannen (Asc96, Pie97) of vrouwen (Liu00). In één onderzoek van dit type is geschat dat iso-energetische vervanging van vijf energieprocent koolhydraten door verzadigde vetzuren de kans op coronaire hartziekten met 15% verhoogt, terwijl vervanging door enkelvoudig of meervoudig onverzadigde vetzuren deze kans met respectievelijk 23% en 60% vermindert (Hu97). In een prospectief onderzoek bij hartpatiënten waren een hoger vetgehalte van de voeding en een hoger energiepercentage meervoudig onverzadigde vetzuren juist risicofactoren voor de voortschrijding van atherosclerose (Bla90).

Bij interventie-onderzoeken kan sprake zijn van afgepaste of *ad libitum* voedselverstreking. Onderzoek waarbij het lichaamsgewicht van de onderzochte personen constant wordt gehouden (afgepaste voedselverstreking), beschrijft de directe effecten van het vetgehalte van de voeding op risicofactoren voor coronaire hartziekten. Er zijn ook indirecte effecten mogelijk, omdat het vetgehalte invloed heeft op het lichaamsgewicht (zie 4.7.1). Interventie-onderzoek met *ad libitum* voedselverstreking* beschrijft de resultante van directe en indirecte effecten. Onderzoek naar het effect van het lichaamsgewicht — zonder wijziging van het vetgehalte van de voeding — beschrijft de indirecte effecten. De commissie meent dat de resultante van directe en indirecte effecten de maatstaf dient te vormen voor de formulering van de voedingsnormen.

Bij gelijkblijvend lichaamsgewicht is een vetarme voeding ongunstig voor de concentraties van HDL-cholesterol en triglyceriden in nuchter bloed. Het effect op totaal- en LDL-cholesterol hangt af van de vetzuursamenstelling: verzadigde vetzuren zijn in dit verband minder gunstig, terwijl onverzadigde vetzuren juist gunstiger zijn dan koolhydraten (tabel 4.8). Als gevolg van vervanging van tien energieprocent onverzadigde vetzuren door koolhydraten stijgt de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol met naar schatting 0,26 tot 0,32; het verschil tussen enkelvoudig en meervoudig onverzadigde vetzuren is statistisch niet significant (Mensink en collega's, uitkomst van een nog niet gepubliceerde meta-analyse). De kans dat in de volgende tien jaar coronaire

* In dit type onderzoek bepalen de onderzoekers de samenstelling van het voedsel, terwijl iedere deelnemer zelf bepaalt hoeveel hij of zij consumeert.

Tabel 4.8 Veranderingen in serumcholesterol(fracties) bij iso-energetische vervanging van tien energieprocent koolhydraten door vetten.

	effect in vergelijking tot koolhydraten, per tien energieprocent		
	verzadigde vetzuren	enkelvoudig onverzadigde vetzuren	meervoudig onverzadigde vetzuren
concentratie van totaalcholesterol in het bloed (mmol/l)	+ 0,39	(- 0,03)	- 0,15
concentratie van LDL-cholesterol in het bloed (mmol/l)	+ 0,33	(- 0,06)	- 0,14
concentratie van HDL-cholesterol in het bloed (mmol/l)	+ 0,12	+ 0,09	+ 0,07
verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol	(+ 0,03)	- 0,26	- 0,32
concentratie van triglyceriden in het bloed (mmol/l)	- 0,25	- 0,22	- 0,28

^a Schattingen uit Men92, met uitzondering van de effecten op de verhouding tussen totaal en HDL-cholesterol; de laatstbedoelde schattingen betreffen nog niet gepubliceerde meta-analyseuitkomsten van Mensink en collega's. Waarden tussen haakjes zijn statistisch niet significant.

hartziekten optreden stijgt door deze verandering van de verhouding tussen totaal en HDL-cholesterol naar schatting met een halve procent tot twee procent.*

Bij *ad libitum* beschikbaarheid van voedsel heeft het vetgehalte in de voeding mogelijk een ander effect op de concentraties van lipiden in het bloed, omdat niet alleen het veranderde vetgehalte van de voeding, maar ook het veranderde lichaamsgewicht deze concentraties beïnvloeden. In de meta-analyse van Yu-Poth en medewerkers zijn de effecten van het 'Step I' dieet van het 'National Cholesterol Education Program' beschreven; dit dieet is gericht op vermindering van het vetgehalte van de voeding en op vermindering van het gehalte aan verzadigde vetzuren en cholesterol (tabel 4.9, Yu99)**. Een deel van de onderzoeken die in de meta-analyse zijn gebruikt, beoogde ook een toename van de lichamelijke activiteit. In 4.7.1 is al vermeld dat Yu-Poth en medewerkers in deze meta-analyse schatten dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent het lichaamsgewicht met 2,8 kilogram vermindert. De commissie merkt op dat de vermindering van de cholesterolconsumptie en de toena-

* Volgens de CBO-consensus 'Behandeling en preventie van coronaire hartziekten door verlaging van de plasmacholesterolconcentratie' leidt een stijging van de totaal/HDL-verhouding met de waarde één bij personen zonder diabetes tot een toename van de kans op het ontwikkelen van coronaire hartziekten in de komende tien jaar van één tot vier procent, afhankelijk van de leeftijdsgroep (40, 50, 60 of 70 jaar), van het rookgedrag (ja of nee) en van de aan- of afwezigheid van hypertensie (CBO98).

** De meta-analyse betreft ook de effecten van het 'Step II' dieet. Omdat dit dieet geen vermindering van het vetgehalte van de voeding beoogt — het is uitsluitend gericht op vermindering van het gehalte aan verzadigde vetzuren en cholesterol — is het voor deze paragraaf niet van belang.

Tabel 4.9 Veranderingen in serumcholesterol(fracties) bij vermindering van de gehalten in de voeding van zowel totaal vet als verzadigde vetzuren en cholesterol in onderzoeken met *ad libitum* voedselverstrekking (Yu99).^a

	gemiddeld effect ^b
concentratie van totaalcholesterol in het bloed (mmol/l)	- 0,63
concentratie van LDL-cholesterol in het bloed (mmol/l)	- 0,49
concentratie van HDL-cholesterol in het bloed (mmol/l)	(- 0,04)
verhouding tussen de concentraties van totaal- en HDL-cholesterol in het bloed	- 0,50
concentratie van triglyceriden in het bloed (mmol/l)	- 0,17

^a Meta-analyse van interventie-onderzoeken naar de effecten van het 'Step I' dieet van het 'National Cholesterol Education Program': vetgehalte ≤ 30 energieprocent, gehalte verzadigde vetzuren ≤ 10 energieprocent, cholesterolgehalte ≤ 300 mg. Een deel van de onderzoeken opgenomen in deze meta-analyse was gericht op vermindering van het lichaamsgewicht en toename van de lichamelijke activiteit.

^b Schattingen tussen haakjes zijn statistisch niet significant. Uit de vergelijking van de gemiddelde effecten met de gegevens uit figuur 2 in publicatie Yu99 blijkt dat de schattingen het effect bij een vermindering van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent weerspiegelen.

me van de lichamelijke activiteit in een deel van de onderzoeken gedeeltelijk verantwoordelijk kunnen zijn voor de effecten op de concentraties van lipiden in het bloed.

De resultaten in tabel 4.9 zijn het best te vergelijken met de gegevens uit de kolom 'verzadigde vetzuren' van tabel 4.8. Iso-energetische vervanging van verzadigde vetzuren door koolhydraten blijkt gunstig te zijn voor de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol, maar ongunstig voor HDL-cholesterol en triglyceriden. De belangrijkste voorspeller voor coronaire hartziekten, de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol, blijft bij iso-energetische uitwisseling van verzadigde vetzuren en koolhydraten ongewijzigd. Bij *ad libitum* voedselbeschikbaarheid blijkt de vervanging van verzadigde vetzuren door koolhydraten geen effect te hebben op het HDL-cholesterol en gunstige effecten op het totaalcholesterol, het LDL-cholesterol, de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol en de concentratie van triglyceriden in het bloed. Op basis van de daling van de totaal-/HDL-verhouding van 0,50 schat de commissie dat de kans op coronaire hartziekten bij vervanging van tien energieprocent verzadigde vetzuren door koolhydraten met nul tot twee procent afneemt (gebaseerd op CBO98, zie voetnoot eerder in deze paragraaf).

Het effect van vervanging van onverzadigde vetzuren door koolhydraten bij *ad libitum* beschikbaarheid van voedsel is niet onderzocht. De commissie vergelijkt de waarde uit tabel 4.8 (het 'directe effect') daarom met het 'indirecte effect' van een vermindering van de vetconsumptie: de verandering van de concentraties van lipiden in het bloed als gevolg van een vermindering van het lichaamsgewicht. Het meest toonaangevende onderzoek op dit gebied is gedaan door Leenen en medewerkers (Lee93). Zij onder-

zochten een groep mensen met overgewicht voor en na een energiebeperkt dieet. De bloedafnames werden steeds gedaan na een periode van ten minste drie weken waarin de proefpersonen in energiebalans verkeerden. Bij 19 van de 41 personen was de voeding in de periode voorafgaande aan en volgende op het gewichtsverlies van dezelfde samenstelling, zodat de effecten op de concentraties van lipiden in het bloed volledig waren toe te schrijven aan de afname van het lichaamsgewicht. In de hier bedoelde groep daalde de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol per kilogram gewichtsreductie met 0,08. In dezelfde orde van grootte liggen de uitkomsten van twee andere, minder goed gecontroleerde, onderzoeken (Pas97, Pas99). In 4.7.1 is geschat dat het lichaamsgewicht gemiddeld twee tot drie kilogram daalt bij een verlaging van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent. Het 'indirecte effect' op de verhouding tussen totaal- en HDL-cholesterol zou dan gemiddeld -0,16 tot -0,24 bedragen. Het 'directe effect' is eerder al geschat op +0,26 tot +0,32 (tabel 4.8). Dit wijst erop dat bij vervanging van meervoudig onverzadigde vetzuren door koolhydraten het gunstige 'indirecte effect' van de verlaging van het lichaamsgewicht op de totaal/HDL-verhouding niet opweegt tegen het ongunstige 'directe effect' van iso-energetische uitwisseling van meervoudig onverzadigde vetzuren door koolhydraten. De commissie benadrukt dat deze optelsom van 'directe' en 'indirecte' effecten een mathematische benadering is, die bevestiging behoeft uit interventie-onderzoek naar het effect van vervanging van onverzadigde vetzuren door koolhydraten bij *ad libitum* beschikbaarheid van de voeding. Op grond van het voorgaande acht zij de vervanging van onverzadigde vetzuren door koolhydraten echter ongewenst.

Het vetgehalte van de voeding heeft waarschijnlijk geen effect op de bloeddruk (Men88, Mor94). De resultaten van observationeel en interventie-onderzoek wijzen erop dat een lager vetgehalte van de voeding samengaat met een lagere activiteit van factor VII in nuchter en postprandiaal bloed. Dit zou het gevolg kunnen zijn van het hoge gehalte aan voedingsvezel in vetarme voedingen (Mar98, Men98, Mil98).

Gedurende zes tot zeven uur na de consumptie van vetten is de concentratie van lipiden in het plasma verhoogd. De vetdeeltjes die dan in het bloed circuleren — vooral chylomicronen — hebben mogelijk een atherogene werking (Mie92, Pat92, Zil79). Patiënten met coronaire hartziekten hebben een hogere concentratie van lipiden in postprandiaal bloed dan mensen zonder deze ziekte (Gro91, Pat92). De omvang van deze postprandiale hyperlipemie is mede afhankelijk van de vetinneming (Dub98, Shi99). Prospectief cohortonderzoek naar het effect van de postprandiale lipemie op het risico van coronaire hartziekten ontbreekt tot dusverre. Daarom zijn conclusies nog niet mogelijk.

Zoals geconcludeerd in 4.7.1 leidt een vermindering van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent tot een gemiddelde daling van het lichaamsgewicht met twee tot drie kilogram. Dit komt, uitgaande van de referentielengtes (zie 1.6), overeen met een daling van de Quetelet Index* van volwassenen met gemiddeld één kg/m². Op basis van twee grote Amerikaanse prospectieve onderzoeken waarin de cohorten gedurende 10 en 18 jaar werden gevolgd, schat de commissie dat een dergelijke daling van de Quetelet Index de kans op coronaire hartziekten bij mensen met een Quetelet Index lager dan 28 met circa tien procent vermindert. Bij een hoger aanvangsgewicht daalt de kans op coronaire hartziekten waarschijnlijk sterker (Wil99).

De commissie concludeert dat een toename van het vetgehalte van de voeding bij personen met een gezond en stabiel lichaamsgewicht een gunstig effect heeft op de concentraties van HDL-cholesterol en triglyceriden in nuchter bloed. Het type vet is voor deze effecten van weinig belang. De effecten op de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol in nuchter bloed zijn echter wèl afhankelijk van de vetzuursamenstelling: verzadigde vetzuren zijn in dit opzicht minder gunstig dan koolhydraten, terwijl onverzadigde vetzuren juist gunstiger zijn dan koolhydraten. Mits de vetzuursamenstelling gunstig is, leidt een verhoging van het vetgehalte dus tot gunstige veranderingen van de concentraties van lipiden in nuchter bloed. Een hoger vetgehalte is echter niet gunstig voor de concentratie van triglyceriden in postprandiaal bloed en voor de factor VII-concentratie in nuchter en postprandiaal bloed.

Indien ook de gemiddelde effecten op het lichaamsgewicht in beschouwing worden genomen, lijkt het aannemelijk dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding — mits deze verlaging de inneming van verzadigde vetzuren betreft — de kans op coronaire hartziekten zal verlagen.

De commissie merkt op dat een vermindering van het vetgehalte van de voeding altijd resulteert in een vermindering van de inneming van zowel verzadigde als onverzadigde vetzuren, omdat alle voedingsvetten een mix van vetzuren bevatten. Daarbij is belangrijk te bedenken dat de 'zichtbare vetten', dit zijn de vetten die worden gebruikt als broodsmearsel, tijdens het koken en aan tafel (boter, margarines, oliën, enz.), vaak de belangrijkste bron van onverzadigde vetzuren vormen, terwijl de 'onzichtbare vetten', dit zijn de vetten die van nature in voedingsmiddelen zitten (bijvoorbeeld in vlees en koekjes) meestal voor een belangrijk deel uit verzadigde vetzuren bestaan. Bij het vertalen van de voedingsnormen in termen van voedingsmiddelen dient hiermee rekening gehouden te worden.

* De Quetelet Index is het lichaamsgewicht in kilogram gedeeld door het kwadraat van de lichaamslengte in meters.

4.7.3 Kanker

Een gecombineerde analyse van de uitkomsten van zeven prospectieve cohortonderzoeken liet, evenals twee recente onderzoeken van dit type, geen verband zien tussen het vetgehalte van de voeding en de kans op borstkanker (Hol00, Hun96, Vel00). De onderzochte vetinneming varieerde van minder dan 20 energieprocent tot meer dan 45 energieprocent. Een meta-analyse van de uitkomsten van twaalf patiënt-controleonderzoeken liet zien dat bij postmenopauzale — maar niet bij premenopauzale — vrouwen de kans op borstkanker toeneemt als het vetgehalte van de voeding hoger is (How90). Uit een meta-analyse van acht prospectieve onderzoeken waarbij de cohorten drie tot zeven jaar werden gevolgd, blijkt dat een lager lichaamsgewicht resulteert in een kleinere kans op borstkanker (Bra00). Bij de daling van de Quetelet Index met gemiddeld één kg/m² die bereikt kan worden door vermindering van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent (zie 4.7.1 en 4.7.2), is de gezondheidswinst echter klein. Op basis van de zojuist genoemde meta-analyse schat de commissie dat hierdoor de kans op borstkanker bij postmenopauzale vrouwen met circa drie procent vermindert. In een interventie-onderzoek met een duur van twee jaar is gevonden dat een vetarme voeding leidt tot vermindering zowel van de totale hoeveelheid borstweefsel als van de hoeveelheid borstweefsel met een grote dichtheid. Deze effecten waren vooral toe te schrijven aan gewichtsverlies (Boy98). Het vetgehalte van de voeding heeft waarschijnlijk onafhankelijk van het lichaamsgewicht geen effect op de kans op borstkanker (COMA98).

In vier van de vijf prospectieve cohortonderzoeken naar de relatie tussen het vetgehalte van de voeding en de kans op colonkanker, waarbij is gecorrigeerd voor de inneming van energie, is geen verband gevonden (Bos94, Gio94, Gol94, Kam96). In het vijfde cohortonderzoek, de Nurses' Health Study, was een hoger vetgehalte van de voeding geassocieerd met een grotere kans op colonkanker (Wil90). De resultaten van patiënt-controleonderzoeken zijn niet eenduidig. In een meta-analyse van dertien onderzoeken van dit type werd, na correctie voor de inneming van energie, geen verband gevonden tussen het vetgehalte van de voeding en de kans op colorectalkanker (How97). In een interventie-onderzoek met een loopduur van vier jaar is gevonden dat een voedingspatroon met een lage inneming van vetten en een hoge inneming van voedingsvezel en groenten de kans op terugkeer van colorectale adenomen niet beïnvloedt (Sch00).

In prospectieve onderzoeken is geen verband gevonden tussen het vetgehalte in de voeding en de kans op prostaatcancer (Gio98, Sch99, Sev89, Vei97). De resultaten van patiënt-controleonderzoeken zijn onderling tegenstrijdig (WCRF97). Het aantal dierexperimentele onderzoeken naar deze relatie is gering, en de resultaten zijn evenmin eenduidig.

In een interventie-onderzoek resulteerde een halvering van het vetgehalte van de voeding bij patiënten met huidkanker van een ander type dan melanoom in een reductie van nieuwe laesies met 70% (Bla94).

De commissie sluit zich aan bij de conclusie in het COMA-rapport: het vetgehalte van de voeding heeft geen effect of ten hoogste een klein effect op het ontstaan van borstkanker (COMA98). Het vetgehalte van de voeding heeft waarschijnlijk geen invloed op het ontstaan van colon- en prostaatkanker.

4.7.4 *Diabetes mellitus type 2*

Interventie-onderzoek naar de invloed van het vetgehalte van de voeding op het ontstaan van diabetes mellitus type II ontbreekt vooralsnog. De resultaten van sommige cohortonderzoeken en dwarsdoorsnede-onderzoeken geven aan dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding gunstig is voor de glucosetolerantie en insulinegevoeligheid (Fes99). De resultaten van interventie-onderzoek ondersteunen dit (Him35, Tho78). Het genoemde effect zou aanwezig zijn bij een inneming van koolhydraten tot 250 gram per dag (Him35).

Een vermindering van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent leidt tot een gemiddelde daling van het lichaamsgewicht met twee tot drie kilogram, wat overeenkomt met een daling van de Quetelet Index van volwassenen met gemiddeld één kg/m² (zie 4.7.1 en 4.7.2). De resultaten van twee grote Amerikaanse prospectieve onderzoeken waarin de cohorten gedurende 10 en 18 jaar zijn gevolgd, wijzen erop dat deze daling van de Quetelet Index bij mensen met een Quetelet Index tot 28 de kans op diabetes mellitus type 2 met circa 30% kan verminderen (Wil99). Bij mensen met een hogere Quetelet Index resulteert een gewichtsdaling waarschijnlijk in een sterkere vermindering van de kans op diabetes mellitus type 2.

De onderzoeksuitkomsten lijken erop te wijzen dat een laag vetgehalte van de voeding gunstig is voor de glucosetolerantie en de insulinegevoeligheid. Het effect op het lichaamsgewicht speelt hierbij mogelijk een belangrijke rol. Indien ook de gemiddelde effecten op het lichaamsgewicht in beschouwing worden genomen, acht de commissie het aannemelijk dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding de kans op diabetes mellitus type 2 verlaagt.

4.7.5 *Adequate inneming*

De adequate innemingen voor totaal vet zijn gegeven in tabel 4.10. Hieronder volgt een toelichting voor enkele leeftijdsgroepen.

Leeftijdsgroepen tussen 0 en 4 jaar

De commissie stelt de adequate inneming voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden gelijk aan het gemiddelde vetgehalte van moedermelk: 45-50 energieprocent.

Voor de leeftijdsgroep van 6 tot en met 11 maanden steunt de commissie de aanbeveling van de European Society of Paediatric Gastroenterology en stelt zij de adequate inneming vast op 40 energieprocent vet (Eur91).

Er zijn geen aanwijzingen dat de huidige gemiddelde vetinneming van Nederlandse kinderen van 1 tot en met 3 jaar — ongeveer 30 energieprocent — groeiproblemen oplevert (VCP98). Bij macrobiotisch gevoede kinderen met een vetinneming van ongeveer 20 energieprocent zijn wèl vertragingen in de groei en de ontwikkeling waargenomen (Dag89). De commissie meent op basis van deze gegevens dat kinderen in deze leeftijdsgroep ten minste 25 energieprocent vet nodig hebben.

Mensen van 4 jaar en ouder met een wenselijk lichaamsgewicht

In principe worden de voedingsnormen opgesteld voor gezonde kinderen en adolescenten met een gemiddeld lichaamsgewicht en groeisnelheid en voor gezonde volwassenen met de gemiddelde lengte en een Quetelet Index* van 22,5 (zie hoofdstuk 1). De voedingsnormen worden dus opgesteld voor mensen met een wenselijk lichaamsgewicht. Onder deze voorwaarde blijft de invloed van het vetgehalte van de voeding op het lichaamsgewicht buiten beschouwing.

Effecten van het vetgehalte van de voeding op het ontstaan van coronaire hartziekten, kanker en diabetes mellitus type 2 zijn niet overtuigend aangetoond. De commissie meent dat een vetgehalte van de voeding lager dan twintig energieprocent ongunstig is voor de concentratie van HDL-cholesterol en triglyceriden in het bloed. In Nederland levert linolzuur tenminste tien procent van het vet in de voeding (gebaseerd op Hul98). Voor een adequate inneming van linolzuur (twee energieprocent) is twintig energieprocent vet daarom toereikend. Ook is een zekere inneming van vetten nodig voor de intestinale absorptie van vetoplosbare vitamines; waarschijnlijk is een dagelijkse inneming van 5 tot 10 gram voedingsvet hiervoor al toereikend (Jeq99)**.

Een vetgehalte hoger dan 40 energieprocent is niet wenselijk in verband met de mogelijk ongunstige effecten op de postprandiale concentratie van lipiden in het bloed en op de concentratie van bloedstollingsfactor VII. Deze bovengrens is mede gebaseerd op de huidige gemiddelde vetconsumptie in Nederland, die iets beneden de 40 energieprocent ligt.

* De Quetelet Index is het lichaamsgewicht in kilogram gedeeld door het kwadraat van de lichaamslengte in meters.

** Omdat de voedingsnormen gebaseerd zijn op de fysiologische behoefte aan voedingsstoffen, neemt de commissie de gemiddelde vetconsumptie bij de wenselijke inneming van vetoplosbare vitamines niet in beschouwing.

Tabel 4.10 Adequate inneming voor totaal vet.

groep	subgroep	adequate inneming in energieprocenten
0 t/m 5 maanden	-	45-50
6 t/m 11 maanden	-	40
1 t/m 3 jaar	-	25-40
≥ 4 jaar	mensen met een wenselijk lichaamsgewicht ^a	20-40
	mensen met overgewicht of met ongewenste gewichtstoename	20-30/35

^a Dit is de groep waar de voedingsnormen in principe voor worden opgesteld.

De commissie concludeert dat het vetgehalte van de voeding van gezonde mensen met een wenselijk lichaamsgewicht tussen 20 en 40 energieprocent dient te liggen. De samenstelling van het voedingsvet dient in overeenstemming te zijn met de voedingsnormen afgeleid in paragrafen 4.1 tot en met 4.6.

Mensen van 4 jaar en ouder met overgewicht of ongewenste gewichtstoename

Zoals gezegd heeft de commissie in het voorgaande de invloed van het vetgehalte van de voeding op het lichaamsgewicht buiten beschouwing gelaten. In 4.6.1 is echter geconcludeerd dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding leidt tot een daling van het lichaamsgewicht. Overgewicht komt in Nederland in toenemende mate voor (VTV97). De toenemende bewegingsarmoede van de Nederlandse bevolking speelt daarbij waarschijnlijk een belangrijke rol. Matiging van de vetconsumptie tot maximaal 30 tot 35 energieprocent kan helpen om overgewicht te voorkomen en te bestrijden. Dit is van belang voor de preventie van diabetes mellitus type 2 en coronaire hartziekten.

4.8 Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen

Bijlage B geeft voor enkele leeftijden de adequate inneming voor totaal vet (tabel B4), de adequate inneming voor vetzuren (tabel B5) en de aanvaardbare bovengrenzen voor verzadigde, *trans*- en meervoudig onverzadigde vetzuren (tabel B6) in het voorliggende advies en de waarden in enkele andere rapporten.

De bovengrens van het adequate gebied van inneming van totaal vet voor mensen met overgewicht of ongewenste gewichtstoename (30 of 35 energieprocent in het voorliggende advies) komt goed overeen met de vorige Nederlandse waarden en met de waarden die de Scandinavische landen, de Duitstalige landen, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten hanteren. Het voorliggende advies wijkt echter op twee punten af van

de overige rapporten in bijlage B. Ten eerste is aangegeven dat er voor mensen met een wenselijk lichaamsgewicht geen bezwaar bestaat tegen een iets hogere vetinneming (40 energieprocent). Ten tweede bevat het voorliggende advies een ondergrens voor de inneming van vetten (20 energieprocent).

Uit bijlage B5 blijkt dat de vetzuurgroepen waarvoor voedingsnormen zijn opgesteld niet in alle adviezen dezelfde zijn. Meestal zijn voedingsnormen vastgesteld voor n-6 vetzuren of linolzuur en voor n-3 vetzuren of alfa-linoleenzuur. De voedingsnormen voor linolzuur in het voorliggende advies komen grotendeels overeen met die voor linolzuur of n-6 vetzuren in de voorgaande Nederlandse Voedingsnormen en in het advies van de Europese Commissie. Voor alfa-linoleenzuur is in het voorliggende advies echter een hogere voedingsnorm vastgesteld dan in de andere adviezen. Het voorliggende advies bevat voedingsnormen voor n-3 vetzuren uit vis en een van andere voedingsnormen afgeleide waarde voor de totale inneming van onverzadigde vetzuren. In de overige adviezen zijn geen waarden voor deze vetzuurgroepen afgeleid.

De aanvaardbare bovengrenzen voor verzadigde vetzuren en *trans*-vetzuren in het voorliggende advies komen overeen met de waarden die in andere landen worden gehanteerd. Voor meervoudig onverzadigde vetzuren geeft het voorliggende advies een iets hogere bovengrens (12 energieprocent) dan de adviezen voor de Scandinavische landen, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten (10 energieprocent). De waarde in het advies van de Europese Commissie is echter iets hoger (15 energieprocent) dan die in dit advies.

Literatuur

- Abb90 Abbott WGH, Howard BV, Ruotolo G, e.a. Energy expenditure in humans: effects of dietary fat and carbohydrate. *Am J Physiol* 1990; 258: E347-51.
- Alb98 Albert CM, Hennekens CH, O'Donnell CJ, e.a. Fish consumption and risk of sudden cardiac death. *JAMA* 1998; 279: 23-8.
- And89 Anderson GJ, Connor WE. On the demonstration of ω -3 essential-fatty-acid deficiency in humans. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 585-7.
- And98 Andersson A, Sjödin A, Olsson E, e.a. Effects of physical exercise on phospholipid fatty acid composition in skeletal muscle. *Am J Physiol* 1998; 274: E432-8.
- Asc95 Ascherio A, Rimm EB, Stampfer MJ, e.a. Dietary intake of marine n-3 fatty acids, fish intake, and the risk of coronary disease among men. *N Engl J Med* 1995; 332: 977-82.
- Asc96 Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, e.a. Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: cohort follow up study in the United States. *Br Med J* 1996; 313: 84-90.
- Asc99 Ascherio A, Katan MB, Zock PL, e.a. Trans fatty acids and coronary artery disease. *N Engl J Med* 1999; 340: 1994-8.
-

- Ast94 Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, e.a. Failure to increase lipid oxidation in response to increasing dietary fat content in formerly obese women. *Am J Physiol* 1994; 266: E592-9.
- Ast97 Astrup A, Raben A, Buemann B, e.a. Fat metabolism in the predisposition to obesity. *Ann NY Acad Sci* 1997; 827: 417-30.
- Ast00 Astrup A, Grunwald GK, Melanson EL, e.a. The role of low-fat diets in body weight control: a meta-analysis of ad libitum dietary intervention studies. *Int J Obesity* 2000; 24: 1545-52.
- Bla90 Blankenhorn DH, Johnson RL, Mack WJ, e.a. The influence of diet on the appearance of new lesions in human coronary arteries. *JAMA* 1990; 263: 1646-52.
- Bla94 Black HS, Herd JA, Goldberg LH, e.a. Effect of a low-fat diet on the incidence of actine keratosis. *New Engl J Med* 1994; 330: 1272-5.
- BNF95 Britisch Nutrition Foundation. *Trans fatty acids*. London: the Britisch Nutrition Foundation, 1995.
- Bos94 Bostick RM, Potter JD, Kushi LH, e.a. Sugar, meat, and fat intake, and non-dietary risk factors for colon cancer incidence in Iowa women (United States). *Cancer Causes Control* 1994; 5: 38-52.
- Boy98 Boyd NF, Lockwood GA, Byng JW, e.a. Mammographic densities and breast cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1998; 7: 1133-44.
- Bra93 van den Brandt PA, van 't Veer P, Goldbohm RA, e.a. A prospective cohort study on dietary fat and the risk of postmenopausal breast cancer. *Cancer Res* 1993; 53: 75-82.
- Bra98 Bray GA, Popkin BM. Dietary fat does affect obesity. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 1157-73.
- Bra99 van den Brandt PA, Dagnelie PC, von Meyenfeldt MF. Voeding en kanker: causale, beschermende en therapeutische aspecten. *Ned Tijdschr Geneesk* 1999; 143: 1414-20.
- Bra00 van den Brandt PA, Spiegelman D, Yaun S-S e.a. Pooled analysis of prospective cohort studies on height, weight, and breast cancer risk. *Am J Epidemiol* 2000; 152: 514-27.
- Bur89 Burr ML, Fehily AM, Gilbert JF, e.a. Effect of changes in fat, fish and fibre intakes on death and myocardial infarction: diet and reinfarction trial (DART). *Lancet* 1989; ii: 757-61.
- Car92 Carlson SE, Cooke RJ, Werkman SH, Tolley EA. First year growth of preterm infants fed standard compared to marine oil (fish oil) n-3 supplemented formula. *Lipids* 1992; 27: 901.
- Car93 Carlson SE, Werkman SH, Rhodes PG, e.a. Visual-acuity development in healthy preterm infants: effect of marine-oil supplementation. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 35-42.
- Car96a Carlson SE, Werkman SH, Tolley EA. Effect of long-chain n-3 fatty acid supplementation on visual acuity and growth of preterm infants with and without bronchopulmonary dysplasia. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 687-97.
- Car96b Carlson SE. Arachidonic acid status of human infants: influence of gestational age at birth and diets with very long chain n-3 and n-6 fatty acids. *J Nutr* 1996; 126: 1092S-8S.
- Cat97 Cater NB, Heller HJ, Denke MA. Comparison of the effects of medium-chain triacylglycerols, palm oil, and high oleic acid sunflower oil on plasma triacylglycerol fatty acids and lipid and lipoprotein concentrations in humans. *Am J Clin Nutr* 1997; 65: 41-5.
- CBO98 Centraal Begeleidingsorgaan voor de Intercollegiale Toetsing (CBO). *Behandeling en preventie van coronaire hartziekten door verlaging van de plasmacholesterolconcentratie. Consensus Cholesterol, tweede herziening*. Utrecht: CBO, 1998.
-

- Chr97 Christensen JH, Korup E, Aaroe J, e.a. Fish consumption, n-3 fatty acids in cell membranes, and heart rate variability in survivors of myocardial infarction with left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol* 1997; 79: 1670-3.
- Chr99 Christensen JH, Christensen MS, Dyerberg J, e.a. Heart rate variability and fatty acid content of membranes: a dose-response study with n-3 fatty acids. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 331-7.
- Cla90 Clarke TJ, Cullen-Dean G, Regelink E, e.a. Increased incidence of epistaxis in adolescents with familial hypercholesterolemia treated with fish oil. *J Pediatr* 1990; 116: 139-41.
- Col90 Colditz GA, Willett WC, Stampfer MJ, e.a. Patterns of weight change and their relation to diet in a cohort of healthy women. *Am J Clin Nutr* 1990; 51: 1100-5.
- Col92 Colditz GA, Manson JAE, Stampfer MJ, e.a. Diet and risk of clinical diabetes in women. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1018-23.
- COMA98 Committee On Medical Aspects of food and nutrition policy (COMA). Report of the working group on diet and cancer. Nutritional aspects of the development of cancer. *Rep Health Soc Subj* 1998; 48: i-xiv, 1-274.
- Cor97 Corr LA, Oliver MF. The low-fat cholesterol diet is ineffective. *Eur Heart J* 1997; 18: 18-22.
- Cra76 Crawford MA, Hall B, Laurance M, Munhambo A. Milk lipids and their variability. *Curr Med Res Opin* 1976; 4 (suppl 1): 33-43.
- Dag89 Dagnelie PC, van Staveren WA, Vergrote FJ, e.a. Nutritional status of infants aged 4 to 18 months on macrobiotic diets and matched omnivorous control infants: a population-based mixed-longitudinal study. II. Growth and psychomotor development. *Eur J Clin Nutr* 1989; 43: 325-38.
- Dav97 Daviglus ML, Stamler J, Orenca AJ, e.a. Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial-infarction. *N Engl J Med* 1997; 336: 1046-53.
- Day69 Dayton S, Pearce ML, Hashimoto S, e.a. A controlled clinical trial of a diet high in unsaturated fat preventing complication in atherosclerosis. *Circulation* 1969; 39/40 (suppl II): 63-98.
- Dec98 de Deckere EA, Korver O, Verschuren PM, e.a. Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 749-53.
- Dec99 de Deckere EA. Possible beneficial effect of fish and fish n-3 polyunsaturated fatty acids in breast and colorectal cancer. *Eur J Cancer Prev* 1999; 8: 213-21.
- Dol92 Dolecek TA. Epidemiologic evidence of relationships between dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Proc Soc Exp Biol Med* 1992; 200: 177-82.
- Dub98 Dubois C, Beaumier G, Juhel C, e.a. Effects of graded amounts (0-50 g) of dietary fat on postprandial lipemia and lipoproteines in normolipidemic adults. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 31-8.
- Emk92 Emken EA. Comparison of linoleic and linolenic metabolism in men. Influence of dietary linoleic acid. In Sinclair A en Gibson R (ed). *Essential Fatty Acids and Eicosanoids*. Champaign, Illinois: American Oil Chemists' Society, 1992: 23-5.
- End89 Endres S, Ghorbani R, Kelley VE, e.a. The effect of dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids on the synthesis of interleukin-1 and tumor necrosis factor by mononuclear cells. *N Engl J Med* 1989; 320: 265-71.
-

- Eri00 Eritslund J. Safety considerations of polyunsaturated fatty acids. *Am J Clin Nutr* 2000; 71 (suppl): 197S-201S.
- Eur91 European Society of Paediatric Gastroenterology and Nutrition. Committee on Nutrition: Comment on the content and composition of lipids in infant formulas. *Acta Paediatrica* 1991; 297-301.
- FAO94 FAO/WHO. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. Rome: FAO, 1994; (Food and Nutrition Paper 57).
- Fer99 Fernandez E, Chatenoud L, La Vecchia C, e.a. Fish consumption and cancer risk. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 85-90.
- Fes91 Feskens EJM, Bowles CH, Kromhout D. Inverse association between fish intake and risk of glucose intolerance in normoglycemic elderly men and women. *Diabetes Care* 1991; 14: 935-41.
- Fes95 Feskens EJM, Virtanen SM, Räsänen L, e.a. Dietary factors determining diabetes and impaired glucose tolerance. A 20-year follow-up of the Finnish and Dutch cohorts of the Seven Countries Study. *Diabetes Care* 1995; 18: 1104-12.
- Fes99 Feskens EJM, van Dam RM. Dietary fat and the etiology of type 2 diabetes: an epidemiological perspective. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 1999; 9: 87-95.
- Fla85 Flatt JP. Energetics of intermediary metabolism. In: Garrow JS, Halliday E. Substrate and energy metabolism in man. London: Libbey, 1985: 58-69.
- Fom93 Fomon SJ. Nutrition of normal infants. St. Louis: Mosby-Year Book, Inc., 1993: 147-175.
- For96 Foreman-van Drongelen MM, van Houwelingen AC, Kester AD, e.a. Influence of feeding artificial-formula milks containing docosahexaenoic and arachidonic acids on the postnatal long-chain polyunsaturated fatty acid status of healthy preterm infants. *Br J Nutr* 1996; 76: 649-67.
- Fra99 Franceschi S, Favero A. The role of energy and fat in cancers of the breast and colon-rectum in a southern European population. *Ann Oncol* 1999; 20 (suppl 6): 61-3.
- Gan94 Gann PH, Hennekes CH, Sacks FM, e.a. Prospective study of plasma fatty acids and risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 1994; 86: 281-6.
- Gil96 Gillum RF, Mussolino ME, Madans JH. The relationship between fish consumption and stroke incidence. The NHANES I Epidemiologic Follow-up Study. *Arch Intern Med* 1996; 156: 537-42.
- Gio93 Giovannucci E, Rimm EB, Colditz GA, e.a. A prospective study of dietary fat and risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 1993; 85: 1571-9.
- Gio94 Giovannucci E, Rimm EB, Stampfer MJ. Intake of fat, meat, and fiber in relation to risk of colon cancer in men. *Cancer Res* 1994; 54: 2390-7.
- Gio98 Giovannucci E, Rimm EB, Wolk A, e.a. Calcium and fructose intake in relation to risk of prostate cancer. *Cancer Res.* 1998; 58: 442-7.
- GIS99 GISSI Prevenzione Investigators. Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI Prevenzione trial. *Lancet* 1999; 354: 447-55.
- Gol94 Goldbohm RA, van den Brandt PA, van 't Veer P, e.a. A prospective cohort study on the relation between meat consumption and the risk of colon cancer. *Cancer Res* 1994; 54: 718-23.
- Gol97 Golay A, Bobbioni E. The role of dietary fat in obesity. *Intern J Obes* 1997; 21: S2-11.
-

- GR00 Gezondheidsraad. Cholesterolverlagende therapie. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publikatie nr 2000/17.
- Gro91 Groot PHE, van Stiphout WAHJ, Krauss XH, e.a. Postprandial lipoprotein metabolism in normolipidemic men with and without coronary artery disease. *Arterioscler Thromb* 1991; 11: 653-62.
- Han63 Hansen AE. Role of linoleic acid in infant nutrition. Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. *Pediatrics* 1963; 31: 171-92.
- Har97a Harris WS. N-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. *Am J Clin Nutri* 1997; 65 (suppl): 1645S-54S.
- Har97b Harvei S, Bjerve KS, Tretli S, e.a. Prediagnostic level of fatty acids in serum phospholipids: omega-3 and omega-6 fatty acids and the risk of prostate cancer. *Int J Cancer* 1997; 71: 545-51.
- Hei95 Heitmann BL, Lissner L. Dietary underreporting by obese individuals - is it specific or non-specific? *Br Med J* 1995; 311: 986-9.
- Hei98 Helland IB, Saarem K, Saugstad OD, e.a. Fatty acid composition in maternal milk and plasma during supplementation with cod liver oil. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 839-45.
- Hil91 Hill JO, Peters JC, Reed GW, e.a. Nutrient balance in humans: effects of diet composition. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 10-7.
- Him35 Himsforth HP. The dietary factor determining the glucose tolerance and sensitivity to insulin of healthy men. *Clin Sci* 1935; 2: 67-94.
- Hir95 Hirose K, Tajima K, Hamajima N, e.a. A large-scale, hospital-based case-control study of risk factors of breast cancer according to menopausal status. *Jpn Nat Cancer Res* 1995; 86: 146-54.
- Hol00 Holmes MD, Hunter DJ, Colditz GA, e.a. Association of dietary intake of fat and fatty acids with risk of breast cancer. *JAMA* 2000; 281: 914-20.
- Hor73 Hornstra G, Chait A, Karvonen MJ, e.a. Influence of dietary fat on platelet function in men. *Lancet* 1973;1:1155-7.
- Hor95 Horton TJ, Drougas H, Brachey A, e.a. Fat and carbohydrate overfeeding in humans: different effects on energy storage. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 19-29.
- Hor98 Hornstra G, Barth CA, Galli G, e.a. Functional food science and the cardiovascular system. *Br J Nutr* 1998; 80: S113-46.
- How90 Howe GR, Hirohata T, Hislop TG, e.a. Dietary factors and risk of breast cancer: combined analysis of 12 patient-control studies. *J Natl Cancer Inst* 1990; 82: 561-9.
- How97 Howe GR, Aronson KJ, Benito E, e.a. The relationship between dietary fat intake and risk of colorectal cancer: evidence from the combined analysis of 13 case-control studies. *Cancer Causes Control* 1997; 8: 215-28.
- Hu97 Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, e.a. Dietary fat intake and risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1997; 337: 1491-9.
- Hu99 Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, e.a. Dietary intake of alpha-linolenic acid and risk of fatal ischemic heart disease among women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 890-7.
- Hul98 Hulshof KFAM, Kistemaker C, Bouman M. De inname van energie en voedingsstoffen door Nederlandse bevolkingsgroepen – Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. Zeist: TNO, 1998; (TNO-rapport V98.805).
-

- Hul99 Hulshof KFAM, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, e.a. Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: The TRANSFAIR study. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: 143-57.
- Hun96 Hunter DJ, Spiegelman D, Adami HO, e.a. Cohort studies of fat intake and the risk of breast cancer: a pooled analysis. *N Engl J Med* 1996; 334: 356-61.
- Inn91 Innis SM. Essential fatty acids in growth and development. *Prog Lipid Res* 1991; 30: 39-103.
- Inn99 Innis SM. Maternal diet, length of gestation, and long-chain polyunsaturated fatty acid status of infants at birth. (editorial). *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 181-2.
- Jac99 Jackson KG, Zampelas A, Knapper JM, e.a. Lack of influence of test meal fatty acid composition on the contribution of intestinally-derived lipoproteins to postprandial lipaemia. *Br J Nutr* 1999; 81: 51-7.
- Jeq99 Jéquier E. Response to and range of acceptable fat intake in adults. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: S84-93.
- Kam96 Kampman E, Verhoeven D, Sloots L, van 't Veer P. Vegetable and animal products as determinants of colon cancer risk in Dutch men and women. *Cancer Causes Control* 1996; 6: 225-34.
- Kan92 Kannel WB, Wilson PW. Efficacy of lipid profiles in prediction of coronary disease. *Am Heart J* 1992; 124: 768-74.
- Kan95 Kant AK, Graubard BI, Schatzkin A, e.a. Proportion of energy intake from fat and subsequent weight change in the NHANES 1 epidemiologic follow-up study. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 11-7.
- Kar84 Karmali RA, Marsh J, Fuchs C. Effect of omega-3 fatty acids on growth of a rat mammary tumor. *J Natl Cancer Inst* 1984; 73: 457-461.
- Kat97 Katan MB, Grundy SM, Willett WC. Beyond low-fat diets. *N Engl J Med* 1997; 337: 563-6.
- Kee98 O'Keefe SF. Nomenclature and classification of lipids. In: Akoh CC, Min DB, red. *Food lipids. Chemistry, nutrition and biotechnology*. New York: Marcel Dekker Inc., 1998.
- Kel91 Kelley DS, Nelson GJ, Love JE, e.a. Dietary alpha-linolenic acid and immunocompetence in humans. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 40-6.
- Kle92 Klesges RC, Klesges LM, Haddock CK, e.a. A longitudinal analysis of the impact of dietary intake and physical activity on weight change in adults. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 818-22.
- Kle00 Klein V, Chajes V, Germain E, e.a. Low alpha-linolenic acid content of adipose breast tissue is associated with an increased risk of breast cancer. *Eur J Cancer* 2000; 36: 335-40.
- Kna97 Knapp H. Dietary fatty acids in human thrombosis and hemostasis. *Am J Clin Nutr* 1997; 65: S1687-8.
- Kol88 Kolonel LN, Yoshizawa CN, Hankin JH. Diet and prostatic cancer: a patient-control study in Hawaii. *Am J Epidemiol* 1988; 127: 999-1012.
- Kro85 Kromhout D, Bosschieter EB, de Lezenne Coulander C. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *N Engl J Med* 1985; 312: 1205-9.
- Kro95 Kromhout D, Feskens EJ, Bowles CH. The protective effect of a small amount of fish in coronary heart disease mortality in an elderly population. *Int J Epidemiol* 1995; 24: 340-5.
- Lap86 Lapidus L, Anderssen H, Bengtsson C, e.a. Dietary habits in relation to incidence of cardiovascular disease and death in women: a 12-year follow-up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 444-8.
- Lar99 Larsen LF, Jespersen J, Marckmann P. Are olive oil diets antithrombotic? Diets enriched with olive, rapeseed, or sunflower oil affect postprandial factor VII differently. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 976-82.
-

- Lee85 Lee TH, Hoover RL, Williams JD, e.a. Effect of dietary enrichment with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on in vitro neutrophil and monocyte leukotriene generation and neutrophil function. *N Engl J Med* 1985; 312: 1217-24
- Lee93 Leenen R, van der Kooy K, Meyboom S, e.a. Relative effects of weight loss and dietary fat modification on serum lipid levels in the dietary treatment of obesity. *J Lipid Res* 1993; 34: 2183-91.
- Ler70 Leren P. The Oslo Diet-Heart Study. Eleven-year report. *Circulation* 1970; 42: 935-42.
- Lic92 Lichtman SW, Pisarska K, Berman ER, e.a. Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. *N Engl J Med* 1992; 327: 1893-8.
- Lis97 Lissner L, Heitmann BL, Bengtsson C. Low-fat diets may prevent weight gain in sedentary women: Prospective observations from the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Obes Res* 1997; 5: 43-48.
- Lis95 Lissner L, Heitmann BL. The dietary fat: carbohydrate ratio in relation to body weight. *Curr Opin Lipidol* 1995; 6: 8-13.
- Liu00 Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, e.a. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1455-61.
- Lor94 de Lorgeril M, Renaud S, Mamelle N, e.a. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet* 1994; 343: 1454-9. Comments: 1445.
- Lor99 de Lorgeril M, Salen P, Martin JL, e.a. Mediterranean diet, traditional risk factors, and the rate of cardiovascular complications after myocardial infarction: final report of the Lyon Diet Heart Study. *Circulation* 1999; 99: 779-85.
- Luc99 Lucas A, Stafford M, Morley R, e.a. Efficacy and safety of long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation of infant-formula milk: a randomised trial. *Lancet* 1999; 354: 1948-54.
- Luu94 Luukainen P, Salo MK, Nikkari T. Changes in the fatty acid composition of preterm and term human milk from 1 week to 6 months of lactation. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1994; 18: 355-60.
- Mak95 Makrides M, Neumann MA, Simmer K, e.a. Are long-chain polyunsaturated fatty acids essential nutrients in infancy? *Lancet* 1995; 345: 1463-8.
- Mak96 Makrides M, Neumann MA, Gibson RA. Is docosahexaenoic acid essential for term infants? *Lipids* 1996; 31: 115-9.
- Mar93 Martin WH, Dalshy GP, Hurley BF, e.a. Effect of endurance training on plasma free fatty acid turnover and oxidation during exercise. *Am J Physiol* 1993; 265: E708-14.
- Mar94 Marshall JA, Hoag S, Shetterly S, e.a. Dietary fat predicts conversion from impaired glucose tolerance to NIDDM. The San Luis Valley Diabetes Study. *Diabetes Care* 1994; 17: 50-6.
- Mar98 Marckmann P, Bladbjerg EM, Jespersen J. Diet and blood coagulation factor VII – a key protein in arterial thrombosis. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 75-84.
- Mie92 Miesenböck G, Patsch JR. Postprandial hyperlipidemia: the search for the atherogenic lipoprotein. *Curr Opin Lipidol* 1992; 3: 196-201.
- Men88 Mensink RP, Janssen MC, Katan MB. Effect on blood pressure of two diets differing in total fat but not in saturated and polyunsaturated fatty acids in healthy volunteers. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 976-80.
-

- Men91 Mensink RP, de Louw MH, Katan MB. Effects of dietary trans fatty acids on blood pressure in normotensive subjects. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 375-382.
- Men92 Mensink RP, Katan MB. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arterioscl Thromb* 1992; 12: 911-9.
- Men98 Mensink RP, Temme EHM, Plat J. Dietary fats and coronary heart disease. In: Akoh CC, Min DB, eds. *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. New York: Marcel Dekker, 1998.
- Mil98 Miller GJ. Postprandial lipaemia and haemostatic factors. *Atherosclerosis* 1998; 141 (suppl 1): S47-51.
- Moh63 Mohrhauer H, Holman RT. The effect of dose levels of essential fatty acids upon fatty acid composition of the rat liver. *J Lipid Res* 1963; 4: 151-9.
- Mon96 Montalto MB, Mimouni FB, Sentipal-Walerium J, e.a. Reduced growth in hospital-discharged low birthweight infants fed formulas with added marine oil (fish oil). *Pediatr Res* 1996; 39: 316A.
- Mor93 Morris MC, Sacks F, Rosner B. Does fish oil lower blood pressure? A meta-analysis of controlled trials. *Circulation* 1993; 88: 523-33.
- Mor94 Morris MC. Dietary fats and blood pressure. *J Cardiovasc Risk* 1994; 1: 21-30.
- Mor95 Morris MC, Manson JE, Rosner B, e.a. Fish consumption and cardiovascular disease in the physicians health study: a prospective study. *Am J Epidemiol* 1995; 142: 166-75.
- MRC65 Research Committee to the Medical Research Council. Low fat diet in myocardial infarction. A controlled trial. *Lancet* 1965: 501-4.
- MRC68 Research Committee to the Medical Research Council. Controlled trial of soya-bean oil in myocardial myocardial infarction. *Lancet* 1968: 693-700.
- Nai78 Naismith DJ, Deeprose SP, Supramaniam G, e.a. Reappraisal of linoleic acid requirement of the young infant, with particular regard to use of modified cows' milk formulae. *Arch Dis Child* 1978; 53: 845-9.
- Nat68 Natvig H, Borchgrevink CF, Dedichen J, e.a. A controlled trial of the effect of linolic acid on incidence of coronary heart disease. The Norwegian vegetable oil experiment of 1965-66. *Scan J Clin Lab Invest Suppl* 1968; 105: 1-20.
- Nes97 Nestel PJ, Pomeroy SE, Sasahara T, e.a. Arterial compliance in obese subjects is improved with dietary plant n-3 fatty acid from flaxseed oil despite increased LDL oxidizability. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1997; 17: 1163-70.
- Nor99 Norrish AE, Skeaff CM, Arribas GL, e.a. Prostate cancer risk and consumption of fish oils: a dietary biomarker-based case-control study. *Br J Cancer* 1999; 81: 1238-42.
- Nut98 Nutricia. *Voeding voor de gezonde en zieke mens: Nutricia Vademecum*. Maarssen: Elsevier, 1998: 162.
- Ott00 Otto S. Vetzuren tijdens de zwangerschap. *Voeding Nu* 2000; 2: 9-11.
- Pas97 Pasma WJ, Westerterp-Plantenga MS, Saris WHM. The effectiveness of long-term supplementation of carbohydrate, chromium, fibre and caffeine on weight maintenance. *Int J Obesity* 1997; 21: 1143-51.
- Pas99 Pasma WJ, Saris WHM, Muls E, e.a. Effect of exercise training on long-term weight maintenance in weight-reduced men. *Metabolism* 1999; 48: 15-21.
- Pat92 Patsch JR, Miesenböck G, Hopferwieser T, e.a. Relation of triglyceride metabolism and coronary artery disease. Studies in the postprandial state. *Arterioscler Thromb* 1992; 12: 1336-45.
-

- Pie97 Pietinen P, Ascherio A, Korhonen P, e.a. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish Men. *Am J Epidemiol* 1997; 145: 876-87.
- Pos91 Posner BM, Cobb JL, Belanger AJ, e.a. Dietary lipid predictors of coronary heart disease in men. The Framingham Study. *Arch Intern Med* 1991; 151: 1181-7.
- Pre96 Prentice RL. Measurement error and results from analytic epidemiology: Dietary fat and breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 1996; 88: 1738-47.
- Ris91 Rissanen AM, Heliövaara M, Knekt P, e.a. Determinants of weight gain and overweight in adult Finns. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 419-30.
- Roc00 Roche HM, Gibney MJ. Effect of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on fasting and postprandial triacylglycerol metabolism. *Am J Clin Nutr* 2000; 71 (suppl): 232S-7S.
- Ron92 Rønneberg R, Skåra B. Essential fatty acids in human colostrum. *Acta Pædiatr* 1992; 81: 779-83.
- Ros94 Rose DP, Rayburn J, Hatala MA, e.a. Effects of dietary fish oil on fatty acids and eicosanoids in metastasizing human breast cancer cells. *Nutr Cancer* 1994; 22: 131-41.
- San79 Sanders TA, Naismith DJ. A comparison of the influence of breast-feeding and bottle-feeding on the fatty acid composition of the erythrocytes. *Br J Nutr* 1979; 40: 619-23.
- San93 Sandker GW, Kromhout D, Aravanis C, e.a. Serum cholesteryl fatty acids and their relation with serum lipids in elderly men in Crete and The Netherlands. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47: 201-208.
- San97 Sanders TA, Oakley FR, Miller GJ, e.a. Influence of n-6 versus n-3 polyunsaturated fatty acids in diets low in saturated fatty acids on plasma lipoproteins and hemostatic factors. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1997; 17: 3449-60.
- Sar00 Saris WHM, Astrup A, Prentice AM, e.a. Randomized controlled trial of changes in dietary carbohydrate/fat ratio and simple versus complex carbohydrates on body weight and blood lipids: the CARMEN study. *Int J Obes* 2000; 24: 1310-8.
- Sch97a Schrauwen P, van Marken-Lichtenbelt WD, Saris WHM, e.a. Changes in fat oxidation in response to a high-fat diet. *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 276-82.
- Sch97b Schrauwen P, van Marken-Lichtenbelt WD, Saris WHM, e.a. Role of glycogen-lowering exercise in the change of fat oxidation in response to a high-fat diet. *Am J Physiol* 1997; 36: E623-9.
- Sch99 Schuurman AG, van den Brandt PA, Dorant E, e.a. Association of energy and fat intake with prostate carcinoma risk. *Cancer* 1999; 89: 1019-27.
- Sch00 Schatzkin A, Lanza E, Corle D, e.a.. Lack of effect of a low-fat, high-fiber diet on the recurrence of colorectal adenomas. Polyp Prevention Trial Study Group. *N Engl J Med* 2000; 342: 1149-55.
- Sev89 Severson RK, Nomura AMY, Grove JS, e.a. A prospective study of demographics, diet and prostate cancer among men of Japanese ancestry in Hawaii. *Cancer Res* 1989; 49: 1857-60.
- Sha96 Shah M, Garg A. High-fat and high-carbohydrate diets and energy balance. *Diabetes Care* 1996; 19: 1142-52.
- She85 Shekelle RB, Paul O, MacMillan A, e.a. Fish consumption and mortality from coronary heart disease. *N Engl J Med* 1985; 313: 820.
- She91 Sheppard L, Kristal AR, Kushi LH. Weight loss in women participating in a randomized trial of low-fat diets. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 821-8.
-

- Shi99 Shishehbor F, Roche HM, Gibney MJ. The effect of low and moderate fat intakes on the postprandial lipaemic and hormonal responses in healthy volunteers. *Br J Nutr* 1999; 81: 25-30.
- Sim98 Simonsen N, van 't Veer P, Strain JJ, e.a. Adipose tissue omega-3 and omega-6 fatty acid content and breast cancer in the EURAMIC study. *Am J Epidemiol* 1998; 147: 342-52.
- Sin97 Singh RB, Niaz MA, Sharma JP, e.a. Randomized, double blind placebo controlled trial of fish oil and mustard oil in patients with suspected acute myocardial infarction: The Indian Experiment of Infarct Survival-4. *Cardiovasc Drugs Ther* 1997; 11: 485-91.
- Sis97 Siscovick DS, Raghunathan T, King I, e.a. Dietary intake and cell membrane levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *JAMA* 1997; 274: 1363-7.
- Sté00 Stéfani E De, Deneo-Pellegrini H, Boffetta P, e.a. α -Linolenic acid and risk of prostate cancer: a case-control study in Uruguay. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2000; 9: 335-8.
- Sto96 Storlien LH, Baur LA, Kriketos AD, e.a. Dietary fats and insulin action. *Diabetologia* 1996; 39: 621-31.
- Stu95 Stubbs RJ, Ritz P, Coward WA, Prentice AM. Covert manipulation of the dietary fat to carbohydrate ratio and energy density: effect on food intake and energy balance in free-living men, feeding *ad libitum*. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 330-7.
- Tem97 Temme EH, Mensink RP, Hornstra G. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects. *J Lipid Res* 1997; 38: 1746-54.
- Tho78 Thompson RG, Hayford JT, Darney MM. Glucose and insulin responses to diet: effect of variations in source and amount of carbohydrate. *Diabetes* 1978; 27: 1020-6.
- Ton94 Toniolo P, Riboli E, Shore RE, e.a. Composition of meat, animal products, protein, and fat and risk of breast cancer. A prospective cohort study in New York. *Epidemiol* 1994; 5: 391-7.
- Tre95 Tremblay A, Almeras N. Exercise, macronutrient preferences and food intake. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19 (suppl 4): S97-101.
- Tur79 Turpinen O, Karvonen MJ, Pekkarinen M, e.a. Dietary prevention of coronary heart disease: the Finnish Mental Hospital Study. *Int J Epidemiol* 1979; 8: 99-118.
- Vat90 Vatten LJ, Solvoll K, Loken EB. Frequency of meat and fish intake and risk of breast cancer in a prospective study of 14,500 Norwegian women. *Int J Cancer* 1990; 46: 12-15.
- VCP98 Voedselconsumptiepeiling 1998. Zo eet Nederland. Den Haag: Voedingscentrum, 1998.
- Vei97 Veierod MB, Iaake P, Thelle DS. Dietary fat intake and risk of prostate cancer: a prospective study of 25,708 Norwegian men. *Int J Cancer* 1997; 73: 634-8.
- Vel00 Velie E, Kulldorf M, Schairer C, e.a. Dietary fat, fat subtypes, and breast cancer in postmenopausal women: a prospective cohort study. *J Natl Cancer Inst* 2000; 92: 833-9.
- Ver94 Verboeket-van de Venne WPHG, Westerterp KR, ten Hoor F. Substrate utilization in man: effects of dietary fat and carbohydrate. *Metabolism* 1994; 43: 152-6.
- Ver96 Verboeket-van de Venne WP, Westerterp KR. Effects of dietary fat and carbohydrate exchange on human energy metabolism. *Appetite* 1996; 26: 287-300.
- Ver01 Vermunt SH, Beaufre B, Riemersma RA, e.a. Dietary trans α -linolenic acid from deodorised rapeseed oil and plasma lipids and lipoproteins in healthy men: the TransLinE Study. *Br J Nutr* 2001; 85: 387-92.
-

- Ves94 Vessby B, Tengblad S, Lithell H. Insulin sensitivity is related to the fatty acid composition of serum lipids and skeletal muscle phospholipids in 70-year old men. *Diabetologia* 1994; 37: 1044-50.
- Ves99 Vessby B, KANWU study group. Effects of dietary fat on insulin sensitivity and insulin secretion - the KANWU study. *Diabetologia* 1999; 42 (suppl 1): abstract 168, A46.
- Voo00 Voorrips LE, Brants HAM, Goldbohm RA, e.a. Intake of conjugated linoleic acid and other fatty acids in relation to postmenopausal breast cancer: the Netherlands cohort study on diet and cancer. *Am J Epidemiol* 2000; 151: abstract 247, S62.
- VTV97 Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997. I De gezondheidstoestand: een actualisering. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 1997.
- Wat98 Watkins SM, German JB. Omega fatty acids. In: Akoh CC, Min DB, red. *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. New York: Marcel Dekker, 1998.
- WCRF97 World Cancer Research Fund. *Food, nutrition and the prevention of cancer: a global perspective*. Washington: American Institute for Cancer Research, 1997.
- WCMV94 Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding. *Voeding- en energie-opnames voor de Europese Gemeenschap*. Brussel: Europese Commissie, 1994.
- Wen99 Wensing AGCL, Mensink RP, Hornstra G. Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin on platelet aggregation in healthy elderly subjects. *Br J Nutr* 1999; 82: 183-91.
- Wes98 Weststrate JA, van het Hof KH, van den Berg H, e.a. A comparison of the effect of free access to reduce fat products or their full fat equivalents on food intake, body weight, blood lipids and fat-soluble antioxidants levels and haemostasis variables. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 389-95.
- Wid89 Widdowson EM. Upper limits of intakes of total fat and polyunsaturated fatty acids in infant formulas. *J Nutr* 1989; 119: 1814-7.
- Wil87 Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA, e.a. Dietary fat and the risk of breast cancer. *N Engl J Med* 1987; 316: 22-8.
- Wil90 Willett WC, Stampfer MJ, Colditz Ga, e.a. Relation of meat, fat, and fiber intake to the risk of colon cancer in a prospective study among women. *New Engl J Med* 1990; 323: 1664-72.
- Wil98a Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. 2e druk. New York: Oxford University Press, 1998; (Monographs in Epidemiology and Biostatistics. Volume 30).
- Wil98b Willett WC. Is dietary fat a major determinant of body fat? *Am J Clin Nutr* 1998; 67 (suppl): 556S-62S.
- Wil99 Willett WC, Dietz WH, Colditz GA. Guidelines for healthy weight. *New Engl J Med* 1999; 341: 427-34.
- Yu99 Yu-Poth S, Zhao G, Etherton T, e.a. Effects of the National Cholesterol education program's Step 1 and Step 2 dietary intervention programs on cardiovascular disease risk factors: A meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 632-46.
- Zil79 Zilversmit DB. Atherogenesis: a postprandial phenomenon. *Circulation* 1979; 60: 473-85.
- Zoc93 Zock PL, Blijlevens RAMT, de Vries JHM, e.a. Effects of stearic acid and trans fatty acids versus linolenic acid on blood pressure in normotensive women and men. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47: 437-44.
- Zoc98 Zock PL, Katan MB. Linoleic acid intake and cancer risk: a review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 142-53.
- Zoc01 Zock PL. Dietary fats and cancer. *Curr Opinion Lipidol* 2001; 12:5-10.
-

Verteerbare koolhydraten

Samenvatting *143*

5.1 Inleiding *143*

5.1.1 Nomenclatuur, eigenschappen en voorkomen *143*

5.1.2 Fysiologische betekenis *144*

5.1.3 Deficiëntie *145*

5.1.4 Chronische ziekten *145*

5.2 Factoren die de behoefte beïnvloeden *149*

5.2.1 Voedingsfactoren *149*

5.2.2 Overige factoren *149*

5.3 Aanbevolen hoeveelheid *149*

5.3.1 Afleidingsmethode *149*

5.3.2 Waarden *150*

5.4 Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen *152*

Literatuur *152*

Samenvatting

Voor koolhydraten is per leeftijdsgroep een aanbevolen hoeveelheid afgeleid. Deze is voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden gebaseerd op de gemiddelde inneming via de moedermelk bij volledige borstvoeding en voor alle overige groepen op de 97,5e percentiel van de endogene glucoseproductie. Voor de waarden verwijst de commissie naar tabel 5.1 in paragraaf 5.3.2. Voor koolhydraten is geen aanvaardbare bovengrens van inneming afgeleid.

5.1 Inleiding

5.1.1 *Nomenclatuur, eigenschappen en voorkomen*

Dit hoofdstuk behandelt de koolhydraten die de mens kan verteren; deze zijn in het vervolg van dit hoofdstuk met de term 'koolhydraten' aangeduid. Hiertoe behoren de monosachariden glucose, fructose en galactose, de disachariden sacharose* (glucose en fructose), lactose (glucose en galactose) en maltose (twee glucosemoleculen), sommige oligosachariden en polysachariden, zoals zetmeel. Mono- en disachariden noemt men eenvoudige koolhydraten; polysachariden duidt men aan als complexe koolhydraten.

Veel voedingsmiddelen bevatten een mengsel van eenvoudige en complexe koolhydraten. Fruit bevat vooral fructose en zuivelproducten vooral lactose. Biet- en rietsuiker leveren sacharose; dit is het meest voorkomende disacharide in de voeding. Belangrijke bronnen van zetmeel zijn aardappelen, granen en peulvruchten. Vlees en vleeswaren leveren een geringe hoeveelheid polysachariden in de vorm van glycogeen.

Glycemische index

De consumptie van koolhydraten veroorzaakt een stijging van de glucoseconcentratie in het bloed. Deze glycemische respons hangt niet alleen af van de hoeveelheid, maar ook van het type koolhydraten en van andere eigenschappen van het voedingsmiddel dat de koolhydraten levert. Als maat voor de glycemische respons die een voedingsmiddel veroorzaakt, hanteert men de 'glycemische index', de 'glycemische belasting' en de 'gemiddelde glycemische index'.

Voedingsmiddelen met een lagere glycemische index veroorzaken een tragere, meer geleidelijke stijging van de glucoseconcentratie in het bloed dan voedingsmiddelen met een hogere glycemische index. De glycemische index is gedefinieerd als de stijging

* Sacharose wordt ook wel sucrose genoemd.

van de glucoseconcentratie in het bloed gedurende twee uur na de consumptie van een voedingsmiddel dat 50 g koolhydraten bevat, uitgedrukt als percentage van de respons na consumptie van 50 g glucose of een hoeveelheid witbrood die 50 g koolhydraten bevat (Rob00). De glycemische belasting van het voedsel wordt geschat door voor ieder koolhydraatbevattend voedingsmiddel de inneming te vermenigvuldigen met de glycemische index en de aldus gevonden uitkomsten bij elkaar op te tellen. De gemiddelde glycemische index is de glycemische belasting gedeeld door de totale inneming van koolhydraten (Liu00).

Sacharose en lactose leveren het lichaam in eerste instantie relatief weinig glucose. Ze veroorzaken daardoor een lagere glycemische index dan glucose of zetmeel. Ook andere bestanddelen dan koolhydraten zijn van invloed op de glycemische index. Zo kunnen wateroplosbare vezels de maaglediging vertragen via gelvorming in de maag. De koolhydraten uit het voedsel komen dan minder snel in het bloed, zodat de glycemische index lager uitvalt dan bij consumptie van dezelfde hoeveelheid koolhydraten zonder wateroplosbare vezels (Rob00). De verhouding tussen eenvoudige en complexe koolhydraten heeft echter weinig invloed op de glycemische index (Liu00).

5.1.2 *Fysiologische betekenis*

Spijsverteringsenzymen als amylase splitsen koolhydraten in monosachariden, waarna actieve absorptie plaatsvindt. Het lichaam kan fructose als brandstof gebruiken of omzetten in glucose. Galactose wordt omgezet in glucose. Glucose speelt een belangrijke rol als energieleverancier: alle lichaamscellen kunnen glucose metaboliseren. De meeste lichaamscellen kunnen ook vetzuren en aminozuren als energiebron gebruiken. Voor hersencellen, rode bloedlichaampjes, niermergcellen, foetaal weefsel en melkklieren is glucose echter de belangrijkste energieleverancier. Hersencellen kunnen ook ketolichamen als energiebron gebruiken (For94, Mar94).

De concentratie van glucose in het bloed blijft binnen nauwe grenzen, ook als de voeding lange tijd weinig of geen koolhydraten bevat. Bij een lichte vermindering van de glucoseconcentratie daalt de insulineproductie. Dit leidt onder meer tot gluconeogenese: lever en nieren gaan glucose vormen uit melkzuur en aminozuren. Bij een koolhydraatarme voeding leveren vetten een groter aandeel aan de energievoorziening, waardoor meer vrije vetzuren in het bloed komen. Deze vrije vetzuren stimuleren de gluconeogenese (Bod97). De aminozuren voor de gluconeogenese komen beschikbaar via de afbraak van lichaamseiwit. Een zekere hoeveelheid koolhydraten in de voeding is daarom nodig om de afbraak van lichaamseiwit tegen te gaan.

Het lichaam kan glucose opslaan in de vorm van glycogeen — in lever en spieren — of in de vorm van vet. De hoeveelheid glycogeen is begrensd, in tegenstelling tot de hoeveelheid lichaamsvet. Glycogeen is, in vergelijking met vet, een snel

beschikbare energiebron. Het lichaam kan per zuurstofeenheid meer energie vrijmaken uit glucose dan uit vet. Uit glucose, maar niet uit vet, kan het bovendien een beperkte hoeveelheid energie vrijmaken in afwezigheid van zuurstof (Pas86, Sau98).

5.1.3 Deficiëntie

Zoals beschreven in 5.1.2, leidt een te lage inneming van koolhydraten tot afbraak van lichaamseiwit. Bij langdurig gebruik van een koolhydraatarme voeding vermindert de gluconeogenese. Dit leidt echter niet tot een daling van de concentratie van glucose in het bloed, omdat de perifere weefsels tegelijkertijd minder gevoelig worden voor insuline en daardoor minder glucose uit het bloed opnemen en oxideren. Het ontstaan van een zekere mate van insulineresistentie draagt er onder die omstandigheden dus toe bij dat de concentratie van glucose in het bloed vrijwel constant blijft (Bis00, Bis01).

5.1.4 Chronische ziekten

De nu volgende paragraaf is gedeeltelijk gebaseerd op de conclusies van de commissie in paragraaf 4.6 over de effecten van het vetgehalte van de voeding op chronische ziekten. Daarnaast zijn de effecten van verschillende types koolhydraten beschreven.

Overgewicht

Zolang de inneming van energie gelijk is aan de behoefte heeft de vervanging van de ene macrovoedingsstof door de andere geen gevolgen voor het lichaamsgewicht. De commissie concludeerde echter op basis van interventie-onderzoeken waarin de voeding op *ad libitum* basis werd verstrekt, dat een verlaging van het vetgehalte van de voeding met tien energieprocent resulteert in een gewichtsreductie van gemiddeld twee tot drie kilogram (zie 4.7.1). Dit effect wordt primair veroorzaakt door een verminderde inneming van energie: mensen eten van voedingen met een lager vetgehalte gemiddeld iets minder dan van voedingen met een hoger vetgehalte. Een verlaging van het vetgehalte van de voeding resulteert niet alleen in een toename van het koolhydratengehalte, maar ook in andere voedingsveranderingen, zoals een stijging van de consumptie van eiwitten, groenten en fruit.

In vergelijking tot maaltijden met een lage glycemische index (zie 5.1.1) leiden maaltijden met een hoge glycemische index tot een 30% hogere inneming van energie in de daarop volgende uren (Rob00). Als gevolg van de korte duur van de beschikbare onderzoeken (ten hoogste één dag) acht de commissie conclusies over het effect van de glycemische index op de inneming van energie niet verantwoord. De effecten op het lichaamsgewicht zijn niet onderzocht.

In een recent interventie-onderzoek is het effect op het lichaamsgewicht van een voeding rijk aan eenvoudige koolhydraten vergeleken met die van een voeding rijk aan complexe koolhydraten. De voedingen hadden vrijwel hetzelfde hoge koolhydraatgehalte en waren *ad libitum* beschikbaar. De interventie duurde zes maanden. De onderzochte personen hadden overgewicht. Het gemiddelde gewichtsverlies was 0,9 kg in de groep die veel eenvoudige koolhydraten gebruikte en 1,8 kg in de groep die veel complexe koolhydraten gebruikte; het verschil was echter niet statistisch significant (Sar00).

In een vijf dagen durend experiment bij dertien vrouwen voegde men 50 energieprocent sacharose, glucose of fructose toe aan een voeding die de energiebehoefte dekte. De drie typen koolhydraat bleken bij de aldus veroorzaakte overconsumptie overeenkomstige effecten te hebben op het 24-uurs energieverbruik en op de opslag van glycogeen en lichaamsvet (McD00).

De commissie concludeert dat het koolhydraatgehalte van de voeding geen invloed heeft op het lichaamsgewicht zolang de inneming van energie gelijk is aan de behoefte. Er zijn geen overtuigende aanwijzingen dat het type koolhydraat in dit opzicht van belang is.

Coronaire hartziekten

Bij vervanging van vetten door koolhydraten geldt: hoe rijker de voeding aan koolhydraten, des te ongunstiger de concentraties van HDL-cholesterol en triglyceriden in nuchter bloed. De effecten op de concentraties van totaal- en LDL-cholesterol in nuchter bloed zijn afhankelijk van het type vetzuur dat door koolhydraten is vervangen: koolhydraten zijn in dit opzicht gunstiger dan verzadigde vetzuren, maar minder gunstig dan onverzadigde vetzuren. In vergelijking tot vetten met een optimale vetzuursamenstelling hebben koolhydraten dus ongewenste effecten op de concentraties van lipiden in nuchter bloed. Een koolhydraatrijke voeding lijkt echter gunstig voor de concentratie van triglyceriden in postprandiaal bloed en voor de factor VII-concentratie in nuchter en postprandiaal bloed (zie 4.6.2).

Er zijn aanwijzingen dat eenvoudige koolhydraten in vergelijking tot complexe koolhydraten de concentratie van triglyceriden in het bloed doen stijgen (Par00). De uitkomsten van een onderzoek met een interventieduur van zes maanden bevestigden dit echter niet (Sar00). In een prospectief cohortonderzoek bij meer dan 75.000 38- tot 63-jarige vrouwen die tien jaar werden gevolgd, hield noch de inneming van eenvoudige koolhydraten noch die van complexe koolhydraten verband met het ontstaan van coronaire hartziekten (Liu00).

In het zojuist genoemde prospectieve cohortonderzoek waren zowel een hoge 'glycemische belasting' als een hoge 'gemiddelde glycemische index' van de voeding (zie

5.1.1) risicofactoren voor het ontstaan van coronaire hartziekten (Liu00). De resultaten van een ander prospectief cohortonderzoek bij 64- tot 85-jarige mannen met een follow-up van eveneens tien jaar bevestigen dit echter niet (Dam00). Mogelijk beïnvloedt de glycemische index van de voeding de kans op coronaire hartziekten bij vrouwen, maar niet bij mannen (Fro99).

De inneming van specifieke koolhydraten hield geen verband met het ontstaan van coronaire hartziekten (Liu00).

De commissie concludeert dat koolhydraten, in vergelijking tot vetten met een optimale vetzuursamenstelling, ongewenste effecten hebben op de gehalten van lipiden in nuchter bloed, maar gunstige effecten op de concentratie van triglyceriden in postprandiaal bloed en op de factor VII-concentratie in nuchter en postprandiaal bloed. De invloed van de glycemische belasting op het ontstaan van coronaire hartziekten is nog onduidelijk.

Kanker

De meeste epidemiologische onderzoeken naar het effect van consumptie van koolhydraten op het kankerrisico zijn gericht geweest op voedingsvezel, en in veel mindere mate op mono- en disachariden of zetmeel. Voor een eventueel beschermend effect van vezel op het ontstaan van colorectale kanker is weinig bewijs gevonden in twee recente interventie-onderzoeken met colonadenomen als uitkomstmaat (Alb00, Sch00).

Sommige uitkomsten van observationeel epidemiologisch onderzoek wijzen erop dat ongeraffineerd zetmeel de kans op kanker van de dikke darm verkleint, dat geraffineerd zetmeel de kans op maagkanker vergroot en dat sacharose de kans op kanker van de dikke darm vergroot (WCRF97). Geen van deze verbanden is echter overtuigend aangetoond.

De commissie acht het niet aannemelijk dat de inneming van koolhydraten de kans op kanker beïnvloedt.

Diabetes mellitus type 2

In een prospectief cohortonderzoek waarin 64- tot 87-jarige mensen vier jaar werden gevolgd, hadden degenen die glucose-intolerantie ontwikkelden een iets hogere inneming van koolhydraten dan de overige personen (Fes91). Zo'n verband is niet gevonden bij oudere mannen in een twintig jaar durend onderzoek van hetzelfde type (Fes95), noch in een zes jaar durend onderzoek bij 55- tot 70-jarige vrouwen (Mey00). De resultaten van enkele cohort- en patiënt-controleonderzoeken lijken er echter op te wijzen dat de glu-

cosetolerantie en insulinegevoeligheid gebaat zijn bij een koolhydraatrijke voeding (Fes99). De resultaten van een interventie-onderzoek ondersteunen dat (Sar00). Het bedoelde verband zou aanwezig zijn bij niveaus van inneming tot 250 gram koolhydraten per dag (Him35, Mac99).

Blijkens de resultaten van verschillende prospectieve cohortonderzoeken hebben eenvoudige en complexe koolhydraten geen invloed op het ontstaan van glucose-intolerantie (Fes91, Fes95, Ha98). In één onderzoek van dit type zijn de effecten van afzonderlijke koolhydraten onderzocht. De uitkomsten geven aan dat glucose en fructose de kans op diabetes verhogen terwijl sacharose deze kans verlaagt; voor zetmeel, lactose en maltose is geen verband gevonden (Mey00). De glycemische belasting en de gemiddelde glycemische index van de voeding lijken niet van invloed te zijn op het ontstaan van diabetes (Sal97a, Sal97b).

Mogelijk is het type voedingsmiddel waaruit de koolhydraten afkomstig zijn, (mede) bepalend voor het effect op de glucosetolerantie. Koek en gebak zouden ongunstig zijn, peulvruchten en aardappelen gunstig (Fes91, Fes95). Dit kan betekenen dat niet de koolhydraten, maar andere bestanddelen van deze voedingsmiddelen het effect veroorzaken.

Hoewel een hoge inneming van koolhydraten mogelijk gunstig is voor de glucosetolerantie en insulinegevoeligheid, is de commissie er niet van overtuigd dat een koolhydraatrijke voeding de kans op diabetes mellitus type 2 verlaagt. Evenmin acht zij bewezen dat de inneming van specifieke typen koolhydraten effect heeft op de glucosetolerantie en het ontstaan van diabetes mellitus type 2.

Tandbederf

De inneming van koolhydraten houdt in principe altijd een aanval op het gebit in. Of deze aanval tot cariës leidt, is persoonsgebonden en hangt naast de frequentie van de inneming van koolhydraten af van de mondverzorging van de betreffende persoon. Bij een goede fluoridevoorziening en mondhygiëne en niet te hoge frequentie van inneming van koolhydraten is de kans op het ontstaan van cariës klein. Specifieke aandacht verdient de preventie van zuigflescariës ten gevolge van het frequent gebruik van een zuigfles met koolhydraathoudende drank door jonge kinderen.

De genoemde effecten van koolhydraten op het ontstaan van tandcariës leiden volgens de commissie niet tot aanpassing van de in 5.3 afgeleide voedingsnormen voor koolhydraten.

5.2 Factoren die de behoefte beïnvloeden

5.2.1 Voedingsfactoren

Biobeschikbaarheid

De dunne darm neemt mono- en disachariden, de meeste oligosachariden en toebereid zetmeel volledig op. 'Resistant starch' is zetmeel dat de dunne darm slechts ten dele op kan nemen (Von00).

5.2.2 Overige factoren

Lichaamsgewicht

De endogene glucosebehoefte hangt mede af van het lichaamsgewicht. Bij het vaststellen van de aanbevolen hoeveelheden houdt de commissie hier rekening mee (zie 5.3.1).

Lichamelijke activiteit

Bij intensieve lichaamsbeweging zijn de prestaties hoger wanneer de voeding veel koolhydraten bevat. Bovendien bevordert een koolhydraatrijke voeding met een hoge gemiddelde glycemische index het herstel van het spierweefsel en de glycogeenvoorraad na de activiteit. Bij een laag inspanningsniveau is het koolhydraatgehalte van de voeding van weinig belang voor de prestatie en het herstel (Mil99, SCF00).

5.3 Aanbevolen hoeveelheid

5.3.1 Afleidingsmethode

Zoals in 5.1.2 al is opgemerkt, is een zekere hoeveelheid koolhydraten in de voeding nodig om de afbraak van weefseiwit tegen te gaan. Als de voeding geen koolhydraten bevat en de glycogeenvoorraad is uitgeput, is de eiwitafbraak het hoogst. De commissie baseert de aanbevolen hoeveelheid voor koolhydraten op de 97,5e percentiel van de endogene productie van glucose. Uit onderzoek met stabiele isotopen is gebleken dat de afbraak van weefseiwit bij deze inneming van koolhydraten minimaal is (Dek96, Gam46, Kal99, Sau98).

De dagelijkse endogene glucoseproductie van pasgeboren baby's, kinderen, adolescenten en volwassenen is geschat op respectievelijk 7,2; 5,8; 4,3 en 2,9 gram per kilogram (Kal99). De commissie gaat ervan uit dat deze groepen representatief zijn voor de leeftijden 0, 7, 15 en 18 jaar. Via lineaire interpolatie zijn vervolgens de waarden bepaald voor de 'middenleeftijd' van iedere leeftijdsgroep. Vermenigvuldiging met het referentiegewicht (zie 1.6) levert de gemiddelde endogene glucoseproductie in gram per dag. De commissie veronderstelt dat de variatiecoëfficiënt van de endogene glucoseproductie in gram per dag 20% bedraagt (zie ook 1.2.2). De 97,5e percentiel van de endogene glucoseproductie is dan 1,4 maal de gemiddelde endogene glucoseproductie. Deze waarde is omgerekend naar het energiepercentage koolhydraten door te vermenigvuldigen met het energiegehalte van koolhydraten (17 kJ per gram) en vervolgens te delen door de gemiddelde energiebehoefte.

5.3.2 Waarden

De aanbevolen hoeveelheid is gebaseerd op de 97,5e percentiel van de endogene glucoseproductie, uitgedrukt als energiepercentage (zie 5.3.1). Daarbij is geen onderscheid gemaakt naar geslacht. Tabel 5.1 geeft de resultaten en de aanbevolen hoeveelheid. Voor enkele groepen volgt hierna nog een korte toevoeging.

Zuigelingen

De commissie neemt aan dat moedermelk voor zuigelingen tot zes maanden de optimale voeding is (zie ook 1.4.5). De gemiddelde inneming van koolhydraten is bij volledige borstvoeding 60 g/dag ofwel 10 gram per kilogram lichaamsgewicht per dag (Fom93)*. Dit is de adequate inneming voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden. De gemiddelde endogene glucoseproductie bedraagt in deze periode 40-45 g/dag (Bie77, Kal99). De 97,5e percentiel van deze endogene glucoseproductie (55-60 g/d) is dus vrijwel gelijk aan de inneming van koolhydraten via moedermelk.

Het speeksel van een zuigeling bevat kort na de geboorte nauwelijks amylase. Daarom is zetmeel een ongeschikte voedingsstof tot de leeftijd van 3 à 4 maanden.

Volwassenen, zwangere en lacterende vrouwen

Gegevens over de endogene glucoseproductie van ouderen ontbreken. De commissie gaat ervan uit dat de aanbevolen hoeveelheid koolhydraten in energieprocenten niet stijgt met toenemende leeftijd. Tijdens de zwangerschap blijft de endogene glucosepro-

* Ongeveer 95% van de koolhydraten in moedermelk is lactose, 3 à 4% is glucose en de rest bestaat uit oligosachariden.

ductie in gram per kilogram per dag ongewijzigd (Ass93, Kal97). Dat betekent dat voor zwangere vrouwen dezelfde aanbevolen hoeveelheid volstaat als voor niet zwangere personen.

Tabel 5.1 Afleiding van de aanbevolen hoeveelheid voor koolhydraten.

(leeftijds)groep	referentie- gewicht	endogene glucoseproductie				aanbevolen hoeveelheid
		gemiddelde	97,5e percentiel ^b			
	<i>kg</i>	<i>g/[kg.d]^c</i>	<i>g/d^d</i>	<i>g/d</i>	<i>energie%^e</i>	<i>energie%^f</i>
0 t/m 5 maanden	5,75	7,2	41	58	47	10 g/[kg.d] ^g
6 t/m 11 maanden	8,75	7,1	62	86	49	50
1 t/m 3 jaar	13,75	6,7	92	129	46	45
4 t/m 8 jaar	23,75	5,9	140	196	46	45
9 t/m 13 jaar	40,5	5,0	201	281	46	45
14 t/m 18 jaar	62	3,6	223	312	42	40
19 t/m 30 jaar	69,5	2,9	202	282	42	40
31 t/m 50 jaar	67	2,9	194	272	42	40
51 t/m 70 jaar	-	-	-	-	-	40
> 70 jaar	-	-	-	-	-	40
zwangere vrouwen	-	-	-	-	-	40
lacterende vrouwen	-	-	-	-	-	40

^a Gemiddelde van de referentiegewichten voor mannen en vrouwen (zie 1.6).

^b Berekend als de gemiddelde endogene glucoseproductie plus tweemaal de standaarddeviatie daarvan. De commissie neemt aan dat de variatiecoëfficiënt van de endogene glucoseproductie 20% bedraagt en berekent de 97,5e percentiel daarom als 1,4 x de gemiddelde waarde.

^c De waarden zijn gebaseerd op gegevens uit Kal99 (zie beschrijving in de tekst).

^d Berekend door de endogene glucoseproductie in g/kg per dag te vermenigvuldigen met het referentiegewicht .

^e Energie% staat voor het percentage van de totale inneming van energie.

^f De aanbevolen hoeveelheden zijn uitgedrukt in energieprocenten. Voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden is een adequate inneming vastgesteld, die in gram per kilogram per dag is uitgedrukt..

^g De adequate inneming voor zuigelingen van 0 tot en met 5 maanden is gebaseerd op de gemiddelde inneming van koolhydraten bij volledige borstvoeding; de waarde is vrijwel gelijk aan de 97,5e percentiel van de endogene glucoseproductie (zie de tekst van 5.3.2).

5.4 Vergelijking met andere rapporten over voedingsnormen

Tabel B7 in bijlage B geeft voor enkele leeftijden de aanbevolen hoeveelheden koolhydraten in het voorliggende advies en de adequate innemingen in enkele andere rapporten. Uit de tabel blijkt dat de commissie relatief lage waarden heeft vastgesteld. Dit is het gevolg van de afleidingsmethode. De commissie is in het voorliggende advies uitgegaan van schattingen van de gemiddelde behoefte en de variatie van de behoefte. De hieruit berekende aanbevolen hoeveelheid is een ondergrens voor de inneming*. In de andere adviezen zijn koolhydraten doorgaans benaderd als 'sluitpost' van de inneming van energie. Op basis van dit criterium is een adequate inneming afgeleid.

Literatuur

- Alb00 Alberts DS, Martinez ME, Roe DJ, e.a. Lack of effect of a high-fiber cereal supplement on the recurrence of colorectal adenomas. Phoenix Colon Cancer Prevention Physicians' Network. *N Engl J Med* 2000; 342: 1156-62.
- Ass93 Assel B, Rossi K, Kalhan S. Glucose metabolism during fasting through human pregnancy: comparison of tracer method with respiratory calorimetry. *Am J Physiol* 1993, 265: E351-6.
- Bie77 Bier DM, Leake RD, Haymond MW, e.a. Measurement of "true" glucose production rates in infancy and childhood with 6,6-dideuteroglucose. *Diabetes* 1977, 26: 1016-23.
- Bis00 Bisschop PHLT, Pereira Arias AM, Ackermans MT, e.a. The effects of carbohydrate variation in isocaloric diets on glycogenolysis and gluconeogenesis in healthy men. *J Clin Endo Metab* 2000; 85: 1963-7.
- Bis01 Bisschop PH, de Metz J, Ackermans MT, e.a. Dietary fat content alters insulin-mediated glucose metabolism in healthy males. *Am J Clin Nutr* 2001; 73:554-9.
- Bod97 Boden G. Role of fatty acids in the pathogenesis of insuline resistance and NIDDM. *Diabetes* 1997; 46: 3-10.
- Dam00 van Dam RM, Wisscher AWJ, Feskens EJM, e.a. Dietary glycemic index in relation to metabolic risk factors and incidence of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 726-31.
- Dek96 Dekker E. Glucose metabolism in malaria. (Proefschrift). Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 1996.
- Ela00 Elahi D, Muller DC. Carbohydrate metabolism in the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: S112-20.
- Fes91 Feskens EJM, Bowles CH, Kromhout D. Carbohydrate intake and body mass index in relation to risk of glucose tolerance in an elderly population. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 136-40.

* Daarbij merkt de commissie op dat een lagere inneming voor veel individuen geen tekort zal opleveren, zie 1.7.

- Fes95 Feskens EJM, Virtanen SM, Räsänen L, e.a. Dietary factors determining diabetes and impaired glucose tolerance. A 20-year follow-up of the Finnish and Dutch cohorts of the Seven Countries Study. *Diabetes Care* 1995; 18: 1104-12.
- Fes99 Feskens EJM, van Dam RM. Dietary fat and the etiology of type 2 diabetes: an epidemiological perspective. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 1999; 9: 87-95.
- Fom93 Carbohydrate. In: Fomon SJ, red. *Nutrition of normal infants*. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1993.
- For94 Forsyth R. Peripheral lactate and neuronal metabolism. *Lancet* 1994; 343: 799-800.
- Fro99 Frost G, Leeds AA, Doré, e.a. Glycaemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration. *Lancet* 1999; 353: 1045-8.
- Gam46 Gamble JL. Physiological information gained from studies on the life raft ration. *Harvey Lectures* 1946; 42: 247-73.
- Ha98 Ha TKK, Lean MEJ. Technical review. Recommendations for the nutritional management of patients with diabetes mellitus. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 467-81.
- Him35 Himsforth HP. The dietary factor determining the glucose tolerance and sensitivity to insulin of healthy men. *Clin Sci* 1935; 2: 67-94.
- Kal97 Kalhan S, Rossi K, Gruca L, e.a. Glucose turnover and gluconeogenesis in human pregnancy. *J Clin Invest* 1997, 100: 1775-81.
- Kal99 Kalhan SC, Kilic İ. Carbohydrate as nutrient in the infant and child: range of acceptable intake. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: S94-100.
- Liu00 Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, e.a. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1455-61.
- Mac99 MacDonald IA. Carbohydrate as a nutrient in adults: range of acceptable intakes. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: S101-6.
- Mar94 Maran A, Cranston I, Lomas J, e.a. Protection by lactate of cerebral function during hypoglycaemia. *Lancet* 1994; 343: 16-20.
- McD00 McDevitt RM, Poppitt SD, Murgatroyd PR, e.a. Macronutrient disposal during controlled overfeeding with glucose, fructose, or fat in lean and obese women. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 369-77.
- Mey00 Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, e.a. Carbohydrates, dietary fiber and incident type 2 diabetes in elderly women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 921-30.
- Mil99 Miller SL, Wolfe RR. Physical exercise as a modulator of adaptation to low and high carbohydrate and low and high fat intakes. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53: S112-9.
- Par00 Parks EJ, Hellerstein MK. Carbohydrate-induced hypertriglycerolemia: a historical perspective and review of biological mechanisms. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 412-33.
- Pas86 Passmore R, Eastwood MA. *Davidson and Passmore Human Nutrition and Diaterics*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1986.
- Rob00 Roberts SB. High-glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection? *Nutr Rev* 2000; 58: 163-9.
- Sal97a Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, e.a. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin dependent diabetes mellitus in men. *Diab Care* 1997; 20: 545-50.
-

- Sal97b Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, e.a. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin dependent diabetes mellitus in women. *JAMA* 1997; 277: 472-7.
- Sar00 Saris WHM, Astrup A, Prentice AM, e.a. Randomized controlled trial of changes in dietary carbohydrate/fat ratio and simple versus complex carbohydrates on body weight and blood lipids: the CARMEN study. *Int J Obes* 2000; 24: 1310-8.
- Sau98 Sauerwein HP, Romijn JA, Soeters PB. *Kunstmatische voeding bij door ziekte veranderde stofwisseling*. Utrecht: Elsevier/Bunge, 1998.
- SCF00 Working Group on Nutrition, Scientific Committee on Food, European Commission. *Composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen*. Brussels: EG, 2000.
- Sch00 Schatzkin A, Lanza E, Corle D, e.a. Lack of effect of a low-fat, high-fiber diet on the recurrence of colorectal adenomas. Polyp Prevention Trial Study Group. *N Engl J Med* 2000; 342: 1149-55.
- Von00 Vonk RJ, Hagedoorn RE, de Graaff R, e.a. Digestion of so-called resistant starch sources in the human small intestine. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 432-8.
- WCRF97 World Cancer Research Fund. *Food, nutrition and the prevention of cancer: a global perspective*. Washington: American Institute for Cancer Research, 1997.

Den Haag, 18 juli 2001,
voor de commissie

w.g.

dr ir CJK Spaaij,
secretaris

prof. dr HKA Visser,
voorzitter

-
- A Commissie en werkgroep 157
-
- B Voedingsnormen in andere rapporten 161
-
- C Inneming van energie en van de voedingsstoffen behandeld in dit advies 167

Bijlagen

Commissie en werkgroep

Commissie

- dr HKA Visser, *voorzitter*
arts, emeritus hoogleraar kindergeneeskunde; Erasmus Universiteit Rotterdam
 - dr H van den Berg
biochemicus-voedingskundige; TNO Voeding, Zeist
 - ir BC Breedveld
voedingskundige; Voedingscentrum, Den Haag
 - dr ir EJM Feskens, *commissielid tot januari 2000*
voedingskundige-epidemioloog;
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
 - dr ir WHM Saris
arts, hoogleraar humane voeding; Universiteit Maastricht
 - dr HP Sauerwein
arts, hoogleraar energiestofwisseling; Universiteit van Amsterdam
 - dr ir G Schaafsma
voedingskundige, TNO Voeding, Zeist; hoogleraar voeding en levensmiddelen; Wageningen Universiteit en Researchcentrum
 - dr WA van Staveren
voedingskundige, hoogleraar voeding van de oudere mens; Wageningen Universiteit en Researchcentrum
 - dr CE West
biochemicus-voedingskundige; Wageningen Universiteit en Researchcentrum, te-
-

- vens hoogleraar voeding in relatie tot gezondheid en ziekte;
Katholieke Universiteit Nijmegen
- dr ir JA Weststrate
voedingskundige; Unilever, Vlaardingen
 - ir W Bosman, *adviseur*
Gezondheidsraad, Den Haag
 - dr ir CJK Spaaij, *secretaris*
Gezondheidsraad, Den Haag

Dit advies is voorbereid door een werkgroep bestaande uit

commissieleden:

- dr ir WHM Saris, *voorzitter*
- ir BC Breedveld
- dr ir EJM Feskens, *commissielid tot januari 2000*
- dr HP Sauerwein
- dr ir G Schaafsma
- dr ir JA Weststrate
- ir W Bosman, *adviseur*

externe deskundigen:

- dr ir PA van den Brandt
voedingskundige-epidemioloog, hoogleraar epidemiologie; Universiteit Maastricht
- dr RJ Heine
internist, hoogleraar diabetologie; Vrije Universiteit, Amsterdam
- dr ir RP Mensink
voedingskundige, hoogleraar moleculaire voedingskunde met bijzondere aandacht voor het lipidenmetabolisme; Universiteit Maastricht
- dr ir JC Seidell
voedingskundige, hoogleraar voeding van de mens met bijzondere aandacht voor de epidemiologische aspecten; Vrije Universiteit, Amsterdam
- dr ir P van 't Veer
voedingskundige-epidemioloog, Wageningen Universiteit en Researchcentrum
- dr ir PL Zock
voedingskundige, Wageningen Centre for Food Sciences

secretarissen:

- dr ir M Visser, secretaris januari - mei 1998
 - dr ir MC Ocké, secretaris mei 1998 - december 1999
-

- dr ir LTJ Pijls, secretaris januari - december 2000
- dr ir CJK Spaaij, secretaris januari 2000 - juli 2001

Voedingsnormen in andere rapporten

In deze bijlage is zijn de voedingsnormen uit het voorliggende advies vergeleken met de gelijkwaardige voedingsnorm uit enkele andere adviezen:

- *Nederland 1992*
Voedingsraad. Nederlandse Voedingsnormen 1989 (2e druk). Den Haag: Voorlichtingsbureau voor de Voeding, 1992.
 - *Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland 2000*
Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. (1e druk). Frankfurt am Main: Umschau/Braus, 2000.
 - *Scandinavië 1996*
Nordiska Ministerrådet. Nordiska näringsrekommendationer 1996. Köpenhavn: Nordiska Ministerradet, 1996.
 - *Europese Commissie 1992*
Europese Commissie. Voedings- en energie-opnames voor de Europese gemeenschap. Verslagen van het Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding (31ste reeks). Luxemburg: EG, 1992.
 - *Groot-Brittannië 1991*
Department of Health. Dietary Reference Intakes for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the panel on dietary reference intakes of the committee on medical aspects of food policy. London: HMSO, 1991.
-

- *Verenigde Staten 1989*
National Research Council. Recommended Dietary Allowances. 10th edition.
Washington D.C.: National Academy Press, 1989.

De leeftijdsgroepen in deze adviezen komen niet overeen. Om de vergelijking te vereenvoudigen zijn de waarden gegeven voor personen van 1 maand, 5 jaar, 15 jaar, 40 jaar en 80 jaar, en voor zwangere vrouwen en lacterende vrouwen.

Als de voedingsnorm in een advies niet is vastgesteld, is dat in de tabellen aangegeven met '-'.

Tabel B1 Referentiegewicht in kilogram.^a

	leeftijd								
	1 maand	5 jaar		15 jaar		40 jaar		80 jaar	
		M	V	M	V	M	V	M	V
het voorliggende advies	4,5 of 5,8 ^b	24	23,5	65	59	72	62	74	63
Nederland 1992	5,5	22,5	20,5	54	54	75	65	70	65
Scandinavië 1996	5,3	19	19	62	55	70	60	70	60
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	4,9	20	19	67	58	74	59	68	55
Groot-Brittannië 1991	-	19	19	63	55	74	60	69	60
Europese Commissie 1992	4,9	20	19	-	-	75	62	74	66
Verenigde Staten 1989	6	20	20	66	55	79	63	77	65

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

^b Het referentiegewicht 4,5 kg is van toepassing op de leeftijdsgroep 0 tot en met 2 maanden (gebruikt in de hoofdstukken energie en eiwitten); het referentiegewicht 5,8 kg is van toepassing op 0 tot en met 5 maanden (gebruikt in de hoofdstukken vetten en koolhydraten).

Tabel B2 Gemiddelde energiebehoefte in MJ/d.^a

	leeftijd								zwanger- schap	lactatie	
	1 maand	5 jaar		15 jaar		40 jaar		80 jaar			
		M	V	M	V	M	V	M			V
het voorliggende advies	1,8	7,2	6,5	14,0	10,4	12,2	9,7	9,3	7,8	+ 1,2	+ 2,1
Nederland 1992	2,2	7,3	6,7	11,1	10,0	11,2	8,7	8,8	7,8	+ 0,6	+ 2,5
Scandinavië 1996	2,1-2,6	7,1	6,8	11,3	9,0	11,4	9,1	9,4	8,2	+ ≤1,1	+ ≤2,0
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	2,0	6,4	5,8	13,0	10,8	12,0	9,5	9,5	7,5	+ 1,1	+ 2,7
Groot-Brittannië 1991	2,3	7,2	6,5	11,5	8,8	10,6	8,1	8,8	7,6	+ 0,3	+ 2,2
Europese Commissie 1992	2,2	6,9	6,4	11,4	8,9	11,3	8,5	8,0	7,3	+ 1,4	+ 1,7
Verenigde Staten 1989	2,7	7,5	7,5	12,6	9,2	12,1	9,2	9,6	8,0	+ 0,8	+ 2,1

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel B3 Aanbevolen hoeveelheid eiwitten in gram per dag.^a

	leeftijd										zwanger- schap	lactatie
	1 maand	5 jaar		15 jaar		40 jaar		80 jaar				
		M	V	M	V	M	V	M	V			
het voorliggende advies	8,5	22	21	56	49	59	50	60	51	+ 10	+ 13	
Nederland 1992	13	47	43	70	65	71	55	56	52	+ 15	+ 16	
Scandinavië 1996	10,5	53	51	85	68	86	68	71	62	+ 8	+ 15	
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	10	18	17	60	46	59	47	54	44	+ 11	+ 16	
Groot-Brittannië 1991	12,5	20	20	55	45	56	45	53	47	+ 6	+ 11	
Europese Commissie 1992	-	19	19	54	46	56	47	56	47	+ 10	+ 16	
Verenigde Staten 1989	13	24	24	59	44	63	50	63	50	+ 10	+ 15	

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel B4 Adequate innemingen voor vetten, in energieprocenten.

	leeftijd					zwanger- schap	lactatie	
	1 maand	5 jaar	15 jaar	40 jaar	80 jaar			
het voorliggende advies	50	bij energiebalans en wenselijk lichaamsgewicht of wenselijke gewichtstoename: 20-40; bij overgewicht en ongewenste gewichtstoename: 20-30/35						
Nederland 1992	50	30-35	30-35	30-35	30-35	30-35	30-35	
Scandinavië 1996	40-55	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	45-50	30-35	normaliter ≤30 ; bij hoge lichamelijke activiteit ≤35.			35	35	
Groot-Brittannië 1991	-	35	35	35	35	35	35	
Europese Commissie 1992	-	-	-	-	-	-	-	
Verenigde Staten 1989	-	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	

Tabel B5 Adequate innemingen voor vetzuren en vetzuurgroepen, in energieprocenten, tenzij een andere eenheid is aangegeven.^a

	leeftijd				zwangerschap				lactatie					
	1 maand				5, 15, 40 en 80 jaar									
	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren	n-6 vetzuren	n-3 vetzuren				
	LZ	totaal	αLNZ	n-3 vet- totaal	LZ	totaal	αLNZ	n-3 vet- totaal	LZ	totaal	αLNZ	totaal	αLNZ	totaal
het voorliggende advies	0,6 g/ [kg.d]	-	0,08 g/ [kg.d]	-	2	-	1	0,2 g/d	-	8-38 of 8-28/33 ^b	-	-	-	-
Nederland 1992	3	-	-	-	2	-	-	-	-	2,5	-	-	3	-
Scandinavië 1996	-	-	-	-	3	-	-	0,5	-	essentiële vetzuren: 5	-	-	essentiële vetzuren: 5	-
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	-	4	-	0,5	-	2,5	-	0,5	-	-	2,5	-	0,5	-
Groot-Brittannië 1991	1	-	0,2	-	1	-	0,2	-	-	1	-	0,2	-	1
Europese Commissie 1992	-	-	-	-	2	-	-	0,5	-	2	-	0,5	-	2
Verenigde Staten 1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Alle adequate inneming hebben betrekking op de bedoelde vetzuren in de *cis*-configuratie.

LZ = linolzuur (C18:2 n-6);

αLNZ = alfa-linoleenzuur (C18:3 n-3);

EOV = enkelvoudig onverzadigde vetzuren;

MOV = meervoudig onverzadigde vetzuren.

^b De adequate inneming voor *cis*-onverzadigde vetzuren is niet gebaseerd op onderzoekresultaten over deze vetzuurgroep, maar berekend als de resultante van de voedingsnormen voor vetten, verzadigde vetzuren en *trans*-vetzuren. De bovengrens van 38 energieprocent is van toepassing op mensen \geq 4 jaar met een wenselijk lichaamsgewicht, de bovengrens van 28/33 energieprocent op mensen \geq 4 jaar met overgewicht of ongewenste gewichtstoename.

^c Adequate inneming voor n-3 vetzuren uit vis is ongewijzigd tijdens zwangerschap en lactatie.

Tabel B6 Aanvaardbare bovengrenzen voor vetzuurgroepen, in energieprocenten.

	5, 15, 40 en 80 jaar, zwangerschap en lactatie		
	verzadigde vetzuren	<i>trans</i> -vetzuren	meervoudig onverzadigde vetzuren
het voorliggende advies	10	1	12
Nederland 1992	10	-	-
Scandinavië 1996	verzadigde plus <i>trans</i> -vetzuren: 10		10
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	10	1	10
Groot-Brittannië 1991	10	2	10
Europese Commissie 1992	-	-	n-3 + n-6 vetzuren: 15 n-3 vetzuren: 5
Verenigde Staten 1989	10	-	10

Tabel B7 Aanbevolen hoeveelheden en adequate innemingen voor verteerbare koolhydraten, in energieprocenten.

	leeftijd					zwanger- schap	lactatie
	1 maand	5 jaar	15 jaar	40 jaar	80 jaar		
het voorliggende advies	10 g/[kg.d]	45	40	40	40	40	40
Nederland 1992	40	55	55	55	55	55	55
Scandinavië 1996	35-55	55-60	55-60	55-60	55-60	55-60	55-60
Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk 2000	45	>50	>50	>50	>50	>50	>50
Groot-Brittannië 1991	-	50	50	50	50	50	50
Europese Commissie 1992	-	-	-	-	-	-	-
Verenigde Staten 1989	-	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50

Inneming van energie en van de voedingsstoffen behandeld in dit advies

De tabellen C1 tot en met C4 geven de gemiddelde inneming en de standaarddeviatie daarvan, voor energie, eiwitten, koolhydraten, vetten, linolzuur, verzadigde vetzuren, enkelvoudig onverzadigde vetzuren en meervoudig onverzadigde vetzuren, in de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998 (bron: Hulshof KFAM, Kistemaker C, Bouman M. De inname van energie en voedingsstoffen door Nederlandse bevolkingsgroepen - Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. TNO-rapport V98.805. TNO Voeding, Zeist, 1998).

Tabel C5 tot en met C7 geeft de gemiddelde vetzuurgehaltes van voedingen van mannen van middelbare leeftijd die deelnamen aan de Zeven Landen Studie. De gegevens weerspiegelen de voeding in 1960, maar de voedingsmiddelen zijn verzameld en geanalyseerd in 1987 (bron: de Vries JHM, Jansen A, Kromhout D, e.a. The fatty acid and sterol content of food composites of middle-aged men in seven countries. *J Food Composition and Analysis* 1997; 10: 115-141).

Tabellen C8 en C9 geven informatie over de verdeling van de inneming van alfa-linoleenzuur in verschillende populaties (voor literatuurverwijzingen, zie de voetnoten bij deze tabellen).

Tabel C1 Inneming van energie en eiwitten in de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998; gemiddelde (standaarddeviatie).^a

leeftijd (jr)	energie (MJ/d)		eiwitten (g/d)		eiwitten (energieprocenten)	
	M	V	M	V	M	V
1 t/m 3	6,1 (1,5)	5,4 (1,3)	50 (13)	45 (13)	14,0 (2,7)	14,2 (2,9)
4 t/m 6	6,9 (1,4)	6,6 (1,3)	56 (14)	53 (14)	13,6 (2,7)	13,6 (2,3)
7 t/m 9	8,4 (1,8)	7,6 (1,6)	66 (15)	61 (16)	13,5 (2,7)	13,5 (2,6)
10 t/m 12	9,4 (2,3)	8,6 (1,8)	74 (20)	66 (15)	13,4 (2,4)	13,0 (2,3)
13 t/m 15	10,9 (2,7)	8,7 (1,9)	84 (22)	70 (17)	13,1 (2,4)	13,7 (2,5)
16 t/m 18	11,6 (3,3)	9,1 (2,3)	90 (26)	72 (20)	13,3 (2,6)	13,4 (2,6)
19 t/m 21	11,9 (3,3)	8,6 (2,3)	98 (31)	70 (20)	13,9 (2,5)	14,0 (3,4)
22 t/m 49	11,2 (2,9)	8,5 (2,3)	95 (28)	76 (21)	14,5 (3,0)	15,3 (3,7)
50 t/m 65	10,4 (2,7)	7,8 (2,3)	95 (25)	76 (21)	15,6 (3,3)	16,9 (4,0)
≥ 65	9,4 (2,4)	7,5 (1,9)	86 (24)	73 (18)	15,5 (3,3)	16,7 (3,9)
≥ 75	9,1 (2,5)	7,5 (1,8)	82 (25)	72 (19)	15,3 (3,4)	16,3 (3,4)
zwangere vrouwen	-	8,9 (2,3)	-	80 (23)	-	15,3 (3,1)

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel C2 Inneming van vetten en linolzuur in de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998; gemiddelde (standaarddeviatie) in energieprocenten.^a

leeftijd (jr)	vetten		linolzuur	
	M	V	M	V
1 t/m 3	30,9 (6,2)	30,4 (5,6)	4,8 (2,1)	4,8 (1,9)
4 t/m 6	32,1 (6,1)	31,6 (5,7)	5,4 (1,7)	5,2 (1,8)
7 t/m 9	33,8 (6,1)	34,4 (6,6)	5,6 (1,7)	5,6 (2,0)
10 t/m 12	35,1 (6,2)	34,8 (5,8)	5,7 (1,9)	5,6 (2,1)
13 t/m 15	35,5 (5,5)	35,9 (5,9)	6,0 (2,2)	5,9 (2,1)
16 t/m 18	35,4 (6,1)	35,5 (6,3)	6,1 (2,3)	5,5 (2,1)
19 t/m 21	36,0 (6,6)	35,1 (5,7)	6,0 (2,1)	5,5 (1,9)
22 t/m 49	36,5 (6,5)	37,0 (6,8)	5,9 (2,1)	5,7 (2,2)
50 t/m 65	36,7 (6,3)	36,9 (7,3)	6,1 (2,5)	5,8 (2,7)
≥ 65	36,7 (6,5)	37,0 (7,0)	6,3 (2,4)	6,2 (2,8)
≥ 75	38,8 (7,2)	37,8 (7,5)	7,0 (3,7)	6,3 (3,0)
zwangere vrouwen	-	35,9 (6,2)	-	5,1 (2,0)

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel C3 Inneming van verzadigde vetzuren, enkelvoudig onverzadigde vetzuren en meervoudig onverzadigde vetzuren in de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998; gemiddelde (standaarddeviatie) in energieprocenten.^a

leeftijd (jr)	verzadigde vetzuren		enkelvoudig onverzadigde vetzuren		meervoudig onverzadigde vetzuren	
	M	V	M	V	M	V
1 t/m 3	12,7 (2,7)	12,5 (2,9)	10,5 (2,6)	10,3 (2,3)	5,7 (2,3)	5,6 (2,0)
4 t/m 6	12,8 (2,8)	12,6 (2,6)	11,0 (2,6)	10,9 (2,5)	6,2 (1,8)	6,0 (1,9)
7 t/m 9	13,4 (2,8)	13,6 (2,9)	11,8 (2,7)	11,9 (2,9)	6,4 (1,8)	6,6 (2,1)
10 t/m 12	13,6 (2,9)	13,7 (2,6)	12,6 (2,9)	12,3 (2,7)	6,7 (2,0)	6,6 (2,1)
13 t/m 15	13,4 (2,4)	14,2 (2,9)	12,8 (2,7)	12,5 (2,5)	7,0 (2,3)	6,9 (2,2)
16 t/m 18	13,6 (2,9)	14,0 (2,8)	12,4 (2,5)	12,6 (3,0)	7,0 (2,4)	6,5 (2,2)
19 t/m 21	13,8 (3,0)	13,6 (3,1)	12,8 (2,8)	12,7 (2,8)	7,0 (2,2)	6,4 (2,0)
22 t/m 49	14,2 (3,1)	14,6 (3,4)	12,9 (2,9)	13,2 (3,0)	6,9 (2,1)	6,8 (2,3)
50 t/m 65	14,5 (3,3)	14,8 (3,7)	12,7 (2,7)	12,8 (3,2)	7,1 (2,6)	6,8 (2,8)
≥ 65	14,6 (3,5)	15,0 (3,8)	12,3 (2,7)	12,4 (2,9)	7,3 (2,4)	7,1 (2,8)
≥ 75	15,6 (3,8)	15,8 (4,1)	12,6 (3,0)	12,3 (3,0)	7,9 (3,6)	7,2 (3,1)
zwangere vrouwen	-	14,8 (2,9)	-	12,4 (2,7)	-	6,2 (2,2)

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel C4 Inneming van koolhydraten in de Nederlandse voedselconsumptiepeiling 1997-1998; gemiddelde (standaarddeviatie) in energieprocenten.^a

leeftijd (jr)	koolhydraten	
	M	V
1 t/m 3	55,0 (6,1)	55,4 (6,7)
4 t/m 6	54,3 (6,6)	54,7 (6,4)
7 t/m 9	52,7 (6,6)	52,0 (7,3)
10 t/m 12	51,5 (6,4)	52,1 (6,2)
13 t/m 15	51,2 (5,8)	50,3 (6,5)
16 t/m 18	49,5 (6,6)	50,3 (7,1)
19 t/m 21	46,9 (6,9)	50,0 (7,1)
22 t/m 49	44,6 (7,6)	45,0 (7,8)
50 t/m 65	42,4 (7,1)	42,7 (7,6)
≥ 65	42,6 (7,4)	44,0 (7,4)
≥ 75	42,7 (8,2)	43,7 (8,3)
zwangere vrouwen	-	48,8 (6,9)

^a M = jongens en mannen; V = meisjes en vrouwen

Tabel C5 Gemiddelde inneming van verzadigde vetzuren, in grammen per dag, bij mannen van middelbare leeftijd in de zeven-landen studie (Vri97).

cohort	populatie	verzadigd vetzuur													totaal verzadigde vetzuren	
		C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	C22:0	C24:0	g/d	ener-gie% ^a		
VS	spoorwegmede-werkers	0,5	1,3	1,8	5,8	0,7	30,0	0,7	14,0	0,3	0,3	0,1	55,5	21,2		
Finland	oostelijk deel	1,3	3,3	4,3	14,0	1,6	41,0	0,9	22,0	0,4	0,3	0,1	89,2	22,6		
"	westelijk deel	0,4	2,1	3,4	11,0	1,1	35,0	0,7	18,0	0,3	0,4	0,2	72,6	18,4		
Nederland	Zutphen	0,6	1,3	2,2	8,0	0,8	30,0	0,6	15,0	1,0	1,1	0,5	61,1	20,1		
Italië	Crevalcore	0,5	0,8	1,1	4,2	0,5	31,0	0,5	15,0	0,5	0,4	0,2	54,7	13,4		
"	Montegiorgio	0,1	0,3	0,3	1,3	0,1	19,0	0,3	9,4	0,3	0,2	0,1	31,4	9,6		
"	spoorwegmede-werkers Rome	0,2	0,4	0,7	2,4	0,3	17,0	0,3	6,2	0,3	0,2	0,1	28,1	9,4		
Griekenland	Corfu	0,2	0,4	0,3	1,1	0,2	16,0	0,1	3,1	0,4	0,2	0,1	22,1	7,2		
"	Kreta	0,3	0,7	0,5	1,8	0,3	18,0	0,2	5,6	0,6	0,3	0,1	28,4	8,9		
Kroatië	Dalmatië	0,3	0,5	0,5	2,5	0,3	24,0	0,4	10,0	0,5	0,3	0,2	39,5	9,3		
"	Slavonië	0,2	0,5	0,6	3,7	0,5	42,0	0,5	20,0	0,2	0,2	0,1	68,5	16,5		
Servië	Belgrado	0,7	1,2	1,3	5,6	0,8	31,0	0,7	15,0	0,4	0,4	0,2	57,3	18,4		
"	Velika-Krsna	0,9	1,3	1,5	5,8	0,8	29,0	0,5	12,0	0,1	0,2	0,1	52,2	13,6		
"	Zrenjanin	0,1	0,3	0,4	2,6	0,2	33,0	0,5	17,0	0,4	0,2	0,1	54,8	15,1		
Japan	Tanushimaru	0,1	0,0	0,1	0,8	0,1	6,5	0,1	2,0	0,1	0,1	0,1	10,0	3,6		
"	Ushibuka	0,0	0,0	0,2	1,0	0,1	9,2	0,2	3,0	0,1	0,1	0,1	14,0	5,2		
laagste waarde		0,0	0,0	0,1	0,8	0,1	6,5	0,1	2,0	0,1	0,1	0,1	10,0	3,6		
hoogste waarde		1,3	3,3	4,3	14,0	1,6	42,0	0,9	22,0	1,0	1,1	0,5	89,2	22,6		

^a Berekend door het de som van de gemiddelde inneming van specifieke verzadigde vetzuren in grammen per dag te delen door de totale vetconsumptie in grammen per dag en dit getal te vermenigvuldigen met de totale vetconsumptie in energieprocenten.

Tabel C6 Gemiddelde inneming van enkelvoudig onverzadigde vetzuren (EOV's), in grammen per dag, bij mannen van middelbare leeftijd in de zeven-landen studie (Vri97).

cohort	cis-EOV							totaal cis-EOV			trans-EOV			totaal trans-EOV	
	populatie	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1	C22:1	C24:1	g/d	energie% ^a	C16:1	C18:1	g/d	energie% ^b	
VS	spoorwegmede-werkers	0,8	3,0	0,4	44,0	0,4	0,1	0,0	48,7	18,6	0,3	3,9	4,2	1,6	
Finland	oostelijk deel	1,3	3,4	0,0	49,0	0,6	0,2	0,1	54,6	13,8	0,8	4,9	5,7	1,4	
"	westelijk deel	1,1	2,8	0,3	44,0	0,7	0,3	0,0	49,2	12,5	0,6	3,6	4,2	1,1	
Nederland	Zutphen	0,6	4,3	0,3	37,0	4,3	2,9	0,2	49,6	16,3	2,6	5,5	8,1	2,7	
Italië	Crevalcore	0,4	2,7	0,0	68,0	1,0	0,3	0,0	72,4	17,7	0,0	1,1	1,1	0,3	
"	Montegiorgio	0,2	1,7	0,0	47,0	0,9	0,4	0,0	50,2	15,4	0,0	0,4	0,4	0,1	
"	spoorwegmede-werkers Rome	0,4	1,6	0,2	51,0	0,8	0,3	0,0	54,3	18,1	0,0	0,7	0,7	0,2	
Griekenland	Corfu	0,1	1,4	0,1	61,0	0,3	0,1	0,0	63,0	20,4	0,0	0,2	0,2	0,1	
"	Kreta	0,2	1,3	0,2	82,0	0,4	0,1	0,0	84,2	26,4	0,0	0,4	0,4	0,1	
Kroatië	Dalmatië	0,3	2,8	0,2	73,0	1,3	0,2	0,1	77,9	18,4	0,0	1,1	1,1	0,3	
"	Slavonië	0,4	5,3	0,0	73,0	2,0	0,3	0,1	81,1	19,5	0,0	1,2	1,2	0,3	
Servië	Belgrado	0,6	3,0	0,4	49,0	1,1	0,1	0,0	54,2	17,4	0,3	2,0	2,3	0,7	
"	Velika-Krsna	0,6	2,6	0,2	38,0	0,7	0,3	0,0	42,4	11,1	0,1	2,2	2,3	0,6	
"	Zrenjanin	0,3	3,8	0,4	59,0	1,4	0,3	0,0	65,2	17,9	0,0	1,3	1,3	0,4	
Japan	Tanushimaru	0,1	0,8	0,0	8,0	0,0	0,8	0,2	9,9	3,6	0,1	0,1	0,2	0,1	
"	Ushibuka	0,2	1,6	0,0	15,0	0,0	0,3	0,1	17,2	6,4	0,0	0,3	0,3	0,1	
laagste waarde		0,1	0,8	0,0	8,0	0,0	0,1	0,0	9,9	3,6	0,0	0,1	0,2	0,1	
hoogste waarde		1,3	5,3	0,4	82,0	4,3	2,9	0,2	84,2	26,4	2,6	5,5	8,1	2,7	

^a Berekend door het de som van de gemiddelde inneming van specifieke cis-enkelvoudig onverzadigde vetzuren in grammen per dag te delen door de totale vetconsumptie in grammen per dag en dit getal te vermenigvuldigen met de totale vetconsumptie in energieprocenten.

^b Berekening analoog aan die voor cis-enkelvoudig onverzadigde vetzuren.

Tabel C7 Gemiddelde inneming van meervoudig onverzadigde vetzuren (MOV's), in grammen per dag, bij mannen van middelbare leeftijd in de zeven-landen studie (Vri97).

cohort	cis-meervoudig onverzadigde vetzuren											trans-C18:2							
	populatie	n-3			n-6			overig			totaal		ener-gie% ^b	ener-g/d					
		C18:3	C18:4	C20:3	C20:5	C22:3	C22:5	C22:6	C18:2	C18:3	C20:4	C22:4			C20:2	C22:2	ener-gie% ^a		
VS	spoorwegmede- werkers	2,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	17,0	0,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	20,3	7,7	0,9	0,3
Finland	oostelijk deel	2,5	0,6	0,1	0,5	0,0	0,2	0,4	8,0	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	13,1	3,3	1,4	0,4
"	westelijk deel	1,7	0,6	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	8,7	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	3,1	0,3	0,1
Nederland	Zutphen	2,2	0,2	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	12,0	0,1	0,5	0,1	1,5	1,2	18,4	6,0	0,6	0,2	
Italië	Crevalcore	1,2	0,6	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	17,0	0,0	0,4	0,1	0,4	0,0	20,2	5,0	0,0	0,0	
"	Montegiorgio	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	12,0	0,0	0,2	0,1	0,6	0,0	14,6	4,5	0,1	0,0	
"	spoorwegmede- werkers Rome	0,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	8,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	9,8	3,3	0,0	0,0	
Griekenland	Corfu	1,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	13,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	15,1	4,9	0,0	0,0	
"	Kreta	1,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	11,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	12,7	4,0	0,0	0,0	
Kroatië	Dalmatië	1,6	0,9	0,1	0,6	0,1	0,2	1,1	17,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	22,0	5,2	0,0	0,0	
"	Slavonië	1,4	1,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	16,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0	20,6	4,9	0,0	0,0	
Servië	Belgrado	2,0	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	22,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	25,7	8,3	0,0	0,0	
"	Velika-Krsna	1,1	0,7	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	13,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	15,6	4,1	0,0	0,0	
"	Zrenjanin	1,3	0,7	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	19,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	22,1	6,1	0,0	0,0	
Japan	Tanushimaru	1,0	1,0	0,3	0,5	0,2	0,1	0,7	8,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	11,9	4,3	0,0	0,0	
"	Ushibuka	1,3	0,8	0,3	0,8	0,1	0,3	1,1	8,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	13,2	4,9	0,0	0,0	
laagste waarde		0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	9,8	3,1	0,0	0,0	
hoogste waarde		2,5	1,5	0,3	0,8	0,2	0,3	1,1	22,0	0,3	0,5	0,1	1,5	1,2	25,7	8,3	1,4	0,4	

^a Berekend door het de som van de gemiddelde inneming van specifieke *cis*-meervoudig onverzadigde vetzuren in grammen per dag te delen door de totale vetconsumptie in grammen per dag en dit getal te vermenigvuldigen met de totale vetconsumptie in energieprocenten.

^b Berekening analoog aan die voor *cis*-meervoudig onverzadigde vetzuren.

Tabel C8 Gemiddelde inneming en spreiding in de inneming van alfa-linoleenzuur bij volwassen mannen.

land	leeftijd (jr)	ref ^a	inneming van alfa-linoleenzuur								
			gemiddelde	standaard-deviatie	percentielen van inneming						
					2½	10	25	50	75	90	97½
<i>onderzoeksuitkomsten in grammen per dag^b:</i>											
België	18-65	Hul99	1,7	0,8	-	0,9	-	1,6	-	2,6	-
Denemarken	19-64	Hul99	2,2	0,9	-	1,3	-	2,1	-	3,2	-
Duitsland	19-64	Hul99	0,9	0,5	-	0,5	-	0,8	-	1,6	-
Duitsland	19-24	Ado95	-	-	0,89	-	1,49	1,86	2,36	-	3,82
Duitsland	25-50	Ado95	-	-	0,88	-	1,41	1,75	2,19	-	3,40
Duitsland	51-64	Ado95	-	-	0,85	-	1,35	1,70	2,10	-	3,27
Duitsland	≥ 65	Ado95	-	-	0,83	-	1,35	1,65	1,97	-	3,04
Finland	25-64	Hul99	1,8	0,9	-	0,9	-	1,6	-	3,0	-
Frankrijk	19-64	Hul99	0,6	0,3	-	0,4	-	0,6	-	0,9	-
Griekenland	23-64	Hul99	0,6	0,5	-	0,2	-	0,5	-	1,2	-
IJsland	19-64	Hul99	2,5	1,5	-	1,0	-	2,0	-	4,5	-
Nederland	19-64	Hul99	1,7	0,7	-	0,9	-	1,6	-	2,7	-
Nederland	71,5±5,3	Vos96	1,30	0,46	-	-	-	1,24	-	-	-
Nederland	75,1±4,6	Vos96	1,21	0,52	-	-	-	1,11	-	-	-
Noorwegen	19-64	Hul99	1,6	1,2	-	0,5	-	1,3	-	3,1	-
Portugal	38	Hul99	0,7	0,4	-	0,4	-	0,7	-	1,2	-
Verenigde Staten	volwassen	Ben99	1,59	0,01	-	0,63	-	1,36	-	2,63	-
Zwitserland	19-64	Hul99	1,4	0,7	-	0,6	-	1,2	-	2,3	-
<i>onderzoeksuitkomsten in energiepercenten:</i>											
Nederland	71,5±5,3	Vos96	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Nederland	75,1±4,6	Vos96	0,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Verenigde Staten	volwassen	Ben99	0,59	0	-	0,34	-	0,56	-	0,91	-

^a Ado95: Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, e.a. Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In: Kübler W, Anders HJ, Heeschen W: Band XI der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr Fleck, Niederkleen 1995, pp 88-91.

Ben99: Benisek D, Kyle D. Socioeconomic differences in the consumption of polyunsaturated fatty acids in the United States. J Am Coll Nutr 1999; 18: 543-4 abstract 87.

Hul99: Hulshof KFAM, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, e.a. Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on *trans* fatty acids: the TRANSFAIR study. Eur J Clin Nutr 1999; 53: 143-57.

Vos96: Voskuil DW, Feskens EJM, Katan MB, Kromhout D. Intake and sources of α -linolenic acid in Dutch elderly men. Eur J Clin Nutr 1996; 50: 784-7.

^b Uitgaande van de gemiddelde energiebehoefte, afgeleid in hoofdstuk 2, komt de adequate inneming van één energieprocent alfa-linoleenzuur overeen met een dagelijkse inneming van 3,4 gram voor mannen van 19 tot en met 30 jaar, 3,2 gram voor mannen van 31 tot en met 50 jaar, 2,9 gram voor mannen van 50 tot en met 70 jaar en 2,4 gram voor mannen ouder dan 70 jaar.

Tabel C9 Gemiddelde inneming en spreiding in de inneming van alfa-linoleenzuur bij volwassen vrouwen.

land	leeftijd (jr)	ref ^a	inneming van alfa-linoleenzuur								
			gemiddelde	standaard-deviatie	percentielen van inneming						
					2½	10	25	50	75	90	97½
<i>onderzoeksuitkomsten in grammen per dag:^b</i>											
België	18-65	Hul99	1,4	0,6	-	0,7	-	1,3	-	2,1	-
Denemarken	19-64	Hul99	2,1	1,0	-	1,0	-	2,0	-	3,3	-
Duitsland	19-64	Hul99	0,7	0,4	-	0,4	-	0,6	-	1,2	-
Duitsland	19-24	Ado95	-	-	0,66	-	1,18	1,47	1,91	-	2,99
Duitsland	25-50	Ado95	-	-	0,69	-	1,16	1,47	1,78	-	2,85
Duitsland	51-64	Ado95	-	-	0,73	-	1,17	1,44	1,76	-	2,72
Duitsland	≥ 65	Ado95	-	-	0,69	-	1,13	1,42	1,71	-	2,81
Finland	25-64	Hul99	1,3	0,6	-	0,6	-	1,3	-	2,1	-
Frankrijk	19-64	Hul99	0,5	0,2	-	0,3	-	0,4	-	0,8	-
Griekenland	23-64	Hul99	0,7	0,9	-	0,2	-	0,5	-	1,3	-
IJsland	19-64	Hul99	1,4	0,9	-	0,6	-	1,2	-	2,5	-
Nederland	19-64	Hul99	1,2	0,6	-	0,7	-	1,1	-	2,0	-
Noorwegen	19-64	Hul99	1,0	0,7	-	0,4	-	0,8	-	2,0	-
Verenigde Staten	volwassen	Ben99	1,11	0,01	-	0,45	-	0,96	-	1,95	-
Zwitserland	19-64 jr	Hul99	1,0	0,5	-	0,5	-	0,9	-	1,7	-
<i>onderzoeksuitkomsten in energieprocenten:</i>											
Verenigde Staten	volwassen	Ben99	0,62	0	-	0,34	-	0,57	-	0,98	-

^a Ado95: Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, e.a. Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In: Kübler W, Anders HJ, Heeschen W: Band XI der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr Fleck, Niederkleen 1995 pp 88-91.

Ben99: Benisek D, Kyle D. Socioeconomic differences in the consumption of polyunsaturated fatty acids in the United States. J Am Coll Nutr 1999; 18: 543-4 abstract 87.

Hul99: Hulshof KFAM, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, e.a. Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on *trans* fatty acids: the TRANSFAIR study. Eur J Clin Nutr 1999; 53: 143-57.

Vos96: Voskuil DW, Feskens EJM, Katan MB, Kromhout D. Intake and sources of α -linolenic acid in Dutch elderly men. Eur J Clin Nutr 1996; 50: 784-7.

^b Uitgaande van de gemiddelde energiebehoefte, afgeleid in hoofdstuk 2, komt de adequate inneming van één energieprocent alfa-linoleenzuur overeen met een dagelijkse inneming van 2,7 gram voor vrouwen van 19 tot en met 30 jaar, 2,6 gram voor vrouwen van 31 tot en met 50 jaar, 2,4 gram voor vrouwen van 50 tot en met 70 jaar en 2,1 gram voor vrouwen ouder dan 70 jaar.