



Briefrapport 350020013/2010

M. Hendriksen | M.J. Tijhuis | D.L. van der A | J.M.A. Boer

**Toelichting op artikel:
“No association between energy-dense
snack foods and annual weight and
waist circumference change”**

RIVM Briefrapport 350020013/2009

**Toelichting op artikel:
Oplegnotitie bij conceptartikel: "No association between
energy-dense snack foods and annual weight change"**

Vertrouwelijk totdat artikel gepubliceerd is

Marieke Hendriksen
Mariken Tijhuis
Daphne van der A
Jolanda Boer

Contact:
Jolanda Boer
Centrum voor Voeding en Gezondheid
jolanda.boer@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, in het kader van kennisvraag V/350020/09/AA "Kennisbasis overgewicht"

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Inhoud

1	Achtergrond	4
2	Toelichting op conceptartikel	5
2.1	Toelichting op de Inleiding	5
2.2	Toelichting op de Methoden	6
2.3	Toelichting op de Resultaten	9
2.4	Toelichting op de Discussie	11
2.5	Referenties	13
3	Beleidsrelevantie	14
	Bijlage 1: Conceptartikel “No association between energy-dense snack foods and annual weight and waist circumference change”	16

1 Achtergrond

Overgewicht wordt gezien als het gevolg van een onevenwichtige balans tussen energie-inneming en energieverbruik. Wanneer de energie-inneming over het algemeen hoger is dan het energieverbruik, dat wil zeggen een positieve energiebalans, dan zal dit leiden tot gewichtstoename. Onderzoek van het RIVM heeft aangetoond dat slechts een kleine positieve energiebalans verantwoordelijk is voor de toename in gewicht van de Nederlandse bevolking van de afgelopen jaren (RIVM-rapport 350020002/2006).

Er wordt veel onderzoek uitgevoerd naar de factoren die de energiebalans beïnvloeden. In de “Richtlijnen Goede Voeding” van de Gezondheidsraad uit 2006 wordt aandacht besteed aan een aantal van deze factoren, waaronder de energiedichtheid van de voeding. De Gezondheidsraad acht het waarschijnlijk dat een voeding met een hoge energiedichtheid het risico op een positieve energiebalans verhoogt. In 2008 is door het RIVM onderzocht of voeding met een hoge energiedichtheid van invloed is op het ontstaan van overgewicht. Er werd geconcludeerd dat een voeding met een hoge energiedichtheid leidt tot een grotere toename in middelomtrek dan een voeding met een lage energiedichtheid (RIVM-briefrapport 350020008/2009).

In de “Richtlijnen Goede Voeding” geeft de Gezondheidsraad ook aan dat het aannemelijk is dat een frequent gebruik van energierijke snacks bijdraagt aan het ontstaan van een positieve energiebalans. Het is echter nog niet onomstotelijk aangetoond dat de consumptie van energierijke snacks ook daadwerkelijk leidt tot gewichtsstijging. Vooral epidemiologisch onderzoek naar dit verband onder volwassenen is schaars.

Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename in Nederland, heeft het RIVM epidemiologisch onderzoek uitgevoerd binnen het EPIC-MORGEN cohort onder 9383 volwassenen van 20 tot 64 jaar.

De bevindingen van dit onderzoek zijn beschreven in een concept wetenschappelijk artikel getiteld: “No association between energy-dense snack foods and weight and waist circumference change”. De conceptversie van dit artikel is als bijlage toegevoegd. Deze notitie licht het uitgevoerde onderzoek en de resultaten toe en zal in het kort de beleidsrelevantie van de resultaten beschouwen.

2 Toelichting op het conceptartikel

2.1 Toelichting op de Inleiding

In de inleiding van het conceptartikel worden de bevindingen besproken van eerder gepubliceerde studies naar de relatie tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename, en wordt ingegaan op de doelstelling van het huidige artikel.

Onderzoek in de Verenigde Staten geeft aan dat de consumptie van energierijke snacks is toegenomen. Ook de Gezondheidsraad geeft in haar rapport 'Richtlijnen Goede Voeding' aan dat de consumptie van energierijke snacks is gestegen. In dezelfde periode is ook de prevalentie van overgewicht sterk toegenomen. Men zou dus kunnen suggereren dat de stijging van overgewicht mede komt door de toegenomen consumptie van energierijke snacks. De wetenschappelijke literatuur geeft echter nog geen eenduidig beeld over de relatie tussen snacks en overgewicht. Een aantal studies toont aan dat de consumptie van energierijke snacks als tussendoortje de totale energie-innemering verhoogt. Er wordt daarom vaak gesuggereerd dat de consumptie van veel energierijke snacks een rol speelt bij het ontstaan van overgewicht. Kortdurende interventie studies (*zie tekstbox 1 op volgende bladzijde*) tonen aan dat proefpersonen die als tussendoortje energierijke snacks te eten krijgen, tijdens het avondeten niet minder eten dan wanneer ze deze snacks niet krijgen. Zij hebben uiteindelijk een hogere energie-innemering op die dag. Dit betekent dat de energiebalans bij gelijk energieverbruik wordt verstoord (d.w.z. een hogere energie-innemering dan het energieverbruik) wanneer personen energierijke snacks eten. Deze personen zouden op de lange termijn in gewicht kunnen toenemen.

Tekstbox 1: Onderzoeksvormen

Interventie studies: Onderzoek waarbij proefpersonen een voorgeschreven voeding of product krijgen en wordt gekeken naar de effecten hiervan. Vaak worden deze proefpersonen vergeleken met een controlegroep die een andere voeding krijgt.

Observationele studies: Onderzoek waarbij geen interventie wordt gepleegd en personen worden geobserveerd. De voeding wordt nagevraagd door middel van vragenlijsten, dagboekjes of interviews. Observationeel onderzoek wordt in een aantal onderzoeksvormen verdeeld:

Dwarsdoorsnede onderzoek: Onderzoek waarbij de aan- of afwezigheid van een bepaalde ziekte wordt gerelateerd aan een bepaalde voedingsfactor, waarbij deze op hetzelfde tijdstip gemeten zijn.

Longitudinaal onderzoek: Onderzoek waarbij een groep mensen voor een langere tijd wordt gevolgd. Bij deze studies wordt een bepaalde voedingsfactor aan het begin van de studie gemeten en gerelateerd aan het optreden van een ziekte in de loop van het onderzoek.

Toch ondersteunen niet alle observationele studies deze resultaten (*zie tekstbox 1 voor een beschrijving van hieronder genoemde vormen van observationeel onderzoek*). Zo laten niet alle dwarsdoorsnede studies zien dat personen met overgewicht of obesitas meer energierijke snacks eten dan personen met een normaal gewicht. Ook tonen longitudinale studies niet duidelijk aan dat het consumeren van veel energierijke snacks op den duur ook daadwerkelijk zorgt voor een gewichtsstijging of een hogere BMI. Deze studies zijn bij kinderen of jongvolwassenen uitgevoerd; een dergelijk verband is nog niet eerder bij volwassenen bestudeerd.

Zoals hierboven beschreven is er nog veel onduidelijk over het verband tussen de consumptie van energierijke snacks en de verandering in gewicht. Daarom is dit verband bestudeerd in een grote Nederlandse studie, de EPIC-MORGEN studie.

2.2 Toelichting op de Methoden

In de methoden wordt de onderzoekspopulatie en de wijze waarop de data zijn verzameld en geanalyseerd beschreven. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de EPIC-MORGEN studie. De deelnemers van dit grootschalige onderzoek zijn afkomstig uit Doetinchem, Amsterdam en Maastricht. Zij werden tussen 1993 en 1997 gevraagd deel te nemen aan de EPIC-MORGEN studie van het RIVM. Aan het begin van de studie werden een algemene en een voedselfrequentievragenlijst, met vragen over de consumptie van verschillende voedingsmiddelen, ingevuld. Ook werden lengte, gewicht en middelomtrek opgemeten. Tussen

1998 en 2002 werd bij de deelnemers uit Doetinchem o.a. opnieuw het gewicht en de middelomtrek gemeten. De deelnemers uit Maastricht en Amsterdam vulden in 2005 een vragenlijst in, waarin zij hun eigen gewicht en middelomtrek rapporteerden; zij kregen schriftelijk instructies voor het meten hiervan. Verschillende studies tonen aan dat personen hun eigen gewicht onderschatten. Voornamelijk personen met overgewicht rapporteren een lager gewicht dan hun daadwerkelijke gewicht. Daarom is besloten de onderzoekspopulatie van Amsterdam en Maastricht afzonderlijk van de onderzoekspopulatie van Doetinchem te analyseren.

Aan het begin van de studie is met de voedselfrequentievragenlijst de voeding nagevraagd waarmee de inname van een bepaald nutriënt of voedingsmiddel over het afgelopen jaar kon worden geschat. Op basis van deze gegevens weten we welke voedingsmiddelen de deelnemers consumeren en in welke hoeveelheid. Daaruit is met behulp van de NEVO tabel (voedingsmiddelentabel) berekend hoeveel energie en nutriënten ze in totaal en per voedingsmiddel binnen krijgen.

In de huidige studie werd gekeken naar een speciale categorie van voedingsmiddelen: de energierijke snacks. Energierijke snacks werden gedefinieerd als voedingsmiddelen, nagevraagd in de voedselvragenlijst, die een hoge energiedichtheid bezitten (*zie tekstbox 2*) en gewoonlijk tussen twee maaltijden worden gegeten. Studies laten zien dat juist energierijke snacks die als tussendoortjes worden gegeten leiden tot een hogere energie-inneming.

Tekstbox 2: Energiedichtheid

Energiedichtheid is de hoeveelheid beschikbare energie per gewicht van een voedingsmiddel en wordt weergegeven als kJ/g of kcal/g. Vet heeft een energiedichtheid van 9 kcal/g, eiwitten en koolhydraten 4 kcal/g. Er is (nog) geen overeenstemming over de vraag wanneer een voedingsmiddel een hoge energiedichtheid heeft.

De WHO beschouwt voedingsmiddelen met een hoog vet en/of suikergehalte als voedingsmiddelen met een hoge energiedichtheid¹. De WHO geeft echter niet aan wanneer een product een hoog vet en/of suikergehalte heeft.

In verschillende studies worden producten met een energiedichtheid van 4 kcal/g of meer gezien als producten met een hoge energiedichtheid².

De voedingsmiddelen die in deze studie behoren tot de productgroep “energierijke snacks” zijn: snoepjes (zoals drop, zuurtjes en chocolade), koek (zoals biscuitjes, gevulde koeken, maar ook gebak) en hartige snacks (zoals chips, slaatjes, borrelhapjes en kroketten).

Het is bekend dat bij het invullen van een voedselfrequentievragenlijst personen, en dan voornamelijk personen met obesitas, minder rapporteren dan dat ze daadwerkelijk eten (onderrapportage). Daarbij komt nog dat bepaalde productcategorieën, waaronder de categorie energierijke producten, extra gevoelig zijn voor onderrapportage. Daarom is besloten om deelnemers met obesitas bij aanvang van de EPIC-MORGEN studie uit te sluiten van dit onderzoek om vertekening van de resultaten te vermijden. Ook zijn deelnemers die aangaven op een dieet te zijn uitgesloten. Personen op een vermageringsdieet zullen namelijk voedingsmiddelen gaan mijden die veel energie bevatten of hun eetgewoontes aanpassen. Zij rapporteren dan een consumptie, die afwijkt van hun gebruikelijke consumptie. Dit kan mogelijk een vertekening geven van de resultaten. Ook werden deelnemers uitgesloten bij wie de gegevens in het bestand onjuist waren opgegeven of ingevoerd. De uiteindelijke studiepopulatie bestond uit 9383 deelnemers.

De consumptie van snacks werd gerelateerd aan de jaarlijkse verandering in gewicht en middelomtrek. Deze uitkomstmaat werd berekend door het verschil tussen het gewicht van een deelnemer aan het begin van de studie en het gewicht aan het einde van de studie te delen door het aantal jaren dat de persoon heeft deelgenomen aan de studie. Dit is gedaan omdat de tijd tussen de twee metingen niet voor alle personen gelijk was.

De gegevens werden geanalyseerd met behulp van lineaire regressie analyse. Lineaire regressie analyse berekent de samenhang tussen een onafhankelijke variabele, in dit geval consumptie van energierijke snacks in kJ aan het begin van de studie, en de te verklaren variabele, in dit geval jaarlijkse verandering in gewicht. Het model veronderstelt dat deze relatie in een rechte lijn loopt, dat wil zeggen dat een bepaalde toename in energie uit energierijke snacks steeds hetzelfde effect heeft op de gewichtsverandering of de verandering in middelomtrek tussen personen. De uitkomstmaat van het model is een regressiecoëfficiënt (β). Deze coëfficiënt geeft aan hoe groot het verschil in de jaarlijkse verandering in gewicht (in grammen) of in de jaarlijkse verandering in middelomtrek (in centimeters) is tussen personen waarvan de consumptie van energierijke snacks met 1MJ (=1000kJ) verschilt. Één MJ komt overeen met één Mars of één gevulde koek. Een positieve regressiecoëfficiënt duidt op een hogere gewichtsstijging bij een hogere consumptie van snacks, terwijl een negatieve regressiecoëfficiënt duidt op een lagere gewichtstoename bij een hogere consumptie van snacks. In de modellen is ook rekening gehouden met leeftijd, gewicht, lengte, lichamelijke activiteit, opleidingsniveau, rookgedrag, totale energie-inneming, de consumptie van sommige andere voedingsmiddelengroepen (zoals groente en fruit, en frisdrank) en de tijd die er tussen de twee meetmomenten zit.

Naast bovenstaande analyse is ook onderzocht of de consumptie van energierijke snacks aan het begin van de studie een verband heeft met gewichtstoename of gewichtsafname. Hiervoor is de gewichtsverandering ingedeeld in categorieën: gewichtsdeling (meer dan 0.5kg daling per jaar), stabiel in gewicht (tussen de -0.5 en 0.5kg verandering per jaar), matige gewichtstoename (tussen de 0.5 en 1kg stijging per jaar) en sterke gewichtstoename (meer dan 1kg stijging per jaar). De personen met een matige gewichtstoename, een sterke gewichtstoename en met een gewichtsdeling zijn steeds vergeleken met de personen met een stabiel gewicht.

De beschrijvende gegevens zijn gepresenteerd voor de totale populatie. De lineaire regressie analyses zijn apart uitgevoerd voor mannen en vrouwen. Ook is Doetinchem apart van Amsterdam en Maastricht geanalyseerd, vanwege de verschillen in follow-up duur tussen Doetinchem en Amsterdam én Maastricht en omdat de follow-up meting van gewicht van Amsterdam en Maastricht zelf werd gerapporteerd en in Doetinchem gemeten door onderzoekers.

2.3 Toelichting op de Resultaten

In de paragraaf resultaten worden de uitkomsten van het onderzoek gepresenteerd.

De gemiddelde energie-inneming uit energierijke snacks was 1235kJ per dag. Dit is ongeveer 12% van de totale energie-inneming. De hartige snacks hadden de grootste bijdrage aan deze 12%, nauw gevolgd door de koekjes en gebak. Dit blijkt uit figuur 1 van het artikel.

Bij de deelnemers uit Doetinchem zat gemiddeld 5 jaar tussen de twee metingen, voor de deelnemers uit Amsterdam en Maastricht was dit gemiddeld 10 jaar. Aan het begin van de studie was de gemiddelde leeftijd van de deelnemers 43 jaar; het percentage personen met overgewicht was 41%.

In tabel 1 van het artikel staan de karakteristieken van de onderzoekspopulatie weergegeven, opgesplitst naar tertielen van de consumptie van energierijke snacks. Eén tertiaal omvat een derde deel van de totale studiepoulatie. Het eerste tertiaal heeft de laagste inneming van energierijke snacks in kJ (522kJ; 6.6% van de totale energie-inneming), terwijl tertiaal 3 de hoogste inneming heeft (2109kJ; 19.3% van de totale energie-inneming). Ook de totale energie-inneming stijgt met de toename in de consumptie van energierijke snacks. De p-waarde geeft aan of de kenmerken van de deelnemers statistisch gezien verschillen tussen de drie groepen. De tabel laat zien dat onder de deelnemers met een hoge consumptie van energierijke snacks zich meer mannen en meer niet-rokers bevinden. Ook hebben zij over het algemeen een hoger opleidingsniveau. Het gewicht van de deelnemers aan het begin van de studie en aan het eind van de studie is significant hoger in het derde tertiaal vergeleken met het eerste tertiaal. De BMI verschilt echter niet tussen de tertielen. Dit zou verklaard kunnen worden door het feit dat er

in het derde tertiel meer mannen zitten, die gemiddeld zwaarder zijn dan vrouwen, maar niet noodzakelijkerwijs een hogere BMI hebben. Dit zou mogelijk ook de hogere energie-inneming kunnen verklaren. In het eerste tertiel bevinden zich de meeste deelnemers met een energie-inneming beneden de 1200kcal. Een dieet met minder dan 1200kcal wordt gezien als een voeding waarbij men onvoldoende voedingsstoffen binnenkrijgt en wat veel lager ligt dan de normale energiebehoefte van vrouwen (2000kcal) en mannen (2500kcal). Mogelijk zijn dit de deelnemers die hun totale energie-inneming onderrapporteren.

De jaarlijkse verandering in gewicht was in Doetinchem 444 gram, terwijl in Amsterdam en Maastricht de gemiddelde verandering in gewicht 168 gram per jaar betrof. Het is aannemelijk om dit verschil in gewichtsverandering per jaar deels te verklaren doordat personen in Amsterdam en Maastricht hun gewicht aan het eind van de studie zelf rapporteerden en in Doetinchem het gewicht gemeten is door onderzoekers. Mogelijk is de werkelijke toename in Amsterdam en Maastricht groter, omdat er waarschijnlijk sprake is van onderrapportage van gewicht bij de tweede meting. Een andere oorzaak van dit verschil in jaarlijkse gewichtsverandering is dat het aantal jaren dat deelnemers aan de studie hebben meegedaan twee keer zo lang is in Amsterdam en Maastricht als in Doetinchem. Het wordt aangenomen dat een gewichtsstijging niet constant is, maar dat het gewicht aan het begin sterk stijgt en op een gegeven moment afvlakt. Bij een kortere duur van de studie wordt een sterkere gewichtstoename geconstateerd die wordt gedeeld door de kortere deelname aan de studie. Bij een langere duur van de studie wordt een afgevlakte gewichtstoename geconstateerd en gedeeld door een langere deelname aan de studie. Een langere deelname aan de studie heeft dan dus een lagere jaarlijkse gewichtsverandering (zoals in Amsterdam en Maastricht) dan kortere duur van de studie (zoals in Doetinchem).

Tabellen 2 en 3 laten het verband zien tussen de consumptie van energierijke snacks en verandering in gewicht per jaar. Zoals in paragraaf 2.2 is uitgelegd geeft de regressiecoëfficiënt het verschil in gewichtstoename weer tussen deelnemers per 1MJ toename in energierijke snacks per dag. Vertaald naar de getallen uit de tabel betekent dit het volgende: voor mannen uit Amsterdam en Maastricht is de geschatte regressie coëfficiënt 25.5 voor totaal energierijke snacks; dit betekent dat een toename van 1MJ per dag aan energierijke snacks leidt tot een extra gewichtsstijging van 25.5 gram per jaar, wat een kleine extra stijging in gewicht is. Dit is een statistisch significant, positief verband. Hierbij is ook rekening gehouden met leeftijd, gewicht, lengte, de tijd die er tussen de meetmomenten zit, lichamelijke activiteit, opleidingsniveau, rookgedrag, en sommige voedingsmiddelengroepen (zoals groente, fruit en frisdrank consumptie). Wanneer echter rekening wordt gehouden met de totale energie-inneming, is er geen statistisch significant verband meer. Dit betekent dat het verband tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename verklaard wordt door een hogere

energie-innemering bij een hogere snackconsumptie. Bij vrouwen in Amsterdam en Maastricht en bij mannen en vrouwen in Doetinchem wordt er geen verband gevonden tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename.

Hoewel voor sommige subcategorieën van energierijke snacks een statistisch significant verband wordt gevonden, zijn de verbanden niet eenduidig. Een toename van 1MJ per dag aan hartige snacks is verantwoordelijk voor een extra gewichtsstijging van 45 gram per jaar bij mannen en 61 gram per jaar bij vrouwen uit Amsterdam en Maastricht. Wanneer er rekening wordt gehouden met de totale energie-innemering verdwijnt bij vrouwen het significante verband, net als de hierboven beschreven relatie met totale snackconsumptie bij mannen. Bij mannen en vrouwen in Doetinchem is geen verband aanwezig; bij mannen neigt het er zelfs naar dat een stijging van de consumptie van hartige snacks leidt tot een gewichtsafname.

In tabel 4 staan de verbanden tussen de consumptie van energierijke snacks en de verschillende categorieën van gewichtsverandering. In totaal bleef ongeveer 60% van de onderzoekspopulatie op gelijk gewicht, had 19% een matige en 10% een sterke gewichtstoename. Ongeveer 10% verloor gewicht. De analyses laten zien dat een hogere consumptie van energierijke snacks niet leidt tot een grotere kans op gewichtstoename. Het lijkt erop dat de kans om gewicht te verliezen lager is voor deelnemers die meer energierijke snacks consumeren.

Voor de relatie tussen energierijke snackconsumptie en middelomtrek zijn de verschillen nog kleiner en niet statistisch significant. Deze resultaten zijn dan ook niet gepresenteerd in het conceptartikel.

2.4 Toelichting op de Discussie

De discussie van het artikel geeft een beschouwing van de resultaten en plaatst deze resultaten in een breder perspectief. De gevonden resultaten worden vergeleken met andere studies en er wordt getracht de gevonden resultaten te verklaren. Daarnaast worden de sterke en zwakke punten van de studie besproken.

Er wordt geconcludeerd dat de huidige studie geen duidelijk verband laat zien tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtsverandering en verandering in middelomtrek. Er zijn enkele significante verbanden gevonden, maar de richting van de verbanden was niet altijd hetzelfde voor mannen en vrouwen, en de effecten zijn maar klein. Er lijkt wel een

aanwijzing te zijn dat bij stijging van de energie-inneming uit energierijke snacks de kans om gewicht te verliezen afneemt.

Het belangrijkste sterke punt van deze studie is het longitudinale karakter. Er zijn nog geen andere studies gepubliceerd naar de relatie tussen energierijke snacks en gewichtstoename uitgevoerd bij volwassenen die over langere tijd zijn gevolgd. Deze studie levert een bijdrage aan het opvullen van deze kennislacune.

Het belangrijkste zwakke punt van deze studie is het feit dat deelnemers genegen zijn zowel hun snackconsumptie als hun gewicht te onderrapporteren. Men kan aannemen dat dit ook in deze studie het geval was. Er is geprobeerd hier zoveel mogelijk rekening mee te houden door: 1) deelnemers die een grote kans hebben om hun gewicht en consumptie van energierijke snacks te onderrapporteren niet mee te nemen in de analyses (de deelnemers met obesitas); en 2) Doetinchem (gemeten lichaamsgewicht) afzonderlijk van Amsterdam en Maastricht (zelfgerapporteerd lichaamsgewicht) te analyseren.

Desondanks is het waarschijnlijk dat de deelnemers nog in enige mate een lagere consumptie van energierijke snacks rapporteren en een lager gewicht rapporteren dan in werkelijkheid het geval is. Hierdoor kunnen de resultaten van het onderzoek zijn vertekend en kunnen verbanden die er mogelijk in werkelijkheid zijn, niet worden aangetoond. Ook al is er bij de deelnemers uit Doetinchem geen sprake van onderrapportage van het gewicht, ook bij deze groep is geen relatie gevonden tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat juist de deelnemers in Doetinchem met een grote gewichtstoename, een lagere consumptie van energierijke snacks rapporteerden dan hun daadwerkelijke consumptie van energierijke snacks.

Dat we in deze studie geen verband aantonen, wil dus nog niet per definitie betekenen dat dit verband er ook in werkelijkheid niet is. Dit probleem geldt voor elke observationele epidemiologische studie op dit gebied en is helaas niet te ondervangen met andere onderzoeksmethoden. Samenvattend blijft het onduidelijk of het niet vinden van het verband komt doordat er geen relatie is tussen energierijke snackconsumptie en gewichtstijging of doordat we het werkelijke verband niet kunnen aantonen door onderrapportage.

Voor de interpretatie van de resultaten is het verder belangrijk om te vermelden dat het om een selectieve studiepopulatie gaat. Alleen deelnemers met een normaal gewicht en met overgewicht werden onderzocht. Deelnemers met obesitas of die op dieet waren aan het begin van de studie werden buiten beschouwing gelaten. Ook is bekend dat personen die meewerken aan wetenschappelijk onderzoek vaak gezonder zijn dan mensen die niet meewerken. Hierdoor zijn de resultaten alleen van toepassing op het deel van de bevolking dat nog geen extreem overgewicht heeft en kunnen de resultaten dus niet gegeneraliseerd worden naar de totale bevolking.

Ook eerder onderzoek heeft het verband tussen energierijke snacks en gewichtsverandering niet duidelijk kunnen aantonen. De resultaten van grote studies bij kinderen en jongvolwassenen die een lange tijd werden gevolgd, lieten meestal geen verband zien. De sterkste aanwijzingen voor een verband tussen energierijke snacks en gewichtstoename worden gevonden in experimentele studies, waarbij proefpersonen energierijke snacks als tussendoortje te eten krijgen. Verschillende kortdurende studies laten zien dat proefpersonen een hogere energie-innemering hebben wanneer ze extra energierijke snacks consumeren. Experimentele studies waarin mensen langere tijd zijn gevolgd laten echter zien dat een deel van deze hogere energie-innemering wel wordt gecompenseerd tijdens het avondeten; met andere woorden, personen die veel snacks eten, eten minder tijdens het avondeten. In hoeverre gecompenseerd wordt voor de inneming van calorierijke snacks is dus niet helemaal duidelijk. Als er compensatie plaatsvindt, zal de extra energie-innemering en de gewichtsstijging kleiner zijn dan door kortdurende interventiestudies wordt gesuggereerd.

Bovenstaande discussiepunten in ogenschouw nemende wordt aan het eind van de discussie de uiteindelijke conclusie getrokken. Geconcludeerd wordt dat er in deze grote, longitudinale studie geen verband was tussen het eten van energierijke snacks en gewichtsverandering bij volwassenen. De gevonden effecten waren klein en niet statistisch significant. Er was wel een kleine aanwijzing dat een hoge consumptie van energierijke snacks geassocieerd is met een lagere kans op gewichtsafname, maar dit verband is niet sterk. Door de mogelijke onderrapportage is het niet met zekerheid te zeggen of er geen verband bestaat tussen de consumptie van energierijke snacks en gewichtstoename of dat het werkelijke verband niet aangetoond kan worden.

2.5 Referenties

1: WHO/FAO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series, 916. Geneva, 2003

2: B. Rolls. Energy density and nutrition in weight control management. The Permanente Journal, 2003

3 **Beleidsrelevantie**

De Gezondheidsraad schrijft in haar rapport over de achtergronden van de richtlijnen “Goede Voeding” dat het aannemelijk is dat de consumptie van energierijke snacks leidt tot gewichtsverandering. Ook wordt gesuggereerd dat de consumptie van energierijke snacks een rol speelt bij het ontstaan van overgewicht. Echter, de huidige Nederlandse studie geeft geen onomstotelijk bewijs voor de hypothese dat de consumptie van energierijke snacks tot een grotere gewichtstijging leidt. Er kunnen twee verklaringen worden aangedragen voor de discrepantie tussen de resultaten van deze studie en de conclusies van de Gezondheidsraad. Ten eerste is de conclusie van de Gezondheidsraad voornamelijk gebaseerd op korte termijn studies. Er zijn echter aanwijzingen dat het consumeren van energierijke snacks op de langere termijn zou kunnen leiden tot compensatie van energie-innemings voor de extra energie uit snacks. Ten tweede kunnen we niet uitsluiten dat het verband tussen energierijke snacks en gewichtsverandering er in werkelijkheid wel is, maar niet kan worden aangetoond door de onderrapportage van de consumptie van energierijke snacks en het gewicht.

Op basis van de beschikbare literatuur en de huidige studie kan er nog geen definitieve uitspraak gedaan worden over het effect van energierijke snacks op een toename van het gewicht. Als er al een effect is, dan lijkt dit op basis van deze studie gering te zijn. Dit is in overeenstemming met het gegeven dat gewichtstijging en dus het ontstaan van overgewicht afhangt van een combinatie van het totale voedingspatroon - met daarin een rol voor meerdere (ongezonde) voedingsmiddelen - en het beweegpatroon. Zoals verwoord in de nota “Gezonde Voeding, van begin tot eind” bestaat een gezond voedingspatroon uit een evenwichtige combinatie van verschillende soorten levensmiddelen en kan een enkel product niet het verschil maken. Ook voor de preventie van overgewicht blijft de Schijf van Vijf de basis voor de voedingsvoorlichting. Aangezien energierijke snacks veelal rijk zijn aan energie, maar relatief weinig nutriënten bevatten, blijft het aan te raden de consumptie te beperken.

rivm

Bijlage 1: Conceptartikel “No association between energy-dense snack foods and annual weight and waist circumference change”

No association between consumption of energy-dense snack foods and annual weight and waist circumference change¹⁻³

Marieke AH Hendriksen, Jolanda MA Boer, Huaidong Du, Edith JM Feskens, Daphne L van der A

¹From the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands (MAHH, JMAB, HD, DLvdA); the Department of Human Biology, Nutrition and Toxicology Research Institute of Maastricht (NUTRIM), Maastricht University, Maastricht, the Netherlands (HD); the Division of Human Nutrition, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, the Netherlands (EJMF)

²Supported by the DiOGenes project. DiOGenes is the acronym of the project “Diet, Obesity and Genes” supported by the European Community (Contract no. FOOD-CT-2005-513946). Internet: <http://www.diogenes-eu.org/>

³ Correspondence to:

Marieke Hendriksen

National Institute for Public Health and the Environment

P.O. Box 1

3720 BA Bilthoven, the Netherlands

Tel: +31-30-2742759

Fax: +31-30-2744466

Email: marieke.hendriksen@rivm.nl

ABSTRACT

Introduction: Evidence is conflicting regarding an association between the consumption of energy-dense snack (EDS) foods and the development of overweight. In the present study, we examined whether the intake of EDS foods was associated with annual weight and waist circumference change among normal and overweight Dutch adults.

Methods: Participants were 9383 adults from the EPIC-MORGEN cohort with a BMI <30 and not reporting to be on a diet, a multi-centre, prospective, population-based cohort study in the Netherlands. Subjects enrolled between 1993-1997 were followed for an average of 8.1 years. Intake of EDS foods (sweets, cakes and pastries, and savoury snacks) was assessed at baseline using a validated food-frequency questionnaire. The outcome was annual weight or waist circumference change calculated as follow-up minus baseline weight or waist circumference divided by follow-up duration. The association between energy from EDS foods (kJ) and annual weight and waist circumference change was calculated using multivariate linear regression, stratifying for gender and centre.

Results: Mean daily intake (SD) of EDS foods was 1235 (805) kJ. Mean annual weight change was 168 (572) g/y in Amsterdam/Maastricht and 444 (816) g/y in Doetinchem. Intake of EDS foods was not significantly associated with annual weight or waist circumference change in a consistent manner in both centres after adjustment for follow-up duration, anthropometric, dietary and lifestyle factors.

Conclusion: The intake of EDS foods may not be associated with annual weight and waist circumference change among normal to overweight Dutch adults.

INTRODUCTION

Worldwide, the prevalence of overweight and obesity is increasing rapidly. Overweight and obesity are major risk factors for chronic diseases such as cancer, type-2 diabetes and coronary heart diseases [1]. Consequently, the prevention and treatment of overweight and obesity is of crucial importance to reduce the burden of disease.

Overweight is thought to result from the imbalance between energy intake and energy expenditure. Excess energy intake may lead to a positive energy balance and thus to weight gain. It is not fully understood which specific dietary factors play a role in excess energy intake.

Randomized controlled trials have yielded convincing evidence that a high intake of energy-dense, nutrient-low foods leads to excess weight gain [2]. Snacks form one category of energy-dense, nutrient-low foods. Over the past decades, the consumption of energy-dense snack foods has increased, as has the contribution of energy intake from snack foods to the total daily energy intake [3]. Studies have demonstrated that energy-dense snack foods consumed between meals increase total energy intake [4, 5]. As a result, it may be argued that consumption of energy-dense snack foods contributes to excess energy intake, leading to higher body weight.

Still, results from observational studies are conflicting. Dietary patterns including high intakes of sweets and desserts may contribute to long-term weight gain [6]. A cross-sectional study held in Sweden shows that obese subjects are more frequent snackers than their normal-weight counterparts and that this contributes to higher energy intake [4]. A study held in the USA showed that the total amount of snacks in grams was positively

associated with overweight in children [7]. In contrast, another US study did not support this finding [8]. Similarly, two longitudinal studies among children and adolescents failed to demonstrate any association between snack food intake and weight gain [9, 10]. Selective underreporting may be a major limitation in the examination of this association [8].

To our knowledge, no studies have so far examined the association between energy-dense snack foods on the one hand and weight and waist gain on the other in a cohort of adults. This study therefore aimed to examine the association between consumption of energy-dense snack foods and weight and waist circumference change in the EPIC-MORGEN cohort.

SUBJECTS AND METHODS

Subjects

Subjects included in this study were participants from the EPIC-MORGEN cohort. EPIC-MORGEN is a multicentre prospective cohort study in the Netherlands, which participates in the EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) study. A detailed description of the study design can be found elsewhere [11]. In short, a random sample was taken from the Dutch population aged 20-64 years residing in three cities in the Netherlands (Amsterdam, Maastricht and Doetinchem). Baseline data collection took place in 1993-1997. Follow-up measurements were collected between 1998 and 2002 in Doetinchem and in 2005 in Amsterdam and Maastricht.

We excluded the following participants: those without follow-up data available; those ranked in the top 1% or bottom 1% of the ratio of total energy intake/predicted energy expenditure; women who were pregnant at baseline or follow-up; those with missing data on diet at baseline; those with missing anthropometry (baseline or follow-up) or missing follow-up time; those with extreme outlier anthropometric data (including height < 130cm, BMI < 16 kg/m², waist circumference < 40cm or > 160cm, and weight change of > 5kg/year or waist circumference change of > 7cm/year, and participants with baseline chronic disease (prevalent diabetes, cancer or cardiovascular disease). In total, 11,111 subjects were eligible for this study.

Literature reports that obese subjects tend to underreport their total energy intake and their weight [12]. Therefore, we additionally excluded obese subjects (BMI \geq 30kg/m²) at baseline from the present analyses (n=1028). Moreover, since subjects reporting to be on a

diet may have changed their food intake - and particularly energy-dense snack foods - they were excluded as well (n=700). The present analysis included 9383 subjects of which 4391 (46.8%) men and 4992 (53.2%) women.

Dietary assessment

Dietary intake was assessed by means of a semi-quantitative food frequency questionnaire (FFQ) developed to assess total energy intake and the intake of various nutrients and foods [13, 14]. In the FFQ, subjects reported frequency and portion sizes of their average food consumption. In the present study, energy-dense snack foods (EDS foods) were defined as foods which are typically consumed as high-calory, in-between-meal snacks in the Dutch diet. These EDS foods were classified into three categories: (1) sweets (chocolates, liquorice and candy), (2) cake and pastry (Dutch gingerbread, cakes and sweet pastries, biscuits) and (3) savoury snacks (small Russian salad, typically Dutch fried fast foods and spring rolls, cheese cubes and party sausages, nuts, and crisps). The sum of these three categories forms the total intake of EDS foods in grams. The relative validity of the categories sweets and cake and pastry was 0.78 and 0.56 in men and 0.69 and 0.45 in women, respectively [13].

The energy intake from total EDS foods, sweets, cake and pastry, and savoury snacks was calculated in kJ per day, with the use of an extensive version of the Dutch food composition table [15], as well as the consumption of other food groups and total energy intake.

Anthropometric measurement

Baseline weight, waist circumference and height were measured at the Municipal Health Service by a trained research assistant. Follow-up measurements of weight and waist circumference were self-reported in Amsterdam and Maastricht and measured in Doetinchem. Subjects were measured in light-indoor clothing and body mass index (BMI in kg/m^2) was defined as weight (kg) divided by height squared (m^2). The outcome in the current analysis was annual body weight change (g/year) or annual waist circumference change (cm/year). This was calculated for each subject by subtracting baseline weight or waist circumference from follow-up weight or waist circumference and dividing the difference in grams or centimetres by the follow-up duration in years. Weight change categories were defined to assess the role of EDS foods intake in weight gain and weight loss separately. The categories included weight stable (≥ -0.5 to <0.5 kg/y), minor annual weight gain (≥ 0.5 to 1.0 kg/y), major annual weight gain (≥ 1.0 kg/y) and annual weight loss (> -0.5 kg/y).

Other measurements

Information concerning lifestyle and health situation was assessed by means of self-administered questionnaires at baseline. These included questions on demographic factors (age and gender), educational level, physical activity, smoking and health status, including prevalence of CVD, cancer and diabetes. Occupational, recreational and household activities were combined to create total physical activity levels. Physical activity levels were then categorized into inactive, moderately inactive, moderately active and active. Educational level was defined as the highest school level successfully completed.

Smoking was defined as current, former, starter and non-smokers, combining baseline and follow-up data on smoking.

Statistical analysis

All analyses were performed with SAS version 9.1 (SAS Inc, Cary, USA, 2004). The association of EDS foods consumption per 1 MJ and weight change and waist circumference change was examined using linear regression models (PROC REG, SAS). The association of EDS foods intake and weight change categories were calculated using polytomous regression analysis (PROC LOGISTIC, SAS). Odds ratios and their 95% CI were calculated per 1 MJ EDS foods consumption per day, using weight stable as reference category. As follow-up weight was self-reported in Amsterdam and Maastricht and measured in Doetinchem, it was decided to stratify all models for Doetinchem and Amsterdam/Maastricht. A priori it was also decided to stratify all models for gender. Based on literature, previously defined potential confounders were added to the model. The final models include baseline age (y), weight (kg), height (m),; BMI (kg/m^2), physical activity levels (inactive, moderately inactive, moderately active and active), levels of education (primary school and below, technical-professional school, secondary school, university degree or missing), smoking status (never, former, starter, current), soft drink, fruit and vegetable consumption and follow-up duration (y). In an additional model adjustment was made for total energy intake. Sensitivity analyses were performed by excluding subjects with incident diseases. Subsequently, analyses were performed for the EDS food subcategories (sweets, cakes and pastries, and savoury snacks). These models

were adjusted for the same potential confounders, including the remaining subcategories of EDS foods.

For all analyses, statistical significance was set two-sided, $P \leq 0.05$.

RESULTS

The mean total energy intake from EDS foods was 1235 (SD 805) kJ per day, and contributed to 12% of daily total energy intake. Savoury snacks made the largest contribution (43%) to the energy intake from EDS foods (Figure 1). The study population had an average baseline age of 43.1 (SD 10.4) years with 47% of the subjects being male. Fifty-nine percent of the subjects had normal weight. Excluded subjects (obese and reporting to be on a diet at baseline) were more likely to be women, were older and reported a significantly lower intake of EDS foods and total energy intake (data not shown). The mean follow-up duration for Doetinchem was 4.9 years and for Amsterdam/Maastricht 9.9 years.

The mean annual weight and waist circumference change differed between Amsterdam/Maastricht and Doetinchem. In Amsterdam/Maastricht, annual weight change was 168 (SD 572) grams per year; in Doetinchem this was 444 (SD 816) grams per year.

Tables 2 and 3 present the association of total EDS food consumption and consumption of its subcategories with annual weight change, stratified for gender and for centre, respectively. The regression coefficient (β) can be interpreted as the change in weight per year (g/year) associated with an increase in consumption of EDS foods of 1 MJ per day. Total EDS food consumption was significantly associated with annual weight change in men in Amsterdam/Maastricht ($\beta=25.5$, $SE=12.0$; $p\text{-value}=0.03$). Further adjustment for total energy intake changed the association into non-significant. In women from Amsterdam/Maastricht and in men and women from Doetinchem, no statistically significant association could be observed between total EDS food consumption and annual

weight change in the full model. Further adjustment for total energy intake did not materially affect the associations.

The association of sweets, cakes and pastries, and savoury snacks intake with annual weight change was examined separately. In the fully adjusted model, consumption of savoury snacks was associated with weight change in men and women from Amsterdam/Maastricht ($\beta=44.9$, $SE=19.8$; $p\text{-value}= 0.02$ for men and $\beta=60.9$, $SE=27.6$; $p\text{-value}= 0.03$ for women). Further adjustment for total energy intake did not essentially change the association. No association was demonstrated with either weight or waist change for the other subcategories of EDS foods.

In Amsterdam/Maastricht 16% had minor annual weight gain, 7% a major annual weight gain and 9% had annual weight loss, while for Doetinchem 24% had minor annual weight gain, 21% had major annual weight gain and 10% annual weight loss. The analyses of weight categories showed that after adjustments of all potential confounders, a daily increase of 1 MJ EDS foods was not significantly associated with minor or major annual weight gain across the different groups (Table 4). However, in men in Amsterdam/Maastricht, a daily increase in 1 MJ EDS foods was inversely associated with annual weight loss ($OR=0.72$, 95% CI 0.60-0.88). This implies that an increase in 1 MJ of EDS foods results in a 28% lower chance to reduce weight. Adjustment for total energy intake did not substantially change this association (Table 4).

Nearly all adjusted models of EDS food consumption and waist circumference change failed to show a statistically significant association (data not shown). Only in men in Doetinchem, the consumption of cakes and pastries was positively associated with increased waist circumference ($\beta=0.12$, $SE=0.05$; $p\text{-value}= 0.02$), while for women in

Doetinchem, the intake of total EDS foods was inversely associated with waist circumference change ($\beta=-0.15$, $SE=0.08$; $p\text{-value}= 0.05$).

DISCUSSION

In the present study, we examined the association between EDS foods and annual weight and waist circumference change in a large cohort of normal and overweight adults. We did not observe a consistent significant association between EDS foods and weight nor waist circumference change and weight categories. Although some significant associations were identified, effects were small and not consistent across the different subgroups. However, there is some suggestion that a reduction of EDS foods is associated with annual weight loss.

The important strength of the study is that this is the first longitudinal study that examined the association of EDS foods and weight change in a cohort of adults.

A limitation, however, may be the likely underreporting of EDS food consumption and self-reported weight at follow-up in Amsterdam and Maastricht. It is well known from literature that overweight and obese subjects tend to underestimate their total energy intake [16, 17]. Evidence exists that specific food categories, such as EDS foods that are high in fat and sugars, are subject to underreporting in overweight and obese subjects as well [18-20]. Furthermore, in an attempt to lose weight, overweight and obese subjects may change their food intake, and especially EDS foods may be eliminated from the diet [21]. Moreover, it is generally known that people tend to underreport their weight, and that the degree of underreporting is proportional to the degree of overweight [12, 22]. To account for these issues as much as possible, we decided to exclude from the present analysis obese subjects and subjects who reported being on a diet. We observed no association in Doetinchem (despite the measured data on weight and waist circumference),

following stratification analyses by centre. Therefore, it may be that the association truly does not exist in our data set. Some significant associations disappeared when adjustments were made for total energy intake, meaning that the association of EDS foods consumption and annual weight or waist circumference change depends on total energy intake. However, we cannot exclude the possibility that the lack of association between EDS foods and weight gain in this study may be due to selective underreporting in both the exposure and outcome variable.

Over the past decades, studies have observed an increased intake of EDS foods and an increased energy intake from EDS foods [3, 23], and have speculated that this may contribute to the increasing prevalence of overweight. Longitudinal studies on foods patterns support this hypothesis by reporting that consumption of a variety of energy-dense foods, including energy-dense snacks, are associated with weight gain [6, 7, 24, 25]. However, longitudinal studies examining the association of energy-dense snack foods itself and weight gain failed to support these findings. In the study by Phillips *et al*, consumption of EDS foods did not seem to affect weight among non-obese girls [10]. In addition, snack foods were no important determinant of weight gain over a 3 year period among children and adolescents [9]. One cross-sectional study observed that obese subjects consumed more EDS foods and had a higher intake frequency compared to normal weight subjects and that a higher intake frequency was related to a higher energy intake [4]. Another cross-sectional study indicated that the intake of snack foods was associated with higher energy intakes, but failed to show an association with BMI [26]. An Australian study showed that snack foods contributed to excess energy intake, but did not examine whether higher energy intakes were related to weight gain [5]. In addition, a

small cross-sectional study among 43 adolescents was not able to show a difference in consumption of EDS foods between normal weight and overweight subjects [8]. From the above it can be concluded that the findings from observational studies are yet inconclusive.

Intervention studies have demonstrated that the energy density of foods can affect total energy intake [27]. Compared with subjects consuming a low energy-dense diet those with a high energy-dense diet consume more total energy [28]. Considerable less evidence is available showing that consumption of energy-dense snacks contributes to a higher energy intake. One-day intervention studies show that subjects do not eat less calories during dinner after being exposed to high-energy preloads [29, 30]. For example, Marmonier *et al* demonstrated that, among eight young subjects, consumption of snack foods high in carbohydrates during an in-between meal occasion contributed to higher total energy intakes [29]. Poppitt *et al* observed that energy intake during lunch was not affected by high carbohydrate and high-fat preloads consumed 90 minutes before lunch [30]. However, medium-term intervention studies demonstrated that partial energy compensation takes place after consumption of EDS foods [31, 32]. An intervention study of 9 days among 8 young men who consumed 3 types of ad libitum diets (high fat, high protein, high carbohydrates and no snacking) showed that when subjects were required to eat snacks in the three diets, their total energy intake was not significantly higher compared to the normal intake [31]. This was confirmed by a 14-day intervention study of Whybrow *et al* in which partial energy compensation took place after compulsory consumption of EDS foods [32].

In conclusion, our results based on a large cohort of normal and overweight Dutch adults do not support the hypothesis that increased consumption of EDS foods is associated with weight or waist circumference gain. Additional long-term studies are needed to improve our understanding of the relationship between consumption of EDS foods and weight and waist circumference change, including further investigation into the degree of bias caused by selective underreporting, and methods and techniques to account for this in the analysis and interpretation.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors like to thank the epidemiologists and field workers of the Municipal Health Services for their contribution in the data collection for the present study.

The contributions of the authors were as follows: MAHH, DLvdA and HD: involved in the design of the present study; MAHH analyzed the data and wrote the first draft of the manuscript; JMAB, DLvdA supervised the work; All authors were involved in data interpretation and writing of the manuscript and approved the final version of the manuscript.

None of the authors had a conflict of interest to declare.

REFERENCES

1. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. 2004, World Health Organization: Geneva.
2. Swinburn, B.A., et al., *Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity*. Public Health Nutr, 2004. **7**(1A): p. 123-46.
3. Zizza, C., A.M. Siega-Riz, and B.M. Popkin, *Significant increase in young adults' snacking between 1977-1978 and 1994-1996 represents a cause for concern!* Prev Med, 2001. **32**(4): p. 303-10.
4. Berteus Forslund, H., et al., *Snacking frequency in relation to energy intake and food choices in obese men and women compared to a reference population*. Int J Obes (Lond), 2005. **29**(6): p. 711-9.
5. Rangan, A.M., et al., *Consumption of 'extra' foods by Australian adults: types, quantities and contribution to energy and nutrient intakes*. Eur J Clin Nutr, 2008.
6. Schulze, M.B., et al., *Dietary patterns and changes in body weight in women*. Obesity (Silver Spring), 2006. **14**(8): p. 1444-53.
7. Nicklas, T.A., et al., *Eating patterns and obesity in children. The Bogalusa Heart Study*. Am J Prev Med, 2003. **25**(1): p. 9-16.
8. Bandini, L.G., et al., *Comparison of high-calorie, low-nutrient-dense food consumption among obese and non-obese adolescents*. Obes Res, 1999. **7**(5): p. 438-43.
9. Field, A.E., et al., *Snack food intake does not predict weight change among children and adolescents*. Int J Obes Relat Metab Disord, 2004. **28**(10): p. 1210-6.
10. Phillips, S.M., et al., *Energy-dense snack food intake in adolescence: longitudinal relationship to weight and fitness*. Obes Res, 2004. **12**(3): p. 461-72.
11. Riboli, E., et al., *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): study populations and data collection*. Public Health Nutr, 2002. **5**(6B): p. 1113-24.
12. Rowland, M.L., *Self-reported weight and height*. Am J Clin Nutr, 1990. **52**(6): p. 1125-33.

13. Ocke, M.C., et al., *The Dutch EPIC food frequency questionnaire. I. Description of the questionnaire, and relative validity and reproducibility for food groups.* Int J Epidemiol, 1997. **26 Suppl 1**: p. S37-48.
14. Ocke, M.C., et al., *The Dutch EPIC food frequency questionnaire. II. Relative validity and reproducibility for nutrients.* Int J Epidemiol, 1997. **26 Suppl 1**: p. S49-58.
15. NEVO, S., *NEVO-tabel. Nederlands Voedingsstoffenbestand.* 1993, The Hague: Voorlichtingsbureau voor de voeding.
16. Braam, L.A., et al., *Determinants of obesity-related underreporting of energy intake.* Am J Epidemiol, 1998. **147**(11): p. 1081-6.
17. Heitmann, B.L. and L. Lissner, *Dietary underreporting by obese individuals--is it specific or non-specific?* Bmj, 1995. **311**(7011): p. 986-9.
18. Goris, A.H., M.S. Westerterp-Plantenga, and K.R. Westerterp, *Undereating and underrecording of habitual food intake in obese men: selective underreporting of fat intake.* Am J Clin Nutr, 2000. **71**(1): p. 130-4.
19. Livingstone, M.B., et al., *Accuracy of weighed dietary records in studies of diet and health.* Bmj, 1990. **300**(6726): p. 708-12.
20. Macdiarmid, J.I., et al., *The sugar-fat relationship revisited: differences in consumption between men and women of varying BMI.* Int J Obes Relat Metab Disord, 1998. **22**(11): p. 1053-61.
21. Bellisle, F., R. McDevitt, and A.M. Prentice, *Meal frequency and energy balance.* Br J Nutr, 1997. **77 Suppl 1**: p. S57-70.
22. Gorber, S.C., et al., *A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review.* Obes Rev, 2007. **8**(4): p. 307-26.
23. Jahns, L., A.M. Siega-Riz, and B.M. Popkin, *The increasing prevalence of snacking among US children from 1977 to 1996.* J Pediatr, 2001. **138**(4): p. 493-8.

24. Bes-Rastrollo, M., et al., *Predictors of weight gain in a Mediterranean cohort: the Seguimiento Universidad de Navarra Study 1*. Am J Clin Nutr, 2006. **83**(2): p. 362-70; quiz 394-5.
25. Johnson, L., et al., *Energy-dense, low-fiber, high-fat dietary pattern is associated with increased fatness in childhood*. Am J Clin Nutr, 2008. **87**(4): p. 846-54.
26. Hampl, J.S., C.L. Heaton, and C.A. Taylor, *Snacking patterns influence energy and nutrient intakes but not body mass index*. J Hum Nutr Diet, 2003. **16**(1): p. 3-11.
27. Rolls, B.J., *The relationship between dietary energy density and energy intake*. Physiol Behav, 2009.
28. Stubbs, R.J. and S. Whybrow, *Energy density, diet composition and palatability: influences on overall food energy intake in humans*. Physiol Behav, 2004. **81**(5): p. 755-64.
29. Marmonier, C., et al., *Snacks consumed in a nonhungry state have poor satiating efficiency: influence of snack composition on substrate utilization and hunger*. Am J Clin Nutr, 2002. **76**(3): p. 518-28.
30. Poppitt, S.D., D. McCormack, and R. Buffenstein, *Short-term effects of macronutrient preloads on appetite and energy intake in lean women*. Physiol Behav, 1998. **64**(3): p. 279-85.
31. Johnstone, A.M., et al., *Altering the temporal distribution of energy intake with isoenergetically dense foods given as snacks does not affect total daily energy intake in normal-weight men*. Br J Nutr, 2000. **83**(1): p. 7-14.
32. Whybrow, S., et al., *Effects of two weeks' mandatory snack consumption on energy intake and energy balance*. Obesity (Silver Spring), 2007. **15**(3): p. 673-85.

TABLES

Table 1: Characteristics of study population (n=9383 subjects) according to tertiles of energy from total EDS food consumption

Means (sd)*	T1 (n=3127)	T2 (n=3128)	T3 (n=3128)	p-value
Energy intake from EDS foods (kJ)	522 (187)	1074 (164)	2109 (765)	
Total energy intake (kJ)	8319 (2169)	9334 (2273)	10943 (2632)	<0.0001
Energy intake from sweets (kJ)	85 (90.4)	202 (168)	496 (476)	<0.0001
Energy intake from cakes and pastries (kJ)	198 (138)	410 (222)	709 (457)	<0.0001
Energy intake from savoury snacks (kJ)	239 (146)	462 (235)	904 (605)	<0.0001
Energy intake <1200 kcal/day (%)	99 (3.17)	21 (0.67)	3 (0.10)	<0.0001
Baseline age (y)	44.4 (10.4)	43.1 (10.3)	41.9 (10.3)	<0.0001
Men (%)	1395 (44.6)	1413 (45.2)	1583 (50.6)	<0.0001
Baseline weight (kg)	71.2 (11.1)	72.6 (11.3)	73.7 (11.6)	<0.0001
Follow-up weight (kg)	72.9 (12.0)	74.4 (12.2)	75.8 (12.4)	<0.0001
Baseline waist (cm)	83.8 (10.8)	84.3 (10.5)	84.6 (10.3)	0.008
Follow-up waist (cm)	88.8 (11.0)	89.2 (10.9)	89.7 (10.6)	0.004
Baseline BMI (kg/m ²)	24.3 (2.74)	24.4 (2.65)	24.3 (2.66)	0.06
Follow-up BMI (kg/m ²)	24.8 (3.11)	25.0 (3.00)	25.0 (2.98)	0.08
Follow-up time (y)	8.20 (2.63)	8.01 (2.69)	8.07 (2.68)	0.01
Participants in Amsterdam/Maastricht	2032 (65.0)	1884 (60.2)	1930 (61.7)	0.0004

(%)				
Incident diseases (%)	259 (8.3)	208 (6.7)	186 (6.0)	0.001
Overweight (%)	1256 (40.0)	1305 (41.7)	1274 (40.7)	0.44
Level of education (%) ¹				<0.0001
Primary school	314 (10.1)	206 (6.6)	151 (4.8)	
Technical/professional school	1122 (36.0)	1175 (37.6)	1117 (35.8)	
Secondary school	817 (26.2)	807 (25.9)	833 (26.7)	
University degree	860 (27.6)	934 (29.9)	1021 (32.7)	
Smoking status (%) ²				<0.0001
Never	1818 (60.6)	1981 (65.8)	2016 (67.1)	
Stable	798 (26.6)	631 (21.0)	609 (20.3)	
Start	57 (1.9)	77 (2.6)	83 (2.8)	
Quit	328 (10.9)	322 (10.7)	298 (9.9)	
Physical activity index (%)				0.07
Inactive	371 (11.9)	385 (12.3)	345 (11.0)	
Moderately inactive	583 (18.6)	530 (16.9)	538 (17.2)	
Moderately active	1056 (33.8)	1057 (33.8)	1027 (32.8)	
Active	440 (14.1)	472 (15.1)	530 (16.9)	
Missing	677 (21.7)	684 (21.9)	688 (22.0)	

* expressed as means (sd), otherwise indicated

¹: 26 missings

²: 365 missings

Table 2: Associations between total EDS foods, sweets, cakes and pastries, and savoury snack consumption per 1 MJ and subsequent weight change in g/y among men (n=2631) and women (n=3215) from Amsterdam and Maastricht

Model	Weight change in g/y			
	Men		Women	
	β^4 (SE)	p-value	β^4 (SE)	p-value
<i>Total EDS foods</i>				
Adjusted ¹	25.5 (12.0)	0.03	15.0 (14.2)	0.29
Adjusted ²	20.8 (13.5)	0.12	5.91 (16.5)	0.72
<i>Sweets³</i>				
Adjusted ¹	11.2 (29.4)	0.70	54.5 (30.9)	0.07
Adjusted ²	6.28 (30.2)	0.84	46.7 (31.8)	0.14
<i>Cakes and pastries³</i>				
Adjusted ¹	7.05 (28.5)	0.80	-77.7 (32.0)	0.02
Adjusted ²	2.94 (29.1)	0.92	-85.9 (33.0)	0.009
<i>Savoury snacks³</i>				
Adjusted ¹	44.9 (19.8)	0.02	60.9 (27.6)	0.03
Adjusted ²	40.1 (20.9)	0.05	51.4 (29.2)	0.08

β = regression coefficient; SE= standard error; g/y= grams per year

¹Adjusted for baseline age, baseline weight, height, duration of follow-up, BMI, physical activity, education, smoking status, fruit consumption, vegetable consumption, soft drinks consumption

²: Adjusted for model 1, including total energy intake

³: Adjustments include remaining subcategories of EDS foods (sweets, cakes and pastries or savoury snacks)

⁴: β indicates the change in weight (in g/y) for 1 MJ increase in EDS food consumption

Table 3: Associations between total EDS foods, sweets, cakes and pastries, and savoury snack consumption per 1 MJ and subsequent weight change in g/y among men (n=1760) and women (n=1777) from Doetinchem

Model	Weight change in g/y			
	Men		Women	
	β^4 (SE)	p-value	β^4 (SE)	p-value
<i>Total EDS foods</i>				
Adjusted ¹	-31.1 (22.5)	0.17	4.41 (28.3)	0.88
Adjusted ²	-10.3 (26.0)	0.69	17.3 (34.0)	0.61
<i>Sweets³</i>				
Adjusted ¹	21.1 (59.6)	0.72	-57.8 (85.3)	0.50
Adjusted ²	41.1 (60.9)	0.50	-44.8 (87.1)	0.61
<i>Cakes and pastries³</i>				
Adjusted ¹	-26.4 (53.8)	0.62	-25.8 (55.1)	0.64
Adjusted ²	-6.70 (55.2)	0.90	-12.5 (57.9)	0.83
<i>Savoury snacks³</i>				
Adjusted ¹	-58.1 (35.9)	0.11	70.8 (53.0)	0.18
Adjusted ²	-36.6 (38.3)	0.34	86.4 (56.9)	0.13

β = regression coefficient; SE= standard error; g/y= grams per year

¹Adjusted for baseline age, baseline weight, height, duration of follow-up, BMI, physical activity, education, smoking status, fruit consumption, vegetable consumption, soda drinks consumption

²: Adjusted for model 1, including total energy intake

³: Adjustments include remaining subcategories of EDS foods (sweets, cakes and pastries or savoury snacks)

⁴: β indicates the change in weight (in g/y) for 1 MJ increase in EDS food consumption

Table 4: Multivariable-adjusted odds ratios (95% CI) for gaining and losing weight per 1 MJ increase in EDS foods among men and women in Amsterdam/Maastricht and Doetinchem

	Annual weight change categories			
	>-0.5 kg/y	-0.5 tot 0.5 kg/y	0.5-1.0 kg/y	>1.0 kg/y
Men Amsterdam/Maastricht				
Adjusted ¹	0.72 (0.60-0.88)	1.00	1.04 (0.92-1.17)	1.04 (0.87-1.23)
Adjusted ²	0.77 (0.62-0.95)	1.00	1.02 (0.89-1.17)	1.06 (0.87-1.29)
Women Amsterdam/Maastricht				
Adjusted ¹	0.96 (0.80-1.16)	1.00	1.17 (1.03-1.34)	0.93 (0.76-1.14)
Adjusted ²	0.92 (0.75-1.14)	1.00	1.09 (0.93-1.27)	0.91 (0.72-1.16)
Men Doetinchem				
Adjusted ¹	0.90 (0.73-1.11)	1.00	0.87 (0.74-1.01)	0.87 (0.74-1.03)
Adjusted ²	0.93 (0.73-1.19)	1.00	0.90 (0.75-1.07)	0.95 (0.78-1.15)
Women Doetinchem				
Adjusted ¹	0.92 (0.72-1.18)	1.00	1.00 (0.83-1.19)	1.01 (0.84-1.22)
Adjusted ²	0.96 (0.72-1.29)	1.00	1.04 (0.84-1.29)	1.07 (0.86-1.33)

¹Adjusted for baseline age, baseline weight, height, duration of follow-up, BMI, physical activity, education, smoking status, fruit consumption, vegetable consumption, softdrink consumption

²: Adjusted for model 1, with total energy intake

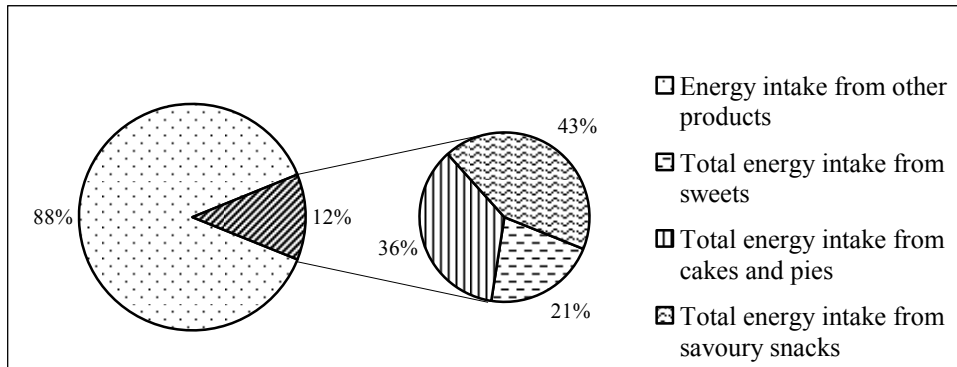


Figure 1: Contribution from EDS food consumption (kJ) to total energy intake

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720BA Bilthoven
www.rivm.nl