



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu

Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport

## **Effect van verandering in de energie-inneming of de lichamelijke activiteit op het lichaamsgewicht**

*Een verkenning van de literatuur rond de energiebalans*

Briefrapport 260464001/2010

I.E.J. Milder | J.M.A. Boer | W.J.E. Bemelmans



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Effect van verandering in de energie- inneming of de lichamelijke activiteit op het lichaamsgewicht**

Een verkenning van de literatuur rond de energiebalans

Briefrapport 260464001/2010

I.E.J. Milder | J.M.A. Boer | W.J.E. Bemelmans



## RIVM Briefrapport 260464001/2010

Effecten van verandering in de energie-inneming of de lichamelijke activiteit op het lichaamsgewicht

*Een verkenning van de literatuur rond de energiebalans.*

Ivon EJ Milder, Jolanda MA Boer, Wanda JE Bemelmans

Contactpersoon:

Ivon EJ Milder

Centrum Preventie- en Zorgonderzoek

Ivon.Milder@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Voedingscentrum in het kader van project V/260464-01/VE.

## Voorwoord

Dit briefrapport is interessant voor iedereen die meer wil weten over de energiebalans, de rol van eten en bewegen bij het ontstaan van overgewicht en bij afvallen en de fysiologische mechanismen die daarop van invloed zijn. Uiteenlopende vraagstukken rond dit thema zijn wetenschappelijk uitgewerkt via een verkennend onderzoek. Daarnaast is diepgaander onderzoek gedaan om te kijken welke gewichtsdeling verwacht kan worden bij het aanpassen van de voeding of de lichamelijke activiteit en in hoeverre compensatie optreedt tussen de gedragingen.

Op basis van de concrete hoofdboodschappen kan beleid vormgegeven worden dat zich richt op een gezond gewicht voor zoveel mogelijk Nederlanders.

Het onderzoek werd in opdracht van het Voedingscentrum uitgevoerd door het centrum Preventie en Zorgonderzoek en het centrum voor Voeding en Gezondheid van het RIVM.

Wij bedanken Prof. dr. Jaap Seidell (hoogleraar Voeding en Gezondheid VU en VU medisch centrum, voorzitter Partnerschap Overgewicht Nederland) en dr. Astrid Nooyens, dr. Ellen Ueters en dr. Wanda Wendel-Vos van het centrum voor Preventie en Zorgonderzoek en ir. Saskia van den Berg van het centrum voor Voeding en Gezondheid voor hun feedback en expert review.

# Hoofdboodschappen

Dit briefrapport betreft een verkenning van de literatuur. De volgende hoofdboodschappen zijn van belang voor vormgeving van beleid gericht op een gezond gewicht. Voor de duidelijkheid zijn de bronnen aangegeven waarop de uitspraken zijn gebaseerd. Nieuwe inzichten uit aankomende onderzoeken kunnen leiden tot verdere aanscherping van deze hoofdboodschappen.

1. Gewichtsstijging ontstaat als de energie-inneming via de voeding hoger is dan het energieverbruik. Het energieverbruik bestaat uit drie componenten, waarvan de lichamelijke activiteit er een is. Verschillende fysiologische mechanismen beïnvloeden de energiebalans en deze kunnen een bijdrage leveren aan het tot stand komen van overgewicht.
2. Via aanpassingen in de voeding lijkt het makkelijker om grotere energietekorten te bereiken dan via meer lichamelijke activiteit. Beleid gericht op afvallen dient dus in ieder geval aandacht te hebben voor het voedingspatroon.  
*Gebaseerd op figuren 6 en 7; theorie energiebalans (hoofdstuk 1).*
3. Logischerwijs geldt dat dan ook voor beleid ter voorkoming van gewichtsstijging alleen is dan het benodigde energietekort kleiner.
4. Aandacht voor lichamelijke activiteit is echter ook van belang vanwege het gewichtsverlies dat te behalen lijkt bij sedentaire mensen en het voorkomen van terugval bij actieve mensen. Enkele leefstijlinterventies bij mensen met overgewicht lieten grotere effecten op langere termijn zien als naast aandacht voor de voeding ook aandacht is voor beweging. Daarnaast heeft bewegen nog meer gezondheidseffecten die los staan van een eventuele gewichtsverandering.  
*Gebaseerd op Westerterp 2009; hoofdstuk 1 en 2, Bemelmans 2008, CBO richtlijn*
5. De vraag of het dieet dan wel de lichamelijke activiteit de grootste rol heeft gespeeld in de gewichtstoename van de bevolking in de afgelopen jaren kan niet beantwoord worden. Dit heeft te maken met methodologische beperkingen en de afwezigheid van goede gegevens die representatief zijn op bevolkingsniveau.  
*Gebaseerd op hoofdstuk 2 en 3.*
6. Zelfs bij gecontroleerde experimenten is er geen eenduidig verband tussen geschatte energiedisbalans en gewichtsverandering. De studies werden vooral uitgevoerd bij mensen met overgewicht of obesitas. De resultaten tonen aan dat een dagelijks verschil van 500-1300 kcal (2,1-5,4 MJ) leidt tot een geschatte gewichtsverandering van 6,5 tot 10 kg in 3 maanden.  
*Gebaseerd op hoofdstuk 4.*
7. Meer lichamelijke activiteit (via een trainingsprogramma) gaat zelden gepaard met gewichtsdeling. Naast compensatie via de voedingsinname, kan ook compensatie in de lichamelijke activiteit buiten het trainingsprogramma optreden. Calorierestrictie lijkt op langere termijn gecompenseerd te worden door minder lichamelijke activiteit. Er zijn indicaties dat het gedrag 'beter' wordt gecompenseerd wanneer gewichtsverlies dreigt dan wanneer gewichtsstijging dreigt. Hierdoor wordt afvallen bemoeilijkt en dit benadrukt dus het belang van beleid gericht op matig gewichtsverlies of voorkomen van gewichtsstijging en gericht op beide zijden van de energiebalans.  
*Gebaseerd op hoofdstuk 5, Westerterp 2010.*



## Inleiding

Sinds 1980 is het aantal personen met overgewicht in Nederland toegenomen. Inmiddels heeft bijna de helft van de volwassenen overgewicht (zie **tabel 1** voor de classificatie), en is bij ongeveer 12% sprake van ernstig overgewicht of obesitas (VTV 2010, CBS 2010).

**Tabel 1** Classificatie van overgewicht en obesitas op basis van de body-mass index (BMI).\*

Gewichtsklasse	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Ondergewicht	<18,5
Gezond gewicht	18,5-<25
Overgewicht	25-<30
Obesitas (ernstig overgewicht)	≥30

\*gewicht (kg)/(lengte(m))<sup>2</sup>

Het is bekend dat overgewicht veroorzaakt wordt door een positieve energiebalans: een grotere energie-innemering (via de voeding) dan energieverbruik. Het energieverbruik wordt grotendeels bepaald door lichaamsgewicht en -samenstelling en de mate van lichamelijke activiteit. Verschillende fysiologische mechanismen hebben invloed op de energiebalans.

Voor het terugdringen van overgewicht kan worden ingegrepen in de energie-innemering via de voeding en/of het energieverbruik via de lichamelijke activiteit.

Velen gaan ervan uit dat een optimale aanpak ter preventie en behandeling van overgewicht gericht is op zowel voeding als bewegen (WHO 2000, Bemelmans 2008, CBO 2008, VWS 2009). Bovendien hebben een gezondere voeding en meer bewegen ook los van het gewicht positieve gezondheidseffecten.

Los daarvan is het de vraag of de stijging van overgewicht in de afgelopen jaren vooral veroorzaakt werd door veranderingen in de voeding of door minder bewegen? Een antwoord blijkt wellicht niet goed te geven, maar toch is een discussie erover wel interessant. Verder is het interessant om te weten welk verschil in de energiebalans ten grondslag ligt aan de stijging in overgewicht van de afgelopen decennia. Deze onderwerpen worden kort in dit briefrapport besproken; gebaseerd op enkele publicaties die onderworpen worden aan een kritische beschouwing.

### Wat voegt dit briefrapport toe?

Het nieuwe aan dit briefrapport is dat onderzocht is welke effecten op het gewicht verwacht kunnen worden wanneer ofwel de voeding (energie-innemering) ofwel de lichamelijke activiteit met een bepaalde hoeveelheid veranderd wordt. Ook is bestudeerd in hoeverre hierbij compensatie optreedt op de andere zijde van de energiebalans. Om dit te kwantificeren heeft het RIVM een literatuuronderzoek uitgevoerd naar gecontroleerde experimenten.

Dit onderzoek inzicht in de mate van verandering die nodig is in de energie-innemering of de lichamelijke activiteit voor een bepaalde gewichtsverandering.

De resultaten zijn relevant voor vormgeving van toekomstig beleid gericht op preventie en behandeling van overgewicht, en niet zozeer bedoeld om met terugwerkende kracht de stijging van de afgelopen jaren te 'verklaren'.



## **Indeling van het (brief)rapport**

Het rapport bestaat uit zes hoofdstukken. Het is een integratie van gegevens uit eerdere RIVM-publicaties en enkele recente literatuurbeschouwingen (hoofdstukken 1 t/m 3 en paragraaf 5.5) en aanvullend systematisch literatuuronderzoek (hoofdstuk 4 en 5). Hoofdstuk 6 bevat de conclusie en interpretatie van de gegevens en aanbevelingen voor verder onderzoek

## **Hoofdstuk 1 De energiebalans**

Beschrijft de theoretische achtergrond van de energiebalans en de fysiologische mechanismen die een rol spelen bij regulatie van de energiebalans.

*(Voornamelijk gebaseerd op van de Berg, 2004 en 2006.*

## **Hoofdstuk 2 Trends in overgewicht en gedrag in Nederland**

Geeft een overzicht van de trends op populatienivo in de afgelopen 30 jaar.

*(Voornamelijk gebaseerd op VTV 2010, Ons eten gemeten 2004, Nooyens 2009, Gast 2007.*

## **Hoofdstuk 3 Voeding en beweging binnen de energiebalans: enkele literatuurbeschouwingen**

In de wetenschappelijke literatuur is er regelmatig discussie over de omvang van de energiedisbalans die de toename in overgewicht heeft veroorzaakt. Ook de bijdrage van veranderingen in de energie-innemering en lichamelijke activiteit hieraan is vaak onderwerp van discussie. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van deze wetenschappelijke discussie op basis van enkele literatuurbeschouwingen.

*Gebaseerd op Hill 2003, van den Berg 2004 en 2006, Katan 2010, Swinburn 2010, Westerterp 2008, 2009 en 2010*

## **Hoofdstuk 4 Kwantificering van effecten van veranderingen in de energie-innemering of de lichamelijke activiteit op het lichaamsgewicht**

Hoofdstuk vier beschrijft het door het RIVM verrichtte literatuuronderzoek op basis van gecontroleerde experimenten van ten minste één maand waarbij één van de componenten van de energiebalans is veranderd, terwijl de ander constant is gebleven.

## **Hoofdstuk 5 Effecten van veranderingen in de ene zijde van de energiebalans op de andere zijde.**

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het literatuuronderzoek voor gecontroleerde experimenten waarbij gevarieerd is in de energie-innemering of lichamelijke activiteit en de compensatie in de andere zijde van de energiebalans is gemeten. Verder worden de resultaten van enkele reviews rond compensatiegedrag samengevat.

*(Gedeeltelijk gebaseerd op Westerterp 2010; van den Berg 2004, Belisle 1999, King 1997, Chaput 2010)*

## **Hoofdstuk 6 Interpretatie en conclusie**

Dit hoofdstuk bevat een beschouwing rond de vraag of veranderingen in de voeding of in de lichamelijke activiteit vooral een bijdrage leverden aan de gewichtstoename in de afgelopen decennia. Verder worden de resultaten van het systematisch onderzoek bediscussieerd (hoofdstuk 4 en 5), wordt de relevantie ervan voor toekomstig beleid aangegeven en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

# Hoofdstuk 1 De energiebalans

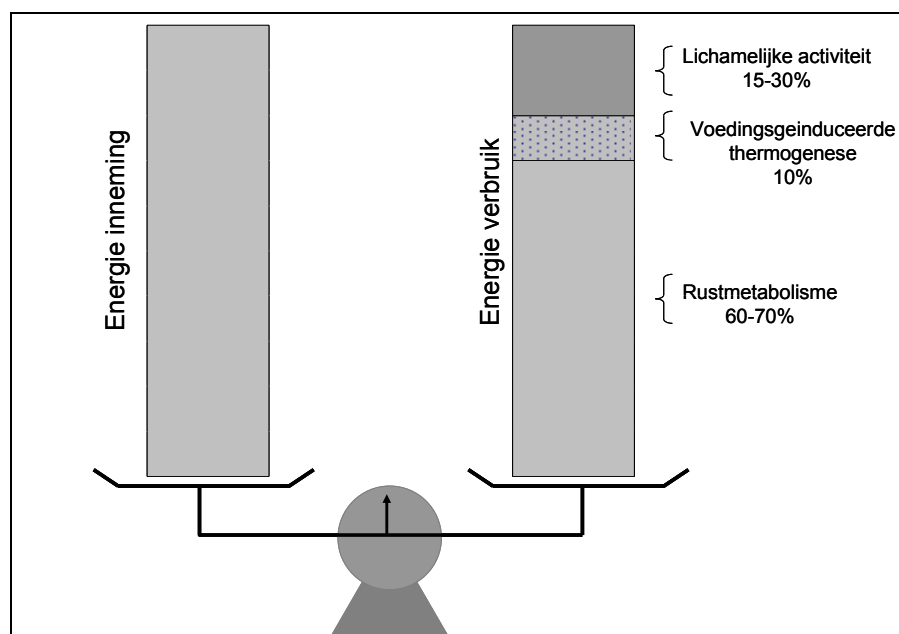
(Gedeeltelijk) gebaseerd op van den Berg et al, 2004, van den Berg et al 2006.

## 1.1 Componenten van de energiebalans

Gewichtstoename is het gevolg van een *positieve* energiebalans waarbij meer energie het lichaam binnen komt dan wordt verbruikt. De inneming van energie wordt volledig bepaald door de inneming van macronutriënten (vetten, koolhydraten, eiwit en alcohol) via de voeding. Als eenheid voor energie-inneming wordt meestal de kcal of de kJ gebruikt (NB: 1 kcal = 4,2 kJ).

Het energieverbruik bestaat uit drie componenten. Het rustmetabolisme is de grootste component en is verantwoordelijk voor 60-70% van het dagelijkse energieverbruik. Het rustmetabolisme kan worden gedefinieerd als de energie die nodig is om het lichaam en belangrijke biologische functies, zoals de hartslag, spierfunctie en ademhaling, in stand te houden. De hoeveelheid vetvrije massa, leeftijd en geslacht bepalen voornamelijk het rustmetabolisme. De tweede component is het energieverbruik vanwege het eten van voedsel. Deze energie is nodig om de macronutriënten te verteren, metaboliseren en op te slaan. Dit wordt de voedingsgeïnduceerde thermogenese genoemd en is verantwoordelijk voor ongeveer 10% van het dagelijkse energieverbruik. De derde en meest variabele component van het energieverbruik is lichamelijke activiteit. Het type activiteit, de intensiteit en de duur van de activiteit bepalen de hoeveelheid energie die verbruikt wordt.

De energiebalans is schematisch weergegeven in **figuur 1**.



**Figuur 1.** Schematische weergave van de energiebalans

Lichamelijke activiteit is verantwoordelijk voor ongeveer 15% tot 30% van het dagelijkse energieverbruik. Onderzoek onder vrouwen met een normaal gewicht geeft een gemiddeld totaal energieverbruik rond 2800 kcal (11,8 MJ) per dag. Zij

verbruiken gemiddeld 530-575 kcal (2,2 tot 2,4 MJ) per dag aan lichamelijke activiteit als ze nauwelijks lichamelijk actief kunnen zijn (in een respirationekamer) en 900-1000 kcal (3,8-4,2 MJ) per dag in het dagelijkse leven (Westerterp 2003). Vrouwelijke atleten met eenzelfde totaal energieverbruik verbruiken gemiddeld 1100 kcal (4,6 MJ) per dag aan lichamelijke activiteit (Schulz 1994).

Hieruit kan grofweg afgeleid worden dat voor vrouwen met een normaal en stabiel gewicht relatief weinig extra energie verbruikt kan worden door het vergroten van de lichamelijke activiteit (bovenop het dagelijkse bewegen), namelijk ongeveer 95 kcal (0,4 MJ) per dag. Dit is het verschil met vrouwelijke atleten.

Het verschil tussen inactiviteit en een normaal dagelijks activiteitenpatroon lijkt echter groter te zijn, namelijk ongeveer 400 kcal (1,7 MJ) per dag.

Deze cijfers geven een ruwe indicatie van de orde van grootte van de bandbreedte in energieverbruik die bereikt kan worden via lichamelijke activiteit. Ze zijn gebaseerd op slechts enkele studies bij (verschillende) vrouwen, bij wie ook het rustmetabolisme waarschijnlijk verschilt (dat is waarschijnlijk lager bij atleten).

## 1.2 Fysiologische mechanismen bij regulatie van de energiebalans

In 2004 bracht het RIVM een review uit over de mechanismen die een rol spelen bij de regulatie van de energiebalans (van den Berg, 2004). Hieronder volgt een korte samenvatting van dit rapport, aangevuld met enkele recente studies. Deze paragraaf is gebaseerd op verkennend literatuuronderzoek, dus niet uitputtend.

De regulatie van de energiebalans is complex en de volgende fysiologische mechanismen spelen in elk geval een rol:

- Korte termijn regulatie via afgifte van signalen vanuit het maagdarmstelsel, zoals de darmeiwitten ghreline (stimuleert eetlust) en peptide YY (remt eetlust).
- Regulatie op langere termijn via de melanocortine route. De hormonen leptine (afgegeven door de vetcel) en insuline (afgegeven door de alvleesklier) beïnvloeden de niveaus van neuropeptiden die inwerken op de melanocortine-4-receptor in de hypothalamus. Hierdoor wordt de expressie van neuropeptiden in andere delen van de hypothalamus beïnvloed. Dit heeft vervolgens een effect op de voedselinname. Obese mensen hebben vaak relatief hoge niveaus van de eetlustremmer leptine en zijn blijkbaar minder gevoelig voor de werking ervan. Het mechanisme achter deze 'leptineresistentie' is nog onduidelijk.
- Van de drie componenten van het energieverbruik, staat de voedingsgeïnduceerde thermogenese (zie paragraaf 1.1) onder fysiologische controle. Waarschijnlijk vindt regulatie plaats door het sympathisch zenuwstelsel via  $\beta$ -adrenerge receptoren, waardoor een overmatige energie-inneming in meer of mindere mate 'gecompenseerd' wordt door een toename in het energieverbruik. Mensen met obesitas reageren mogelijk minder sterk op activiteit van het centraal zenuwstelsel. Daarnaast zou leptine een rol kunnen spelen bij het energieverbruik vanwege de invloed op enzymen die betrokken zijn bij de vetzuursynthese. Ook zouden ontkoppelingseiwitten een rol kunnen spelen. Deze eiwitten remmen de omzetting van energie naar adenosine trifosfaat (dat de energie levert voor veel lichaamsprocessen), waardoor de energie als warmte verdwijnt. In dit verband bestaat ook veel belangstelling voor het voorkomen van zgn. bruin vetweefsel bij mensen en de activiteit daarvan, welke gepaard gaat

met verlies aan warmte en dus energie. In een recente publicatie vond van Marken Lichtenbelt *et al.* (2009) bij 23 van de 24 jonge mannelijke proefpersonen activiteit van bruin vetweefsel. Er bestond een sterke relatie tussen activiteit van bruin vetweefsel met het rustmetabolisme en met de BMI, hoewel er ook veel individuele variatie zichtbaar was. Het rustmetabolisme was  $8,5 \pm 0,9$  MJ/24 uur bij mannen met gezond gewicht en  $8,2 \pm 0,3$  MJ/24 uur bij mannen met overgewicht. De hoge prevalentie van bruin vetweefsel (96%) komt mogelijk vanwege de jonge leeftijd (gemiddeld 24 jaar) van deze kleine steekproef. In andere experimenten was de prevalentie van bruin vetweefsel activiteit tussen de 3% en 45%.

- Ten aanzien van de lichamelijke activiteit (een andere component van het energieverbruik) wordt geopperd dat deze gereguleerd wordt via de hypothalamus. Dopamine receptoren kunnen hierbij een rol spelen, via beïnvloeding van motorische beweeglijkheid, motivatie tot gedrag en gevoel van beloning ná gedrag (Knab, 2010). De laatste twee mechanismen gelden ook voor de voedingsinname. Het zou kunnen dat neuropeptiden die een rol spelen bij de energiebalans via de hypothalamus, ook invloed hebben via de dopamine receptoren. Obese mensen hebben vaak lagere niveaus van dopamine receptoren en een lagere respons op voedselinname, en daarmee minder tevredenheid of gevoel van beloning, waardoor meer risico bestaat op dooreten (Volkow, 2010). Deels is dit genetisch bepaald (Stice, 2010).

De bovenvermelde mechanismen spelen een rol bij de regulatie van de energiebalans, en kunnen dus ook een rol spelen tijdens het afvallen of op gewicht blijven. Ook kunnen ze bijdragen aan het optreden van compensatiegedrag als het energieverbruik of de energie-innemings worden veranderd. (zie hoofdstuk 5)

De precieze werking en mogelijkheden om via beïnvloeding van bovenstaande fysiologische mechanismen overgewicht tegen te gaan is niet helemaal duidelijk. In enkele experimenten werd wel een lager leptine niveau gevonden na gewichtsverlies (Reed, 2010, Forsythe, 2010, Klimcakova, 2010), maar de studies hebben te kampen met diversiteit en methodologische beperkingen, waardoor de precieze implicatie voor de praktijk –wat betreft de effecten via leptine- lastig aan te geven is.

Overall kan geconcludeerd worden dat de fysiologische regulatie van de energiebalans een gecompliceerde interactie betreft tussen signaalstoffen uit het vetweefsel, maag-darmstelsel, diverse klieren en de hersenen, waarbij ook genetische factoren een rol spelen (Wu, 2010; van den Berg, 2009). Er is meer onderzoek nodig naar de precieze aanknopingspunten voor medicatie danwel interventies (Klok, 2007, Boguszewski, 2010; Hall, 2009).

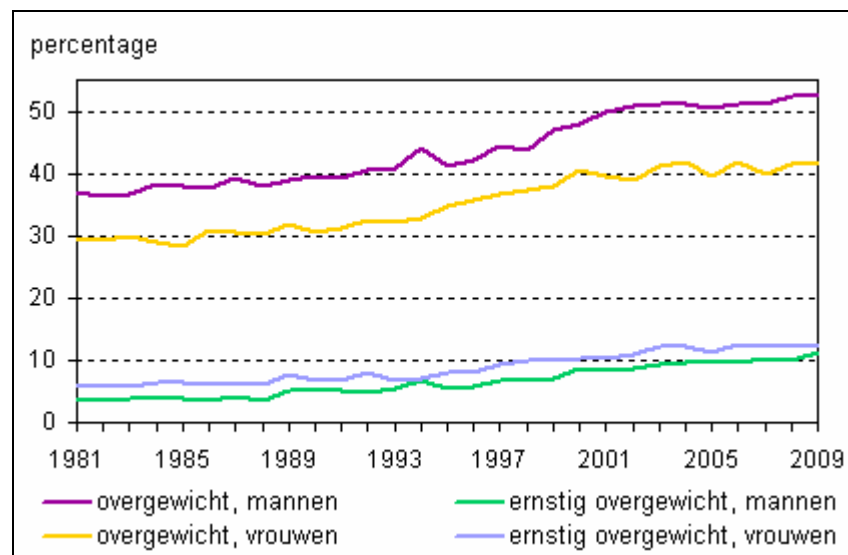


## Hoofdstuk 2 Trends in overgewicht en gedrag in Nederland

(Voornamelijk) gebaseerd op VTV 2010, Ons eten gemeten 2004, Nooyens 2009, Gast 2007.

### 2.1 Overgewicht

In 1981 had één op de drie volwassenen overgewicht en tegenwoordig geldt dat voor bijna de helft (VTV 2010). Het percentage mensen met obesitas verdubbelde van 5% tot bijna 12% (zie **figuur 2**). Mannen hebben vaker overgewicht dan vrouwen, terwijl obesitas meer voorkomt onder vrouwen.



**Figuur 2.** Percentage mensen (20 jaar en ouder) met overgewicht en ernstig overgewicht in de periode 1981-2009, gestandaardiseerd naar leeftijds- en geslachtsverdeling in 1981 (Bron: VTV 2010; CBS-Pols; Visscher 2002)

Sinds ongeveer 2000 lijkt de stijging in de prevalentie van overgewicht af te vlakken en schommelt het percentage vrouwen met overgewicht rond de 40% en mannen rond de 50%. Het percentage volwassenen met obesitas nam, vooral bij de mannen, nog steeds toe tussen 2000 en 2010 (CBS, 2010).

Hierbij moet benadrukt worden dat de gegevens voor volwassenen na 2000 geheel gebaseerd zijn op zelfgerapporteerde lengte en gewicht (CBS). Bij zelfrapportage bestaat een grote kans dat het gewicht onderschat wordt. Hierdoor kan de trend worden beïnvloed, omdat de mate van onderschatting groter is naarmate het overgewicht toeneemt (Nyholm, 2007). Er zijn echter geen recente gemeten gegevens die representatief zijn voor Nederland. Voor kinderen zijn recente gegevens voor lengte en gewicht wel beschikbaar, en hieruit blijkt dat de prevalentie van overgewicht is gestegen tussen 1997 en 2010. (TNO, 2010).

#### Absolute gewichtsstijging en verdeling

Om de afwijking van de energiebalans die nodig is geweest om de stijging van overgewicht tussen 1981 en 2000 te bepalen, is het noodzakelijk te weten welke (gemiddelde) gewichtsstijging ten grondslag lag aan de toename van de prevalenties

van overgewicht en obesitas en hoe deze gewichtsstijging was verdeeld over de bevolking.

Op basis van de zelfgerapporteerde gegevens van CBS-Pols was de gemiddelde gewichtsstijging tussen 1981 en 2004 voor personen van 20 tot 69 jaar ongeveer 3 kilo in 23 jaar dus 0,1 kilo per jaar. (Gast, 2007)

In de Doetinchem Cohort studie was de stijging voor personen van 20-59 jaar groter, namelijk 4,9 kg in de 11 jaar tussen 1987-1991 en 1998-2002. Dit komt neer op een gewichtsstijging van 0,45 kg per jaar (van den Berg, 2006). Dat de stijging in de Doetinchem studie groter is dan in CBS-Pols kan deels verklaard worden doordat in de Doetinchem studie de lengte en het gewicht gemeten zijn, de periode iets korter is (en bovendien de periode beslaat waarbij ook in CBS-Pols de stijging het grootst was) en de bovengrens voor de leeftijd lager ligt.

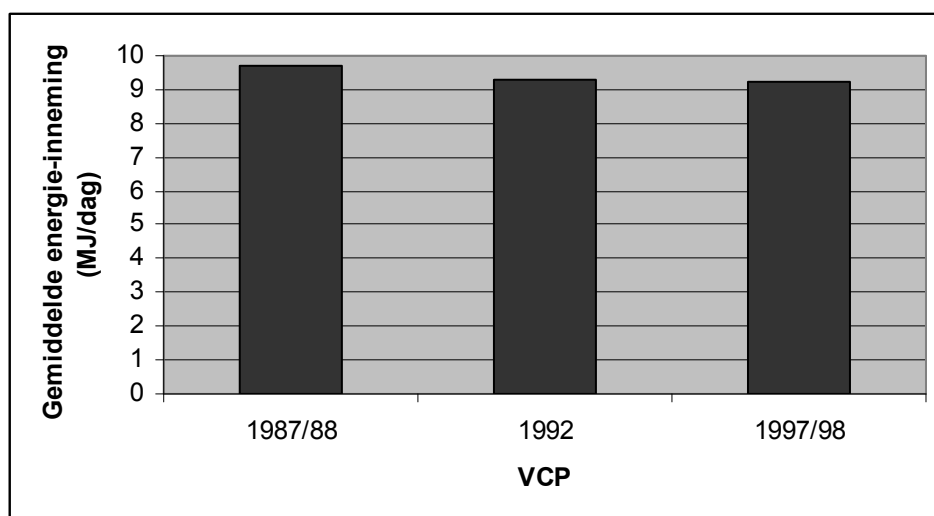
Uit de Doetinchem studie bleek dat de gewichtsstijging tussen 1987-1991 en 1998-2002 niet evenredig over de bevolking verdeeld was. De personen met het hoogste gewicht namen ook het meest in gewicht toe. De mediane gewichtsstijging was 0,41 kg per jaar (van den Berg, 2006).

Bovendien waren er verschillen in gewichtsstijging naar leeftijd en geslacht. De mediane gewichtsstijging voor de leeftijdsgroepen 20-30, 31-50 en 51-59 jaar was respectievelijk 6,6; 4,6 en 2,3 kg. In de jongste leeftijdsgroep was de gewichtsstijging iets groter voor mannen dan voor vrouwen, terwijl dit in de oudste leeftijdsgroep andersom was.

Overgewicht en obesitas komen meer voor bij personen met een laag opleidingsniveau dan bij personen met een hoog opleidingsniveau. Uit zowel de Doetinchem als de CBS-Pols gegevens bleek echter dat de stijging in de prevalentie van overgewicht optrad op alle opleidingsniveaus. (van den Berg 2006; Nooyens, 2008; Gast 2007 ). Het relatieve verschil in de prevalentie van overgewicht tussen het laagste en het hoogste opleidingsniveau lijkt sinds begin jaren '90 te zijn afgenomen. (Schokker, 2006).

## 2.2 Energie-inneming

De landelijke voedselconsumptiepeilingen (1987/1988, 1992 en 1997/1998) laten een daling van de gemiddelde energie-inneming in deze periode zien van ruim 4% van 2313 kcal (9,7 MJ) naar 2209 kcal (9,2 MJ) per dag. (zie **figuur 3**) (Gezondheidsraad 2002, Ons eten gemeten 2004). Deze afname geldt voor bijna alle leeftijds- en geslachtsgroepen. Een deel van deze daling is mogelijk te verklaren door toegenomen onderrapportage. (Gezondheidsraad 2002). Alleen voor 19-30 jarigen zijn er recentere gegevens beschikbaar. De gerapporteerde energie-inneming voor deze groep is lager in 2003 dan in 1997/1998 (Hulshof 2004). De cijfers zijn echter niet direct te vergelijken, onder andere doordat een andere methodologie is gebruikt voor het meten van de voedselconsumptie.



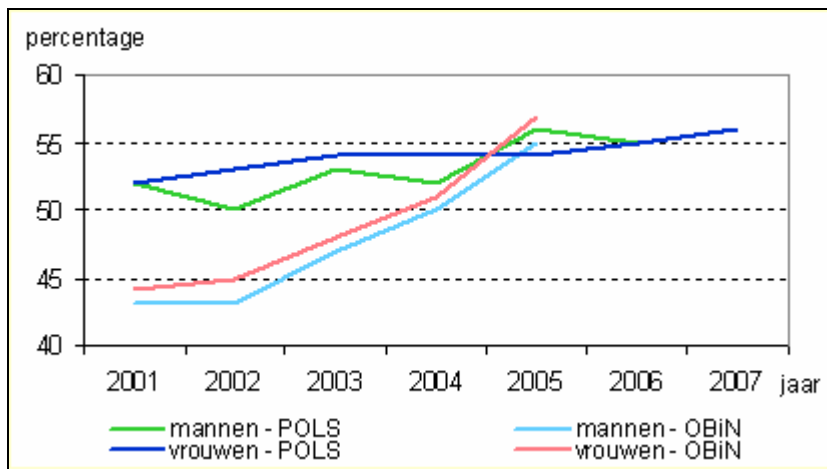
**Figuur 3.** Gemiddelde energie-innemering in de Nederlandse bevolking in de drie voedselconsumptiepeilingen (VCP) (Bron: Gezondheidsraad 2002).

## 2.3 Lichamelijke activiteit

De trend in lichamelijke activiteit in Nederland wordt meestal beschreven met de Nederlandse Norm Gezond Bewegen (NNGB) (Ooijendijk, 2007). De NNGB is gebaseerd op de minimale hoeveelheid lichaamsbeweging die nodig is voor instandhouding en verbetering van de gezondheid. Voor volwassenen ( $\geq 18$  jaar) is dit ten minste een half uur per dag (matig) intensieve activiteit op minimaal 5 dagen per week. Voor volwassenen is dit bijvoorbeeld stevig wandelen (5 km/u) en fietsen (16 km/u), en voor 55-plussers wandelen (4 km/u) en fietsen (10 km/u).

Voor jongeren ( $< 18$  jaar) wordt dagelijks ten minste een uur matige activiteit voorgeschreven. Ook wordt daarbij aanbevolen dat de activiteiten ten minste tweemaal per week gericht zijn op het verbeteren of handhaven van lichamelijke fitheid (kracht, lenigheid en coördinatie). Voorbeelden van matige activiteit voor jongeren zijn aerobics, skateboarden en hardlopen (8 km/u). Het percentage mensen van 12 jaar en ouder dat voldoet aan de NNGB (normactieven) is volgens het CBS in de periode 2001-2007 licht toegenomen (zie **figuur 4**). Tussen 2007 en 2009 is dit percentage gestabiliseerd op 56% (niet in figuur; CBS 2010).

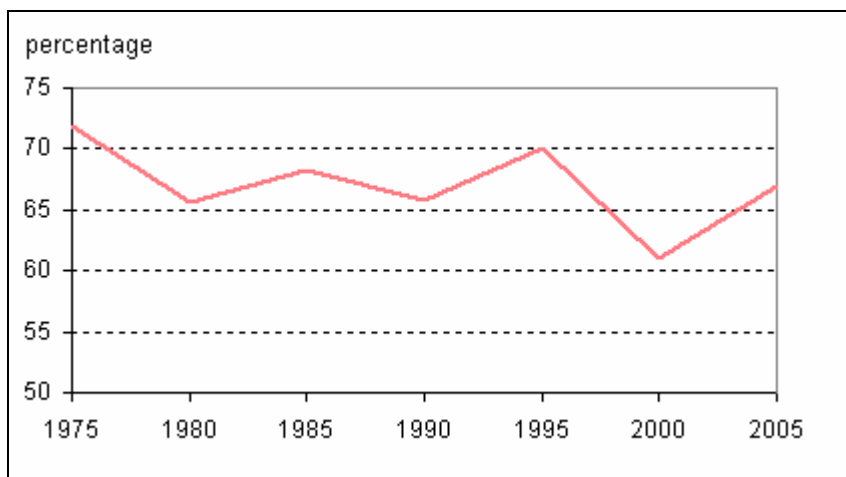




**Figuur 4:** Percentage mensen van 12 jaar en ouder (POLS) en van 18 jaar en ouder (OBiN) dat voldoet aan de NNGB in de periode 2001-2007 (VTV 2010; CBS POLS 2008; Ooijendijk 2007).

Op basis van de Monitor bewegen en gezondheid (OBiN) voldeden in 2001 minder personen van 18 jaar en ouder aan de NNGB dan op basis van de CBS gegevens (figuur 4). Wel was een veel sterkere stijging van het percentage normactieven te zien, zodat beide studies in 2005 het percentage normactieven ongeveer gelijk schatten, rond de 55%.

Voor de langere termijn (1975-2005) zijn alleen gegevens beschikbaar op basis van het tijdbestedingonderzoek van het SCP (figuur 5). Op basis van deze gegevens schommelt het percentage normactieven van 12 jaar en ouder tussen de 62 en 72%.



**Figuur 5:** Percentage normactieven van 12 jaar en ouder, geschat op basis van het tijdbestedingsonderzoek, voor de periode 1975-2005 (SCP).

Er blijken dus verschillen te zijn in de beweegtrends tussen de verschillende gegevensbronnen. Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is de manier waarop het beweeggedrag is nagevraagd. Het CBS gebruikt hiervoor de SQUASH vragenlijst (Wendel-Vos, 2003). Hierin wordt navraag gedaan naar wekelijkse activiteit op school/werk, woon-werk verkeer, huishouden en vrije tijd. In de OBiN wordt direct navraag gedaan naar het aantal dagen per week dat men minimaal 30 min. beweegt. Omdat de NNGB de afgelopen jaren in diverse publiciteitscampagnes is uitgedragen,

kan de relatief sterke stijging op basis van de OBiN data mogelijk mede worden toegeschreven aan overschatting t.g.v. het geven van sociaal wenselijke antwoorden.

Het overall beeld is wel dat alle bronnen (POLS, OBIN, SCP) in meer of mindere mate een stijging laten zien in het aantal normactieve Nederlanders sinds 2000.

## 2.4 Discussie over inconsistentie in trendgegevens

Op basis van de theorie van de energiebalans kan een stijging van het gewicht veroorzaakt worden door een stijging van de energie-innemering (via de voeding) en/of een daling van het energieverbruik door lichamelijke activiteit.

Op basis van de trendgegevens lijkt de toename in overgewicht, die het sterkst optrad tussen 1990 en 2000, niet gepaard te zijn gegaan met een toename in de energie-innemering. Wat betreft lichamelijke activiteit zijn voor deze periode alleen gegevens beschikbaar uit het tijdbestedingenonderzoek (SCP) en daarin is geen duidelijke trend in lichamelijke activiteit zichtbaar.

Door het CBS zijn in de periode 1990-1997 en 2001-2004 verschillende vragenlijsten gebruikt om de duur van lichamelijke activiteit in de vrije tijd na te vragen (Gast 2007). Het is dus niet mogelijk om op basis van deze gegevens uitspraken te doen over de trend in lichamelijke activiteit tussen die twee periodes. Wat echter wel opvalt, is dat de grootste gewichtsstijging tussen deze periodes werd gevonden bij jonge vrouwen (20-39 jaar). Jonge vrouwen besteedden al in 1990-1997 minder vrije tijd aan lichamelijke activiteiten dan oudere vrouwen en in 2001-2004 leek dit verschil verder te zijn toegenomen.

Voor de periode sinds 2000, waarin de gewichtsstijging enigszins lijkt te stabiliseren, geven alle drie de bronnen een stijging van de lichamelijke activiteit aan. Er bestaan echter wel grote verschillen in de mate van stijging tussen de drie bronnen. Voor deze periode zijn bovendien geen representatieve gegevens beschikbaar voor de energie-innemering. Daardoor kan geen eenduidige conclusie getrokken worden over de eventuele bijdrage van de stijging van lichamelijke activiteit (wanneer uitgedrukt in percentage normactieven) aan de stabilisatie van het gewicht in deze periode.

De inconsistenties in de trendgegevens kunnen verklaard worden uit de methodologische beperkingen die het meten van de energie-innemering en de lichamelijke activiteit in (grote) observationele studies met zich meebrengt. Deze beperkingen worden uitgebreid besproken in het proefschrift van Astrid Nooyens (2009) en worden hieronder kort samengevat.

Het is zeer moeilijk voor mensen om hun (gebruikelijke) gedrag exact te rapporteren. Ook zijn de vragenlijsten die geschikt zijn voor grote observationele onderzoeken niet ontwikkeld en gevalideerd om de energie-innemering en lichamelijke activiteit exact te bepalen. Kleine veranderingen in energie-innemering en lichamelijke activiteit kunnen door deze vragenlijsten dus niet worden aangetoond, terwijl ze wel kunnen bijdragen aan een (geleidelijke) toename van overgewicht.

Dit probleem wordt versterkt doordat personen de voedselconsumptie in sterkere mate onderrapporteren en de lichamelijke activiteit overrapporteren naarmate het overgewicht toeneemt. (Goris, 2000; Pietiläinen, 2010)

Bij lichamelijke activiteit speelt daarnaast het punt dat deze meestal wordt gerapporteerd op basis van de NNGB. Deze is gebaseerd op de minimale hoeveelheid beweging die nodig is voor de instandhouding en verbetering van de gezondheid en er wordt een vrij grove driedeling gehanteerd (namelijk: niet, suboptimaal of helemaal voldoen aan de norm). Binnen deze categorieën kunnen nog grote verschuivingen zijn opgetreden in de hoeveelheid activiteit zonder dat dit tot uitdrukking komt in de trendgegevens.

Ten slotte wordt het totale energieverbruik niet alleen bepaald door de mate van lichamelijke activiteit, maar ook door de lichaamsomvang en –samenstelling, het dieet en de omgevingstemperatuur. Meting van lichamelijke activiteit en energie-inneming is dus nog niet voldoende om exact te bepalen of personen in energiebalans zijn. Een stabiel gewicht blijft daarmee de meest aangewezen indicator voor energiebalans.

In meer experimentele omstandigheden is het mogelijk om de energie-inneming en de mate van lichamelijke activiteit te schatten op basis van nauwkeuriger methoden, zoals het verstrekken van alle voeding, het dragen van accelerometers, of de dubbel gelabeld water methode (zie hoofdstuk 4 voor een uitgebreidere literatuur search naar dit type experimenten).

Met behulp van de dubbel gelabeld water methode kan het totale dagelijkse energieverbruik (DEE) worden te gemeten. Door dit te combineren met een meting van het rustmetabolisme (BEE) m.b.v. indirecte calorimetrie kan de mate van lichamelijke activiteit op verschillende manieren worden geschat. Een veel gebruikte index voor lichamelijke activiteit is de PAL; (Physical Activity Level): het energieverbruik als veelvoud van het rustmetabolisme (DEE/BEE). (Westerterp, 2008). Dit zijn intensieve en dure methoden om het energieverbruik te bepalen en om deze reden niet geschikt voor toepassing in grote studies, met lange follow-up.

## Hoofdstuk 3 Voeding en beweging binnen de energiebalans: enkele literatuurbeschouwingen

In de wetenschappelijke literatuur is er regelmatig discussie over de omvang van de energiedisbalans die de toename in overgewicht heeft veroorzaakt (of kan herstellen). Ook de bijdrage van veranderingen in de energie-inneming en lichamelijke activiteit aan deze toename is vaak onderwerp van discussie. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van deze wetenschappelijke discussie op basis van enkele recent gepubliceerde literatuurbeschouwingen. Dit hoofdstuk dient ter illustratie van de verschillende soorten onderzoek met de bijbehorende voor- en nadelen en is geen compleet overzicht van de wetenschappelijke literatuur.

### 3.1 Schattingen van de energiedisbalans

*Gebaseerd op Hill 2003, van den Berg 2006, Katan 2010*

Hill *et al.* (Hill 2003) hebben als eerste de disbalans tussen energie-inneming en energieverbruik geschat die verantwoordelijk was voor de stijging van het lichaamsgewicht in de Verenigde Staten van 7 kg in 8 jaar tijd. Zij concludeerden dat voor het merendeel van de bevolking de gewichtsstijging te voorkomen was geweest door gemiddeld elke dag 100 kcal (0,42 MJ) minder te eten dan te verbruiken. Uiteraard geldt dat de discrepantie in de energiebalans groter was bij de mensen die meer aankwamen, maar deze berekening illustreert goed dat het gaat om relatief kleine verschuivingen.

Ook voor de Nederlandse situatie zijn dergelijke schattingen gemaakt (van den Berg 2006). Voor 90% van de kinderen die op 6-jarige leeftijd overgewicht hebben, zou dit te voorkomen zijn geweest als zij vanaf 2-jarige leeftijd 75 kcal (0,31 MJ) per dag minder hadden genomen of meer hadden verbruikt.

Voor jongvolwassenen (20-30 jaar) is een overschot op de energiebalans van 60 kcal (0,25 MJ) per dag verantwoordelijk geweest voor de gewichtsstijging van 6,6 kg in 11 jaar tijd.

Deze cijfers geven *op populatieniveau* aan dat gewichtstoename kan ontstaan door kleine doch lang volgehouden energieverschillen. Dit dagelijkse *overschot* op de energiebalans kan beschouwd worden als een indicatie voor de verschuiving in de energiebalans die nodig is om *op populatieniveau* gewichtsstijging te voorkomen.

Zoals hierboven al aangegeven gelden deze schattingen niet voor individuen die meer aankomen dan de meeste anderen in de populatie. Bovendien is het belangrijk te realiseren dat deze berekeningen uitgaan van de afwijking t.o.v. de energiebehoefte. Met het stijgen van het gewicht neemt het energieverbruik en dus de energiebehoefte echter toe.

Katan en Ludwig (Katan 2010) hebben op een andere manier berekend wat het overschot op de energiebalans is die nodig is om een bepaalde gewichtstoename te veroorzaken. Ze gebruikten formules die gemaakt zijn om te voorspellen hoeveel *gewichtsverlies* men bereikt met een bepaald energietekort. In dit geval wordt de toename in energiebehoefte wel meegenomen. Zij gingen uit van een

gewichtstoename van 16 kg. Dit is het gemiddelde verschil in gewicht tussen jonge Amerikaanse vrouwen uit de jaren 70 en die uit 1999-2002. In dit geval is de geschatte afwijking op de energiebalans aanmerkelijk groter, namelijk 370 kcal (1,5 MJ) per dag.

Bij kinderen kwamen ze uit op een disbalans van 700-1000 kcal (2,9-4,2 MJ) per dag uitgaand van een normaal gewicht op 5-jarige leeftijd en 26 kg overgewicht op 15-jarige leeftijd.

Dit zijn grotere gewichtstoenames dan in de berekeningen van Hill en van den Berg. Verder is de periode waarover de gewichtstoename wordt bereikt niet meegenomen in de berekeningen van Katan en Ludwig. Het is waarschijnlijk dat het energieoverschot (van 370 kcal/1,5 MJ per dag) in een kortere periode dan 28 jaar tot eenzelfde gewichtstoename (van 16 kg) leidt. De studies waarop de formule gebaseerd is duurden immers 1-14 maanden. Deze getallen geven wel een schatting hoeveel de energiebalans hersteld moet worden om terug gaan naar de uitgangssituatie (een situatie met een lager gewicht).

Voor de duidelijkheid benadrukken we tot slot dat bovenstaande schattingen dus niet met elkaar in tegenspraak zijn, maar dat verschillen veroorzaakt worden doordat er andere aannames zijn gedaan voor de gewichtsstijging, de toename in energiebehoefte al dan niet is meegerekend en de periode waarover de gewichtstoename is berekend verschilt.

### 3.2 Onderzoek bijdrage van voeding en lichamelijke activiteit aan toename gewicht op populatieniveau

*Gebaseerd op Swinburn 2009, Westerterp 2008, Westerterp 2009*

De mate waarin de toename van de energie-innemering of de afname van de lichamelijke activiteit hebben bijgedragen aan de stijging van overgewicht in de afgelopen jaren staat regelmatig ter discussie in de wetenschappelijke literatuur. In deze paragraaf worden twee voorbeelden gegeven waarin de bijdrage van voeding of bewegen aan het ontstaan van overgewicht is geschat op basis van gegevens over het voedselaanbod of de mate van lichamelijke activiteit in studies met dubbel gelabeld water.

#### **Schatting van de verandering van de energie-innemering op basis van het voedselaanbod**

Swinburn en collega's (2009) hebben onderzocht of de stijging in het voedselaanbod tussen de 70-er jaren van de vorige eeuw en 1999-2001 in de Verenigde Staten voldoende is geweest om de gemiddelde stijging van het lichaamsgewicht van de bevolking in diezelfde periode te verklaren.

Op basis van gegevens van het voedselaanbod in beide periode hebben ze de gemiddelde energie-innemering per dag voor kinderen en volwassenen in beide periodes geschat. Hierbij hebben ze aannames gedaan voor de verdeling van de beschikbare calorieën over de bevolking en de hoeveelheid afval.

De toename in de energie-innemering is vervolgens ingevuld in een formule die het verband weergeeft tussen lichaamsgewicht en het energieverbruik (verkregen uit cross-sectionele studies). Onder condities van energiebalans is het energieverbruik gelijk aan de energie-innemering. Uit deze berekening bleek dat de gewichtstoename voorspeld op basis van de toename in de hoeveelheid beschikbare energie per

persoon groter was dan de werkelijke gewichtstoename. De toename in de beschikbare hoeveelheid energie uit de voeding per hoofd van de bevolking is dus ruim voldoende geweest om de stijging in gewicht te verklaren. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het berekenen van de toename in energie-innemering op basis van cijfers over de voedselvoorziening erg ruwe schattingen geeft.

### **Schatting van de verandering van lichamelijke activiteit op basis van ‘dubbel gelabeld water’ studies**

In een artikel van Westerterp en Speakman uit 2008 (Westerterp 2008) wordt geconcludeerd dat het energieverbruik door lichamelijke activiteit sinds de 80-er jaren van de vorige eeuw niet is afgenomen in Nederland en in Noord-Amerika. Deze conclusie is gebaseerd op de trend in energieverbruik door lichamelijke activiteit van personen waarvoor tussen 1983 en 2005 een meting met DLW is verricht. Hieruit kan echter niet geconcludeerd worden dat de stijging in overgewicht in deze landen dús uitsluitend veroorzaakt is door veranderingen in de energie-innemering.

Om een dergelijke conclusie te kunnen trekken is het immers noodzakelijk dat de onderzoekspopulatie volledig representatief is en dat de gewichtsverandering volledig vergelijkbaar is met die in de algemene populatie. Of dit zo is voor de Nederlandse data is niet uit de beschrijving te halen. Aangezien de deelnemers uit een relatief kleine regio kwamen, en voor een groot deel bestonden uit deelnemers aan allerlei experimenten op het gebied van gewicht en/of lichamelijke activiteit (in controlegroepen of pre-interventiegroepen) is dit niet waarschijnlijk. Het gemiddelde gewicht van de deelnemers aan de Amerikaanse studies nam in ieder geval niet toe met het jaar van onderzoek, terwijl dit wel het geval was voor de algemene Amerikaanse populatie.

De voorgaande paragrafen maken duidelijk dat het moeilijk is om op basis van observationele studies een uitspraak te doen over de bijdrage van veranderingen in voeding en/of lichamelijke activiteit –op populatieniveau- aan de stijging in overgewicht van de afgelopen jaren. Daar komt nog bij dat er compensatie kan optreden tussen de beide gedragingen binnen de energiebalans, wanneer één van de twee wordt veranderd. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op compensatie in de andere zijde van de energiebalans.



## Hoofdstuk 4 Kwantificering van effecten van veranderingen in de energie-innemering of de lichamelijke activiteit op het lichaamsgewicht

### 4.1 Inleiding en onderzoeksvraagstelling

Uit schattingen van de benodigde energiedisbalans blijkt dat gewichtstijgingen zoals die in de afgelopen jaren in Nederland op populatieniveau zijn opgetreden verklaard kunnen worden door relatief kleine afwijkingen van de energiebalans (hoofdstuk 3).

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 en 3 is het niet goed mogelijk om veranderingen in energie-innemering of lichamelijke activiteit die leiden tot een dergelijke kleine afwijking van de energiebalans vast te stellen in observationele studies. Daarnaast blijkt verandering van het ene gedrag te kunnen leiden tot compensatie in het andere gedrag.

In experimentele setting is het mogelijk om de verandering in energie-innemering of lichamelijke activiteit nauwkeuriger te bepalen. Ook is het hierbij mogelijk om uitsluitend de energie-innemering of de lichamelijke activiteit te laten veranderen. Daarom is door het RIVM een literatuuronderzoek uitgevoerd naar gecontroleerde experimenten van ten minste 1 maand waarbij één van de elementen van de energiebalans is veranderd terwijl de andere constant is gebleven.

#### **Onderzoeksvraagstelling**

Welke verandering in lichaamsgewicht treedt op bij een bepaald energieverschil, bereikt door verandering in de energie-innemering (calorierestrictie of overvoeding) of lichamelijke activiteit?

### 4.2 Onderzoeksmethodiek

In de database Medline is een search uitgevoerd naar publicaties over gecontroleerde experimenten van ten minste één maand waarbij de energie-innemering óf de lichamelijke activiteit is gevarieerd (en de ander constant is gehouden). De zoekstrategie is weergegeven in **bijlage 1**.

Met deze zoekstrategie werden 1103 artikelen gevonden. Van deze studies vielen op basis van een eerste screening van titel en abstract 1015 artikelen af omdat ze geen betrekking hadden op het onderwerp (energiebalans, energie-innemering of lichaamsbeweging).

De resterende 88 artikelen werden vervolgens nauwkeuriger getoetst aan de hand van de volgende criteria:

1) Het is een experimentele studie waarbij de verandering van de energie-innemering of de lichaamsbeweging onder gecontroleerde omstandigheden werd uitgevoerd.

Wanneer het ging om variatie in de energie-innemering moest het gaan om een voorgeschreven dieet en/of verstrekte voeding, bij voorkeur aangevuld met controles op de 'therapietrouw', bijvoorbeeld doordat de deelnemers intern verbleven of via het bijhouden van voedingsdagboekjes.



Wanneer het ging om een toename in de lichaamsbeweging moest het gaan om een voorgeschreven duur van een activiteit; bij voorkeur met bekende intensiteit, bijvoorbeeld 30 min. fietsen op een fietsergometer op 60% van de maximale zuurstofopnamecapaciteit (VO<sub>2</sub>max). Deze inspanning vond bij voorkeur plaats onder toezicht of er was op enige andere wijze controle van de therapietrouw (bijvoorbeeld door bewegingsdagboekjes, hartslagmeters, accelerometers of stappentellers).

2) Ook de andere component (energie-inneming of lichaamsbeweging) werd op bovenstaande wijze gecontroleerd en bleef constant.

3) De beoogde verandering van de energie-inneming en of lichaamsbeweging (in kcal/kJ) werd gerapporteerd en/of was te berekenen op grond van de gegevens.

4) De (gemiddelde) verandering van het lichaamsgewicht werd gerapporteerd

5) De duur van het experiment was ten minste 1 maand

6) De studie betrof volwassen proefpersonen (≥18 jaar) waarbij de meerderheid van het caucasische ras was.

Na de screening van de artikelen bleken er maar 3 studies te zijn waarin beide componenten afdoende werden gecontroleerd. (Kempen, 1995; Bouchard 1990; Bouchard 1994).

Om deze reden werd vervolgens het tweede inclusie criterium versoepeld en werden ook experimenten meegenomen waarbij het stabiel blijven van de 'andere component' alleen werd bewerkstelligd middels een verzoek om het huidige voedings- of activiteitenpatroon te handhaven, zonder dat dit verder gecontroleerd werd.

**Tabel 2** geeft een overzicht van het aantal geïncludeerde en geëxcludeerde studies en de redenen voor exclusie.

**Tabel 2** Aantallen geïncludeerde en geëxcludeerde publicaties en exclusieredenen

	studies	artikelen
<b>Geïncludeerd</b>		<b>18</b>
Calorierestictie	8	11
Overvoeding	1	1
Beweging	2	6
<b>Geëxcludeerd</b>		<b>70</b>
Geen experimentele studie (bijv. review/editorial)		17
Geen voorgeschreven of verstrekt dieet (dMJ niet te berekenen)		3
Geen exacte hoeveelheid voorgeschreven lichamelijke activiteit (dMJ niet te berekenen)		2
Zowel energie-inneming als energieverbruik veranderd (of onduidelijk of andere factor constant moest blijven)		31
Gewichtsverandering geen doel en/of niet bekend		9
Studieduur te kort (< 1 maand)		7
Leeftijd proefpersonen <18 jaar		1
<b>Totaal</b>		<b>88</b>

In totaal werden 18 van de 88 artikelen geïncludeerd, waarin 11 verschillende studies beschreven werden.

Een overzicht van de geïncludeerde studies is opgenomen in **bijlage 2 en 3**.

Vervolgens werd de relatie tussen de energiedisbalans van een interventie en de gewichtsverandering op twee manieren geschat.

#### Methode 1

Hierbij werd voor elke studie de energiedisbalans geschat door het voorgeschreven energietekort (door dieet of lichamelijke activiteit) of energie-overschot (door overvoeding) per dag bij aanvang van de studie te vermenigvuldigen met de duur van de studie (**zie bijlage 4**). Enkele studies rapporteerden resultaten na meerdere follow-up momenten. Omdat deze studies voorafgaand aan het eerste follow-up moment meer gecontroleerd werden uitgevoerd dan daarna, is alleen de kortste follow-up duur gebruikt. Vervolgens werd m.b.v. lineaire regressie de associatie tussen de totale energiedisbalans en de totale (gemiddelde) gewichtsverandering geschat.

#### Methode 2

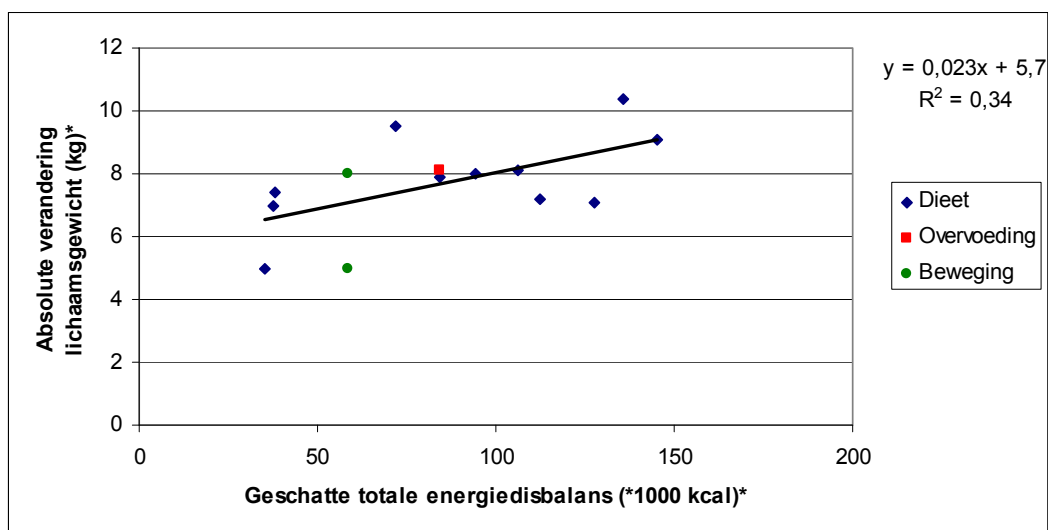
Hierbij werd de relatie bepaald tussen de dagelijkse energiedisbalans en het gewichtsverlies na 3 maanden (90 dagen). Het gewichtsverlies na 3 maanden werd geschat door een lineaire toe- of afname van het gewicht te veronderstellen. De duur van 3 maanden werd gekozen omdat dit de mediane duur van de studies was (minimaal 2 maanden en maximaal 6 maanden).

### 4.3 Resultaten

In totaal werden 11 studies geïnccludeerd. Acht studies met een gecontroleerde calorierestrictie, 1 met overvoeding en 2 met toename van beweging. In drie van de calorierestrictiestudies waren er twee studiegroepen met een verschillende interventie. In totaal waren er dus 14 studiegroepen. Alle studies waren redelijk kleinschalig met 5 tot 24 personen per studiegroep.

De studies met calorierestrictie (dieet) werden –op 1 na– uitgevoerd bij mensen met overgewicht en/of obesitas. De overvoedingsstudie werd uitgevoerd bij mannen (eeneiige tweelingen) zonder overgewicht. Beide beweegstudies betroffen jonge sedentaire mannen.

In **figuur 6** is de relatie weergegeven tussen de geschatte totale energiedisbalans en de bijhorende absolute gewichtsverandering (methode 1). De totale energiedisbalans is geschat door het dagelijkse energie-overschot of -tekort te vermenigvuldigen met de duur van de studie. De absolute gewichtsverandering is in de figuur weergegeven. In de dieet- en bewegingstudies betrof het een gewichtsdeling en in de overvoedingsstudie een gewichtsstijging.

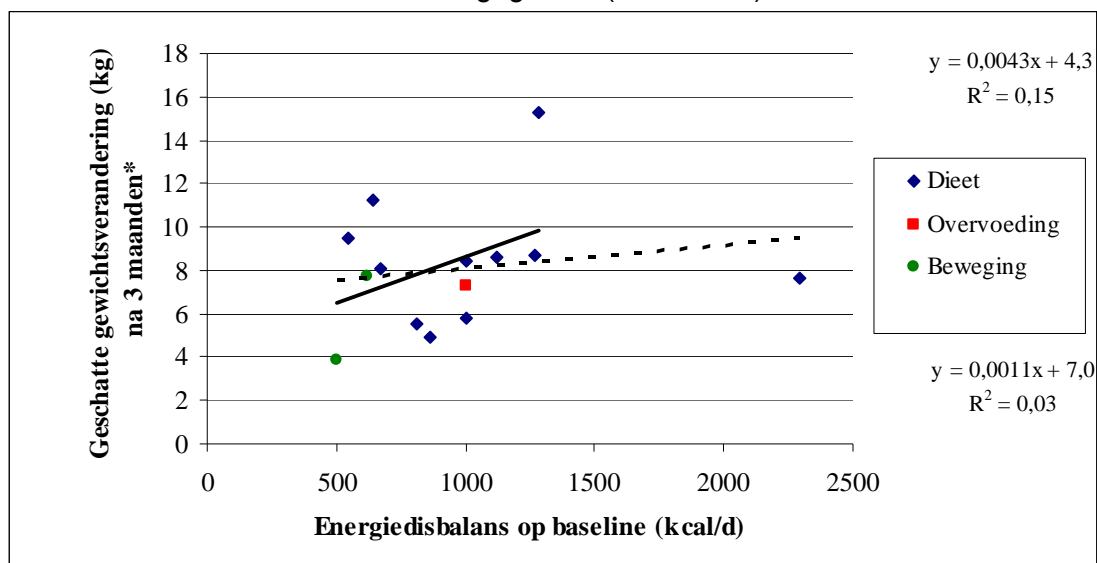


**Figuur 6** Relatie tussen de geschatte energiedisbalans\* (door caloriereductie dieet of toename beweging of overvoeding) en de gemiddelde verandering in lichaamsgewicht. \* Geschatte totale disbalans ten opzichte van de beginsituatie bij volledige 'therapietrouw' en zonder rekening te houden met verandering van het energieverbruik

Het geschatte totale energietekort in de dieetstudies liep uiteen van 35.400 tot 145.500 kcal (148 tot 608 MJ). In de overvoedingsstudie was het energie-overschot 84.500 kcal (353 MJ) en in de twee beweging studies was het energietekort 58.400 kcal (244 MJ). De duur van de interventies liep uiteen van 8 tot 24 weken (2-6 maanden). Op basis van de verkregen regressielijn, was de bijbehorende gewichtsverandering 6,5 tot 9 kg.

De verklaarde variantie in het absolute gewichtsverschil na de interventie op basis van de geschatte totale energiedisbalans was 34%

In **figuur 7** is de relatie tussen de dagelijkse energiedisbalans en de absolute gewichtsverandering geschat door een lineaire toe- of afname van het gewicht te veronderstellen, na 3 maanden weergegeven. (methode 2)



**Figuur 7** Relatie tussen de dagelijkse energiedisbalans (door caloriereductie dieet of toename beweging of overvoeding) op baseline en de geschatte verandering van het lichaamsgewicht na 3 maanden.

\*Geschatte gewichtsverandering na 90 dagen, op basis van lineaire toe- of afname van het gewicht.

De dagelijkse (absolute) energiedisbalans liep uiteen van 500 tot 2300 kcal (2,1 tot 9,6 MJ). Voor de verdere interpretatie van de gegevens is de studie van Kempen (1995) niet meegenomen, omdat in deze studie de caloriereductie zeer extreem was (vloeibaar dieet van slechts 500 kcal/2,0 MJ per dag voor 4 weken, gevolgd door gedeeltelijk vloeibaar dieet van 840 kcal/3,5 MJ per dag voor 4 weken, voor obese vrouwen). Zonder deze studie liep de dagelijkse energiedisbalans uiteen van 500 tot 1290 kcal (2,1 tot 5,4 MJ).

Op basis van de gevonden regressielijn (lijn in figuur 7) was de bijbehorende gewichtsverandering na 3 maanden 6,5 tot 10 kg.

De verklaarde variantie in het gewichtsverlies na 3 maanden op basis van de geschatte dagelijkse energiedisbalans was 15%

## 4.4 Conclusie en discussiepunten

Ondanks de grote aandacht voor overgewicht(preventie) blijken er maar weinig gecontroleerde studies gepubliceerd te zijn die het effect op het gewicht onderzochten wanneer op één zijde van de energiebalans wordt ingegrepen. Voor het gecontroleerd verlagen van de lichamelijke activiteit werden deze studies helemaal niet gevonden. Waarschijnlijk worden deze studies vanwege ethische redenen (bijna) niet gedaan.

Op basis van de eerste methode (figuur 6) blijkt dat bij een totale energiedisbalans van 36.000-144.000 kcal (150-600 MJ) de bereikte gewichtsverandering uit een loopt van 6,5 tot 9 kg. Hieruit kan afgeleid worden dat een (additioneel) energieverval van 108.000 kcal (450 MJ) leidt tot een gewichtsverandering van 2,5 kg.

De tweede methode gaat uit van de dagelijkse energiedisbalans bij aanvang van de interventie en de geschatte gewichtsverandering na drie maanden (90 dagen) (figuur 7). Hieruit blijkt dat een dagelijkse afwijking van de energiebalans van 500-1300 kcal (2,1-5,4 MJ) leidt tot een verandering van het lichaamsgewicht van 6,4-10 kg na 3 maanden. Een (additioneel) dagelijks energieverval van 800 kcal (3,3 MJ) leidt dus tot een gewichtsverandering van 3,5 kg na drie maanden.

Op basis van beide methoden om de relatie tussen de energiedisbalans van de interventie en het bijbehorende gewichtsverlies te schatten vinden we dus enigszins afwijkende resultaten; immers  $500 \times 90 = 45.000$  kcal en  $1300 \times 90 = 117.000$  kcal. Dit kan worden verklaard door de verschillende aannames die ten grondslag liggen aan deze calculaties.

Wat opvalt, is dat zelfs bij deze gecontroleerde studies geen eenduidig verband bestaat tussen de energiedisbalans en de bereikte gewichtsverandering. De verklaarde variantie was 34% op basis van de eerste methode en slechts 15% op basis van de tweede methode.

Hiervoor zijn een aantal verklaringen die te maken hebben met de versoepeling van de inclusiecriteria en de aannames bij het schatten van de totale energiedisbalans van de interventie en het gewichtsverlies.

Ten eerste zijn ook studies geïnccludeerd waarbij het gelijkblijven van de andere zijde van de energiebalans niet werd gecontroleerd, maar waarbij slechts werd verzocht de huidige energie-inneming of lichamelijke activiteit constant te houden. Echter, veranderingen aan de ene kant van de energiebalans kunnen leiden tot compensaties in de andere zijde.

De totale energiedisbalans van een interventie hebben we geschat door de dagelijkse energiedisbalans bij aanvang te vermenigvuldigen met de duur van de studie. Echter zoals bekend uit de theorie van de energiebalans zal het energieverbruik veranderen t.g.v. een verandering in het lichaamsgewicht; en zal de dagelijkse energiedisbalans dus toe- of afnemen.

De gewichtsverandering na 3 maanden is geschat door uit te gaan van lineair gewichtsverlies of -toename. In de praktijk zal de verandering in het begin meestal groter zijn dan na langere follow-up duur. Hoewel de follow-up duur van de geïnccludeerde experimenten niet ver afweek van 3 maanden, kan dit toch leiden tot onder- of overschatting van het gewichtsverlies.

Bovendien zijn we uitgegaan van een perfecte 'therapietrouw'. Hoewel de terapietrouw in alle gevallen werd gecontroleerd, sluit dit niet uit dat er toch (kleine) afwijkingen waren die zijn gemist. Bij een voorgeschreven dieet of verstrekte voeding is het bijvoorbeeld niet bekend of ook inderdaad uitsluitend deze voeding is gegeten.

De energie-inneming werd bijvoorbeeld gecontroleerd door voedingsdagboekjes of vragenlijsten en de lichamelijke activiteit door het dragen van bewegingsmeters of m.b.v. dubbel gelabeld water. Echter zoals beschreven in paragraaf 2.4 is de meetfout van dergelijke methoden te groot om kleine afwijkingen in de energiebalans vast te stellen. Ook worden de metingen slechts op bepaalde momenten in de interventie gedaan. Het is dus de vraag of de gerapporteerde dagen representatief zijn voor de volledige periode.

Verder zijn wij er in onze benadering van uit gegaan dat de absolute verandering in het gewicht gelijk is bij een even groot energietekort of -overschot.

Behalve door de gehanteerde aannames treden ook afwijkingen op in de geschatte energiedisbalans doordat de energie-innemings- en het energieverbruik op verschillende manieren worden geschat in verschillende studies. Soms wordt het totale energieverbruik gemeten m.b.v. de dubbel gelabeld water methode of een calorimeter. Maar in andere gevallen wordt het geschat op basis van van meting van het rustmetabolisme. Ook wordt het energieverbruik bij aanvang van de studie wel geschat op basis van de gebruikelijke energie-innemings-; er van uitgaande dat personen in energiebalans zijn. De gebruikelijke energie-innemings- wordt dan bijvoorbeeld geschat op basis van een voedingsvragenlijst.

In beweegstudies wordt het beweegdoel meestal gesteld als een aantal minuten van een bepaalde lichamelijke activiteit, zonder dit om te rekenen naar een energietekort. Uit de studies van Bouchard *et al.* blijkt dat het moeilijk is om het energietekort exact te bepalen. In alle geïncorporeerde studies werd de energie-innemings- bepaald door een dieet voor te schrijven. Maar per studie kan het verschillen hoe exact de energie-innemings- is berekend en voorgeschreven.

Dit zijn dus verklaringen voor het feit dat er geen perfect verband is tussen energiedisbalans en gewichtsverandering. Een ander punt van discussie is nog dat de gevonden regressielijn niet door nul gaat. Als er energiebalans is, dan is er ook geen gewichtsverandering te verwachten, dus logischerwijs dient de regressielijn door de oorsprong te gaan. Het verband tussen de afwijking van de energiebalans en de gewichtsverandering, zoals weergegeven in figuren 6 en 7, kan dus niet buiten de range van beschikbare gegevens geëxtrapoleerd worden.

Ook dit kan deels verklaard worden door bovenstaande methodologische beperkingen. Omdat de meeste gegevens zijn verkregen uit calorierestrictie studies, is daarnaast een alternatieve verklaring, dat bij het afvallen vooral in het begin ook vochtverlies optreedt. Hierdoor valt het gewichtsverschil groter uit, dan op basis van het verlies aan vetmassa te verwachten zou zijn.

Dat dit feit een rol speelt blijkt omdat het gewichtsverlies bij een afwijking van de energiebalans van 36000 kcal (150 MJ) volgens figuur 6 een geschatte gewichtsverandering van ongeveer 6,5 kg geeft. Indien wordt uitgegaan van een gewichtsverandering die voor 75% bestaat uit en 25% vetvrije massa, waarvan 25% eiwit; zou de bijbehorende gewichtsverandering echter maar ongeveer 5 kg moeten zijn.

De energie-inhoud van 1 gram vet is namelijk ongeveer 7000 kcal en van 1 kg eiwit 4000 kcal. Dus dan staat een 1 kg gewichtsverandering ongeveer gelijk aan  $0.75 \cdot 9000 + 0.25 \cdot 0.25 \cdot 4000 = 7000$  kcal. Dus een energiedisbalans van 36000 kcal komt ongeveer overeen met  $36000/7000 = 5$  kg.



## Hoofdstuk 5 Effecten van veranderingen in de ene zijde van de energiebalans op de andere zijde.

### 5.1 Inleiding en onderzoeksvraagstelling

In hoofdstuk 4 is via een systematische literatuursearch bestudeerd wat de effecten op het gewicht zijn wanneer één zijde van de energiebalans aangepast wordt, terwijl de andere zijde constant gehouden wordt. Zoals al eerder kort aangegeven, is het echter waarschijnlijk dat in de praktijk een vorm van 'compensatie' optreedt in het andere gedrag, waardoor het verwachte effect op het lichaamsgewicht anders kan uitvallen. Meestal wordt in dit soort studies geen aandacht besteed aan de andere zijde van de energiebalans. In dit hoofdstuk richten we ons op studies waarbij de effecten op de andere zijde van de energiebalans zijn gemeten, omdat hiermee inzicht verkregen kan worden in de mate van compensatiegedrag.

#### Onderzoeksvraagstelling

In hoeverre treedt compensatie op in de andere zijde van de energiebalans bij aanpassing van de energie-inneming of aanpassing van het energieverbruik door lichamelijke activiteit?

### 5.2 Onderzoeksmethodiek

Voor het beantwoorden van de vraagstelling hebben we gezocht naar kwalitatief goede experimenten waarin de mate van verandering van de energie-inneming of lichamelijke activiteit is gevarieerd. De inclusiecriteria zijn grotendeels gelijk aan die van hoofdstuk 4 (zie paragraaf 4.2). Daarnaast waren er twee aanvullende inclusiecriteria:

- 1) De studie vergeleek ten minste twee groepen met een verschillende mate van aanpassing in de energie-inneming (overvoeding of calorierestictie) of lichamelijke activiteit.
- 2) In studies waarin de energie-inneming werd gevarieerd werd het energieverbruik gemeten met dubbel gelabeld water (DLW). In studies waarin de mate van lichamelijke activiteit werd gevarieerd werd de verandering in de energie-inneming gerapporteerd met bijvoorbeeld dietary records. (NB Bij studies waarin de energie-inneming wordt gevarieerd, dient het energieverbruik te worden gemeten m.b.v. DLW omdat deze methode wordt gezien als de gouden standaard voor het meten van het energieverbruik. Voor het meten van de energie-inneming is een dergelijke gouden standaard niet voor handen. In principe is dit het volledig verstrekken van het dieet, maar dit is niet mogelijk als juist effecten op de energie-inneming bepaald moeten worden.

#### Search

Voor dit hoofdstuk is dezelfde search gebruikt als in hoofdstuk 4, die bestond uit 1103 hits (zie bijlage 2).

Eerst zijn op basis van titel en abstract (mogelijk) relevante reviews geselecteerd. Dit leverde 25 reviews op die weergegeven zijn in **bijlage 5**. De referenties van de reviews zijn gescreend op relevante experimenten, wat 33 mogelijk relevante referenties opleverde.



Vervolgens is de gehele search van 1103 hits ook op basis van titel en abstract nagezocht op mogelijk relevante individuele studies. Dit leverde nog 133 mogelijk relevante publicaties op. In totaal werden dus 166 mogelijk relevante publicaties gevonden. Deze studies zijn vervolgens nauwkeuriger getoetst aan de inclusiecriteria.

**Tabel 3** beschrijft het aantal geïnccludeerde en geëxcludeerde studies en de redenen voor exclusie. Wanneer één reden voor exclusie werd gevonden zijn de overige inclusiecriteria niet meer bekeken, maar dit wil dus niet zeggen dat aan alle andere inclusiecriteria werd voldaan.

**Tabel 3** Aantallen geïnccludeerde en geëxcludeerde publicaties en exclusieredenen

	<b>studies</b>	<b>artikelen</b>
<b>Geïnccludeerd</b>		<b>6</b>
Calorierestrictie	2	3
Beweging	3	3
<b>Geëxcludeerd</b>		<b>160</b>
Geen experimentele studie (bijv. review/editorial)		7
Geen verschillende mate van aanpassing energie-inneming of lichamelijke activiteit		40
Andere zijde energiebalans niet gemeten		64
Energieverbruik niet gemeten met DLW bij aanpassing energie-inneming		2
Interventie op beide zijden van de energiebalans		17
Studie geïnccludeerd (CALERIE), maar geen aanvullende gegevens in artikel.		6
Gewichtsbehoud studie		5
Studieduur te kort (< 1 maand)		19
<b>Totaal</b>		<b>166</b>

## 5.3 Resultaten

Een overzicht van de relevante studies is weergegeven in **bijlage 6 en 7**.

### Calorierestrictie

Er zijn twee studies gevonden met een verschillende mate van calorierestrictie (CR), waarbij het totale energieverbruik is bepaald met de DLW methode. Dit waren beide pilotstudies voor de CALERIE studie (Rochon, 2010).

In één van de pilotstudies werden personen met overgewicht gerandomiseerd in een interventie met een calorierestrictie van 10% of 30%, waarvan de voeding een hoge of een lage glycemische index had (Das, 2009). Voor het bekijken van de effecten van (verschillende mate van) calorierestrictie op de lichamelijke activiteit zijn de groepen met verschillende glycemische index gecombineerd. In deze studie is de daadwerkelijk bereikte calorierestrictie bepaald met DLW. De bereikte calorierestrictie in de eerste 6 maanden van de interventie bleek in de groep met 10% CR groter te zijn dan voorgeschreven ( $\approx 20\%$ ). In de groep met 30% CR was de bereikte calorierestrictie in de eerste 6 maanden zoals voorgeschreven  $\approx 30\%$ . In de tweede 6 maanden van de interventie, waarbij de proefpersonen hun eigen voeding dienden samen te stellen, was de bereikte calorierestrictie in de 10% CR groep nog steeds groter dan voorgeschreven ( $\approx 16\%$ ) en in de 30% CR groep kleiner dan voorgeschreven ( $\approx 15\%$ ). Hierdoor was er in de laatste 6 maanden van de interventie geen significant verschil in calorierestrictie meer tussen de twee groepen.

In beide CR groepen trad een significante daling van het gewicht op in de eerste 6 maanden, maar het gewichtsverlies verschilde niet significant tussen de groepen. Tussen 6 en 12 maanden trad in beide groepen een kleine stijging van het gewicht op.

In beide groepen nam het dagelijkse energieverbruik (DEE) significant af over de tijd, maar er was geen significant verschil in de afname tussen de groepen. (De resultaten werden niet afzonderlijk voor de periodes 0-6 en 6-12 maanden geanalyseerd). Ook de mate van lichamelijke activiteit, geschat uit de ratio tussen het totale energieverbruik en het rustmetabolisme (PAL) nam significant af over de tijd in beide groepen. Ook hier was er geen significant verschil tussen de groepen.

In een andere CALERIE pilotstudie werden 48 mannen en vrouwen at random ingedeeld in vier verschillende groepen (Martin, 2007; Redman 2009). De controle groep had een gewichtsbehoud dieet, gebaseerd op richtlijnen van de Amerikaanse Hartstichting. De CR groep had een calorierestrictie van 25% van hun energiebehoefte voor gewichtsbehoud. De CR+Ex groep had ook een energietekort van 25%, waarbij de helft werd bereikt door een toename van de lichamelijke activiteit door (aerobe) training. De LCD groep had een dagelijkse energie-inneming van 890 kcal/d tot het bereiken van 15% gewichtsverlies, gevolgd door een gewichtsbehoud dieet.

Alle drie de interventiegroepen hadden een significante afname van de vetmassa t.o.v. baseline en t.o.v. de controlegroep na 3 en 6 maanden. Na 6 maanden was in alle drie de interventiegroepen ook de vetvrije massa significant afgenomen vergeleken met baseline en de controlegroep.

In de controlegroep en de CR+Ex groep trad er geen verandering op in het totale dagelijkse energieverbruik (DEE) t.o.v. baseline. In de 25% CR groep was het energieverbruik na drie maanden lager dan op baseline en dit was ook het geval in de gewichtsverliesfase van de LCD groep. Na 6 maanden was het energieverbruik in de 25% CR groep en de LCD groep hoger dan na 3 maanden, maar nog steeds lager dan op baseline.

De mate van lichamelijke activiteit werd geschat door het totale dagelijkse energieverbruik (DEE) te corrigeren voor het verbruik in rust (BEE). Bij deze analyse werden de 25% CR groep en de LCD groep gecombineerd. Hieruit bleek dat zowel na 3 als 6 maanden de lichamelijke activiteit significant was afgenomen. In de controlegroep en de CR+Ex groep werd geen significante verandering van de lichamelijke activiteit waargenomen.

### **Verhoging van de lichamelijke activiteit**

Er zijn drie studies gevonden met een verschillende mate van verhoging van de lichamelijke activiteit. Eén van deze studies bestond uit een controlegroep, een groep met krachttraining en een groep met aerobe training (wandelen/joggen). Beide trainingsgroepen trainden 4x per week, gedurende 12 weken (Broeder 1992).

De tweede interventie bestond uit aerobe training (wandelen/joggen); een groep op lage intensiteit (60-70% van de maximale hartslag) en een groep op hoge intensiteit (80-90% van de maximale hartslag) (Bryner, 1997). De totale trainingsperiode duurde 12 weken met 4 trainingen per week.

De derde studie bestond uit een controlegroep en twee groepen met aerobe activiteit (fietsen), een groep op lage intensiteit (55% van de maximale hartslag) en een groep

op hoge intensiteit (80% van de maximale hartslag). Deze studie duurde 7 weken met 3 trainingen per week (Dickson-Parnell, 1985).

In geen van de studies werd een significante verandering van het lichaamsgewicht gevonden. In elk van de studies werd het effect van de interventie op de energie-inneming en het lichaamsgewicht bestudeerd, hoewel gewichtsverlies geen expliciet doel van de studie was.

Om te bekijken of training ook daadwerkelijk leidt tot een toename van de totale hoeveelheid lichamelijke activiteit en energieverbruik is het belangrijk dat dit wordt gemeten. Helaas werd in geen van de studies het totale dagelijkse energieverbruik gemeten met DLW. Alleen in de studie van Broeder *et al* (1992) werden voor, tijdens (week 6 en 7) en na de interventie 3-daagse activiteiten recalls uitgevoerd, waarmee de tijd besteed aan lage, matige en hoge intensiteit activiteiten werd geschat. Hieruit bleek geen significante verandering van het dagelijkse activiteitenpatroon buiten de uitgevoerde trainingen. Ook was er geen verschil tussen de groepen in tijd besteed aan activiteiten met lage, matige en hoge intensiteit. Op basis van de recall kon dus geen compensatie in lichamelijke activiteit buiten de trainingen worden vastgesteld.

In de studie van Broeder *et al* (1992) werd de energie-inneming geschat m.b.v. 3-daagse recall en dagboekjes. Alleen de energie-inneming voor en na de trainingsperiode werd gerapporteerd. Er waren geen significante verschillen in energie-inneming tussen de groepen en voor en na de trainingsperiode. In het midden van de trainingsperiode was de energie-inneming per kg lichaamsgewicht lager dan ervoor en erna (waarden niet gerapporteerd).

In de studies van Bryner *et al* (1997) en Dickson-Parnell (1985) werd de energie-inneming geschat m.b.v. 7-daagse dietary recalls. Beide studies vonden geen significante verandering van de energie-inneming over de duur van de interventie, of tussen de groepen. In de studie van Dickson-Parnell werd de energie-inneming op trainings- en niet-trainings dagen vergeleken. In zowel de hoog als laag intensieve trainingsgroep was de energie-inneming significant lager op de trainingsdagen dan op de niet-trainingsdagen. Bovendien was op niet-trainingsdagen de energie-inneming lager dan die in de controlegroep (waarden niet gerapporteerd).

## 5.4 Conclusie en discussiepunten

In twee van de pilotstudies van de CALERIE multicenter studie trad bij calorierestrictie van  $\pm 10$ -70% over 3-6 maanden een significante daling van het totale dagelijkse energieverbruik en de mate van lichamelijke activiteit op.

Hierbij was er geen significant verschil in de daling tussen de groepen met een verschillende mate van calorierestrictie. Uit de studie waarin ook de daadwerkelijk bereikte calorierestrictie werd gemeten bleek dat dit mede veroorzaakt kan zijn doordat de energie-inneming in werkelijkheid niet veel tussen de groepen verschilde.

Uit vergelijking de groepen waarbij en energietekort van 25% werd bereikt door alleen calorierestrictie of door 12,5% calorierestrictie met 12,5% lichamelijke activiteit bleek dat in de toevoeging van training de afname van lichamelijk activiteit t.o.v. baseline hielp te voorkomen, maar dat dit niet leidde tot een toename van het totale energieverbruik en de lichamelijke activiteit t.o.v. baseline.

In geen van de trainingsstudies werd een effect op de energie-innemering gevonden. In één van de studies was de energie-innemering op trainingsdagen wel significant lager dan op niet trainingsdagen. De beweeginterventies hadden geen invloed op het gewicht. Dit geeft aan dat er toch compensatie in de energie-innemering was, maar dat de gebruikte meetmethoden niet exact genoeg waren om dit vast te stellen, óf dat er compensatie in de lichamelijke activiteit buiten de trainingen is opgetreden. Hiervoor werd geen aanwijzing gevonden in één van de studies is waarin de tijd besteed aan lichte, matige en zware activiteiten buiten de training is gemeten. Dit was echter ook op basis van zelfrapportage met een vragenlijst. In geen van de trainingsstudies werd het totale energieverbruik m.b.v. DLW bepaald.

## 5.5 Reviews compensatiegedrag

*Gebaseerd op Westerterp 2010; van den Berg 2004, Belisle 1999, King 1997, Chaput 2010.*

Uit het systematische literatuuronderzoek bleek dat er weinig studies zijn waarin de mate van compensatie in de andere zijde van de energiebalans werd bestudeerd. Daarom geven we in deze paragraaf een kort overzicht op van de bestaande kennis op basis van enkele reviews. Hierbij gaan we ook in op het verhogen van de energie-innemering (overvoeding) en het verlagen van de lichamelijke activiteit, waarover we op basis van de systematisch literatuursearch geen uitspraken kunnen doen, omdat we geen experimenten vonden met een verschillende mate van aanpassing.

Maar de optimale experimenten zouden moeten zijn geïdentificeerd onder paragraaf 5.3. Bij de interpretatie van de reviews moet dus in het achterhoofd gehouden worden dat deze gebaseerd kunnen zijn op suboptimale experimenten.

Bovendien is onderstaand overzicht dus niet gebaseerd op systematisch literatuuronderzoek en we benadrukken dat volledigheid van mechanismen noch van resultaten uit trials gepretendeerd wordt.

### **Verlagen van de energie-innemering (calorierestrictie)**

Buiten de (pilot)studies van CALERIE blijken er niet veel ondervoedingsstudies te zijn waarbij het energieverbruik en de lichamelijke activiteit zijn bepaald m.b.v. DLW. Door Westerterp (2010) wordt nog een aanvullende studie uit 1950 beschreven (uitgevoerd door Taylor *et al.*). Deze studie had een aanvankelijke energierestrictie van  $\pm 55\%$  en een duur van 24 weken. Ook in deze studie werd een afname van de lichamelijke activiteit gevonden. Aan het eind van de studie waren de proefpersonen weer in energiebalans, waarbij de afname van het dagelijkse energieverbruik voor 40% kon worden toegeschreven aan de afname van het lichaamsgewicht en voor 60% aan afname van de lichamelijke activiteit. (Westerterp 2010)

### **Verhogen van de energie-innemering (overvoeding)**

Door Westerterp (2010) zijn 6 studies beschreven waarin het effect van overvoeding op de lichamelijke activiteit is gemeten met DLW onder onbeperkte ('free-living') omstandigheden. In de meeste van deze studies van 14-65 dagen, waarbij de proefpersonen 20-100% meer aten dan hun behoefte, bleek er geen effect te zijn op de mate van lichamelijke activiteit. In één studie was er een afname van de lichamelijke activiteit. Dit was een studie met een grote mate van overvoeding. De proefpersonen hadden een verdubbeling van de energie-innemering en kwamen

gemiddeld  $17 \pm 4$  kg aan in 9 weken. De gewichtsstijging in de overige studies varieerde van 1,5 kg in 2 weken tot 7,6 kg in 6 weken.

### **Verhogen van de van lichamelijke activiteit**

In de studies met een verhoging van de lichamelijke activiteit, waarin de energie-innemering werd gemeten m.b.v. dietary records, vonden we geen aanwijzingen voor compensatie in de energie-innemering. Maar in deze studies was er geen afname van het gewicht. Dit duidt er op dat er toch compensatie was, maar dat deze niet opgepikt kon worden m.b.v. de gebruikte methode, of dat er compensatie in de lichamelijke activiteit buiten de training is opgetreden.

Door Westerterp (2010) is een overzicht gemaakt van studies waarin de lichamelijke activiteit gedurende langere tijd (4-40 weken) is verhoogd m.b.v. training; waarin zowel het totale energieverbruik (met DLW) als de gewichtsverandering is gemeten. In deze studies is het dus zeker dat de *totale hoeveelheid* lichamelijke activiteit is verhoogd. Toch was er ook in deze studies geen of slechts een geringe afname van het gewicht. Het is dus aannemelijk dat de proefpersonen hun energie-innemering hebben verhoogd.

Er wordt wel gesuggereerd dat lichamelijke activiteit zou leiden tot een toename van de eetlust, om het ontstane energietekort te compenseren.

Op korte termijn wordt dit echter niet gevonden. In tegendeel, direct na een intensieve inspanning wordt wel een onderdrukking van de eetlust gevonden. Deze blijkt echter van zeer korte duur te zijn, aangezien in deze studies geen vermindering van de energie-innemering werd gevonden tijdens een maaltijd die vlak (15 min-1 uur) na de inspanning werd aangeboden. Het optreden van eetlustonderdrukking is afhankelijk van het geslacht en van het type lichamelijke activiteit, de intensiteit en de duur ervan. (King, 1997; Belisle, 1999)

Er zijn aanwijzingen dat verhoging van de lichamelijke activiteit op langere termijn mogelijk wel kan leiden tot een toename van de eetlust. Dit blijkt uit studies waarin verhoging van de lichamelijke activiteit leidde tot een verlaagd nivo van de eetlustremmer leptine. De resultaten van dergelijke experimenten zijn echter niet consistent.

Alleen onder extreme omstandigheden, zoals expedities, blijken de hongergevoelens ook op langere termijn zodanig te worden onderdrukt dat men niet in staat is om het energieverbruik volledig te compenseren. Deze omstandigheden zijn echter niet representatief voor het dagelijkse leven van de gemiddelde Nederlander. (van den Berg, 2004)

Factoren die verder een rol spelen bij het (mogelijke) optreden van compensatie zijn het type activiteit en de energiedichtheid van de voeding. In een studie waarbij gevarieerd werd in het vetgehalte van de aangeboden voeding na lichamelijke activiteit trad volledige compensatie op bij een dieet met een hoog vetgehalte (52%), maar niet bij een lager vetgehalte (30%). (Belisle, 1999)

### **Verlagen van de lichamelijke activiteit**

Er zijn (waarschijnlijk vanwege ethische redenen) weinig studies waarin de lichamelijke activiteit wordt verlaagd. In één korte-termijn interventiestudie waarin de PAL werd verlaagd van 1,8 naar 1,4 gedurende 7 dagen, trad geen afname van de energie-innemering op. Het teveel aan energie werd grotendeels opgeslagen als vet (Westerterp 2010).

Ook zijn er wel studies gedaan waarin de energie-innemings van sporters in weken met meer en minder trainingsarbeid werd vergeleken. In een studie onder hardlopers leidde een afname van de wekelijkse trainingsarbeid tot gewichtsstijging. In deze studie werd de afname van de lichamelijke activiteit blijkbaar niet gecompenseerd door verlaging van de energie-innemings. De gewichtsstijging werd niet ongedaan gemaakt door het hervatten van de eerdere trainingsomvang. (Westerterp 2010)  
Ook in studies bij zwemmers en tennissers werd geen relatie gevonden tussen de trainingsomvang per week en de energie-innemings; terwijl dit bij turnsters en roeiers wel het geval was. (Titchenal, 1988)

Omdat er weinig experimentele studies zijn met een verlaging van de lichamelijke activiteit is door Westerterp gekeken naar de relatie tussen de leeftijdsgerelateerde afname van de lichamelijke activiteit en stijging van het lichaamsgewicht. In deze observationele studie, onder gezonde (jong)volwassenen zonder overgewicht, werd over een termijn van 10 jaar gevonden dat de afname van de lichamelijke activiteit (gemeten als energieverbruik met DLW) geassocieerd was met de toename van het gewicht. Gewichtstoename trad vooral op bij de actieve personen op baseline die de grootste daling in lichamelijke activiteit lieten zien.

Op basis van de studie kan dus gesuggereerd worden dat een daling in energieverbruik door lichamelijke activiteit, die vaak optreedt bij het ouder worden, niet gecompenseerd wordt door een lagere energie-innemings via de voeding. Ook zou dit kunnen betekenen dat jongeren met een actieve leefstijl extra risico lopen op gewichtstoename, en dat juist ook bij deze groep aandacht voor een gezond voedingspatroon van belang is. (Westerterp 2009)

Op basis van observationele studies wordt gesuggereerd dat sedentair gedrag zoals televisie kijken, het spelen van videospelletjes, het uitvoeren van cognitieve (computer)taken en het luisteren naar muziek geassocieerd zijn met stijging van het gewicht. Dit wordt mogelijk niet alleen veroorzaakt door het lage energieverbruik bij dergelijke activiteiten, maar ook doordat dit soort bezigheden de energie-innemings in afwezigheid van honger (hedonistische voedselconsumptie) lijken te bevorderen. Ook zou de blootstelling aan commercials/advertenties bij sommige van deze activiteiten een rol kunnen spelen. (Chaput, 2010)

Samengevat lijkt het erop dat toename van de lichamelijke activiteit leidt tot toename van de energie-innemings. Dit ondanks een kortdurende onderdrukking van de eetlust bij intensieve activiteiten. Calorierestricte lijkt op langere termijn te leiden tot een compensatie door verminderde lichamelijke activiteit. Er zijn weinig studies naar overvoeding of afname van de lichamelijke activiteit, maar uit de beperkte gegevens, lijkt hierbij geen compensatie op te treden. Bij een grote mate van overvoeding lijkt de lichamelijke activiteit juist minder te worden.

Dus het gedrag lijkt beter te worden aangepast wanneer gewichtsverlies dreigt dan wanneer gewichtsstijging dreigt.



## Hoofdstuk 6 Interpretatie en conclusie

### 6.1 Stijging overgewicht in het verleden: voeding of bewegen?

Sinds 1980 is de prevalentie van overgewicht in Nederland toegenomen. Het afgelopen paar jaar lijkt op basis van zelfgerapporteerde gegevens de toename wat af te vlakken, maar er is nog steeds een toename te zien van obesitas bij mannen. Voor kinderen zijn recente gemeten gegevens voor lengte en gewicht beschikbaar en hieruit blijkt dat de prevalentie van overgewicht gestegen is sinds 1997.

Effectief beleid gericht op het terugdringen van overgewicht en/of ter voorkoming van verdere gewichtsstijging is dus (nog steeds) nodig. Hiervoor kan worden ingegrepen op de energie-inneming via de voeding en/of het energieverbruik via lichamelijke activiteit. Om kansrijke aangrijpingspunten te identificeren voor toekomstig beleid is het zinvol om te achterhalen welke van de twee factoren de grootste bijdrage heeft geleverd aan de gewichtsstijging in de afgelopen jaren.

Tegengesteld aan de verwachting, gezien de toename van overgewicht, laten observationele studies echter zien dat op bevolkingsniveau de energie-inneming is gedaald in de periode tussen 1990 en 2000. Ook voor lichamelijke activiteit is er geen consistent beeld, omdat de SCP gegevens in deze periode fluctueren. Voor de periode na 2000, waarin enige stabilisatie lijkt op te treden, wijzen de data rond lichamelijke activiteit wel in dezelfde richting; op basis van drie bronnen is namelijk een (lichte) stijging zichtbaar in het percentage normactieven. Er zijn echter voor deze periode geen representatieve gegevens beschikbaar voor de energie-inneming, waardoor uitspraken over een mogelijke bijdrage van toegenomen lichamelijke activiteit aan de stabilisatie van overgewicht niet mogelijk zijn.

De inconsistentie tussen trendgegevens op populatieniveau is te verklaren door methodologische beperkingen. Vragenlijsten die gebruikt worden in observationele onderzoeken zijn niet geschikt om kleine veranderingen in energie-inneming of verbruik te bepalen. Op populatieniveau betreft de gemiddelde gewichtsstijging 0,1-0,6 kg per jaar, waarbij de grootste stijging optrad bij de jongvolwassenen (20-30 jaar). Voor deze groep zou de gewichtstoename van 6,6 kg in 11 jaar tijd te voorkomen zijn geweest door per dag 60 kcal (0,3 MJ) minder te eten en/of meer te verbruiken door bewegen. Een dergelijk verschil is niet nauwkeurig te 'detecteren' met de vragenlijsten in observationele onderzoeken.

Samengevat is het dus niet mogelijk om vast te stellen of voeding of bewegen de grootste bijdrage heeft geleverd aan de stijging van overgewicht (periode 1990-2000) dan wel aan de ogenschijnlijke stabilisatie (periode vanaf 2000).

Er zijn aanwijzingen dat beide een rol gespeeld hebben. Voor de Verenigde Staten is uitgezocht dat de stijging in het voedselaanbod ruim voldoende was om de gewichtsstijging te kunnen verklaren. Voor lichamelijke activiteit is aangetoond dat een daling in lichamelijke activiteit bij kan dragen aan gewichtsstijging.



## 6.2 Gecontroleerde experimenten: kwantificatie effect en compensatie

Zoals in paragraaf 6.1 aangegeven betreft de gemiddelde gewichtsstijging op populatieniveau ongeveer 3 tot 7 kg en is de bijbehorende energiedisbalans bij de grootste stijging ongeveer 60 kcal (0,25 MJ) per dag over een langere periode.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten beschreven van een literatuurreview van gecontroleerde experimenten waarbij het effect op het gewicht wordt onderzocht van een aanpassing in de voeding of lichamelijke activiteit. Op basis van de relatie tussen de geschatte totale energiebalans van de interventie en de totale gewichtsverandering (methode 1), blijkt dat een (additioneel) totaal energieverval van 108.000 kcal (450 MJ) leidt tot een gewichtsverandering van 2,5 kg.

Op basis van de dagelijkse energiedisbalans (bij aanvang van de interventie) en de geschatte gewichtsverandering na 3 maanden (methode 2) blijkt dat een energiedisbalans van 500-1300 kcal per dag (2,1 – 5,4 MJ) leidt tot een gewichtsverandering van 6,5 tot 10 kg in 3 maanden.

We kunnen niet helemaal controleren of deze resultaten consistent zijn met de resultaten van Katan *et al.* in hoofdstuk 3 omdat deze berekeningen gebaseerd zijn op een formule die op zijn beurt weer is gebaseerd op experimenten die 1 tot 14 maanden duurden. Zij berekenden dat een verschil van 370 kcal per dag leidt tot een gewichtsverschil van 16 kilo, maar de formule en het artikel geeft geen inzicht in de tijdsduur waarin dit verschil wordt bereikt. In onze review zat 1 studie met een geschat gewichtsverlies van ongeveer 16 kilo na 3 maanden en daarbij was het geschatte energieverval 1380 kcal (5,8 MJ) per dag (figuur 7; methode 2).

Bij de berekeningen van Hill *et al.* is de tijdsduur wel bekend en daardoor is het mogelijk om een vergelijking te maken van het totale energietekort dat leidt tot een bepaalde gewichtsverandering. Bij Hill *et al.* leidde een verschil van 292.000 kcal (1220 MJ) tot een gewichtsverschil van 7 kilo. Dit is enigszins in dezelfde orde van grootte als onze resultaten waarbij een totaal energietekort van 108.000 kcal (450 MJ) leidt tot een gewichtsverschil van 2,5 kilo (methode 1; verschil in uitersten van puntenwolk) of een energietekort van 88.000 kcal (370 MJ) leidt tot een gewichtsverschil van 4 kilo (methode 2; maar daar was verklaarde variantie slechts 15%).

De berekening volgens methode 1 is dus in de orde van grootte van Hill *et al.* De afwijking is verklaarbaar vanwege de variatie in de experimenten (zie discussiepunten in deel 4) en vanwege het feit dat het vooral studies waren bij obese mensen, bedoeld om af te vallen. Dit in tegenstelling tot de calculatie van Hill die een indicatie geeft van de energiedisbalans ter voorkoming van gewichtsstijging.

Duidelijk is wel dat de energiedisbalans in de experimenten in hoofdstuk 4 groter is dan de gemiddelde disbalans op populatieniveau (volgens de berekeningen van Katan, van den Berg) en dat daarmee dan (dus) ook een redelijk aanzienlijke gewichtsverandering bereikt wordt op de korte termijn (6,5 tot 10 kg), die groter is dan de gemiddelde gewichtsverandering op populatieniveau in de laatste decennia. Op basis van de experimenten kan echter geen uitspraak gedaan worden over het beklijven van dit gewichtsverschil op de langere termijn en de experimenten vonden vooral plaats bij mensen met overgewicht.

## 6.3 Relevantie literatuurverkenning voor toekomstig beleid

Voor vormgeving van toekomstig beleid is het noodzakelijk om een goed beeld te hebben van welke effecten verwacht kunnen worden van aanpassingen in de voeding of de lichamelijke activiteit.

Toekomstig beleid is gericht op:

- 1) Voorkomen van stijging van gewicht bij mensen met normaal gewicht
- 2) Voorkomen van stijging van gewicht bij mensen met overgewicht/obesitas
- 3) Stimuleren van verantwoord afvallen

Het literatuuronderzoek naar gecontroleerde experimenten (hoofdstuk 4) laat zien dat er weinig studies zijn uitgevoerd bij mensen met een normaal gewicht of matig overgewicht. De meeste experimenten zijn gericht op gewichtsverlies en niet op voorkomen van gewichtsstijging, en de maximale duur van (het gecontroleerde deel van) de experimenten was een half jaar. De afwijking van de dagelijkse energiebalans was meestal aanzienlijk en daarmee ook de gewichtsverandering. Zoals in paragraaf 6.2 al is aangegeven, is de energiedisbalans dus groot t.o.v. de geschatte disbalans die op populatieniveau nodig is om een verdere stijging tegen te gaan. Op basis van de literatuurstudie kunnen dus voornamelijk uitspraken gedaan worden voor punt 3, met betrekking tot de bijdrage van voeding of bewegen aan het bereiken van een energietekort wat nodig is om af te vallen.

De resultaten tonen aan dat een dagelijks verschil van 500-1300 kcal (2,1-5,4 MJ) leidt tot een geschatte gewichtsverandering van 6,5 tot 10 kg in 3 maanden.

Er waren slechts twee experimenten waarbij dit verschil bewerkstelligd werd via aanpassing van het beweeggedrag. Hieruit bleek dat er vrij veel moeite voor nodig is om door middel van bewegen een energietekort van  $\approx 2,5$  MJ per dag te bereiken. Hiervoor moest twee maal per dag een uur worden gefietst. Een vertaling van een dergelijke 'aanpassing' naar het dagelijkse leven is wellicht wel nog mogelijk voor sedentaire mensen (conform de deelnemers aan dit experiment), maar voor mensen met een normaal activiteitenpatroon is dit waarschijnlijk lastiger.

De resultaten voor de ondervoedingsstudies laten zien dat de meeste studies grotere energietekorten bereikten dan de twee beweegexperimenten. Een andere indicatie dat het 'makkelijker' is om via de voeding een bepaald energieverschil te bereiken dan via lichamelijke activiteit blijkt uit de review van Westerterp (2010). De grootste toename van het energieverbruik door lichamelijke activiteit van de in deze review opgenomen interventies was 670 kcal; (2,8 MJ) per dag, terwijl de toename van de energie-inneming in overvoedingsstudies minimaal 1000 kcal (4,2 MJ) per dag was.

In beweegstudies waarbij de energie-inneming niet strikt wordt gecontroleerd, blijkt er meestal geen of slechts een geringe afname van het gewicht te zijn. Dit duidt er op dat er compensatie in de energie-inneming is optreden. In enkele studies waarin de energie-inneming is gemeten m.b.v. dietary records zijn hier echter geen aanwijzingen voor gevonden. Dit kan verklaard worden door de beperkingen van het meten van de energie-inneming m.b.v. dietary records, maar het kan ook zijn dat er compensatie is opgetreden in de lichamelijke activiteit buiten de training. In enkele studies waarin het totale energieverbruik met DLW is gecontroleerd zijn aanwijzingen gevonden dat beide compensaties optreden.

Ook bij de ondervoedingsstudies is de vertaling naar aanpassingen in het dagelijkse leven echter niet rechtstreeks te maken. In sommige experimenten werd een aanzienlijk energietekort bereikt via het verstrekken van drinkvoeding. Dit resulteert weliswaar in veel gewichtsverlies op kortere termijn, maar het is onwaarschijnlijk dat een dergelijk dieetgedrag op de langere termijn volgehouden wordt (waarbij het succes dan ook nog gradueel afneemt).

In de pilotstudies van CALERIE met een calorierestictie van  $\pm 10-70\%$  over 3-6 maanden waarin een significante daling van het gewicht optrad, bleek uit meting met DLW het totale dagelijkse energieverbruik en de lichamelijke activiteit af te nemen. Hierbij was er geen verschil in de daling bij groepen met een verschillende mate van calorierestictie. Uit de studie waar ook de daadwerkelijk bereikte calorierestictie werd gemeten bleek dat dit mede veroorzaakt kan zijn doordat het daadwerkelijk bereikte verschil in calorierestictie tussen de groepen kleiner was dan beoogd.

Uit een vergelijking van studiearmen waarbij een energietekort van 25% werd bereikt m.b.v. calorierestictie alleen of 12,5% calorierestictie met 12,5% lichamelijke activiteit bleek dat toevoeging van lichamelijke activiteit de daling van de lichamelijke activiteit t.o.v. baseline kon voorkomen, hoewel niet leidde tot een stijging van de totale lichamelijke activiteit. Dit geeft een indicatie dat het effectief is om lichamelijke activiteit toe te voegen, al werd geen verschil in gewichtsverlies tussen deze twee groepen gevonden.

Wat betreft de vertaling naar 'afvallen in de praktijk' is bekend dat voor permanente gedragsverandering aanpassingen nodig zijn die vol te houden moeten zijn. Deze gedragsverandering kan bereikt worden via leefstijlprogramma's die gericht zijn op voeding en bewegen en gedragstherapeutische componenten bevatten. Het effect van dergelijke programma's kan 5 tot 10% gewichtsverlies zijn na een jaar, wat voor 50% beklijft in het daaropvolgende jaar (Barte, 2010). Het effect van de leefstijlprogramma's is dus kleiner dan in de "ondervoedingsexperimenten", maar hiervan is wel aangetoond dat het op langere termijn beklijft. Een aantal interventies liet zien dat aandacht voor voeding én bewegen meer gewichtsverlies sorteert na een jaar, dan alleen aandacht voor de voeding (Bemelmans 2008).

Voor preventie en behandeling van overgewicht wordt daarom in de praktijk een aanpak geadviseerd die gericht is op beide componenten van de energiebalans. Dit advies wordt mede onderbouwd door compensaties die blijken op te treden op de andere zijde van de energiebalans als de lichamelijke activiteit wordt opgevoerd of de energie-inneming daalt (hoofdstuk 5; van den Berg 2004).

## 6.4 Verder onderzoek

In de titel staat aangegeven dat dit een RIVM brief rapport is. Het bevat informatie over de trends, een beschouwing van enkele publicaties en een literatuur onderzoek naar gecontroleerde experimenten waarbij de resultaten in hoofdstuk 6 in een bredere context geïnterpreteerd zijn.

Op meerdere plekken in het rapport was echter meer diepgang mogelijk geweest en nader onderzoek kan zinvol zijn om de hoofdboodschappen –op den duur- verder aan te scherpen. Hieronder wordt een overzicht gegeven, apart voor studies op populatieniveau en voor verdiepend literatuuronderzoek.

Met betrekking tot observationele studies op populatieniveau:

- Onderzoek met goede methoden in representatieve steekproef, dus gemeten lengte en gewicht, betrouwbare methoden voor schatten energie-innemering en verbruik (bijvoorbeeld bewegingsmeter, dubbel gelabeld water). Om gedrag en gewichtsstijging aan elkaar te kunnen relateren zijn longitudinale metingen nodig.
- Nader onderzoek rond de trendgegevens via subgroepanalyses en/of op basis van andere databronnen en/of gegevens te vergelijken met buitenlandse data.
- Studie op basis van voedselaanbod (conform Swinburn 2010) voor Nederland.
- Validatieonderzoek t.a.v. de exacte betrouwbaarheid van verschillende methoden om energie-innemering en lichamelijke activiteit te bepalen. Bijvoorbeeld hoe zijn methodes gevalideerd en wat wordt er nou eigenlijk precies gemeten (bijvoorbeeld energieverbruik door lichamelijke activiteit of hartslag of bewegingsmeter etc.).

Met betrekking tot verdiepend literatuuronderzoek:

- Verder (literatuur)onderzoek naar bandbreedte energieverbruik door lichamelijke activiteit.
- In hoofdstuk 3 is al aangegeven dat het om een illustratie van de verschillende typen onderzoek gaat, maar niet uitputtend, en mogelijk is interessant onderzoek gemist met andere zinvolle invalshoeken.
- Hill en van den Berg rekenen voor energiedisbalans aan de hand van 'vetopslag', terwijl Katan gebruikt maakt van formules verkregen uit afvalstudies. Misschien zijn er nog andere methoden beschreven?- Het is interessant in hoeverre de berekeningen consistent zijn als wel precies dezelfde aannames worden gebruikt, bijvoorbeeld over grootte van de gewichtsstijging, meenemen energiebehoefte, lichaamslengte etc. De gebruikte aannames zijn vaak niet of niet duidelijk vermeld in de artikelen.
- Hoofdstuk 4 en 5: uitbreiding literatuuronderzoek om meer studies te vinden met overvoeding en (afname van) lichamelijke activiteit en/of om meer studies die zowel energie-innemering en lichamelijke activiteit hebben gecontroleerd. Vooral studies met volledige verstrekking van de voeding en meting van de lichamelijke activiteit met DLW. Ook zijn aanvullende gegevens over (verandering van) therapietrouw, energiebehoefte en verloop van gewichtsstijging/ daling over de tijd gewenst, zodat daar reëlere aannames over kunnen worden gedaan.
- Aanvullende gegevens over fysiologische en psychische mechanismen voor regulatie van de energiebalans en de consequentie daarvan voor de dagelijkse praktijk (effecten van interventies).



# Literatuur

Abete I, Parra D and Martinez JA. Energy-restricted diets based on a distinct food selection affecting the glycemic index induce different weight loss and oxidative response. *Clin Nutr* 2008; 27(4): 545-51.

Barte JC, Ter Bogt NC, Bogers RP, Teixeira PJ, Blissmer B, Mori TA, Bemelmans WJ. Maintenance of weight loss after lifestyle interventions for overweight and obesity, a systematic review. *Obes Rev* 2010; 11:899-906.

Bouchard C, Tremblay A, Despres J P, Theriault G, Nadeau A, Lupien PJ, Moorjani S, Prudhomme D, Fournier G. The response to exercise with constant energy intake in identical twins. *Obes Res* 1994;2(5): 400-10.

Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A, Dussault J, Despres JP, Theriault G, Lupien PJ, Serresse O, Boulay MR, Fournier G. Long-term exercise training with constant energy intake. 1: Effect on body composition and selected metabolic variables. *Int J Obes* 1990;14(1): 57-73.

Bellisle F Food choice, appetite and physical activity. *Public Health Nutrition* 1999;2(3A): 357-61.

Bemelmans WJE (red), Wendel-Vos GCW, Bogers RP, Milder IEJ, De Hollander EL, Barte JCM, Tariq L, Jacobs-van der Bruggen MAM. Kosteneffectiviteit beweeg- en dieetadvisering bij mensen met (hoog risico op) diabetes mellitus type 2. Literatuuronderzoek en modelsimulaties rondom de Beweegkuur RIVM-rapport nr 260401005. Bilthoven, RIVM 2008.

Van den Berg SW, Feskens EJM, Hoebee B, van Schothorst EM, JMA Boer. Physiological regulation of energy balance. A review of the literature. RIVM-rapport nr 350020001. Bilthoven, RIVM, 2004.

Van den Berg SW, Scholtens S, Wijga AH, Verschuren WMM, Boer JMA. Overgewicht bij jonge kinderen en volwassenen: kwantificeren van de kloof tussen energieinneming en energieverbruik. RIVM-rapport nr. 350020002. Bilthoven, RIVM, 2006.

Van den Berg SW, Dolle MET, Tijhuis MJ, van der A DL, Boer JMA De genetica van overgewicht: stap naar beleid en maatschappij. Resultaten van een expertmeeting. RIVM-rapport nr.: 350020007. Bilthoven, RIVM, 2009.

Boguszewski CL, Paz-Filho G, Velloso LA. Neuroendocrine body weight regulation: integration between fat tissue, gastrointestinal tract, and the brain. *Endokrynol Pol* 2010; 61(2):194-206.

Breedveld K. Gezond bewegen vanuit tijdsbestedingsperspectief. In: Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Stiggelbout M (red.). *Trendrapport Bewegen en Gezondheid 2000-2001*. Hoofddorp: TNO, 2002.

Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS and Wilmore JH The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *American Journal of Clinical Nutrition* 1992;55(4): 802-10.

Bryner RW, Toffle RC, Ullrich IH and Yeater RA The effects of exercise intensity on body composition, weight loss, and dietary composition in women. *Journal of the American College of Nutrition* 1997;16(1): 68-73.

Bouchard C. The magnitude of the energy imbalance in obesity is generally underestimated. *Int J Obes* 2008;32:879-880 (commentary).

CBO. Richtlijn Diagnostiek en behandeling van obesitas bij volwassenen en kinderen. Utrecht: Medisch Wetenschappelijke Raad van het Kwaliteitsinstituut voor de Gezondheidszorg, 2008.

CBS-Pols CBS Permanent Onderzoek van de Leefomgeving. Gezondheid en Welzijn, CBS.

CBS persbericht 10-017 Gezondere leefstijl blijkt voor velen moeilijk haalbaar. 16 maart 2010. [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

Chaput JP, Klingenberg L, Astrup A and Sjodin AM Modern sedentary activities promote overconsumption of food in our current obesogenic environment. *Obes Rev*.

Das SK, Gilhooly CH, *et al.* Long-term effects of 2 energy-restricted diets differing in glycemic load on dietary adherence, body composition, and metabolism in CALERIE: a 1-y randomized controlled trial. *American J Clin Nutr* 2007; 85(4): 1023-30.

Das SK, Saltzman E, *et al.* Low or moderate dietary energy restriction for long-term weight loss: what works best? *Obesity* 2009;17(11): 2019-24.

Dickson-Parnell BE and Zeichner A Effects of a short-term exercise program on caloric consumption. *Health Psychology* 1985;4(5): 437-48.

Evans EM, Saunders MJ, Spano MA, Arngimsson, SA, Lewis, RD and Cureton, KJ. Effects of diet and exercise on the density and composition of the fat-free mass in obese women. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1999; 31(12): 1778-87.

Forsythe LK, Wallace JM, Livingstone MB. Obesity and inflammation: the effects of weight loss. *Nutr Res Rev* 2008; 21(2):117-33.

Geliebter A, Maher MM, Gerace L, Gutin B, Heymsfield SB and Hashim SA. Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects. *Am J Clin Nutr* 1997;66(3): 557-63.

Gezondheidsraad. Commissie Trends voedselconsumptie. Enkele belangrijke ontwikkelingen in de voedselconsumptie. Nr 2002/12. Den Haag: Gezondheidsraad, 2002.

Goris AH, Westerterp-Plantenga MS and Westerterp KR Underreporting and underrecording of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake. *Am J Clin Nutr* 2000;71(1): 130-4.

Hall J, Roberts R, Vora N. Energy homeostasis: The roles of adipose tissue-derived hormones, peptide YY and Ghrelin. *Obes Facts* 2009; 2(2):117-25.

Hildebrandt VH, Ooijendijk WTM, Hopman-Rock M (red.). Trendrapport Bewegen en gezondheid 2004/2005. Hoofddorp/Leiden: TNO, 2007.

Hill JO, Wyatt HR, Reed GW, Peters JC. Obesity and the environment: Where do we go from here? *Science* 2003;299:853-855.

Hulshof KFAM, Ocké MC, van Rossum CTM, Buurma-Rethans EJM, Brants HAM, Drijvers JJMM, ter Doest D. Resultaten van de voedselconsumptiepeiling 2003. RIVM-rapport nr. 350030002. Bilthoven, RIVM, 2004.

Katan, MB, Ludwig DS. Extra calories cause weight gain- but how much? *JAMA* 2010, 303;32-66.

Kempen KP, Saris WH and Westerterp KR Energy balance during an 8-wk energy-restricted diet with and without exercise in obese women. *American Journal of Clin Nutr* 1995;62(4): 722-9.

Kemper HCG. Ooijendijk WTM, Stiggelbout M. Consensus over de Nederlandse norm voor Gezond bewegen. *TSG* 2000;78(3):180-83.

King NA, Tremblay A and Blundell JE Effects of exercise on appetite control: implications for energy balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(8): 1076-89.

Klimcakova E, Kovacikova M, Stich V, Langin D. Adipokines and dietary interventions in human obesity. *Obes Rev* 2010; 11(6):446-56.

Klok MD, Jakobsdottir S, Drent ML. The role of leptin and ghrelin in the regulation of food intake and body weight in humans: a review. *Obes Rev* 2007; 8(1):21-34.

Knab AM, Lightfoot JT. Does the difference between physically active and couch potato lie in the dopamine system? *Int J Biol Sci* 2010; 6(2):133-50.

Kreijl CF en Knaap AGAC (eds.). *Ons Eten Gemeten. Gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland*. RIVM-rapport nr. 270555007. Houten, Bohn Stafleu Van Loghum, 2004.

Luscombe ND, Clifton PM, Noakes M, Farnsworth E and Wittert G. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on weight loss and energy expenditure after weight stabilization in hyperinsulinemic subjects. *International J Obes Rel Metabol Disorders* 2003;27(5): 582-90.

van Marken Lichtenbelt WD, Vanhommerig JW, Smulders NM *et al.* Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *N Engl J Med* 2009; 360(15):1500-8.

Martin CK, Heilbronn LK, *et al.* Effect of calorie restriction on resting metabolic rate and spontaneous physical activity. *Obesity* 2007;15(12): 2964-73.

Nyholm M, Gullberg B, Merlo J, Lundqvist-Persson C, Rastam L and Lindblad U The validity of obesity based on self-reported weight and height: Implications for population studies. *Obesity (Silver Spring)* 2007;15(1): 197-208.

Nooyens ACJ. Epidemiological studies of weight gain and its determinants. *Academisch Proefschrift*. Vrije Universiteit Amsterdam. 2009.

Nooyens AC, Visscher TL, Verschuren WM, Schuit AJ, Boshuizen HC, van Mechelen W, Seidell JC. Age, period and cohort effects on body weight and body mass index in adults: The Doetinchem Cohort Study. *Public Health Nutr*. 2008; 12(6):862-70.

Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Hopman-Rock M. Bewegen in Nederland 2000-2005. In: Hildebrandt VH, Ooijendijk WTM, Hopman-Rock M. (Red.). *Trendrapport Bewegen en gezondheid 2004/2005*. Hoofddorp/Leiden: TNO, 2007.

Pietilainen KH, Korkeila M, Bogl LH, Westerterp KR, Yki-Jarvinen H, Kaprio J and Rissanen A Inaccuracies in food and physical activity diaries of obese subjects: complementary evidence from doubly labeled water and co-twin assessments. *Int J Obes (Lond)* 34(3): 437-45.

Racette SB, Schoeller DA, Kushner RF and Neil KM. Exercise enhances dietary compliance during moderate energy restriction in obese women. *Am J Clin Nutr* 1995a;62(2): 345-9.

Racette SB, Schoeller DA, Kushner RF, Neil KM and Herling-laffaldano K Effects of aerobic exercise and dietary carbohydrate on energy expenditure and body composition during weight reduction in obese women. *Am J of Clin Nutr* 1995b; 61(3): 486-94.

Redman LM, Heilbronn LK, *et al.* Metabolic and behavioral compensations in response to caloric restriction: implications for the maintenance of weight loss. *PLoS ONE [Electronic Resource]* 2009;4(2): e4377.

Reed JL, De Souza MJ, Williams NI. Effects of exercise combined with caloric restriction on inflammatory cytokines. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010; 35(5):573-82.

Rochon J, Bales CW, Ravussin E,; Redman, LM, Holloszy JO, Racette SB, Roberts SB, Das SK. Romashkan S. Galan KM. Hadley EC. and Kraus WE. Design and Conduct of the CALERIE Study: Comprehensive Assessment of the Long-term Effects of Reducing Intake of Energy. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010.

Schulz LO, Schoeller DA. A compilation of total daily energy expenditures and body weights in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 1994;60:676-81.

Stice E, Dagher A. Genetic variation in dopaminergic reward in humans. *Forum Nutr* 2010; 63:176-85.

Teran-Garcia M, Despres J-P, Couillard C, Tremblay A and Bouchard C Effects of long-term overfeeding on plasma lipoprotein levels in identical twins. *Atherosclerosis* 2004;173(2): 277-83.

Titchenal CA Exercise and food intake. What is the relationship? *Sports Medicine* 1988;6(3): 135-45.

TNO 2010. Factsheet Resultaten Vijfde Landelijke Groeistudie TNO 10 juni 2010.  
<http://www.tno.nl/downloads/20100608%20Resultaten%20Vijfde%20Landelijke%20Groeistudie.pdf>

Schokker DF, Visscher TL, Nooyens AC, van Baak MA and Seidell JC Prevalence of overweight and obesity in the Netherlands. *Obes Rev* 2007;8(2): 101-8.

Swinburn B, Sacks G, Ravussin E. Increased food supply is more than sufficient to explain the US epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr* 2009;90:1453-6.

Velthuis-te Wierik EJ, Westerterp KR and van den Berg H Impact of a moderately energy-restricted diet on energy metabolism and body composition in non-obese men. *Int J Obes Related Metabol Disorders* 1995;19(5): 318-24.

Visscher TLS, Kromhout D, Seidell JC. Long-term and recent time trends in the prevalence of obesity among Dutch men and women. *Int J Obes* 2002; 26: 1218-24.

Volkow ND, Wang GJ, Baler RD. Reward, dopamine and the control of food intake: implications for obesity. *Trends Cogn Sci* 2010.

VTV 2010, Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. Bilthoven: RIVM, <http://www.nationaalkompas.nl>

VWS, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Nota Overgewicht. Uit balans: de last van overgewicht. Den-Haag: VWS, 2009.

Weinsier RL, Hunter GR, Desmond RA, Byrne NM, Zuckerman PA, Darnell BE. Free living activity energy expenditure in women successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight. *Am J Clin Nutr* 2002;75:499-504.

Westerterp KR, Speakman JR. Physical activity energy expenditure has not declined since the 1980s and matches energy expenditure of wild mammals. *Int J Obes* 2008;32:1256-1263.

Westerterp KR, Plasqui G. Physically active lifestyle does not decrease the risk of fattening. *PloS ONE* 2009;4:e4745.

Westerterp KR. Impacts of vigorous and non-vigorous activity on daily energy expenditure. *Proc Nutr Soc* 2003;62:645-650.

Westerterp KR. Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutr Rev* 2010;68:148-154.

World Health Organization (WHO) Report of a WHO Consultation: Obesity: preventing and Managing the Global Epidemic. Geneva, Switzerland: WHO 2000.



Wu X, Patki A, Lara-Castro C *et al.* Genes and Biochemical Pathways in Human Skeletal Muscle Affecting Resting Energy Expenditure and Fuel Partitioning. J Appl Physiol 2010.

## Bijlage 1 Zoekstrategie literatuur in Medline

#	Searches	Results	Search Type
1	(energy balance* or doubly label?ed water).ti. (body weight or body composition or body fat or body fatness or fat distribution	1554	Advanced
2	or abdominal visceral fat or fat free mass or fat losses or resting metabolic rate or metabolic adaptation or metabolic fitness).ti.	16648	Advanced
3	energy metabolism.sh.	51047	Advanced
4	1 or 2 or 3	66504	Advanced
5	(energy-restricted diet or energy restriction or overfeeding or caloric restriction).ti.	1419	Advanced
6	(diet or diet, reducing or caloric restriction).sh.	94596	Advanced
7	5 or 6	95234	Advanced
8	(exercise or training).ti.	115003	Advanced
9	exercise.sh.	49024	Advanced
10	8 or 9	141744	Advanced
11	4 and (7 or 10)	9394	Advanced
12	(day or days or wk or wks or weeks or month or months).tw.	2015088	Advanced
13	11 and 12	3346	Advanced
14	((random\$ adj7 trial\$) or (random\$ adj7 stud\$) or (controlled adj7 trial\$) or (controlled adj7 stud\$)).tw.	283971	Advanced
15	(review or randomized controlled trial or controlled clinical trial or twin study or comparative study).pt.	3157574	Advanced
16	(randomized controlled trial or randomized controlled trials as topic or controlled clinical trial or comparative study).sh.	1752677	Advanced
17	exp controlled clinical trials as topic/	68720	Advanced
18	13 and (14 or 15 or 16 or 17)	1312	Advanced
19	(animals not humans).sh.	3359814	Advanced
20	18 not 19	1146	Advanced
21	20 and english.lg.	1103	Advanced



## Bijlage 2 Gecontroleerde studies met af- of toename van de energie-inneming, bij gelijkblijvende lichamelijke activiteit.

Referentie	n	populatie	Duur	Omschrijving dieet	Controle 'therapietrouw'	dMJ/d*	dMJ**	dkg***	Verzoek en/of controle beweging
<b>Calorie-restrictie</b>									
Abete 2008	16	Obese mannen en vrouwen, 36 ± 7j, baseline BMI 32,2 ± 4,4 kg/m <sup>2</sup>	8 wk	Hoog GI groep: 30% CR; hoge glycemische index; Kh 53 En%, vet 30 En%, eiwit: 17 En%	voorgeschreven dieet	2,7	148	-5,0 ± 2,5	verzoek+controle door vragen (resultaat niet gerapporteerd)
	16	Obese mannen en vrouwen, 36 ± 7j, baseline BMI 32,8 ± 4,3 kg/m <sup>2</sup>		Laag GI groep: 30% CR; lage glycemische index; Kh 53 En%, vet 30 En%, eiwit: 17 En%		2,8	158	-7,0 ± 2,7	
Das 2007	17	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> ), 24-42j	0-6 mnd	HG groep: 30% CR; hoog glycemisch dieet; Kh: 60 En%, Vet 20 En%, Eiwit 20 En%	voeding verstrekt	3,6	608	-9,1 ± 4,2	verzoek + calorimeter DEE gemeten, PAL geschat, ook iets afgenomen in interventiegroep
			0-12 mnd		6 mnd voeding verstrekt, 6 mnd voorgeschreven dieet	3,6	1217	-8,0 ± 4,1	
	17	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> ), 24-42j	0-6 mnd	LG groep: 30% CR; laag glycemisch dieet; Kh: 40 En%, Vet 30 En%, Eiwit 30 En%	voeding verstrekt	3,4	568	-10,4 ± 4,1	
			0-12 mnd		6 mnd voeding verstrekt, 6 mnd voorgeschreven dieet	3,4	1137	-7,8 ± 5,0	
Evans 1999	9	Vrouwen met BMI>27 kg/m <sup>2</sup> , 20-40j	16 wk	Dieet volgens Amerikaanse Diabetes Associatie, CR 1000 kcal/d, <30% vet	voorgeschreven dieet, food records	4,2	469	-7,2 ± 7,4	verzoek

Referentie	n	populatie	Duur	Omschrijving dieet	Controle 'therapietrouw'	dMJ/d*	dMJ**	dkg***	Verzoek en/of controle beweging
Geliebter 1997	22	Mannen en vrouwen met ≥20% overgewicht, 19- 48j	8 wk	30% CR t.o.v. rustmetabolisme, ± 50% CR t.o.v. totaal baseline energieverbruik	vloeibare voeding verstrekt	5,4	301	-9,5 ± 3,1	verzoek+controle door zelfrapportage (resultaat niet gerapporteerd)
Kempen 1995	10	Obese vrouwen, 25-50j	8wk	4 weken 2,0 MJ/d+4 weken 3,5 MJ/d (waarvan 1,4 MJ/d vloeibaar)	4 weken vloeibare voeding verstrekt, 4 weken vloeibare voeding + voorgeschreven dieet, food records	10,3 / 8,8 (gem. 9,6)	534	-7,1 ± 0,9	calorimeter, DEE+PAL bleven gelijk
Luscombe 2003	19	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 27-43 kg/m <sup>2</sup> ), 20-65j	12wk	LP groep: 6,5 MJ/d; eiwit 30 En%, Kh 40 En%, vet 25 En%	voorgeschreven dieet, 60% voeding verstrekt, food records	4,7	395	-8,0 ± 0,7	verzoek, dagboekjes, DLW (DEE en PAEE), maar verschil t.o.v. baseline niet gerapporteerd
	17			HP groep: 6,5 MJ/d, eiwit 15 En%, Kh 55 En%, vet 25 en%		4,2	353	-7,9 ± 1,1	
Racette 1995a+b	13	Obese vrouwen, met 40-80% overgewicht, 21- 47j	12wk	± 25% CR LF-Nx groep (n=7) Kh 60%, eiwit 15%, vet 15%; LC-Nx groep (n=6) Kh 25%, eiwit 25%, vet 50%	voorgeschreven dieet, voedingsdagboek met weegschaal, meet lepels en kopjes	5,3	444	-8,1 ± 2,3	verzoek

Afkortingen: CR, caloriereductie; GI, glycemische index; En%, energie-procent; Kh, koolhydraat, DLW, dubbel gelabeld water; DEE dagelijks energieverbruik; PAL (physical activity level)= ratio van totaal energieverbruik en rustmetabolisme = (DEE/BEE), PAEE (physical activity expenditure)= lichamelijke activiteit geschat op basis van TEE, REE : 0.9 TEE-REE.

Referentie	n	populatie	Duur	Omschrijving dieet	Controle 'therapietrouw'	dMJ/d*	dMJ**	dkg***	Verzoek en/of controle beweging
Velthuis-te Wierik 1995	16	Mannen (BMI 20,6-27,2 kg/m <sup>2</sup> ), 35-50j	10 wk	20% CR t.o.v. gebruikelijk dieet (geschat m.b.v. 7d dietary record); Kh 47 En%, vet 36 En%, eiwit 17 En%)	Voeding verstrekt, diner onder toezicht	2,3	160	-7,4 ± 1,7	verzoek+PAL geschat, geen sign. toe/afname
<b>Over-voeding</b>									
Teran- Garcia 2004	24	Sedentaire mannen, BMI 18,7 ± 2,0 kg/m <sup>2</sup> , (12 eeneiige tweelingen), 19- 27j	100d	1000 kcal/d boven baseline behoefte, 6d per week over 100d, Kh 50 En%, vet 15 En%, eiwit 15 En%	Voeding verstrekt, interne setting	4,2	353	+8,1	interne setting, proefpersonen werden sedentair gehouden

\*Voorgeschreven dagelijkse energietekort of overschot (MJ/d) t.o.v. energiebehoefte bij aanvang

\*\*Geschat totaal tekort of overschot ten opzichte van de beginsituatie bij volledige 'therapietrouw' en zonder rekening te houden met stijging/ daling van het energieverbruik

\*\*\*Gewichtsverandering (kg); weergegeven als gemiddelde ± SD



## Bijlage 3 Gecontroleerde studies met toename van de lichamelijke activiteit, bij gelijkblijvende energie-inneming

Referentie	n	populatie	Duur	Omschrijving beweging	Controle beweging	dMJ/d*	dMJ**	dkg***	Controle voeding
Bouchard 1994	14	Sedentaire mannen, gem. BMI $26,2 \pm 1,5$ kg/m <sup>2</sup> (7 eeneiige tweelingen), 17-26j	93d	fietsen op ergometer, 2x p/d gem. $57 \pm 0,8$ min, 50-55% van VO <sub>2</sub> max voor 9 van de 10 d totaal $93 \pm 0,6$ d van de 117 dagen	Onder toezicht	2,1	244	$-5,0 \pm 0,6$	voorgeschreven dieet en toezicht
Bouchard 1990	5	Sedentaire mannen met overgewicht, gem. BMI $27,5 \pm 2,9$ kg/m <sup>2</sup> , gem. leeftijd $25 \pm 3$ j	93d	fietsen op ergometer, 2x per dag, 55% van VO <sub>2</sub> max, voor 6 d/wk, totaal 84 van de 93 dagen	Onder toezicht	2,6	244	-8,0	voorgeschreven dieet en toezicht

\*Voorgeschreven energietekort (MJ/d) t.o.v. energiebehoefte bij aanvang

\*\*Geschatte totale tekort ten opzichte van de beginsituatie bij volledige 'therapietrouw' en zonder rekening te houden met stijging/ daling van het energieverbruik

\*\*\*Gewichtsverandering (kg); weergegeven als gemiddelde  $\pm$  SD





## Bijlage 4 Aannames en berekeningen bij het literatuuronderzoek

### Referentie

#### Aannames/berekeningen gewichtsverlies

Abete 2008	Higher-GI Groep; gewichtsverlies is $5,3 \pm 2,6\%$ ; begingewicht 94,4kg, dus absoluut $5,0 \pm 2,5$ kg Lower GI Groep; gewichtsverlies is $7,5 \pm 2,9\%$ , begingewicht 94,3 kg, dus absoluut $7,0 \pm 2,7$ kg
Bouchard 1990	Gewichtsverlies= $86,7-78,7=8,0$ kg

#### Aannames/berekeningen energieververschil

Abete 2008	Gemiddelde energie verstrekt in laag-GI groep is 1495 kcal/d, dit is 70% van energiebehoefte, dus tekort= $(1495/70*30)=641$ kcal per dag $641 \text{ kcal} = 641*4,1876 \text{ kJ}=2674 \text{ kJ/d}=2,7 \text{ MJ/d}$ duur=8wk; totaal deficit= $8*7*2647=148232\text{kJ}=148 \text{ MJ}$ Gemiddelde energie verstrekt in hoog-GI groep is 1568 kcal/d, dit is 70% van energiebehoefte, dus tekort= $(1568/(70*30)=672$ kcal per dag $672 \text{ kcal} = 672*4,1876 \text{ kJ}=2814 \text{ kJ/d}$ duur=8wk; totaal deficit= $8*7*2814=157584=158 \text{ MJ}$
Das 2007	HG dieet: bij start: $2825-1960=865 \text{ kcal/d}=3622\text{kJ}$ Geschat tekort in eerste 6 maanden: $7*24*3622=608496\text{kJ}=608 \text{ MJ}$ in 12 maanden $2*7*24*3622\text{kJ}=1217 \text{ MJ}$ LG dieet: bij start: $2708-1900=808 \text{ kcal/d}=3383\text{kJ}$ Geschat tekort in eerste 6 maanden: $7*24*3383=568344\text{kJ}=568 \text{ MJ}$ in 12 maanden $2*7*24*3383\text{kJ}=1137 \text{ MJ}$
Evans 1999	Voorgeschreven energietekort per dag= $1000\text{kcal}/4,19 \text{ MJ}$ Duur van de interventie=16 wk, totale deficit= $16*7*4,19=469 \text{ MJ}$
Geliebter 1997	Aanname (door auteurs) is dat het baseline energie-verbruik voor de sedentaire proefpersonen 140% van het rustmetabolisme is Energierestricte t.o.v. Baseline energieverbruik is 50%, voorgeschreven dieet= $5375\text{kJ}$ , energietekort dus ook $5375\text{kJ/d}$ Duur=8 wk; totale energietekort= $8*7*5375=301000\text{kJ}=301 \text{ MJ}$
Kempen 1995	Berekend op basis van gemiddelde metabolic rate wk 0: $12,3 \text{ MJ/d}$ Eerste 4 weken levert dieet $2,0 \text{ MJ/d}$ , dus energietekort: $12,3-2,0=10,3 \text{ MJ/d}=4*7*10,3=288 \text{ MJ}$ in 4 weken tweede 4 weken levert dieet $3,5 \text{ MJ/d}$ dus energietekort: $12,3-3,5=8,8 \text{ MJ/d}=4*7*8,8=246 \text{ MJ}$ in 4 weken Totaal: $288+246=534 \text{ MJ}$
Luscombe 2003	Geschat energietekort LP dieet: Gemiddelde baseline totale energie verbruik= $11166\text{kJ/d}$ Voorgeschreven dieet= $6,5 \text{ MJ/d}$ ; dus voorgeschreven energietekort: $4,7 \text{ MJ/d}$ Duur van de interventie=12 wk. Geschat tekort= $12*7*4,7 \text{ MJ}=395 \text{ MJ}$ Geschat energietekort HP dieet: Gemiddelde baseline totale energie verbruik= $10753\text{kJ/d}$ Voorgeschreven dieet= $6,5 \text{ MJ/d}$ ; dus voorgeschreven energietekort: $4,2 \text{ MJ/d}$ Duur=12 wk. Geschat tekort= $12*7*4,2 \text{ MJ}=353 \text{ MJ}$
Racette 1995a+b	Totale dagelijkse energie-verbruik NX-groep: $10,01 \text{ MJ/d}$ Voorgeschreven dieet: $4,72 \text{ MJ/d}$ ; dus voorgeschreven energietekort= $5,29 \text{ MJ/d}$ Duur=12 wk. Geschat tekort= $12*7*5,29 \text{ MJ}=444 \text{ MJ}$

Velthuis-te Wierik 1995	Baseline inneming (gebaseerd op 7d dietary record)= $11,43 \pm 1,24$ MJ/d 20% energietekort= $0,2 * 11,43 = 2,29$ MJ/d Duur=10 wk; totale energietekort: $10 * 7 * 2,29$ MJ=160 MJ
Teran-Garcia 2004	Voorgeschreven overvoeding=4,2 MJ  In totaal 84 dagen overvoeding (in periode van 100 dagen) Theoretisch overschot= $84 * 4,2 = 353$ MJ (ook gerapporteerd in paper)
Bouchard 1994	Gerapporteerd energietekort t.o.v energie nodig voor handhaving lichaamsgewicht=244 MJ Per dag $244/93 = 2,6$ MJ.
Bouchard 1990	Gerapporteerd energietekort t.o.v energie nodig voor handhaving lichaamsgewicht=244 MJ Per dag $244/93 = 2,1$ MJ

## Bijlage 5 Geselecteerd reviews compensatie

1. Bellisle F Food choice, appetite and physical activity. *Public Health Nutrition* 1999;2(3A): 357-61.
2. Catenacci VA and Wyatt HR The role of physical activity in producing and maintaining weight loss. *Nature Clinical Practice Endocrinology & Metabolism* 2007;3(7): 518-29.
3. Forbes GB Body fat content influences the body composition response to nutrition and exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2000;904: 359-65.
4. King NA, Tremblay A and Blundell JE Effects of exercise on appetite control: implications for energy balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(8): 1076-89.
5. Kopelman PG The effects of weight loss treatments on upper and lower body fat. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 1997;21(8): 619-25.
6. Poirier P and Despres JP Exercise in weight management of obesity. *Cardiology Clinics* 2001;19(3): 459-70.
7. Titchenal CA Exercise and food intake. What is the relationship? *Sports Medicine* 1988;6(3): 135-45.
8. Astrup A Dietary approaches to reducing body weight. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 1999;13(1): 109-20.
9. Astrup A, Astrup A, Buemann B, Flint A and Raben A Low-fat diets and energy balance: how does the evidence stand in 2002? *Proceedings of the Nutrition Society* 2002;61(2): 299-309.
10. Astrup A, Meinert Larsen T and Harper A Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss? *Lancet* 2004;364(9437): 897-9.
11. Donnelly JE, Jakicic J and Gunderson S Diet and body composition. Effect of very low calorie diets and exercise. *Sports Medicine* 1991;12(4): 237-49.
12. Donnelly JE, Smith B, *et al.* The role of exercise for weight loss and maintenance. *Best Practice & Research in Clinical Gastroenterology* 2004;18(6): 1009-29.
13. Erlanson-Albertsson C and Mei J The effect of low carbohydrate on energy metabolism. *International Journal of Obesity* 2005;29 Suppl 2: S26-30.
14. Haennel RG and Lemire F Physical activity to prevent cardiovascular disease. How much is enough? *Canadian Family Physician* 2002;48: 65-71.
15. Kelley GA and Kelley KS Effects of aerobic exercise on C-reactive protein, body composition, and maximum oxygen consumption in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolism: Clinical & Experimental* 2006;55(11): 1500-7.
16. Klein S Clinical trial experience with fat-restricted vs. carbohydrate-restricted weight-loss diets. *Obesity Research* 2004;12 Suppl 2: 141S-4S.
17. Lakka TA and Bouchard C Physical activity, obesity and cardiovascular diseases. *Handbook of Experimental Pharmacology* 2005;(170): 137-63.
18. Levine JA Nonexercise activity thermogenesis--liberating the life-force. *Journal of Internal Medicine* 2007;262(3): 273-87.
19. Muller-Riemenschneider F, Reinhold T, Nocon M and Willich SN Long-term effectiveness of interventions promoting physical activity: a systematic review. *Preventive Medicine* 2008;47(4): 354-68.
20. Poehlman ET, Arciero PJ and Goran MI Endurance exercise in aging humans: effects on energy metabolism. *Exercise & Sport Sciences Reviews* 1994;22: 251-84.
21. Poehlman ET, Toth MJ and Fonong T Exercise, substrate utilization and energy requirements in the elderly. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity* 1995;19 Suppl 4: S93-6.
22. Redman LM, Martin CK, Williamson DA and Ravussin E Effect of caloric restriction in non-obese humans on physiological, psychological and behavioral outcomes. *Physiology & Behavior* 2008;94(5): 643-8.
23. Ross R and Janssen I Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001;33(6 Suppl): S521-7; discussion S528-9.
24. Saris WHM, Blair SN, *et al.* How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obesity Reviews* 2003;4(2): 101-14.
25. Schoeller DA The importance of clinical research: the role of thermogenesis in human obesity. *American Journal of Clinical Nutrition* 2001;73(3): 511-6.



Bijlage 6 Studies met variatie in de energie-inneming waarbij het optreden van compensatie in het energieverbruik is gemeten met DLW.

Referentie	n	Populatie	Arm	Omschrijving interventie	Periode	% CR	Gewicht (kg)	Totaal energieverbruik (kcal/d)	PAL*
Das, 2009	9	Mannen en vrouwen met overgewicht (gem. BMI $28,8 \pm 1.3 \text{ kg/m}^2$ )	10% CR	Dieet met hoge of lage glycemische index; 6 mnd verstrekt, 6 mnd zelf geselecteerd	baseline		$84,8 \pm 10,8$	$2949 \pm 362$	$1.75 \pm 0.15$
					0-6 mnd	$19,9 \pm 15,5$	78,9	$-347 \pm 261$	$-0.14 \pm 0.1$
					6-12 mnd	$16,4 \pm 12,3$	79,6	$-99 \pm 361$	$-0.08 \pm 0.2$
					0-12 mnd	$18,1 \pm 9,8$			
	29	Mannen en vrouwen met overgewicht (gem. BMI $27,5 \pm 1.5 \text{ kg/m}^2$ )	30% CR	Dieet met hoge of lage glycemische index; 6 mnd verstrekt, 6 mnd zelf geselecteerd	baseline		$78,6 \pm 10,7$	$2842 \pm 454$	$1.78 \pm 0.18$
					0-6 mnd	$30,7 \pm 10,9$	70,6	$-348 \pm 268$	$-0.11 \pm 0.2$
					6-12 mnd	$15,4 \pm 11,8$	72	$-47 \pm 257$	$-0.09 \pm 0.2$
					0-12 mnd	$23,1 \pm 8,7$			

Afkortingen: DLW: dubbel gelabeld water; CR: calorierestrictie; PAL (physical activity level): mate van lichamelijke activiteit

\*PAL is geschat als ratio van totaal energieverbruik en rustmetabolisme  $PAL = (DEE/BEE)$ .

Referentie	n	Populatie	Arm	Omschrijving interventie	Periode	% CR	Gewicht (kg)	Totaal energieverbruik (kcal/d)	PAL*
Martin, 2007; Redman, 2009	12	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> )	controle	Gewichtsbehoud dieet, verstrekt in wk 1 t/m 12 en 22 t/m 24, wk 13 t/m 22 zelf geselecteerd	baseline	0	81,7	2879 ± 148	1.76 ± 0.04
					3 mnd		81,9	2753 ± 144	1.74 ± 0.05
					6 mnd		81,8	2940 ± 184	1.82 ± 0.1
	12	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> )	25% CR	25% CR, dieet verstrekt in wk 1 t/m 12 en 22 t/m 24, wk 13 t/m 22 zelf geselecteerd	baseline	25	81,2	2842 ± 170	1.84 ± 0.05
					3 mnd		75,4	2388 ± 148	1.62 ± 0.05
					6 mnd		73,1	2531 ± 127	1.71 ± 0.05
	12	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> )	12,5% CR + 12,5% Ex	12,5% CR en 12,5% toename in energieverbruik door training; dieet verstrekt in wk 1 t/m 12 en 22 t/m 24, wk 13 t/m 22 zelf geselecteerd, 3-5x training p/wk onder toezicht	baseline	12,5 CR + 12,5 Ex	82,2	2653 ± 148	1.73 ± 0.04
					3 mnd		77,7	2603 ± 146	1.71 ± 0.06
					6 mnd		74,1	2868 ± 129	1.87 ± 0.06
	12	Mannen en vrouwen met overgewicht (BMI 25-30 kg/m <sup>2</sup> )	LCD	Vloeibaar dieet van 590 kcal per dag tot bereiken van 15% gewichtsverlies	baseline	± 70% mannen, ± 65% vrouwen	82,3	2812 ± 135	1.87 ± 0.06
					3 mnd		70,3	2179 ± 175	1.49 ± 0.08
					6 mnd		70,3	2373 ± 128	1.75 ± 0.07

Afkortingen: DLW: dubbel gelabeld water; CR: calorierestrictie; PAL: physical activity level, Ex: training; LCD: Laag calorie dieet.

\*PAL is geschat als ratio van totaal energieverbruik en rustmetabolisme  $PAL = (DEE/BEE)$ .

Bijlage 7 Studies met variatie in de lichamelijke activiteit waarbij het optreden van compensatie in de energie-innemering is gemeten.

Referentie	n	Populatie	Arm	Omschrijving interventie	Methode DEE/PA	Methode Energie-innemering	Periode	Gewicht (kg)	Energie-innemering
Broeder, 1992	19	mannen met gem. BMI 25,3 ± 1,0 kg/m <sup>2</sup>	Controle	Geen	3-d activiteit recall	3-d recall + dagboekje	Baseline	79,8 ± 3,1	MJ/d 11,5 ± 0,9
							12 wkn*	79,9 ± 3,1	10,1 ± 0,8
	13	mannen met gem. BMI 25,5 ± 1,1 kg/m <sup>2</sup>	Gewicht	Gewichtstraining, max. 48 sessies in 12 wkn			Baseline	81,6 ± 3,9	10,9 ± 0,9
							12 wkn*	81,6 ± 3,8	10,1 ± 0,8
	15	mannen met gem. BMI 25,1 ± 1,1 kg/m <sup>2</sup>	Uithouding	Aerobe training, max. 48 sessies in 12 wkn			Baseline	79,0 ± 3,8	11,5 ± 0,8
							12 wkn*	77,9 ± 3,4	10,6 ± 1,0
Bryner, 1997	7	vrouwen, 18-34j	LI	Training van 40-45 min. p/d; 4x p/wk voor 12 wkn, intensiteit 60-70% max. hartslag	-	7-d dietary records	Baseline	62,9 ± 1,7	kcal/wk 1842 ± 428
							maand 1		1673 ± 208
							maand 2		2197 ± 632
							maand 3		1712 ± 314
	8	vrouwen, 18-34j	HI	Training van 40-45 min. p/d; 4x p/wk voor 12 wkn, intensiteit 80-90% max. hartslag		Baseline	65,3 ± 9,4	1854 ± 554	
						maand 1		1763 ± 208	
						maand 2		1784 ± 351	
						maand 3		1695 ± 504	
				maand 4	NG	1854 ± 554			

Afkortingen: DEE/PA: Dagelijks energieverbruik of lichamelijke activiteit;

\* na afloop van de interventie; - niet gemeten; NG: niet gerapporteerd, maar was niet significant verschillend van baseline.



Referentie	n	Populatie	Arm	Omschrijving interventie	Methode DEE/PA	Methode Energie-inneming	Periode	Gewicht (kg)	Energie-inneming (kcal/d)
Dickson-Parnell, 1985	11	vrouwen, 18-32j, met <30% overgewicht	Controle	Geen (wachtlíjst)			Baseline	58,2 ± 6,6	1532 ± 355
							Week 2		1538 ± 362
							Week 4		1538 ± 303
							Week 6		1464 ± 244
							Week 10*	58,4 ± 7,0	
	11	vrouwen, 18-32j, met <30% overgewicht	LI	Fietsen op ergometer, 3x p/w, gedurende 7 wkn, intensiteit 55% van max. hartslag	-	7-d dietary records	Baseline	65,0 ± 15,4	1541 ± 382
							Week 2		1496 ± 375
							Week 4		1457 ± 388
							Week 6		1420 ± 479
							Week 10*	64,5 ± 15,2	
	11	vrouwen, 18-32j, met <30% overgewicht	HI	Fietsen op ergometer, 3x p/w, gedurende 7 wkn, intensiteit 80% van max. hartslag			Baseline	59,2 ± 10,2	1629 ± 234
							Week 2		1603 ± 336
							Week 4		1525 ± 247
							Week 6		1416 ± 181
							Week 10*	59,2 ± 14,5	

Afkortingen: DEE/PA: Dagelijks energieverbruik of lichamelijke activiteit;

\* na afloop van de interventie; - niet gemeten

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)