

INDIRECTE CALORIMETRIE

Het thermogenetisch effect van een licht ontbijt



Mirthe Gielen
15 JANUARI 2018

“Omslagfoto logo Haagse Hogeschool: Studystore, 2017”

“Omslagfoto Indirecte calorimetrie met ventilatiekap: Cosmed, z.d.”

Indirecte calorimetrie. Het thermogenetisch effect van een licht ontbijt.

Studentgegevens

M. (Mirthe) Gielen
Spaarwaterhof 20
2593 RS Den Haag
06-21910009
mirthegielen@hotmail.com
Studentnummer: 13086294

Begeleider

P.T.M. (Paul) van den Berg

Opdrachtgevers

Dr. J.A.E. (Jacqueline) Langius
Opleiding Voeding en Diëtetiek, De Haagse Hogeschool
j.a.e.langius@hhs.nl

Dr. M. (Machteld) van Lieshout
Opleiding Voeding en Diëtetiek, De Haagse Hogeschool
m.vanlieshout@hhs.nl

Opleidingsgegevens

De Haagse Hogeschool
Opleiding Voeding en Diëtetiek
Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag

Tel. 070-4458300

Datum van publicatie: 15 januari 2018

Aantal woorden: 8047

Aantal woorden samenvatting: 497

Voorwoord

In dit rapport presenteer ik u de resultaten van mijn afstudeeropdracht voor de opleiding Voeding en Diëtetiek. Naar aanleiding van mijn werkzaamheden voor HealthPoint tijdens de opleiding ontstond bij mij de wens een afstudeeropdracht uit te voeren in het kader van Nutritional Assessment. Mijn specifieke interesse ging uit naar indirecte calorimetrie. In overleg met mijn opdrachtgevers dr. J.A.E. Langius en dr. M. van Lieshout ben ik tot een onderwerp voor een afstudeeronderzoek gekomen. Mijn opdrachtgevers zijn verbonden aan het onderzoekscentrum HealthPoint van de opleiding Voeding en Diëtetiek aan de Haagse Hogeschool te Den Haag.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode september 2017 tot januari 2018. In deze periode heb ik literatuuronderzoek verricht en het praktijkonderzoek uitgevoerd. De resultaten zijn verwerkt tot dit onderzoeksrapport. De informatie uit dit rapport vormt de basis voor een aantal aanbevelingen voor toekomstig onderzoek naar het thermogenetisch effect van voeding met indirecte calorimetrie. De resultaten van mijn praktijkonderzoek (na het meten van 14 van de 19 personen) en literatuuronderzoek zijn op 24 november 2017 gedeeld met het Nutritional Assessment Platform.

Graag wil ik mijn dank uitspreken voor een aantal personen die mij hebben geholpen bij de totstandkoming van mijn afstudeeronderzoek. Mw. Langius en mw. van Lieshout, hartelijk dank voor de mogelijkheid deze opdracht uit te voeren voor HealthPoint en jullie tips en adviezen omtrent de uitvoering van het onderzoek en de verwerking van de resultaten. Ik heb veel van jullie geleerd! Dhr. van den Berg, bedankt voor de fijne begeleiding tijdens de gehele afstudeerperiode!

Ik wens u veel leesplezier.

Den Haag, januari 2018

Mirthe Gielen

Samenvatting

Aanleiding en probleemstelling: Het adequaat bepalen van de energiebehoefte is van belang om patiënten optimaal te kunnen voeden en daarmee ondervoeding en overvoeding te voorkomen. Indirecte calorimetrie is de gouden standaard voor het bepalen van de energiebehoefte. Voor een meting moeten patiënten minimaal 5 uur nuchter zodat het thermogenetisch effect van voeding, de postprandiale stijging van het energieverbruik, is uitgewerkt. In de klinische praktijk is het niet wenselijk en/of haalbaar dat patiënten langdurig vasten. De duur van 5 uur vasten is gebaseerd op maaltijden van 400-1200 kilocalorieën met de aanname dat het thermogenetisch effect groter wordt naarmate het aantal kcal van de maaltijd toeneemt. Op dit moment ontbreekt het aan studies naar het thermogenetisch effect van een licht ontbijt van circa 200 kilocalorieën. Mogelijk is er met een licht ontbijt een kortere periode dan 5 uur vasten nodig.

Doel: Het bepalen van het thermogenetisch van een licht ontbijt en daarmee een advies te geven over de benodigde duur van vasten na een licht ontbijt (205 kilocalorieën) voor een betrouwbare indirecte calorimetrie meting.

Methode: Na een periode van 12 uur vasten werd bij gezonde vrijwilligers het energieverbruik in rust bepaald middels indirecte calorimetrie. Vervolgens kregen de proefpersonen een gestandaardiseerd licht ontbijt en werd het energieverbruik iedere 60 minuten tot 300 minuten na het ontbijt gemeten. Het thermogenetisch effect van voeding werd berekend als het postprandiale energieverbruik minus het energieverbruik in rust. Daarnaast werd de piek van het thermogenetisch effect, de hoogste waarde van het postprandiale energieverbruik, gemeten. Het totale thermogenetisch effect werd berekend met de *area under curve*. Het energieverbruik in rust werd vergeleken met het postprandiale energieverbruik met een gepaarde t-toets.

Resultaten: Voor de studie zijn 22 personen gemeten waarvan 19 personen geïncludeerd van $31,0 \pm 12,9$ jaar oud met een Body Mass Index $22,1 \pm 2,1$ kg/m². Het gemiddelde energieverbruik in rust was 1426 ± 53 kilocalorieën/24 uur. De piek van het thermogenetisch effect vond plaats 60 minuten na het ontbijt en was hoger dan het energieverbruik in rust (139 ± 15 kilocalorieën; $p < 0,001$). Na 120 minuten was het postprandiale energieverbruik met 37 ± 22 kilocalorieën hoger dan het energieverbruik in rust ($p = 0,108$). 180 minuten na het ontbijt was er geen verschil met energieverbruik in rust (4 ± 21 kcal; $p = 0,844$). Na 240 minuten en 300 minuten nam het postprandiale energieverbruik met respectievelijk 19 ± 17 kilocalorieën ($p = 0,275$) en 42 ± 15 kilocalorieën ($p = 0,008$) toe ten opzichte van het energieverbruik in rust. Het thermogenetisch effect over 180 minuten is een stijging van 25 kilocalorieën (=12% van het aantal ingenomen kilocalorieën) ten opzichte van het energieverbruik in rust.

Conclusie: Binnen 2 uur na inname is het thermogenetisch effect van een licht ontbijt uitgewerkt.

Discussie en aanbevelingen: Een meting 120 minuten na een maaltijd van 205 kilocalorieën wordt alleen geadviseerd voor gezonde volwassenen die deze maaltijd in de vroege ochtend nuttigen. De significante stijging van het energieverbruik 300 minuten na het ontbijt is mogelijk het gevolg van variatie in het dagelijks energieverbruik ten gevolge van het circadiaans ritme.

Summary

Introduction: An adequate determination of a patients energy needs is important for optimal nutrition therapy in order to prevent under- or overnutrition. Indirect calorimetry is considered to be the gold standard to assess energy needs. Patients who are preparing for a measurement need to refrain from eating for at least 5 hours because of the thermic effect of food, which is determined as the postprandial raise in energy expenditure. In clinical practice it is either unfeasible or undesirable to refrain from feeding for a long time. The duration of 5 hours of food abstinence is based on the thermic effect of food of meals from 400 to 1200 calories. A higher energy intake increases the thermic effect of food. Currently there is no

information about the thermic effect of a light breakfast of approximately 200 calories. A light breakfast might have a smaller thermic effect, which would make a short duration of food abstinence for a measurement possible.

Aim of the study: To determine the thermic effect of a light breakfast of 205 calories. The results of this study lead to a recommendation for the required duration of fasting after a light breakfast for an indirect calorimetry measurement.

Methods: After a 12 hour overnight-fast, resting energy expenditure was determined for healthy volunteers using indirect calorimetry. Subsequently, the subjects were given a standardized light breakfast and postprandial energy expenditure was determined every hour from 60 up to 300 minutes. The thermic effect of food was calculated as the postprandial rise in energy expenditure minus the resting energy expenditure. The peak of the thermic effect of food was measured as the greatest increase in postprandial energy expenditure. The total thermic effect of a light breakfast was calculated as the area under curve. Resting energy expenditure and postprandial energy expenditure were compared using a paired t-test.

Results: For this study 22 subjects were measured of which 19 subjects aged $31,0 \pm 12,9$ years old with a Body Mass Index of $22,1 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$ were included. The peak of postprandial energy expenditure was measured after 60 minutes and was higher than the resting energy expenditure ($139 \pm 15 \text{ kcal}$; $p < 0,001$). After 120 minutes the postprandial energy expenditure was $37 \pm 22 \text{ kcal}$ higher than the resting energy expenditure ($p = 0,108$). Postprandial energy expenditure after 180 minutes did not differ from resting energy expenditure ($4 \pm 21 \text{ kcal}$; $p = 0,844$). After 240 and 300 minutes, the postprandial energy expenditure compared to the resting energy expenditure, increased by $19 \pm 17 \text{ kcal}$ ($p = 0,275$) and $42 \pm 15 \text{ kcal}$ ($p = 0,008$) respectively.

Conclusion: The thermic effect of a light breakfast of 205 calories is terminated 2 hours after ingestion.

Discussion and recommendations: A measurement 180 minutes after a 205-calorie meal is only advised for healthy subjects, when the meal is consumed as breakfast during early morning time. The significant increase in energy expenditure 300 minutes after breakfast might derive from the daily variation in energy expenditure as a result of the circadian rhythm.

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	1
1.1 Aanleiding en probleemomschrijving.....	1
1.2 Onderzoeksvraag en deelvragen	2
1.3 Praktische en maatschappelijke relevantie.....	3
1.4 Doelstelling	3
2 Theoretisch kader.....	4
2.1 Het meten van het energieverbruik in rust.....	4
2.2 Thermogenetisch effect van voeding.....	4
2.4 Aandachtspunten bij onderzoek naar het thermogenetisch effect van voeding.....	8
3 Onderzoeksmethode	9
3.1 Proefpersonen	9
3.2 Uitvoering praktijkonderzoek	9
3.4 Overige metingen.....	11
3.5 Data-analyse	11
4 Resultaten	12
5 Conclusie	16
6 Discussie en aanbevelingen.....	17
6.1 Het thermogenetisch effect van voeding: validiteit en betrouwbaarheid.....	17
6.2 Evaluatie van het proces en methodologische verantwoording	18
6.3 Vergelijking onderzoeksresultaten met eerdere onderzoeken naar het thermogenetisch effect van voeding.....	19
6.4 Generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten naar (klinische) praktijk	19
6.5 Aanbevelingen	20
Literatuur	21
Bijlage 1 'Overzichtstabel van in dit onderzoek genoemde studies naar het thermogenetisch van voeding'	25

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en probleemomschrijving

De energiebehoefte is het aantal kilocalorieën (kcal) dat het lichaam verbruikt voor het energieverbruik in rust en factoren als lichamelijke activiteit, ziekte en groei (Thomas & Bishop, 2001). Bij patiënten is een grote variatie in de energiebehoefte. Het bepalen van de energiebehoefte is van belang om patiënten optimaal te kunnen voeden en daarmee ondervoeding en overvoeding te voorkomen (Kruizenga, Hofsteenge, & Weijs, 2016). Met formules om de energiebehoefte te berekenen, zoals de WHO-formule (WHO, 2001) en Harris & Benedict-vergelijking (Harris & Benedict, 1919), worden gemakkelijk verkeerde inschattingen gemaakt (Oshima et al., 2017). Kruizenga, Hofsteenge en Weijs (2016) vergeleken voor een studie indirecte calorimetrie en formules voor het bepalen van de energiebehoefte van 513 klinische- en poliklinische patiënten. Bij slechts 50% van de patiënten werd de energiebehoefte met formules juist geschat (c.q. de uitkomst van de formule is 90-110% van de gemeten energiebehoefte met indirecte calorimetrie). De formules zijn gebaseerd op leeftijd, geslacht en antropometrische kenmerken (lichaamsgewicht en lengte), terwijl het energieverbruik van een patiënt wordt beïnvloed door een groot aantal factoren zoals lichaams- en omgevingstemperatuur, hersenactiviteit, inflammatie, spiercontracties of paralyse en sommige medicatie (Oshima et al., 2017). Het meten van de energiebehoefte verdient dan ook de voorkeur boven het gebruik van formules. Met indirecte calorimetrie wordt op basis van het zuurstofverbruik en de koolstofdioxideproductie het energieverbruik in rust berekend. Indirecte calorimetrie wordt beschouwd als de gouden standaard voor het bepalen van de energiebehoefte (Fraipoint & Preiser, 2013; Haugen, Chan, & Li, 2007).

Om iemands energieverbruik in rust te meten dient aan een aantal condities voldaan te worden. Er moet sprake zijn van een zogenaamde thermisch neutrale omgeving, een omgevingstemperatuur waar de energie gebruikt voor behoud van lichaamstemperatuur minimaal is (Van Ooijen, Van Marken Lichtenbelt, Van Steenhoven, & Westerterp, 2004). Verder moet de persoon die gemeten wordt zich in 'rusttoestand' bevinden, dat wil zeggen: de persoon ligt rustig maar valt niet in slaap en heeft zich voor bepaalde tijd onthouden van voeding en intensief lichamelijke inspanning (Compher, Frankenfield, & Keim, 2006). Lichaamsbeweging, nicotine, cafeïne, alcohol en voeding hebben namelijk een verhogend effect op het energieverbruik in rust. Voor een meting dient een persoon minimaal 5 uur (Compher et al., 2006) tot 12 uur (Haugen, Chan, & Li, 2007) nuchter te zijn vanwege het thermogenetisch effect van voeding. Het thermogenetisch effect van voeding uit zich als een stijging van het energieverbruik in rust ten gevolge van energie kostende processen in het lichaam die plaatsvinden na inname van voeding (Kinabo & Durnin, 1990). Hoe groot de stijging van het energieverbruik in rust is hangt af van diverse factoren, waaronder de calorische waarde van een maaltijd. Hoe groter de calorische waarde van een maaltijd, hoe groter het thermogenetisch effect (Hill, Heymsfield, McMannus, & DiGirolamo, 1984). De benodigde duur van 5 uur vasten voor een indirecte calorimetrie meting in de standard operating procedure/SOP (Kok, Sealy & Berkenpas, 2017) is gebaseerd op het thermogenetisch effect van maaltijden vanaf 400 tot 1200 kcal (Kinabo & Durnin, 1990; Weststrate & Hautvast, 1990; Bissoli, Armellini, Zamboni, & Mandragona, 1999; Levine, Harris, Morgan, 2000). Aangenomen wordt dat het thermogenetisch effect van een maaltijd is uitgewerkt als het energieverbruik weer op het niveau is van het nuchtere energieverbruik voor inname (Reed & Hill, 1996).

Healthpoint, onderzoekscentrum voor voeding en gezondheid van de Haagse Hogeschool, bepaalt regelmatig het energieverbruik in rust bij haar cliënten middels indirecte calorimetrie. Vanwege de benodigde lange duur van vasten betekent dit in de praktijk dat cliënten meestal na de nachtrust en voor het ontbijt worden gemeten en men gebonden is aan een enkel meetmoment in de vroege ochtend. In de klinische setting is een meting in de vroege

ochtend voor het ontbijt niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld vanwege inname van medicatie of in verband met een geplande operatie of andere medische behandeling. Daarnaast is het, ongeacht het meetmoment, bovenal niet wenselijk voor patiënten om langdurig nuchter te zijn in verband met ondervoeding. In ziekenhuizen is 15-25% van de patiënten ondervoed (Stuurgroep Ondervoeding, 2017). Vanwege ondervoeding komt dikwijls de diëtist op consult en wordt de energiebehoefte bepaald als onderdeel van de dieetbehandeling (Kruizenga et al., 2016).

In de praktijk blijkt 5 uur vasten niet haalbaar. Een indirecte calorimetrie meting wordt daarom dikwijls uitgevoerd bij niet-nuchtere patiënten wat mogelijk leidt tot een verkeerde interpretatie van de gemeten energiebehoefte, aangezien er nog sprake kan zijn van een verhoogd energieverbruik vanwege het thermogenetisch effect van voeding. Zowel een indirecte calorimetrie meting waarbij een patiënt niet nuchter wordt gemeten als het gebruik van een formule, leiden tot een verkeerde inschatting van de energiebehoefte. Het bepalen van een tweede betrouwbaar meetmoment na het ontbijt voor indirecte calorimetrie biedt een alternatief naast het gebruikelijke meetmoment in de vroege ochtend voor het ontbijt.

Er zijn veel studies verricht naar het thermogenetisch effect van verschillende maaltijden (zie Bijlage 1). Het advies om minimaal 5 uur nuchter te zijn is gebaseerd op studies van het thermogenetisch effect van relatief grote ontbijtmaaltijden (vanaf 400 kcal). Op dit moment ontbreekt het aan studies naar het thermogenetisch effect van een licht ontbijt (ca. 200 kcal). In een klinische setting is anorexie een veelvoorkomend probleem onder patiënten (Andreae, Stromberg & Arestedt, 2016; Coa et al., 2015; Pilgrim, Robinson, & Roberts 2015). Ten gevolge van anorexie patiënten zal de ontbijtmaaltijd niet uitgebreid zijn. Mogelijk is er met een licht ontbijt een kortere periode van vasten (<5u) nodig om een betrouwbare meting uit te kunnen voeren.

1.2 Onderzoeksvraag en deelvragen

Indirecte calorimetrie is de gouden standaard voor het bepalen van de energiebehoefte en verdient de voorkeur boven het gebruik van formules om de energiebehoefte in te schatten. Om een betrouwbare indirecte calorimetrie meting uit te voeren moet men nuchter zijn om het thermogenetisch van voeding uit te sluiten. Minimaal 5 uur vasten (SOP Indirecte Calorimetrie, 2017) is in de klinische praktijk veelal niet haalbaar. De minimale duur van 5 uur vasten is bovendien gebaseerd op relatief grote (ontbijt)maaltijden vanaf 400 kcal. Op dit moment ontbreekt het aan studies naar het thermogenetisch effect van een licht ontbijt. Dit leidt tot de onderzoeksvraag:

‘Wat is het thermogenetisch effect van een licht ontbijt van 205 kcal bij gezonde volwassenen?’

Hierbij horen de volgende deelvragen:

- Hoeveel absolute en procentuele stijging van het energieverbruik in rust ten gevolge van het thermogenetisch effect van voeding vindt plaats 60 minuten, 120 minuten, 180 minuten, 240 minuten en 300 minuten na een licht ontbijt van 205 kcal?
- Binnen welk tijdsinterval (tussen 60-120 minuten, 120-180 minuten, 180-240 minuten, 240-300 minuten, >300 minuten) vindt de piek van het thermogenetisch effect plaats na het nuttigen van een licht ontbijt van 205 kcal?
- Hoe lang duurt het om het beginniveau van het energieverbruik in rust (nuchter-meting vóór het ontbijt) te bereiken na het nuttigen van een licht ontbijt (205 kcal)?
- Wat is de absolute totale stijging in energieverbruik over de tijd door een licht ontbijt van 205 kcal?
- Hoeveel procent van het aantal ingenomen kcal is de absolute stijging in energieverbruik over de tijd door een licht ontbijt van 205 kcal?

1.3 Praktische en maatschappelijke relevantie

Indirecte calorimetrie leidt tot een betere inschatting van de energiebehoefte. In geval van zieke patiënten is het zo goed mogelijk bepalen van de energiebehoefte van belang om de nadelige effecten van over- en ondervoeding te voorkomen. Mogelijk is er met een licht ontbijt een kortere periode van vasten (<5u) nodig om een betrouwbare meting uit te kunnen voeren. De gegevens van dit onderzoek zijn een aanvulling op de studies naar het thermogenetisch effect van maaltijden vanaf 400 kcal. Onderzoek naar thermogenetisch effect van voeding is van belang omdat nuchter zijn (=geen thermogenetisch effect van voeding) een belangrijke conditie is voor een betrouwbare indirecte calorimetrie-meting. Indien een tijdsindicatie voor de benodigde duur van vasten na een licht ontbijt kan worden gegeven, is er voor onderzoekscentrum HealthPoint een tweede meetmoment voor indirecte calorimetrie aan te wijzen naast het gebruikelijke meetmoment in de vroege ochtend na de nachtrust. Een tweede meetmoment maakt indirecte calorimetrie meer inzetbaar binnen het onderzoekscentrum van de Haagse Hogeschool van de opdrachtgevers. Het meer inzetbaar maken van indirecte calorimetrie is gunstig omdat het leidt tot (dieet)adviezen op maat en het data/informatie oplevert over het energieverbruik bij patiënten met verschillende leeftijden, lichaamsgewicht en ziektebeelden.

De resultaten van het onderzoek zijn een aanvulling op de bestaande onderzoeksgegevens naar het thermogenetisch effect van voeding en op de huidige SOP voor indirecte calorimetrie (Nutritional Assessment Platform, 2017).

1.4 Doelstelling

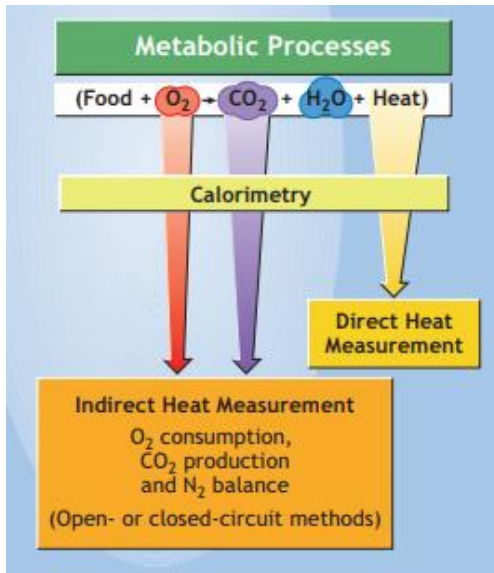
Het doel van dit onderzoek is de tijdsduur en hoogte bepalen van het thermogenetisch effect van een licht ontbijt. Met behulp van de resultaten van het praktijkonderzoek en literatuuronderzoek naar het thermogenetisch effect van voeding is het praktijkdoel advies te geven over de benodigde duur van vasten na een licht ontbijt (205 kcal) voor een betrouwbare indirecte calorimetrie-meting. Het advies kan leiden tot meer inzetbaarheid (NB een tweede meetmoment) van indirecte calorimetrie voor onderzoekscentrum HealthPoint. Voor de klinische setting kan, in aanvulling met gegevens uit de literatuur over thermogenetisch effect, een advies worden gegeven over de benodigde duur van vasten na een licht ontbijt.

De doelstelling wordt bereikt door een onderzoek te verrichten naar het thermogenetisch effect van een licht ontbijt middels indirecte calorimetrie. Voor de opzet van een onderzoek naar het thermogenetisch effect van voeding is voorafgaand aan het praktijkonderzoek ter oriëntatie literatuuronderzoek uitgevoerd. In hoofdstuk 2 is aanvullende informatie over indirecte calorimetrie en informatie over onderzoek naar het thermogenetisch effect opgenomen wat aanleiding is geweest voor de opzet van het praktijkonderzoek beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten van het praktijkonderzoek. In hoofdstuk 5 is de conclusie van het onderzoek opgenomen en in hoofdstuk 6 de discussie en aanbevelingen.

2 Theoretisch kader

Dit hoofdstuk bespreekt de theorie achter het meten van de energiebehoefte en de theorie achter het thermogenetisch effect van voeding.

2.1 Het meten van het energieverbruik in rust



Figuur 1. Het meten van het energieverbruik. Overgenomen uit: *Exercise Psychology. Nutrition, Energy, and Human Performance* (p. 179) door D.A. McArdle, F.I. Katch, F. I. en V.I. Katch, 2010, Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. Copyright 2010, Lippincott Williams & Wilkins.

Het lichaam haalt de benodigde energie voor alle levensprocessen uit macronutriënten door biologische oxidatie, een proces waarbij zuurstof (O_2) wordt verbruikt en koolstofdioxide (CO_2) wordt uitgescheiden. De warmte die vrijkomt bij de verbranding wordt gebruikt voor het behoud van de lichaamstemperatuur (Thomas & Bishop, 2001). De mate van warmteproductie door het lichaam definieert de mate van energieverbruik (fig. 1). De meeteenheid voor energie of warmte is de calorie: één calorie is de hoeveelheid energie die nodig is om één gram zuiver water 1 graad Celsius (van $14,5^\circ$ naar $15,5^\circ$) te verwarmen (Kruizenga & Wierdsma, 2014). Het energieverbruik van het lichaam kan worden gemeten met directe- of indirecte calorimetrie. Directe calorimetrie, het meten van de warmteproductie door het lichaam, kan alleen plaatsvinden in een kostbare en complexe opstelling en wordt niet gebruikt in de diëtistische- en/of klinische praktijk. Met directe calorimetrie is aangetoond dat het totale energieverbruik kwantitatief gerelateerd is aan de zuurstofopname en koolstofdioxideproductie, een constatering die de basis vormt voor indirecte calorimetrie (Hekken, 1989). Bij indirecte calorimetrie wordt het

zuurstofverbruik en de koolstofdioxideproductie gemeten en kan met behulp van de formule van Weir (1949) het energieverbruik in rust worden berekend. Ademgassen worden hiervoor opgevangen via een mondstuk, masker of ventilatiekap die zijn aangesloten op analyseapparatuur (Kok et al., 2017).

2.2 Thermogenetisch effect van voeding

Voor het uitvoeren van een indirecte calorimetrie dient een persoon nuchter te zijn, omdat bij de vertering van voedsel het energieverbruik in rust stijgt vanwege het thermogenetisch effect van voeding.

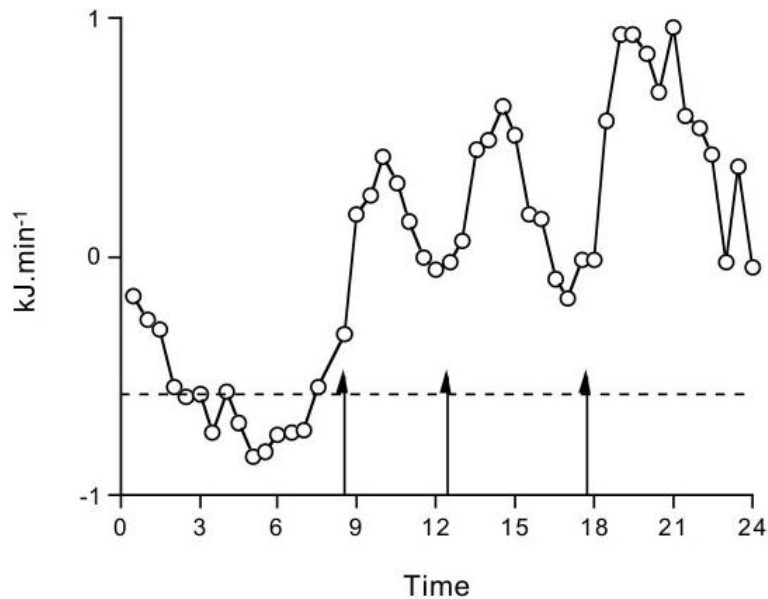
Het thermogenetisch effect van voeding wordt in de literatuur ook wel dieet-geïnduceerde thermogenese (DIT) genoemd. Het thermogenetisch effect uit zich als een stijging van het energieverbruik in rust ten gevolge van energie kostende processen die in het lichaam plaatsvinden na inname van voeding (Weststrate, 1989). Deze processen zijn onder te verdelen in de obligatoire thermogenese en de facultatieve thermogenese. De energie die nodig is voor de opname, vertering en opslag van nutriënten wordt de obligatoire thermogenese of specifiek-dynamische werking (SDW) genoemd. De facultatieve thermogenese heeft te maken met de activering van het sympathisch zenuwstelsel na inname van een maaltijd (McArdle et al., 2010).

Tabel 1. Verschillende manieren om thermogenetisch effect van voeding te weergeven

Duiding	Betekenis	Bron
Thermogenetisch effect (<i>thermic effect of food</i> , TEF) ofwel dieet-geïnduceerde thermogenese (<i>diet induced thermogenesis</i> , DIT)	Stijging van het energieverbruik na de maaltijd (= postprandiale stijging) ten opzichte van het energieverbruik in nuchtere toestand (=het energieverbruik in rust/ <i>baseline</i> meting)	Westerterp, 2004
Piek thermogenetisch effect	De maximale / hoogst gemeten postprandiale stijging van het energieverbruik	Compher et al., 2006
Totale thermogenetisch effect	Het postprandiale energieverbruik over de hele periode gemeten (afhankelijk van de onderzoeksopzet tot wel 8 uur na inname van de maaltijd)	Zie 'Overzichtstabel literatuur' in Bijlage
% thermogenetisch effect	De postprandiale stijging uitgedrukt als % van het aantal kcal ingenomen voeding	Westerterp (2004)
Eind thermogenetisch effect	Wanneer het energieverbruik na de maaltijd weer terug is op het niveau van het energieverbruik in rust	Reed & Hill, 1996
	Tot wanneer het thermogenetisch effect van voeding is gemeten, bijvoorbeeld tot 3 uur na de maaltijd.	Hill et al., 1984

Het thermogenetisch effect van voeding wordt in studies op verschillende manieren beschreven (zie tab. 1) en afhankelijk van de keuze door de onderzoeker en de onderzoeksopzet weergegeven: in het aantal kilocalorieën (kcal) of kilojoules (kJ) over tijd (in minuten of uren per dag of per dag/24u). Het 'percentage thermogenetisch effect' is op basis van studies naar het thermogenetisch effect van maaltijden van 454 tot 908 kcal $\leq$ 10% van het aantal ingenomen kcal (Westerterp, 2004).

Van het thermogenetisch effect van voeding wordt aangenomen dat het is uitgewerkt wanneer het energieverbruik weer terug komt op het niveau van het energieverbruik in rust ofwel de nuchtere meting voor inname van het ontbijt (tab. 1). Echter, in sommige studies wordt maar tot 3 uur na de maaltijd gemeten en mogelijk werkt het thermogenetisch effect langer door (Reed & Hill, 1996). Reed en Hill (1996) hebben een analyse gedaan van 131 studies naar het thermogenetisch effect van naar maaltijden van 620-1394 kcal, daarbij blijkt het thermogenetisch effect bij 77% na 4 uur te zijn uitgewerkt en bij 91% na 5 uur (Reed & Hill, 1996). Over het algemeen wordt aangenomen dat, ongeacht de ingenomen calorische waarde van een maaltijd, het thermogenetisch effect na 10 uur volledig uitgewerkt is maar ook dit staat nog steeds ter discussie (Westerterp, 2004).



Figuur 2. Het patroon van het thermogenetisch effect van voeding over 24u. Overgenomen uit “Long-term effects of consumption of full-fat or reduced-fat products in healthy non-obese volunteers: assessment of energy expenditure and substrate oxidation” van Verboeket-Van de Venne et al., 1996, *Metabolism*. 45 (8), p. 1006.

Figuur 2 geeft het patroon van thermogenetisch effect van voeding weer gedurende 24uur. Het is gebaseerd op data van een studie naar 17 vrouwen en 20 mannen die 24u zijn geobserveerd in een onderzoeks setting met directe calorimetrie. De figuur presenteert het verloop van thermogenetisch effect (in kJ/minuut, y-as) over tijd (x-as). De pijlen representeren de maaltijdmomenten (ontbijt, lunch, diner) en de gestippelde lijn het energieverbruik in rust. Het energieverbruik in rust is gemeten in de vroege ochtend voor het ontbijt. Na een ontbijt van 500 kcal was het energieverbruik na 4 uur nog niet op het niveau van het energieverbruik en ook niet 5 uur na de lunch (van circa 640 kcal) (Verboeket-Van de Venne et al., 1996).

Hoe het thermogenetisch effect van voeding uiteindelijk tot uiting komt qua (maximale) postprandiale stijging van het energieverbruik en hoe lang het effect aanhoudt, hangt af van diverse factoren: waaronder leeftijd, lichaamsgewicht, lichaamsbeweging, maaltijdsamenstelling, calorische waarde van een maaltijd en het wel of niet kauwen. De verschillende factoren van invloed op thermogenetisch effect van voeding en het effect zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2. Factoren die het thermogenetisch effect van voeding beïnvloeden

Factoren van invloed op thermogenetisch effect van voeding	Richting van het effect	Referenties	Opmerkingen
Leeftijd	↓ naarmate leeftijd toeneemt	Du, Rajjo, Santosa en Jensen (2014); Morgan & York, (1983); Visser et al., (1995)	Leeftijd ouderen in studies is tussen de 60-88 jaar Piek vindt bij oudere mensen later plaats
Lichaamsgewicht	↓ bij obesitas	De Jonge & Bray, (1997)	Analyse van 49 vergelijkende studies naar het thermogenetisch effect van voeding bij slanke en obese mensen
Lichaamssamenstelling	↓ bij meer vetmassa	Reed & Hill, (1996)	Piek vindt later plaats en is lager t.o.v. iemand met minder vetmassa
Lichaamsbeweging	↑ bij hogere VO ₂ max	Hill et al., (1984)	
	↑ na fysieke inspanning dan wanneer thermogenetisch effect gemeten wordt in rust*	Segal & Gutin, 1983	Effect groter bij slanke vrouwen dan bij obese vrouwen
Maaltijdsamenstelling	↑ bij eiwitrijke maaltijden	Binns, Gray, & Di Brezzo, 2015; Sutton et al., 2016; Raben et al., 2013; Pittet et al., 1974.	
	Verschillende samenstelling geen invloed	Kinabo et al., 1990; Belko et al., 1986; Hurni et al., 1982;	
Maaltijdgrootte (aantal kcal)	↑ naarmate aantal kcal van een maaltijd toeneemt	Hill et al., 1984; Karst et al. 1984; Belko et al. 1986; D'Alessio et al., 1988	Hoe meer kcal, hoe hoger de piek en totale thermogenetisch effect van voeding
	Verschillende maaltijdgroottes geen invloed	Glickman et al. 1948; Bradfield & Jourdan, 1973	
Kauwen	↑ bij zelfde maaltijd waarop gekauwd wordt in vergelijking tot een zelfde maaltijd in gepureerde vorm	Komai et al., 2016; Habas & MacDonald, 1998	

Tot slot hebben verschillende macronutriënten een eigen 'thermogenetische waarde'. De waarden voor vetten; koolhydraten en eiwitten zijn respectievelijk 0-3%, 5-10% en 20-30%. (Tappy, 1996). Het grote thermogenetisch effect van eiwitten kan worden verklaard doordat het lichaam voor eiwitten, in tegenstelling tot voor koolhydraten en vetten, geen opslagcapaciteit heeft waardoor eiwitten onmiddellijk gemetaboliseerd dienen te worden. De processen die hierbij plaatsvinden zoals de synthese van eiwitbindingen, de ureumproductie en gluconeogenese, kosten relatief veel energie en verklaren mogelijk het grote thermogenetisch effect (Halton & Hu, 2004).

2.4 Aandachtspunten bij onderzoek naar het thermogenetisch effect van voeding

Zoals samengevat in tabel 2 geven studies naar het thermogenetisch effect van voeding niet altijd eenduidig resultaat. De studies zijn dikwijls gedateerd, maar gezien het onderzoek naar de fysiologie van de mens betreft met eenzelfde techniek (indirecte calorimetrie) zijn de resultaten nog steeds van waarde.

Een verklaring voor de verschillende uitkomsten ligt mogelijk bij de onderzoeksmethodiek. Volgens het artikel van Westerterp (2004) zijn aandachtspunten hierbij: (1) de bepaling van het energieverbruik in rust/*baseline*-meting, (2) de maaltijd en (3) de duur van de meting.

Ten eerste is de meting van het energieverbruik in rust ofwel de 'baseline-meting' van belang, deze vormt uitgangspunt voor het meten van het thermogenetisch effect van voeding. Het thermogenetisch effect van voeding wordt gedefinieerd als de postprandiale stijging in energieverbruik ten opzichte van het nuchtere niveau. Over het algemeen wordt een protocol gevolgd waar de proefpersonen vanaf 20:00 in de avond voorafgaand nuchter zijn /12 uur gedurende de nacht vasten en nuchter voor het ontbijt worden gemeten middels indirecte calorimetrie (zie Bijlage 'Overzichtstabel literatuur') (Kinabo & Durnin, 1990). Het verschilt echter of de proefpersonen overnachten op de onderzoekslocatie/laboratorium (een setting die geschikt is voor het constant houden van de onderzoekscondities) of zichzelf naar de onderzoekslocatie verplaatsen. In dat geval is het van belang dat de proefpersonen zich aan een protocol houden waarbij inderdaad niet wordt gegeten, geen cafeïne wordt genuttigd en geen lichamelijke inspanning voor de meting wordt verricht.

Ten tweede worden verschillende maaltijden gebruikt in de studies naar het thermogenetisch effect van voeding (zie Bijlage 'Overzichtstabel literatuur'). Uit een recente meta-analyse (Quatela, Callister, Patterson, & MacDonald-Wicks, 2016) is geconcludeerd dat thermogenetisch effect van voeding groter wordt naarmate de calorische waarde van een maaltijd toeneemt (voor iedere 24 kcal stijgt het energieverbruik 0,3 kcal/uur). De maaltijdsamenstelling beïnvloedt ook thermogenetisch effect: maaltijden met een hoog koolhydraat- of eiwitgehalte hebben een groter thermogenetisch effect dan maaltijden met een hoog vetgehalte.

Verder verschilt het in studies naar het thermogenetisch effect van voeding of vaste voedingsmiddelen of vloeibare voedingsmiddelen (veelal drinkvoeding) worden gebruikt. In de meta-analyse wordt hier geen onderscheid in gemaakt, maar in eerdere studies zijn er aanwijzingen dat vaste voedingsmiddelen een significant groter thermogenetisch effect geven dan vloeibare voedingsmiddelen (Habas & MacDonald, 1998).

Ten derde is de duur waarover het thermogenetisch effect van voeding wordt bepaald verschillend. Hoe lang het thermogenetisch effect van voeding aanhoudt staat nog steeds ter discussie (Westerterp, 2004). Reed en Hill (1996) adviseren naar aanleiding van een analyse van 131 studies naar het thermogenetisch effect van voeding, het thermogenetisch effect ≥ 5 uur te meten.

3 Onderzoeksmethode

3.1 Proefpersonen

Voor deelname aan het onderzoek waren 28 gezonde vrijwilligers met gezond gewicht (Body Mass Index van 18.5-24.9 kg/m²) uitgenodigd (zie fig. 3). Werving voor het onderzoek werd gedaan via online-advertenties op De Haagse Hogeschool en via het eigen netwerk van de onderzoeker. De proefpersonen roken niet, hebben geen (chronische) ziekte(n), gebruiken geen groeihormonen of anabole steroïden en hebben geen verwonding die het rustmetabolisme kunnen beïnvloeden. Personen die coeliakie of lactose-intolerantie kwamen niet in aanmerking voor dit onderzoek vanwege het gluten- en lactose-bevattende ontbijt. Personen met claustrofobie kwamen niet in aanmerking voor het onderzoek omdat het liggen onder de ventilatiekap mogelijk als beangstigend kan worden ervaren.

De proefpersonen werden op de hoogte gebracht van het doel van het onderzoek.



Figuur 3. Selectie van proefpersonen.

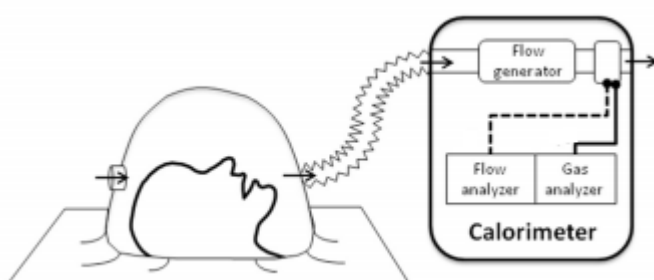
3.2 Uitvoering praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek vond plaats in de maanden oktober, november en december 2017 in onderzoekscentrum HealthPoint van De Haagse Hogeschool, locatie Johanna Westerdijkplein. Het onderzoek vond de hele periode plaats in een zelfde, rustige kamer op kamertemperatuur (20-25 graden). Een temperatuur tussen de 20- en 25 graden Celsius heeft geen invloed op het energieverbruik in rust (Van Ooijen, Van Marken Lichtenbelt, Van Steenhoven, & Westerterp, 2004). Ter voorbereiding van het onderzoek kregen de deelnemers instructies de avond/nacht voorafgaand aan het onderzoek geen nachtwerk te verrichten en niet meer te eten en drinken (uitsluitend water toegestaan) na 20:30 uur.

De deelnemers werden verzocht per auto of openbaar vervoer naar de onderzoekslocatie te reizen en gebruik te maken van de lift in plaats van de trap, zodat lichamelijke activiteit zo min mogelijk invloed had op het energieverbruik in rust. Indien de persoon bij navraag zich niet aan het protocol had gehouden dan werd hij/zij uitgesloten van het onderzoek.

3.3 Indirecte calorimetrie

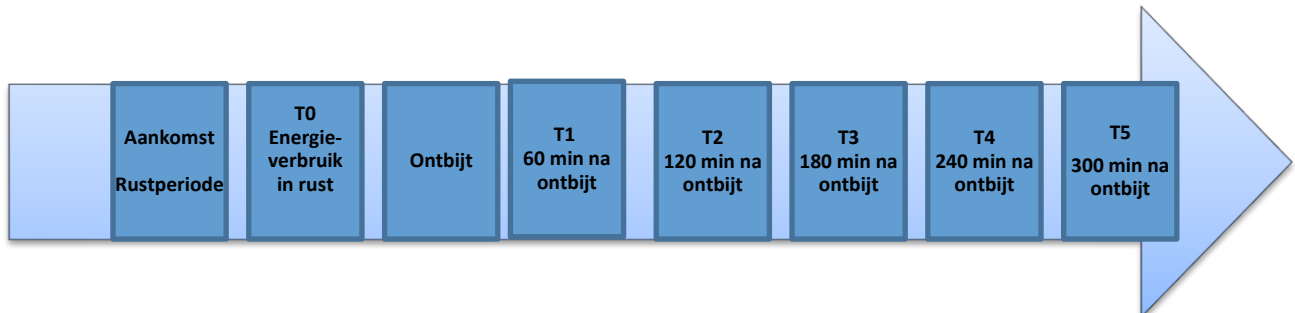
De metingen van het energieverbruik en postprandiale energieverbruik werden verricht middels indirecte calorimetrie met de Quark RMR ® (COSMED, Italië) in liggende positie met gebruik van de ventilatiekap (fig. 4). In een gerandomiseerde cross-over studie is de Quark RMR voor het meten van energieverbruik in rust en het postprandiale energieverbruik valide bevonden voor gezonde volwassenen (Blond et al., 2013). De metingen en kalibratie van de Quark RMR zijn uitsluitend uitgevoerd door de onderzoeker en volgens de SOP Indirecte Calorimetrie (2017).



Figuur 4. Indirecte calorimetrie met de ventilatiekap. Aangepast overgenomen uit "Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group" van T. Oshima et al., 2017, Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland), 36(3), p. 654. Copyright 2017, T. Oshima

Het zuurstofverbruik (VO₂) en koolstofdioxideproductie (VCO₂) werden berekend uit de concentraties O₂ en CO₂ die iedere 10 seconden werden bepaald door de analyseapparatuur. VCO₂ en VO₂ werden vervolgens gebruikt om de formule van Weir (1949) het energieverbruik in kcal/dag te berekenen. Gedurende de metingen

is de snelheid van de luchtstroom (*flow*) die door het apparaat werd geleid aangepast indien de software van de Quark RMR aangaf dat er een te hoge- of lage CO₂ – concentratie werd gemeten.



Figuur 5. Study design

Voor het starten met de baseline-meting (T0, de bepaling van het energieverbruik in rust) werd de personen verzocht 20 minuten rustig te gaan liggen (fig. 5). Een rustmoment (liggen) van 10-20 minuten tijdsduur wordt als adequaat beschouwd bij gezonde volwassenen wanneer zij activiteiten verricht hebben die weinig lichamelijke inspanning vereisen (bijv. opstaan, aankleden, 50 meter lopen) (Turley, McBride, & Wilmore, 1993). Na de bepaling van het energieverbruik in rust (T0) kregen de proefpersonen een gestandaardiseerd ontbijt bestaande uit een boterham met 5 gram halvarine en 15 gram jam en een 150 ml halfvolle melk (205 kcal, 59energie% koolhydraten, 24 energie% vet en 18energie% eiwit). Alle voedingsmiddelen werden gedurende het onderzoek van hetzelfde merk gebruikt en gewogen met een keukenweegschaal om standaardisatie te waarborgen. Analysecijfers van de voedingsmiddelen werden gebaseerd op de NEVO-tabel (Voedingscentrum, 2013). Vervolgens werd het postprandiale energieverbruik iedere 60 minuten tot 300 minuten na het ontbijt gemeten (T1 t/m T5). Met oog op het praktijkdoel (een advies geven over de benodigde duur van vasten na een licht ontbijt) werd niet langer gemeten dan 5 uur/300 minuten na het ontbijt. Momenteel is het advies om minimaal 5 uur te vasten voor een indirecte calorimetrie-meting, gebaseerd op het thermogenetisch effect van maaltijden van 400-1200 kcal.

Wanneer bij de T0 meting een respiratoir quotiënt (RQ) $<0,7$ of $>1,3$ werd geconstateerd werd de persoon uitgesloten van de studie. Een RQ van $<0,7$ kan wijzen op hypoventilatie of ketose. Een RQ $>1,0$ kan ontstaan door een hyperventilatie, acidose of een niet-nuchtere situatie en bij een RQ $>1,3$ is waarschijnlijk sprake van een meetfout (Kok et al., 2017). Bij T1 t/m T5 is een RQ van $0,7-1,2$ aangehouden (immers, een RQ $>1,0$ kan voorkomen in een niet-nuchtere situatie, wat bij de proefpersonen vanaf T1 het geval was).

Tijdens de metingen werd het de proefpersonen niet toegestaan om muziek te luisteren of te lezen (Snell, Fullmer & Eggett, et al., 2014) of om op kauwgom te kauwen (Kresge & Melanson, 2015) aangezien dit het RMR verhoogt. De afzonderlijke metingen duurden 15 minuten, waarbij de eerste 5 minuten van de meting niet gebruikt werden en de overige 5 tot maximaal 10 minuten werden gebruikt indien deze een variatie-coëfficiënt in VO₂ en VCO₂ van $\leq 10\%$ hadden (Compher et al., 2006). Wanneer een proefpersoon moest niezen, kuchen of in slaap viel tijdens een meting dan werd de tijdstip hiervan genoteerd en dit gedeelte van de meting niet meegenomen.

Tijdens de metingen werden de proefpersonen nauwlettend in de gaten gehouden, maar zo min mogelijk afgeleid om het rustmetabolisme niet te beïnvloeden.

3.4 Overige metingen

Antropometrische gegevens van de proefpersonen werden verkregen om een gedetailleerd beeld te krijgen van de onderzoeksgroep en het BMI te bepalen. Met een stadiometer (Seca 213 ®, Seca GmbH) en weegschaal (Seca 877 ®, Seca GmbH) werden respectievelijk lengte en gewicht bepaald. Alle proefpersonen werden gewogen met kleding en zonder schoenen. De metingen werden uitsluitend uitgevoerd door dezelfde onderzoeker.

3.5 Data-analyse

Beschrijvende statistiek en statistische analyse van de onderzoeksdata werden verricht met IBM SPSS Statistics 24 software en Microsoft Excel 2010. Van alle meetmomenten (T0 t/m T5) werden gemiddelden en standaardfout (*standard error of mean*, SEM) van het energieverbruik van de onderzoeksgroep bepaald. Het thermogenetisch effect van voeding per meetmoment (T1 t/m T5) werd uitgedrukt als een absolute stijging van het energieverbruik na inname van het ontbijt ten opzichte van het energieverbruik in rust voor inname het ontbijt (T0). Het einde van het thermogenetisch effect werd gedefinieerd als het moment waarop het energieverbruik terug kwam op het niveau van het energieverbruik in rust (T0). Omdat in dit onderzoek het postprandiale energieverbruik niet continu maar door middel van puntmetingen werd bepaald, is de *area under curve* (AUC) met gebruik van de trapezoïdale regel berekend. De AUC weergeeft wat het totale thermogenetisch effect is van voeding is over de tijd waarover het effect plaatsvindt (Glen, 2012). Het totale thermogenetisch van het licht ontbijt berekend met de AUC onder curve, werd gebruikt om het thermogenetisch effect van voeding als percentage (% Thermogenetisch effect van voeding, zie hoofdstuk 2) te berekenen, door het totale thermogenetisch effect van voeding in kcal/tijdseenheid (zoals geïndiceerd) te delen door het aantal ingekomen kcal (=205). De meting van het energieverbruik in rust voor het ontbijt (baseline) is vergeleken met het energieverbruik op de verschillende tijdstippen na het ontbijt (T1, T2, T3, T4, T5) met een gepaarde t-toets.

4 Resultaten

De karakteristieken van de proefpersonen worden weergegeven in tabel 3. Voor de studie zijn 19 personen (6 mannen, 13 vrouwen) geïncubeerd van $32,0 \pm 13,1$ jaar oud (gemiddelde $\pm$ SD, standaarddeviatie) met een BMI $22,1 \text{ kg/m}^2 \pm 2,1$ (gemiddelde $\pm$ SD, standaarddeviatie).

Tabel 3. Proefpersoon karakteristieken

Aantal proefpersonen (n)	19
Leeftijd (jr)	$32,0 \pm 13,1$
Mannelijk geslacht	6 (32%)
Vrouwelijk geslacht	13 (68%)
Lengte (cm)	$172,6 \pm 9,0$
Gewicht (kg)	$65,6 \pm 8,4$
BMI (kg/m²)	$22,0 \pm 2,0$

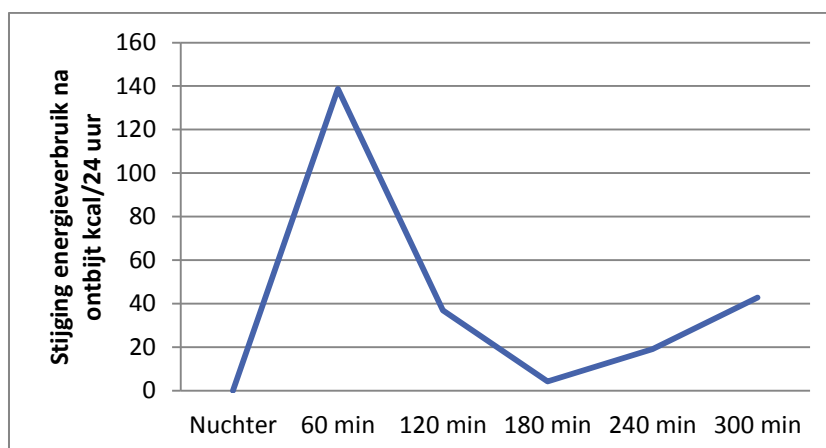
Gemiddelde $\pm$ SD, of n (%) zoals geïndiceerd

Het energieverbruik in rust en het gemiddelde postprandiale energieverbruik ieder uur tot 300 minuten na het ontbijt zijn gepresenteerd in tabel 4.

Het gemiddelde energieverbruik bij T0/baseline was $1426 \pm 53 \text{ kcal/24u}$ (gemiddelde $\pm$ *standard error of mean*). Na 60 minuten (T1) nam het energieverbruik met gemiddeld 139 kcal significant toe ($p=0,000$) en was gemiddeld $1564 \pm 57 \text{ kcal/24u}$. Na 120 minuten was het energieverbruik met $1463 \pm 49 \text{ kcal/24u}$ hoger, maar niet significant verschillend van T0 ($p=0,108$). Na 180 minuten (T3) was het energieverbruik $1430 \pm 55 \text{ kcal/24u}$ met een stijging van gemiddeld 4 kcal ten opzichte van T0 ($p=0,0844$). Na 240 minuten was het energieverbruik $1445 \pm 51 \text{ kcal/24u}$ met een gemiddelde stijging van 19 kcal ten opzichte van T0 ($p=0,275$). Na 300 minuten nam het energieverbruik ten opzichte van T0 43 kcal ($p=0,008$) toe en was $1468 \pm 52 \text{ kcal/14u}$. In figuur 5 is een grafische weergave van het energieverbruik na het ontbijt.

Tabel 4. Gemiddeld energieverbruik (kcal/24u) van gezonde volwassenen in nuchtere toestand en op verschillende tijdstipmomenten na een licht ontbijt

Meetpunt	Energieverbruik (kcal/24 uur)	Stijging energieverbruik na ontbijt (kcal/24 uur)		
	Gemiddelde $\pm$ SEM	Gemiddelde $\pm$ SEM	95% CI	p-waarde
T0 Energieverbruik in rust	1426 $\pm$ 53	-	-	-
T1 60 minuten na ontbijt	1564 $\pm$ 57	139 $\pm$ 15	[107,83, 169,54]	0,000
T2 120 minuten na ontbijt	1463 $\pm$ 49	37 $\pm$ 22	[-8,90, 82,79]	0,108
T3 180 minuten na ontbijt	1430 $\pm$ 55	4 $\pm$ 21	[-39,50, 47,81]	0,844
T4 240 minuten na ontbijt	1445 $\pm$ 51	19 $\pm$ 17	[-16,52, 54,73]	0,275
T5 300 minuten na ontbijt	1468 $\pm$ 52	42 $\pm$ 15	[12,37, 73,11]	0,008



Figuur 4. Grafische weergave van verloop energieverbruik van gezonde volwassenen na een licht ontbijt

Tabel 5. Individueel energieverbruik (kcal/24 uur en % stijging of daling ten opzichte van nuchtere energieverbruik) van gezonde volwassenen in nuchtere toestand en op verschillende tijdstipmomenten na een licht ontbijt

Meetpunt	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	Nuchter	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min
Subjectnummer						
1	1747	1959 (+12%)	1867 (+7%)	1950 (+12%)	1851 (+6%)	1931 (+9%)
2	1346	1327 (<1%)	1431 (+6%)	1401 (+4%)	1403 (+4%)	1423 (+6%)
3	1089	1239 (+14%)	1252 (+15%)	1171 (+8%)	1216 (+12%)	1152 (+6%)
4	1196	1280 (+7%)	1277 (+7%)	1231 (+3%)	1211 (+1%)	1288 (+8%)
6	1578	1769 (+12%)	1692 (+7%)	1465 (-7%)	1443 (-9%)	1558 (-1%)
8	1450	1548 (+7%)	1508 (<1%)	1529 (+5%)	1491 (+3%)	1478 (+2%)
9	1369	1555 (+14%)	1385 (+1%)	1248 (+9%)	1350 (-1%)	1442 (+5%)
10	1354	1516 (+12%)	1324 (-2%)	1280 (-5%)	1360 (<1%)	1358 (<1%)
11	1152	1258 (+9%)	1306 (+13%)	1217 (+6%)	1256 (+9%)	1151 (<1%)
12	1202	1389 (+16%)	1224 (+1%)	1264 (+5%)	1260 (+5%)	1254 (+4%)
13	1753	1850 (+6%)	1507 (-14%)	1681 (-4%)	1751 (<1%)	1709 (-3%)
14	1388	1580 (+14%)	1411 (+2%)	1411 (+2%)	1465 (+6%)	1468 (+6%)
16	1755	1837 (+5%)	1732 (-1%)	1629 (-7%)	1697 (+3%)	1719 (-2%)
17	1673	1871 (+12%)	1651 (-1%)	1610 (-4%)	1584 (-5%)	1679 (<1%)
18	1411	1533 (+9%)	1452 (+3%)	1372 (-3%)	1402 (<1%)	1483 (+5%)
19	1785	1915 (+7%)	1880 (+5%)	1905 (+7%)	1828 (+2%)	1788 (0%)
20	1257	1305 (+4%)	1187 (-6%)	1180 (-6%)	1168 (-7%)	1206 (-4%)
21	1109	1288	1230	1115	1127	1244

		(+16%)	(+11%)	(<1%)	(+2%)	(+12%)
22	1478	1708 (+16%)	1478 (0%)	1512 (+2%)	1592 (+8%)	1573 (+6%)
Gemiddelde % afwijking ten opzichte van T0	-	10%	5%	5%	4%	4%
Range % stijging ten opzichte van T0		<1% - 16%	<1%-15%	<1%-12%	<1%-12%	<1%-12%

Gekeken naar de 19 individuele meetresultaten is bij 15 proefpersonen (78%) het hoogste energieverbruik gemeten 60 minuten na de maaltijd en bij 3 proefpersonen (16%) 120 minuten na de maaltijd (T2) (tab. 5).

Bij de significante stijging van het energieverbruik in 300 minuten is zoals weergegeven in tabel 4 de stijging gemiddeld 42 kcal ($p=0,008$). Bij 8 van de 19 personen (42) is het verschil met het nuchtere energieverbruik $\leq 5\%$. De gemiddelde percentuele afwijking van het energieverbruik na 300 minuten ten opzichte van het nuchtere energieverbruik in rust is 4%.

Uitgaande dat het energieverbruik bij T2 (=na 120 minuten) niet verschilt van T0 is de AUC over 13 kcal/2 uur. Het totale thermogenetisch effect van het lichte ontbijt is een stijging van 6% van het aantal ingenomen kcal (=205 kcal).

5 Conclusie

De huidige richtlijn voor indirecte calorimetrie adviseert een minimale duur van 5 uur vasten gebaseerd op studies naar het thermogenetisch effect van maaltijden van 400-1200 kcal. Tot op heden was het thermogenetisch effect van een licht ontbijt van 205 kcal nog niet onderzocht. Mogelijk is na een licht ontbijt een kortere duur van vasten nodig voor een indirecte calorimetrie meting. De hoofdvraag voor dit onderzoek was 'Wat is het thermogenetisch effect van een licht ontbijt van 205 kilocalorieën bij gezonde volwassenen?'.

Het energieverbruik nam ieder uur vanaf 1 tot 5 uur na inname van het licht ontbijt toe ten opzichte van het energieverbruik in de nuchtere situatie. Eén uur na inname van het lichte ontbijt vond de piek van het thermogenetisch effect plaats. Het gemeten energieverbruik 1 uur na inname van het ontbijt was 10% hoger dan het gemiddelde energieverbruik in rust. Vanaf 2 uur na inname van het ontbijt was de stijging van het energieverbruik niet meer significant verschillend van het nuchtere energieverbruik. 5 uur na inname van het licht ontbijt nam het energieverbruik significant toe.

Geconcludeerd wordt dat het thermogenetisch effect van een licht ontbijt een stijging van 6% van het aantal ingenomen kcal van 205 kcal is uitgewerkt na 2 uur.

6 Discussie en aanbevelingen

6.1 Het thermogenetisch effect van voeding: validiteit en betrouwbaarheid

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 weerspiegelt het thermogenetisch effect van voeding allerlei processen die gepaard gaan met de opname, vertering en opslag van nutriënten. Deze processen kosten energie, wat zich uit in een stijging van het energieverbruik. Het thermogenetisch effect van voeding wordt dan ook gemeten als de postprandiale stijging van het energieverbruik in rust. Wanneer men het thermogenetisch effect van voeding wil meten is het van groot belang dat andere invloeden die het energieverbruik zouden kunnen verhogen worden uitgesloten, zodat men ook daadwerkelijk het thermogenetisch effect van voeding meet (validiteit).

Het einde dan wel het uitwerken van het thermogenetisch effect van voeding wordt gedefinieerd als het moment dat het energieverbruik weer het niveau van het energieverbruik in rust (nuchter voor de maaltijd) heeft bereikt. Als we kijken naar de passagetijd van ons maagdarmkanaal, is de passagetijd van voedsel grofweg: 3 uur in de maag, 4-6 uur in de dunne darm en 16-20 uur in de dikke darm (een totaal van 25-30 uur) (Kruizenga & Wierdsma, 2014). Aangezien energiekostende processen die gepaard gaan met voedselvertering- en opname het thermogenetisch effect van voeding definiëren, valt over het algemeen te betwijfelen of het thermogenetisch effect na enkele uren al uitwerkt. De snelheid van maaglediging wordt o.a. beïnvloed door de consistentie van voedsel. Een recente meta-analyse beschrijft hierover dat waterige vloeistoffen na gemiddeld 45 minuten de maag verlaten en vaste voedingsmiddelen na gemiddeld 98 minuten (Bonner, Vajjah, Abduljalil, Jamei, Rostami-Hodjegan, & Tucker, 2015). Voor dit onderzoek bestond de maaltijd uit zowel vaste voeding (belegde boterham) als vloeistof (melk). Voor dit ontbijt kan voorzichtig worden aangenomen dat maaglediging na 2 tot 3 uur heeft plaatsgevonden. Opvallend is dat de eerste 2 uur het energieverbruik na het ontbijt terugzakt naar het niveau van het energieverbruik in rust en vervolgens opnieuw stijgt. Gezien de passagetijd van het maagdarmkanaal valt niet uit te sluiten dat er toch nog sprake is van thermogenetisch effect van voeding, en er misschien energiekostende verterings- en opname processen in het darmkanaal weerspiegeld worden in het energieverbruik.

Een andere verklaring voor de stijging in het energieverbruik na 300 minuten is de variatie in het energieverbruik in rust die gedurende de dag plaatsvindt. Het energieverbruik in rust varieert tussen de 3-5% gedurende de dag (Kok et al., 2017). Een verklaring voor het specifieke tijdstip waarop de stijging van het energieverbruik in rust plaatsvindt ligt mogelijk bij de werking van het circadiaans systeem. Het circadiaans systeem organiseert het metabolisme, de fysiologie en het gedrag in een dagelijkse cyclus van circadiaanse ritmes (Poggiogalle, Jamshed, & Peterson, 2017). Het beïnvloedt een groot aantal metabole processen waaronder het energieverbruik in rust. De invloed van de dagelijkse ritmes op het energieverbruik is bij mensen in een beperkt aantal studies onderzocht. In een studie waarbij 15 obese volwassenen gedurende 24 uur moesten vasten werden zogenaamde *acrophases* (een fase waarin het circadiaans ritme piekt) waargenomen in de middag vanaf 13:15 tot 17:23 (Consoli et al., 1981 in Jamshed & Peterson, 2017). In een andere studie naar de invloed van het circadiaans ritme op het energieverbruik bij 7 slanke mannen werden de 'pieken' in het energieverbruik waargenomen tussen 09:00-12:00 en 24:00 en 06:00. In deze studie waren, in tegenstelling tot de studie bij obese volwassenen, de mannen echter niet nuchter. In dit onderzoek is de significante stijging in het energieverbruik na 300 minuten bij waargenomen tussen 13:45- 14:00.

Haugen, Melanson, Tran, Kearney en Hill (2003) vergeleken het energieverbruik in rust in de ochtend na 12 uur vasten (zoals ook in dit onderzoek) en het energieverbruik in de middag (tussen 12:00 en 16:00) na 4 uur vasten na een maaltijd van 500 ± 200 kcal (gemiddeld $\pm$ standard error). Het energieverbruik in de middag was significant hoger ($p < 0.001$) en

verschilde gemiddeld 99 kcal/dag van het energieverbruik in de ochtend, een stijging van 5-6%. Conclusie van dit onderzoek is dat wanneer het energieverbruik in rust in de middag wordt gemeten, het ongeveer 100 kcal/dag hoger is dan het energieverbruik in rust in de ochtend. Of het hogere energieverbruik in rust te wijten is aan een nog aanwezig thermogenetisch effect (=in dat geval is er geen sprake van energieverbruik 'in rust') of bijvoorbeeld het circadiaans ritme wordt in de studie van Haugen et al. (2003) niet besproken. Weststrate (1993) beschrijft in een analyse van studies naar het thermogenetisch effect van voeding een onderzoek van een ontbijt van 550 kcal, waar 4 uur na het ontbijt het energieverbruik nog steeds $6.5 \pm 1.3\%$ verhoogd is. Echter werd het 83% van het totale thermogenetisch effect al in de eerste 2 uur na de maaltijd gemeten. Het energieverbruik was 4 uur na het ontbijt hoger dan 3 uur na het ontbijt. Dit verloop van energieverbruik is ook waargenomen in dit onderzoek. Voor de onderzoeksgroep in deze studie was het energieverbruik in de middag (rond 14:00, 5 uur na het ontbijt van 205 kcal) 43 kcal verhoogd, een procentuele stijging van 4% ten opzichte van het energieverbruik in rust.

6.2 Evaluatie van het proces en methodologische verantwoording

In het theoretisch kader besprak ik dat de bevindingen naar aanleiding van thermogenetisch effect van voeding niet altijd eenduidig zijn en dit mogelijk verklaard wordt door verschillen in de onderzoeksmethodiek (nl. het bepalen van energieverbruik in rust, de maaltijd (grootte en samenstelling) die wordt onderzocht en de tijdsduur waarover het thermogenetisch effect van voeding wordt gemeten). Voor de bepaling van het energieverbruik in rust is met de proefpersonen afgesproken niet meer te eten vanaf 20:30 uur in de voorafgaande avond, zodat ten tijde van de baseline-meting (08:30) de proefpersonen zich 12 uur in vastende toestand bevonden. Welke activiteiten de proefpersonen in de tijd voor 20:30 uur in de voorafgaande avond verricht hebben is niet bekend/onderzocht. Mogelijk hebben de proefpersonen vlak voor 20:30 uur nog een grote maaltijd genuttigd, terwijl andere mensen in totaal al langer dan 12 uur nuchter waren. In het vervolg is het aan te raden ook hier afspraken over te maken (dan wel standaardisatie van de laatste maaltijd of men laten rapporteren wat zij nog gegeten hebben). Verder is met de proefpersonen afgesproken zich op dusdanige manier te verplaatsen dat lichamelijke inspanning zo min mogelijk invloed heeft op het energieverbruik in rust. Hoewel hierover afspraken zijn gemaakt, zijn dit geen volledig gecontroleerde omstandigheden. Mogelijk komt een proefpersoon met de auto, maar maakt hij zich achter het stuur druk om het verkeer waardoor agitatie misschien invloed heeft op de energieverbruik (Gupta, Ramachandran, Venkatesan, Anoop, Joseph, & Thomas, 2017). Of een rustmoment van 20 minuten dit eventuele effect van agitatie voldoende zou afzwakken is naar mijn beste weten niet beschreven in de literatuur. Een mogelijkheid om de activiteiten voor aanvang van de studie nog meer te standaardiseren is in de avond van tevoren verblijven van de proefpersonen op de onderzoekslocatie (D'Alessio et al., 1988) of de proefpersonen op te halen brengen naar de onderzoekslocatie (Visser et al., 1995).

Tijdens het onderzoek is met oog op de betrouwbaarheid ernaar gestreefd de onderzoeksomstandigheden zo gelijk mogelijk te houden. Ten aanzien van het uitvoeren van het onderzoek in dezelfde ruimte op kamertemperatuur, geen afleiding/verstoring tijdens de metingen en het uitvoeren van de metingen (kalibratie, metingen enkel uitgevoerd door de onderzoeker en volgens de SOP voor indirecte calorimetrie) is dit gelukt. Tussen de metingen door is het de proefpersonen wel toegestaan hun laptop of smartphone te gebruiken. Mogelijk keken de proefpersonen bepaalde beelden of wisselden zij persoonlijke berichten uit met personen op hun telefoon die een bepaalde mate van stress op riepen. De invloed van acute stress op het energiemetabolisme is met name onderzocht bij muizen en ratten, waarbij door activering van bruinvetweefsel het energieverbruik toeneemt (Rabasa & Dickson 2016; Harris 2015). Weststrate (1989) beschrijft in zijn proefschrift een onderzoek waarbij de invloed van stress (veroorzaakt door emotionele- en horrorfilms) op het energieverbruik en het thermogenetisch effect van voeding is gemeten met indirecte calorimetrie en analyse van urine op catecholaminen (hormonen uitgescheiden bij angst). Er

werden geen significante verschillen tussen het energieverbruik in rust gevonden voor en na het kijken van de films, maar wanneer de films werden gekeken na een maaltijd was het energieverbruik significant hoger dan na het eten van een maaltijd zonder het bekijken van de film. Met andere woorden, het thermogenetisch effect van voeding nam toe na het zien van een emotionele- of griezelige film.

6.3 Vergelijking onderzoeksresultaten met eerdere onderzoeken naar het thermogenetisch effect van voeding

Over het algemeen wordt bij gezonde volwassenen gezien dat de piek van het thermogenetisch effect van voeding plaatsvindt tussen de 60-180 minuten (Compher et al., 2006) en later plaatsvindt naarmate de maaltijd groter wordt (Reed & Hill, 1996). In dit onderzoek vond de piek van een licht ontbijt bij het merendeel van de plaats na 60 minuten. Omdat er niet constant maar met tijdsintervallen van steeds 60 minuten is gemeten, kan niet worden gezegd wanneer de piek exact plaatsvindt. Mogelijk vindt de piek van het thermogenetisch effect iets eerder of later dan 60 minuten plaats.

Reed & Hill (1996) analyseerden 131 studies naar het thermogenetisch effect van maaltijden van 620-1394 kcal bij gezonde volwassenen. Het thermogenetisch effect van maaltijden van 620-1394 kcal was uitgewerkt na 3 uur bij 57%, na 4 uur bij 77% en na 5 uur bij 91% van de volwassenen. In dit onderzoek was sprake van een licht ontbijt van slechts 205 kcal. De aanname is dat het thermogenetisch kleiner is bij een lagere calorische inname en het thermogenetisch effect van het lichte ontbijt was in dit onderzoek na 2 uur uitgewerkt.

Tot slot wordt in sommige studies naar het thermogenetisch effect van voeding wordt de totale stijging van het energieverbruik ten gevolge van het thermogenetisch effect, berekend als percentage van het ingenomen aantal kcal. Het thermogenetisch effect van maaltijden van 400-1200 kcal bedraagt 7-9% van de ingenomen kcal. In dit onderzoek is het thermogenetisch effect 6% van het aantal ingenomen kcal (=205 kcal).

6.4 Generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten naar (klinische) praktijk

In dit onderzoek is het thermogenetisch van een licht ontbijt bij een groep van 19 gezonde volwassenen onderzocht. De groep was groot genoeg om significante verschillen aan te tonen. Binnen de groep was de verdeling van leeftijd wel verschillend: 12 personen tussen 20 en 30 jaar (63%), 2 personen tussen de 30 en 40 jaar (11%), 1 persoon tussen 40 en 50 jaar (1%) en 4 personen tussen de 50 en 60 jaar (21%). Tot op heden is naar mijn weten alleen bevonden dat het thermogenetisch effect van voeding bij ouderen tussen 60-88 jaar afneemt (Du et al, 2014; Morgan en York, 1983, Visser et al., 1993), maar eventueel is er ook verschil tussen het thermogenetisch effect van voeding bij bijvoorbeeld een 20-jarige en een 50-jarige. In studies naar het thermogenetisch effect van voeding (zie Bijlage 'Overzichtstabel literatuur' voor voorbeelden) bestaan de steekproeven over het algemeen uit personen van 20 tot 30 jaar. In de klinische praktijk zijn in Nederlandse ziekenhuizen de mensen die worden opgenomen in de leeftijdscategorieën 65-75 jaar en 75 jaar en ouder met respectievelijk 12% en 16% het grootst (Centraal Bureau voor Statistiek, 2016). De resultaten van dit onderzoek kunnen op basis van leeftijd en een daarbij ander thermogenetisch effect van voeding niet zomaar vertaald worden naar ouderen.

Verder zijn in ziekenhuizen 15-25% van de patiënten ondervoed. Een van de definities van ondervoeding is een BMI <18.5 voor volwassenen of een BMI <20 voor ouderen (Kruizenga & Wierdsma, 2014). Uit onderzoek (Piers, Soares, & Shetty, 1992) is gebleken dat het thermogenetisch effect bij een maaltijd van 600 kcal het thermogenetisch effect bij mensen met een BMI <18 significant groter was dan bij mensen met een BMI <20. Mogelijk is het thermogenetisch van een licht ontbijt ook hoger bij ondervoede volwassenen.

Voor gezonde volwassenen met een gezond gewicht (BMI 18.5-24.9 kg/m²) is op basis van dit onderzoek de conclusie dat een meting van het energieverbruik in rust 2 uur ná het ontbijt verricht kan worden. Uit eerdere onderzoeken blijkt het thermogenetisch effect op andere momenten van de dag te kunnen verschillen. Bo et al. (2015) onderzochten of een zelfde maaltijd genuttigd om 08:00 uur of 20:00 uur een ander thermogenetisch effect had. Wanneer dezelfde maaltijd in de avond gegeten werd was het thermogenetisch effect significant hoger. Of lichte (ontbijt)maaltijd van 205 kcal later op de dag een ander effect heeft op het energieverbruik kan in vervolgonderzoek in kaart worden gebracht.

6.5 Aanbevelingen

Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek

Er zijn veel mogelijkheden voor vervolgonderzoek naar thermogenetisch effect van voeding, aangezien het effect door een groot aantal factoren wordt beïnvloed (zie hoofdstuk 2). Suggesties voor vervolgonderzoek naar thermogenetisch effect van voeding zijn:

- *Invloed maaltijdsamenstelling van licht ontbijt op thermogenetisch effect:* Is er een ander thermogenetisch effect van voeding wanneer een ontbijt van 205 kcal in een andere macronutriënten-verhouding gegeven worden?
- *Het effect van leeftijd op het thermogenetisch effect van een licht ontbijt:* Een grotere steekproef waarin personen met verschillende leeftijden in de categorie 18-60 jaar vertegenwoordigd zijn. Zijn er verschillen in het thermogenetisch effect van een licht ontbijt tussen jonge- en oudere volwassenen?
- *Invloed van tijdstip van een licht ontbijt op het thermogenetisch effect:* Heeft inname van een lichte maaltijd van 205 kcal een ander thermogenetisch effect wanneer deze wordt genuttigd tijdens de middag- of avonduren?

Bij de opzet van vervolgonderzoek zijn aanbevelingen:

- Laten vastleggen dan wel standaardiseren van het tijdstip en de samenstelling van de laatst genuttigde maaltijd in de avond voorafgaand aan het onderzoek;
- Proefpersonen zelf vervoeren naar de onderzoekslocatie;
- Van tevoren vastleggen wat aan film-/beeld-/leesmateriaal tijdens het onderzoek voor de proefpersonen is toegestaan;
- Voor aanvang van onderzoek met indirecte calorimetrie, de proefpersonen al een keer een indirecte calorimetrie-meting laten ondergaan.

Aanbevelingen voor de beroepspraktijk

- De piek van het thermogenetisch effect van een licht ontbijt vindt plaats binnen 2 uur na inname, waardoor een indirecte calorimetrie meting eerder dan 2 uur na inname van een licht ontbijt wordt afgeraden omdat hier een significante stijging van het energieverbruik plaatsvindt ten gevolge van thermogenetisch effect van voeding .
- Na inname een licht ontbijt van 205 kcal is het energieverbruik binnen 2 uur op het niveau het energieverbruik in rust gemeten in de ochtend. 2 uur na een licht ontbijt kan het energieverbruik in rust bepaald worden met een indirecte calorimetrie meting.
- Omdat uit eerder onderzoek en op basis van dit onderzoek is gebleken dat het energieverbruik in de middag tot wel 6% hoger kan zijn dan het energieverbruik in rust in de ochtend, wordt aangeraden de meting 2 uur na het lichte ontbijt in de ochtenduren te laten plaatsvinden.

Literatuur

- Andreae, C., Stromberg, A., & Arestedt, K. (2016). Prevalence and associated factors for decreased appetite among patients with stable heart failure. *Journal of Clinical Nursing*, 25(11-12), 1703-1712.
- Binns, A., Gray, M., & Di Brezzo, R. (2015). Thermic effect of food, exercise, and total energy expenditure in active females. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(2), 204-208.
- Bissoli, L., Armellini, F., Zamboni, M., Mandragona, R., Ballarin, A., & Bosello, O. (1999). Resting metabolic rate and thermogenic effect of food in vegetarian diets compared with mediterranean diets. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 43(3), 140-144.
- Blond, E., Maitrepierre, C., Normand, S., Sothier, M., Roth, H., Goudable, J., & Laville, M. (2011). A new indirect calorimeter is accurate and reliable for measuring basal energy expenditure, thermic effect of food and substrate oxidation in obese and healthy subjects. *e-SPEN, the European e-journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6(1), e7-e15.
- Bo, S., Fadda, M., Castiglione, A., Ciccone, G., De Francesco, A., & Fedele, D. (2015). Is the timing of caloric intake associated with variation in diet-induced thermogenesis and in the metabolic pattern? A randomized cross-over study. *International Journal of Obesity*, 39(12), 1689.
- Bonner, J. J., Vajjah, P., Abduljalil, K., Jamei, M., Rostami-Hodjegan, A., & Tucker, G. T. (2015). Does age affect gastric emptying time? A model-based meta-analysis of data from premature neonates through to adults. *Biopharmaceutics & Drug Disposition*, 36(4), 245-257.
- Bradfield, R. B., & Jourdan, M. H. (1973). Relative importance of specific dynamic action in weight-reduction diets. *Lancet (London, England)*, 2(7830), 640-643.
- Centraal Bureau voor Statistiek. (2017, 15 september). *Gezondheid en zorggebruik; persoonskenmerken*. Geraadpleegd op 29 december 2017, van <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83005ned&D1=78-84&D2=0-13&D3=0&D4=I&VW=T>
- Coa, K. I., Epstein, J. B., Ettinger, D., Jatoi, A., McManus, K., Platek, M. E., et al. (2015). The impact of cancer treatment on the diets and food preferences of patients receiving outpatient treatment. *Nutrition and Cancer*, 67(2), 339-353.
- Compher, C., Frankenfield, D., Keim, N., & Roth-Yousey, L. (2006). Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), 881-903.
- COSMED. (z.d.). *Quark RMR. The gold standard for metabolic measurement in applied human physiology research*. Geraadpleegd op 12 januari 2018, van <http://www.cosmed.com/en/products/indirect-calorimetry/quark-rmr>
- D'Alessio, D.A., Kavie, E.C., Mozzoli, M.A., Smalley, K.J., Polansky, M., Kendrick, Z.V., Owen, L.R., Bushman, M.C., Boden, G., & Owen, O.E. Thermic Effect of Food in Lean and Obese Man. *Journal of Clinical Investigation*, 81, 1781-1789.

- Du, S., Rajjo, T., Santosa, S., & Jensen, M. D. (2014). The thermic effect of food is reduced in older adults. *Hormone and Metabolic Research = Hormon- Und Stoffwechselforschung = Hormones Et Metabolisme*, 46(5), 365-369.
- Gezondheidsraad. (2002, juni). *Voedingsnormen. Energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten*. Geraadpleegd op 20 september 2017, van <https://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/0119nr2.pdf>
- Glen, S. (2012, 5 april). *How to Find the Area Under Curve in Microsoft Excel*. Geraadpleegd op 13 december 2017, van <http://www.statisticshowto.com/how-to-find-the-area-under-a-curve-in-microsoft-excel/>
- Glickman, N., & Mitchell, H. H. (1948). The total specific dynamic action of high-protein and high-carbohydrate diets on human subjects. *The Journal of Nutrition*, 36(1), 41-57.
- Graf, S., Karsegard, V. L., Viatte, V., Maisonneuve, N., Pichard, C., & Genton, L. (2013). Comparison of three indirect calorimetry devices and three methods of gas collection: A prospective observational study. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 32(6), 1067-1072.
- Gupta, R. D., Ramachandran, R., Venkatesan, P., Anoop, S., Joseph, M., & Thomas, N. (2017). Indirect calorimetry: From bench to bedside. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 21(4), 594-599.
- Habas, M. E., & Macdonald, I. A. (1998). Metabolic and cardiovascular responses to liquid and solid test meals. *The British Journal of Nutrition*, 79(3), 241-247.
- Haugen, H. A., Chan, L. N., & Li, F. (2007). Indirect calorimetry: A practical guide for clinicians. *Nutrition in Clinical Practice : Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 22(4), 377-388.
- Haugen, H. A., Melanson, E. L., Tran, Z. V., Kearney, J. T., & Hill, J. O. (2003). Variability of measured resting metabolic rate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(6), 1141-1145.
- Hill, J. O., Heymsfield, S. B., McMannus, C., 3rd, & DiGirolamo, M. (1984). Meal size and thermic response to food in male subjects as a function of maximum aerobic capacity. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 33(8), 743-749.
- Johnston, C. S., Day, C. S., & Swan, P. D. (2002). Postprandial thermogenesis is increased 100% on a high-protein, low-fat diet versus a high-carbohydrate, low-fat diet in healthy, young women. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 55-61.
- Kinabo, J. L., & Durnin, J. V. (1990). Thermic effect of food in man: Effect of meal composition, and energy content. *The British Journal of Nutrition*, 64(1), 37-44.
- Kok, A., Sealy, M., & Berkenpas, M. (2017, 29 augustus). *Meting rustmetabolisme middels indirecte calorimetrie*. Geraadpleegd op 20 september 2017, van <http://zakboekdietetiek.nl/wp-content/uploads/2017/08/NAP-Calorimetrie-SOP.pdf>
- Komai, N., Motokubota, N., Suzuki, M., Hayashi, I., Moritani, T., & Nagai, N. (2016). Thorough mastication prior to swallowing increases postprandial satiety and the thermic effect of a meal in young women. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 62(5), 288-294.

- Kresge, D. L., & Melanson, K. (2015). Chewing gum increases energy expenditure before and after controlled breakfasts. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 40(4), 401-406.
- Kruizenga, H. M., Hofsteenge, G. H., & Weijs, P. J. (2016). Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. *Nutrition & Metabolism*, 13, 85.
- Kruizenga, H. & Wierdsma, N. (2014). *Zakboek Diëtetiek*. VU University Press: Amsterdam.
- Levine, J. A., Harris, M. M., & Morgan, M. Y. (2000). Energy expenditure in chronic alcohol abuse. *European Journal of Clinical Investigation*, 30(9), 779-786.
- McArdle, D.A., Katch, F. I., & Katch., V.I. (2010). *Exercise Psychology. Nutrition, Energy, and Human Performance*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. 179-182.
- Oshima, T., Berger, M. M., De Waele, E., Guttormsen, A. B., Heidegger, C. P., Hiesmayr, M., et al. (2017). Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 36(3), 651-662.
- Piers, L. S., Soares, M. J., & Shetty, P. S. (1992). Thermic effect of a meal. 2. role in chronic undernutrition. *The British Journal of Nutrition*, 67(2), 177-185.
- Pilgrim, A. L., Robinson, S. M., Sayer, A. A., & Roberts, H. C. (2015). An overview of appetite decline in older people. *Nursing Older People*, 27(5), 29-35.
- Quatela, A., Callister, R., Patterson, A., & MacDonald-Wicks, L. (2016). The energy content and composition of meals consumed after an overnight fast and their effects on diet induced thermogenesis: A systematic review, meta-analyses and meta-regressions. *Nutrients*, 8(11), 10.3390/nu8110670.
- Raben, A., Agerholm-Larsen, L., Flint, A., Holst, J. J., & Astrup, A. (2003). Meals with similar energy densities but rich in protein, fat, carbohydrate, or alcohol have different effects on energy expenditure and substrate metabolism but not on appetite and energy intake. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(1), 91-100.
- Reed, G. W., & Hill, J. O. (1996). Measuring the thermic effect of food. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), 164-169.
- Segal, K. R., & Gutin, B. (1983). Thermic effects of food and exercise in lean and obese women. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 32(6), 581-589.
- Snell, B., Fullmer, S., & Eggett, D. L. (2014). Reading and listening to music increase resting energy expenditure during an indirect calorimetry test. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(12), 1939-1942.
- Studystore. (2017). De Haagse Hogeschool – HHS. Geraadpleegd op 12 januari 2018, van [https://www.studystore.nl/instelling/haagse-hogeschool-\(hhs\)](https://www.studystore.nl/instelling/haagse-hogeschool-(hhs))
- Stuurgroep Ondervoeding. (2017, juni). *Stuurgroep Ondervoeding Beleidsdocument*. Geraadpleegd op 2 december 2017, van <http://www.stuurgroepondervoeding.nl/wp-content/uploads/2017/06/SO-Beleidsdocument.pdf>
- Sutton, E. F., Bray, G. A., Burton, J. H., Smith, S. R., & Redman, L. M. (2016). No evidence for metabolic adaptation in thermic effect of food by dietary protein. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 24(8), 1639-1642.

- Takala, J. (2013). *Appliguide. Gas exchange and indirect calorimetry*. Geraadpleegd op 9 december 2017, van http://clinicalview.gehealthcare.com/download.php?obj_id=246&browser=true
- Tappy, L. (1996). Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans. *Reproduction, Nutrition, Development*, 36(4), 391-397.
- Thomas, B. & Bishop, J. (2001). *Manual of Dietetic Practice*. Blackwell Publishing: Oxford.
- Turley, K. R., McBride, P. J., & Wilmore, J. H. (1993). Resting metabolic rate measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 58(2), 141-144.
- Van Ooijen, A. M., van Marken Lichtenbelt, W. D., van Steenhoven, A. A., & Westerterp, K. R. (2004). Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans. *Physiology & Behavior*, 82(2-3), 545-553.
- Verboeket-van de Venne, W. P., Westerterp, K. R., Hermans-Limpens, T. J., de Graaf, C., van het Hof, K. H., & Weststrate, J. A. (1996). Long-term effects of consumption of full-fat or reduced-fat products in healthy non-obese volunteers: Assessment of energy expenditure and substrate oxidation. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 45(8), 1004-1010.
- Weir, J. B. (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of Physiology*, 109(1-2), 1-9.
- Westerterp, K. R. (2004). Diet induced thermogenesis. *Nutrition & Metabolism*, 1(1), 5-7075-1-5.
- Weststrate, J. A. (1993). Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis: A methodological reappraisal. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 58(5), 592-601.
- Weststrate, J.A. (1989, 1 mei). Resting Metabolic Rate and Diet Induced Thermogenesis. Studies in humans on individual differences and on the impact of nutritional and non-nutritional factors. Gedownload op 10 december 2017, van <http://edepot.wur.nl/201863>
- Voedingscentrum. (2013). *Eettabel*. Den Haag: Stichting Voedingscentrum Nederland.
- Zakboek Diëtetiek. (2016). *Energiebehoefte volwassenen*. Geraadpleegd op 1 september 2017, van <http://zakboekdiëtetiek.nl/energiebehoefte-volwassenen/>
- WHO. (2001, 17 oktober). *Human Energy Requirements*. Geraadpleegd op 15 december 2017, van <http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf>

Bijlage 1 'Overzichtstabel van in dit onderzoek genoemde studies naar het thermogenetisch van voeding'

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
Binns, Gray,& Di Brezzo, 2015	<i>Randomized repeated measures</i> , Parvo-Medics TrueMax 2400, 12u vasten	- Het bepalen van de interactie tussen TEF bij maaltijden met een hoog- en laag eiwitgehalte gemeten in rust en gemeten na lichamelijke inspanning	N 10, vrouw, leeftijd 19-24 jaar, BMI 18.5-20	Normale voedingsmiddelen (o.a. havermost, yoghurt) en eiwit-supplement, totaal 800kcal Maaltijd laag eiwitgehalte: 57en% kh, 27en% vet, 16en% eiwit Maaltijd hoog eiwitgehalte: 30en% kh, 23en% vet, 47en% eiwit	1 uur	- TEF neemt toe bij maaltijden met een hoog eiwitgehalte in vergelijking tot maaltijden met een laag eiwitgehalte. In combinatie met lichaamsbeweging wordt het TEE mogelijk nog hoger als gevolg van TEF
Bo et al., 2015	<i>Randomized cross-over trial</i> , Deltatrac II, 12u vasten	Onderzoeken of zelfde maaltijd een ander TEF heeft om 08:00 in vergelijking tot 20:00	N 20 (10 mannen, 10 vrouwen), 20-35jr, BMI 19-26	Normale maaltijd (o.a. brood, yoghurt, sap en eiwit-supplement) 1168kcal, 39en% kh, 30en% eiwit, 31en% vet	3 uur	- EE na maaltijd was significant hoger na ochtendmaaltijd in vergelijking tot avondmaaltijd
Bradfield & Jourdan, 1973	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measure study</i> , 11u vasten	Het bepalen van het effect van verschillende eiwitgehalten en maaltijden met	N 4, vrouw, volwassen leeftijd, BMI >30	Vloeibare maaltijd, aantal kcal in 100% (0 g eiwit), 50% (80 g eiwit) of 25% van de energiebehoefte (20 g	5 uur	- Verschillende maaltijdgrootte/calorische waarde van een maaltijd geen effect - Hoger eiwitgehalte van

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
		verschillende calorische waarden op het TEF bij obese vrouwen		eiwit)		maaltijd draagt niet bij aan gewichtsreductie
D'Alessio et al., 1988	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measures</i> , Beckman Metabolic Cart, 11-12u vasten	Onderzoek TEF van gemixte maaltijden bij slanke (<BMI 25) en obese mannen	N 10, man, 5 met BMI <25, 5 met BMI >30	Water, Drinkvoeding (Ensure Plus: 53en% kh, 32en% vet, 15en% eiwit) → 8, 16, 24 of 32 kcal/kg vetvrije massa	8 uur	- TEF vertoont lineaire correlatie met calorische intake - TEF-grootte en duur neemt lineair toe met calorische consumptie
Du, Rajjo, Santosa en Jensen, 2014	Analyse van een database met gestandaardiseerde studies (1999-2009), DeltaTrac Metabolic Cart, 12u vasten	Vergelijken TEF tussen ouderen en jongeren	N 136 (56 vrouwen, 80 mannen), 60-88 jaar, BMI gem. 27 (19-35) N 141 (67 vrouwen, 74 mannen) 18-35 jaar, BMI gem. 23 (18-31)	Vloeibare maaltijd (Ensure Plus, Ross Laboratories 57en % kh, 15en% eiwit, 27en% vet	4 uur	- Bij ouderen wordt een lagere TEF waargenomen in vergelijking tot de jongeren (P = 0.02)
Glickman & Mitchell, 1948	<i>Repeated measures study</i> , directe calorimetrie, 12u vasten	Het bepalen van het TEF van 2 maaltijden met verschillende eiwitgehaltes	N 12, man, 23-25 jaar, gemiddeld gewicht 69kg	Normale voedingsmiddelen (o.a. brood, vlees, melk, vruchtensap) Maaltijd hoog eiwitgehalte: 993kcal	6-7 uur	- Laag-eiwit maaltijd: piek na 2-2.5u, TEF 103kcal (9.6% van aantal geconsumeerde kcal) - Piek hoog-eiwit maaltijd: na 1.5 u, TEF 169 kcal (17% van aantal

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
				(17en% kh, 46en% vet, 37en% eiwit) Maaltijd laag eiwitgehalte: 1070kcal (54en% kh, 39en% vet, 7en% eiwit)		geconsumeerde kcal)
Habas & MacDonald, 1997	Niet gerandomiseerd, <i>repeated measures study</i> , nuchter gedurende de nacht, IC met canopy volgens Fellows & MacDonald-methode (1985)	Het vergelijken van het TEF tussen vloeibare- en vaste maaltijden van gelijke maaltijdsamenstelling	N 8, man, 18-34 jaar, BMI gem. 23.5	Vloeibare maaltijd: Polycal Nutricia met 20ml room en 45g eiwitpoeder Build-Up NestlC, (502kcal, 67en% kh, 18en% vet en 15en% eiwit) Vaste maaltijd (o.a. brood, ontbijtgranen, magere melk) (502kcal, 71en% , 16en% vet, 13en% eiwit)	2 uur	TEF groter bij een vaste maaltijd in vergelijking tot een vloeibare maaltijd (p = 0.001)
Hill et al., 1984	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measures</i> , Beckman Metabolic Cart, 12u vasten	Onderzoek relatie TEF en maaltijdgrootte over 3 uur bij 2 groepen mannen met een verschillende VO2max	N 8, man, 18-34 jaar, BMI <25	Vloeibare maaltijden (50 en% kh, 34 en% vet, 16en% eiwit) in 500, 1000 en 1500 kcal	3 uur	- Hoe groter de maaltijd, hoe groter het TEF - Mannen met hogere VO2max vertonen groter TEF
Ingves et al., 2017	<i>Randomized cross-over study</i> , Quark RMR, 12u	- O.a. onderzoek effect op EE na inname van 1 grote	N 14 (7 mannen, 7 vrouwen), BMI <25, gem. 23	Vloeibare maaltijden 750 kcal (o.a. room, ei, melk en bessen in	3 uur	- Het EE was hoger tot 2.5u na inname bij inname van de maaltijd in één keer

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
	vasten	portie of meerdere kleine porties	jaar	blender) 1) 20en% kh, 10en% eiwit, 70en% vet 2) 55en% kh, 10en% eiwit, 35en% vet		i.p.v. in 5 delen iedere 5 minuten
Johnston et al., 2002	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measures study</i> , MAX-1 metabolic Cart, 10u vasten	- Vergelijken dieet met Hoog-Koolhydraten Laag-vet dieet. Verklaart TEF het grotere gewichtsverlies bij het Hoog Eiwit/Laag vet-dieet?	N 10, vrouwen, 19-22 jaar, BMI gem. 23	Hoog koolhydraat dieet (1766 kcal, 60en% kh, 25en% vet, 15en% eiwit) Hoog eiwit dieet (1760 kcal, 40en% kh, 30en% vet 30en% eiwit	2.5 uur na iedere maaltijd	- TEF is groter na Hoog Eiwit-Laat vet dieet vs. Hoog Koolhydraat-Laat vet dieet bij gezonde, jonge vrouwen (p <0.05)
Karst et al., 1984	Niet-gerandomiseerd/ <i>Repeated measures study</i> , indirecte calorimetrie met masker, 12u vasten	Het apart onderzoeken van het TEF van koolhydraten, eiwitten en vetten in verschillende hoeveelheden	N 12, man, groep 1 gem. 28 jaar; groep 2 gem. 37 jaar, BMI 18.5-24.9	Eiwit: gelatine, caseïne Koolhydraten: Zetmeel, gehydrolyseerd zetmeel Vetten: Zonnebloemolie, boter In 239kcal, 478kcal en 955 kcal	6 uur	- TEF hangt af van hoeveelheid kcal en macronutriënt. - Hoogste TEF bij eiwitten (TEF 239 kcal eiwit was 3x groter dan bij zelfde hoeveelheid kh) - Dubbele hoeveelheid kh en vet verdubbelt TEF

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
Kinabo & Durnin, 1990	Niet-gerandomiseerd, <i>Repeated measure study</i> , Douglas Bag, 12u vasten	Vergelijken van effect maaltijdsamenstelling en calorische waarde op TEF	N 16, vrouw, gem. 22 jaar, gem. BMI 20	* Maaltijd 1: 70 en% kh, 19 en% vet, 11en% eiwit * Maaltijd 2: 24en% kh, 65 en% vet, 11 en% eiwit Beide in 600kcal en 1200kcal	5 uur	- Maaltijdsamenstelling geen invloed op TEF (P 0.49) - Calorische waarde wel invloed op TEF (P<0.001)
Komai et al., 2016	Niet-gerandomiseerd, <i>Repeated measure study</i> , Biotech indirecte calorimetrie meter, 12u vasten	Het TEF bepalen bij een maaltijd waarop gekauwd wordt en het TEF bij dezelfde maaltijd in gepureerde vorm waarop niet gekauwd wordt	N 10, vrouw, gem. 20 jaar, BMI gem. 20	Maaltijd (o.a. soep, rijst) in vaste vorm of gepureerd: 1051kcal (60en% kh, 25en% vet, 14en% eiwit)	3 uur	Het TEF is groter bij een maaltijd waarop gekauwd wordt t.o.v. zelfde maaltijd waarop niet gekauwd wordt (in gepureerde vorm doorgeslikt)
Morgan & York, 1983 (Abstract)	Niet-gerandomiseerd, <i>Repeated measure study</i>	Het bepalen van het TEF van 2 verschillende maaltijden bij een groep jonge en een groep oude mannen	63-74 jaar 22-28 jaar	Maaltijd 478 kcal Maaltijd 955 kcal		Bij de oudere mannen (63-74 jaar) was het TEF kleiner dan bij de groep jonge mannen (22-28 jaar).
Pittet et al., 1973	Niet-gerandomiseerd, <i>Repeated measure study</i> , indirecte- en directe calorimetrie, 12u vasten	Het bepalen van het TEF van glucose en aminozuren	N 7, man, 19-25 jaar, BMI 18.5-25	1. 50g glucose 2. 50g aminozuren (Nesmida) 3. 50g glucose + 50g aminozuren (Nesmida)	2.5 uur	Het TEF van aminozuren was hoger dan dat van glucose, glucose en aminozuren samen (3) gaven geen groter TEF dan wanneer los (1 of 2) toegediend)

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
Raben et al., 2003	<i>Cross-over design</i> , Indirecte calorimetrie met canopy met versch. gas-analysers, 10u vasten	O.a. het onderzoeken het effect van de verschillende macronutriënten op het EE	N 19 (10 man, 9 vrouw), gem. 21 jaar, gem. BMI 23	Ontbijtmaaltijden van 598kcal rijk in ofwel eiwit (32en%), ofwel koolhydraten (65en%), ofwel vet (65en%) ofwel alcohol (23en%)	5 uur	- TEF grootst na alcoholmaaltijd ($p < 0.01$) - TEF groter na eiwitmaaltijd dan na koolhydraat- en vetmaaltijd ($p < 0.01$)
Segal et al., 1990	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measures study</i> , Sormedics Horizon Metabolic Measurement Cart, 12u vasten	1) Bepalen wat de impact is van de duur van de TEF-meting van een maaltijd bij slanke- en obese mannen 2) bepalen van de relatie tussen TEF over 3 uur en 6 uur	N 14, man, 7 met BMI >30, 7 met BMI <25	Vloeibare maaltijd 720kcal (Sustacal: 55en% kh, 21en% vet, 24en% eiwit)	6 uur	- TEF eerste 3 uur bij slanke mannen groter dan bij obese mannen ($P < .01$). - Over gehele 6 uur TEF groter bij slanke dan bij obese mannen ($P < 0.05$) - Het TEF is bij obese mannen niet vertraagd of langer in vergelijking tot TEF bij slanke mannen
Segal & Gutin, 1983	Niet-gerandomiseerd/ <i>repeated measures study</i> , >12u vasten	- Vergelijking TEF na een maaltijd van 910 kcal in rust en TEF na een maaltijd van 910 kcal na fysieke inspanning bij obese vrouwen en bij slanke vrouwen	N 20, vrouw, 10 vrouwen met obesitas; 10 vrouwen met <20% lichaamsvet	Maaltijdreep (General Mills, chocolate) en volle melk, totaal 910kcal (46en% kh, 40en% vet, 14en% eiwit)	4 uur	- Bij slanke vrouwen was het TEF 2.54x hoger na fysieke inspanning t.o.v. TEF gemeten in rusttoestand - Bij obese vrouwen was het TEF slechts 1.01x hoger na inspanning dan TEF gemeten in rust ($p < 0.005$)

Auteur(s), jaartal	Studiedesign, apparatuur, duur van vasten	Doel	Populatie: aantal, geslacht, leeftijd, BMI	Maaltijd: soort, kcal, samenstelling	Tijdsduur IC-meting	Resultaten
Sutton et al., 2016	<i>Randomized repeated measures</i> study, DeltaTrac	- Bepalen of het langdurig nuttigen van een dieet met een hoog- of laag eiwitgehalte het TEF na een standaardmaaltijd verandert - Tevens gekeken naar TEF bij maaltijden met verschillende eiwitgehalten	N 24 (15 man, 9 vrouw), gem. 24 jaar (18-35 jaar), BMI gem. 25.5	Normale maaltijden (o.a. brood, fruit, melkproducten, ei) , 481-1198 kcal, 50-64en% kh, 4-19en%, 23-47en%	4 uur	- TEF hoger bij maaltijden met een hoog eiwitgehalte t.o.v. laag eiwitgehalte (P=0.007)
Visser, Deurenberg, Van Staveren & Hautvast, 1995	Cross-sectioneel onderzoek, Indirecte calorimetrie met canopy met Servomex gas-analysers, ca. 12u vasten	- REE en DIT zijn onderzocht bij jongere volwassenen en ouderen om de relatie tussen leeftijd en EE te onderzoeken	N 103, 67-79 jaar, gem. BMI 25 N 56, 21-29 jaar, gem. BMI 22	Vloeibare maaltijd (o.a. volle yoghurt, vruchtensap, eiwit-supplement) 454 kcal, 52en% kh, 34en% vet, 14en% eiwit)	3 uur	Piek TEF vindt bij ouderen later plaats (na 90 minuten) dan bij jongere mensen (60 minuten)

Afkortingen gebruikt in tabel in bijlage 1:

BMI = Body Mass Index

EE = energy expenditure / energieverbruik

en% = energieprocent

IC = Indirecte Calorimetrie

gem. = gemiddeld

kcal = kilocalorieën

kh = koolhydraten

N = aantal

TEE= Total Energy Expenditure

TEF = Thermic Effect of Food

u = uur/uren