

Triggers for energy expenditure: Thermogenic ingredients & circadian aspects

Citation for published version (APA):

Hursel, R. (2011). *Triggers for energy expenditure: Thermogenic ingredients & circadian aspects*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. <https://doi.org/10.26481/dis.20110415rh>

Document status and date:

Published: 01/01/2011

DOI:

[10.26481/dis.20110415rh](https://doi.org/10.26481/dis.20110415rh)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

Targeting overweight and obesity is essential since excessive weight has become a major health problem in the 21st century. This thesis focuses on triggers for increasing energy expenditure such as bioactive ingredients and dietary protein, which may be able to promote weight loss or prevent excessive weight gain, separately or synergistically. Furthermore, the relation between sleep quality and energy expenditure has been investigated since questions were raised concerning a possible decreased energy expenditure after sleep deprivation, thereby causing a shift towards positive energy balance.

First, the impact of thermogenic ingredients and protein on body weight regulation were reviewed, addressing the short-term effects, long-term effects, mechanisms of action and their safety. Ingredients for obesity management including caffeine, capsaicin and different teas such as green, white and oolong tea increased on average energy expenditure with 4-5% and fat oxidation with 10-16% and they may counteract the decrease in metabolic rate that is present during weight loss. A daily increase in thermogenesis of approximately 300-400 kJ can eventually lead to substantial weight loss. Furthermore, amino acids, quantity as well as quality, in terms of 'complete' and 'incomplete' proteins, play an important role as an excessive intake leads to a sustained satiety and sustained energy expenditure mainly by gluconeogenesis and net protein synthesis.

Second, two meta-analyses were conducted; one of these evaluated short-term effects of green tea mixtures on energy expenditure and fat oxidation and the other meta-analysis evaluated long-term effect of green tea mixtures on body-weight loss and weight maintenance. Different outcomes of the effect of green tea mixtures have been reported in studies with subjects differing in ethnicity and habitual caffeine intake. Therefore these meta-analyses elucidated whether a green tea mixture indeed plays a role in body-weight regulation. A catechin-caffeine mixture and caffeine-only treatment showed a stimulating effect on energy expenditure and a catechin-caffeine mixture also showed a stimulating effect on fat oxidation compared with placebo. Moreover, people with increased BMI may benefit from the sympathoadrenal stimulating effect of a catechin-caffeine mixture while different doses of catechins had a significantly different effect, 24h energy expenditure and fat oxidation are increased on average with 0.5kJ/mg and 0.02g/mg for catechin-caffeine mixtures and 0.4kJ/mg and 0.01g/mg for the caffeine-only treatment. It was also shown that EGCG-caffeine mixtures have a positive effect on weight loss and on weight maintenance. Catechins significantly promoted body-weight loss or prevented weight gain after weight loss with approximately 1.3 kilogram. Moreover, it also shows that habitual caffeine intake and ethnicity may be moderators, especially due to interactions of the different *ADORA2A* and *COMT* polymorphisms and ethnicity.

Third, previous studies had shown effects of high-protein diets, especially whey-protein on energy expenditure and satiety, yet a possible distinction between effects of whey or alpha-lactalbumin, had not been made. Therefore, the effects of addition of total whey protein (whey) or casein-macropeptide-depleted alpha-lactalbumin enriched whey protein (α -lac) to breakfast yoghurt drink on

energy expenditure and appetite suppression in humans was assessed. The consumption of a breakfast yoghurt drink with added whey or α -lac increased energy expenditure, protein balance and decreased fat balance compared to normal protein breakfast yoghurt drink. Furthermore, an α -lac enriched yoghurt drink suppressed hunger and desire to eat more than a whey enriched yoghurt drink.

Fourth, green tea mixtures and protein separately were able to increase diet-induced thermogenesis. Hence, a combination of both was examined to study the acute effect of milk-protein on green tea mixture induced diet-induced thermogenesis, as well as on the long-term effect where its contribution to weight maintenance after weight loss was assessed. In the short-term, consumption of milk-protein inhibited the effect of green tea on diet-induced thermogenesis. In the long-term, green tea-caffeine mixture, as well as a high-protein diet improved weight-maintenance independently, via multiple pathways such as thermogenesis, fat oxidation, sparing fat free mass, and for the high-protein diet through satiety. Nevertheless, a possible synergistic effect failed to appear, most presumably by formations of protein-polyphenol complexes that reduce the absorption.

Finally, the effect of fragmented sleep on energy expenditure, substrate oxidation and physical activity was investigated, since the relation between sleep and obesity gained interest recently. Epidemiological studies show an inverse or U-shaped relationship between sleep duration and BMI. Decreases in total energy expenditure and physical activity have been suggested to be contributing factors. Fragmented sleep showed to have no effect on total energy expenditure. Activity-induced energy expenditure and physical activity were increased, as well as, exhaustion and sleepiness. In the long-term, these may dominate, resulting in a decrease in physical activity and thereby a sedentary lifestyle. Fragmented sleep induced increases in carbohydrate oxidation and RQ, and reduced fat oxidation that may underscore the previous reported insulin insensitivity. Both these factors, presently due to sleep fragmentation, play a role in the etiology of overweight.

Prevention of weight gain after weight loss and during weight maintenance, can be achieved when certain metabolic targets such as sustained satiety, sustained energy expenditure, sparing of fat free mass are stimulated, together resulting in a high energy inefficiency. These requirements need to be fulfilled despite being in negative energy balance, since successful weight loss or weight maintenance depends on the combination of the three. Triggers for energy expenditure as mentioned in the present thesis may be able to fulfill these requirements.

Samenvatting

De aanpak van overgewicht en obesitas is cruciaal sinds een overmaat aan gewicht een van de grootste bedreigingen van de gezondheid in de 21ste eeuw vormt. Dit proefschrift richt zich op stimulators van het energiegebruik waaronder thermogene ingrediënten en een hoge eiwitinname, die mogelijk er toe in staat zijn om gewichtsverlies te bevorderen of een toename in gewicht te voorkomen, zowel afzonderlijk als synergistisch. Verder is de relatie tussen normale slaap, gefragmenteerde slaap en energiegebruik onderzocht omdat er gesuggereerd werd dat het energiegebruik daalt na slaap deprivatie, waardoor er een kentering plaatsvindt in de richting van een positieve energiebalans.

Ten eerste werd het effect van thermogene ingrediënten en eiwitinname op de gewichtsregulatie onderzocht waarbij korte termijn effecten, lange termijn effecten, mechanismen en veiligheid werden besproken. Ingrediënten voor beheersing van het lichaamsgewicht, waaronder cafeïne, capsaïcine en verschillende soorten thee zoals groene, witte en oolong thee stimuleren het energiegebruik gemiddeld met 4-5% en de vetoxidatie met 10-16%; hiermee blijken ze een daling van het metabolisme, dat gepaard gaat met gewichtsverlies, te kunnen voorkomen. Een dagelijkse verhoging van het energiegebruik met ongeveer 300-400 kJ kan uiteindelijk leiden tot substantieel gewichtsverlies. Voorts kunnen aminozuren, zowel kwantitatief als kwalitatief, waarbij er sprake is van 'complete' en 'incomplete' eiwitten, een belangrijke rol spelen aangezien een grotere inname kan leiden tot een duurzame verzadiging en energiegebruik, voornamelijk geïnduceerd door gluconeogenese en netto eiwit synthese.

Ten tweede werden er twee meta-analyses uitgevoerd; een waarbij de korte termijn effecten van groene thee op het energiegebruik en de vetoxidatie werd geanalyseerd, en een waarbij de lange termijn effecten van groene thee op gewichtsverlies en gewichtsbehoud werd onderzocht. Verschil in resultaten tussen studies met betrekking tot het effect van groene thee met proefpersonen die verschilden wat betreft etniciteit en dagelijkse cafeïne-inname werden gepubliceerd. De uitgevoerde meta-analyses kunnen mogelijk een oplossing verschaffen voor de discrepantie die bestaat tussen de verschillende studies en daardoor aantonen of groene thee daadwerkelijk een gunstig effect heeft op gewichtsregulatie. Uit de meta-analyse bleek dat een mix van catechinen en cafeïne zowel als een cafeïne interventie een stimulerend effect hadden op het energiegebruik, waarbij de mix van catechinen en cafeïne tevens de vetoxidatie verhoogde. Bovendien lijken mensen met een verhoogd BMI ook te profiteren van het stimulerend effect van de mix van catechinen en cafeïne, terwijl een toename in dosering gepaard gaat met een toename in effect, waarbij het 24uurs energiegebruik en de vetoxidatie gemiddeld toenemen met 0.5kJ/mg en 0.02g/mg voor de mix van catechinen en cafeïne en 0.4kJ/mg en 0.01g/mg voor de cafeïne interventie. Bovendien werd aangetoond dat de mix van catechinen en cafeïne een positief effect heeft op gewichtsverlies en gewichtsbehoud. De mix stimuleerde gewichtsverlies met ongeveer 1.3 kilogram of voorkwam een toename van gewicht na gewichtsverlies. Tevens werd waargenomen dat dagelijkse cafeïne-inname

en etniciteit het positieve effect kunnen verminderen, waarschijnlijk door interacties tussen verschillende *ADORA2A* en *COMT* polymorfismen en etniciteit.

Ten derde werden in voorgaande studies effecten aangetoond van hoog-eiwit diëten, met name effecten van het wei-eiwit op energiegebruik en verzadiging. Echter een mogelijk onderscheid tussen effecten van wei en alfa-lactalbumine was nog niet onderzocht. Daarom werden de effecten van een toevoeging van totaal wei-eiwit (wei) of een wei-eiwit verrijkt met alfa-lactalbumine zonder caseïne-macropptide (α -lac) aan een yoghurt drink-ontbijt op het energiegebruik en de verzadiging bij mensen getest. Het consumeren van een yoghurt drink-ontbijt met toegevoegde wei of α -lac stimuleerde het energiegebruik, de eiwitbalans en verminderde de vetbalans vergeleken met een yoghurt drink-ontbijt met melkeiwit. Tevens onderdrukte het met α -lac verrijkte yoghurt drink-ontbijt de honger en de wens om te eten meer dan het met wei verrijkte yoghurt drink-ontbijt.

Ten vierde, er was reeds aangetoond dat groene thee en een hoogeiwit dieet afzonderlijk in staat zijn om de dieetgeïnduceerde thermogenese te verhogen. Daarom werd een combinatie van beiden onderzocht waarbij het acute effect van melkeiwit op de door groene thee geïnduceerde toename van de thermogenese werd bestudeerd. Daarnaast werd ook het lange termijn effect van de combinatie groene thee en het hoogeiwit dieet op gewichtsbehoud na gewichtsverlies onderzocht. Op korte termijn veroorzaakte de consumptie van melkeiwit een remming van het effect van groene thee op de dieetgeïnduceerde thermogenese. Op lange termijn, zorgden een groene thee-cafeïne mix en een hoogeiwit dieet afzonderlijk voor een verbetering van het gewichtsbehoud op verschillende manieren zoals via thermogenese, vetoxidatie, behoud van vetvrijemassa en voor het hoogeiwit dieet via een toename in verzadiging. Desalniettemin, van een mogelijk synergistisch effect was geen sprake, hoogstwaarschijnlijk door een formatie van eiwit-polyfenol complexen die de absorptie remmen.

Tenslotte werd het effect van een gefragmenteerde slaap op het energiegebruik, de substraatoxidatie en de fysieke activiteit onderzocht aangezien epidemiologisch onderzoek hypothesen doet genereren ten aanzien van de relatie tussen slaap en obesitas. Epidemiologische studies hebben een omgekeerde of U-vormige relatie tussen slaaptijd en BMI aangetoond. Een van de hypothesen is dat een door slaapfragmentering geïnduceerde afname in totaal energiegebruik en fysieke activiteit zou bij dragen aan een toename in gewicht. Gefragmenteerde slaap vertoonde geen effect op energiegebruik. Activiteitsgeïnduceerd energiegebruik en fysieke activiteit waren toegenomen, net als uitputting en slaperigheid. Op lange termijn, kunnen deze gaan overheersen wat kan resulteren in een afname van fysieke activiteit en een sedentaire levensstijl. Gefragmenteerde slaap induceerde een toename in koolhydraatoxidatie en RQ, en een afname in vetoxidatie hetgeen een eerder

gerapporteerde insuline ongevoeligheid kan ondersteunen. Beide bevindingen kunnen een rol spelen in de etiologie van overgewicht.

Het voorkomen van gewichtstoename na gewichtsverlies en tijdens gewichtsbehoud kan worden bereikt wanneer bepaalde metabole doelen zoals duurzame verzadiging, duurzaam energiegebruik en behoud van vetvrijemassa worden gestimuleerd, en samen resulteren in een hogere energie inefficiëntie. Aan deze randvoorwaarden moet worden voldaan ondanks het verkeren in een negatieve energie balans, aangezien een succesvolle gewichtsvermindering of gewichtsbehoud daarna afhankelijk is van een combinatie van de drie. Stimulators van het energiegebruik zoals beschreven in het huidige proefschrift zijn in staat om aan deze randvoorwaarden bij te dragen.