

Risks for dysregulated appetite : Texture, stress, food reward and inhibition -.

Citation for published version (APA):

Martens, M. (2012). *Risks for dysregulated appetite : Texture, stress, food reward and inhibition -.* [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Uitgeverij BOXPress. <https://doi.org/10.26481/dis.20121221mm>

Document status and date:

Published: 01/01/2012

DOI:

[10.26481/dis.20121221mm](https://doi.org/10.26481/dis.20121221mm)

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

The etiology of obesity or overweight can be assigned to a disturbance in energy balance. The cause of this disturbance is diverse and complex and has been attributed to numerous factors, including physiological, environmental, behavioral, neuro-endocrine and genetic factors. This thesis deals with the role of risks of dysregulated appetite in the current obesity and overweight epidemic, especially focusing on the role of texture, stress, food reward and inhibition in meal termination.

Regarding texture, previous literature is inconclusive with regard to the satiating value of solid and liquid meals. With regard to this texture effect, the research in this thesis focused on single macronutrient meals (**Chapter 2 and 3**). Results indicate that the effect of texture on appetite profile is macronutrient specific, with solid protein causing more satiation and leading to more satiety compared to liquefied protein. With regard to carbohydrate, results show that liquefied and solid carbohydrate meals do not differ in satiating capacity. A significant relationship between desire to eat and ghrelin concentrations and between fullness and insulin concentrations was shown in the carbohydrate conditions.

In addition, difference in mode of consumption appears to play a role in the effect of texture on appetite. The same texture can be delivered to the oral cavity by drinking or eating, depending on the delivery by a particular utensil. In previous studies, it is impossible to disentangle the effects of food texture and those of mode of consumption of foods on differences in satiating value between liquids and solids. Thus, the studies in this thesis assessed the effects of structure, mode of consumption of food, and additional drinking of water on fullness and thirst (**Chapter 4**). Results show that mode of consumption plays a role in alleviating hunger and thirst. Hunger was best relieved by consuming calories through eating and not through drinking, while thirst was best quenched by drinking water separate from the meal.

Previous literature indicates a vicious cycle in which stress leads to eating in the absence of hunger, with a preference for foods high in fat and sugar, which in turn increases HPA-axis activity. In this context, the research described in this thesis investigated the effects of single macronutrients on plasma cortisol concentrations and the effect of stress on liking and on the orosensory perception of food (**Chapter 5 and 6**). Results show that protein as well as fat caused a significant decrease in cortisol concentrations when compared to carbohydrate, but showed no difference from the control condition of water, while the consumption of carbohydrates prohibited a decrease in cortisol concentrations after the normally observed morning peak. Furthermore, stress causes a decreased orosensory perception and a decreased liking of food; also liking of food is influenced by weight status. Therefore, the decreased liking during stress is especially emphasized in overweight subjects.

Disruption of the interaction between energy and reward regulation might promote overeating and contribute to obesity. Previous studies indicate a disruption of this interaction in overweight or obese individuals. Overweight humans display a hyper-

responsivity of brain areas involved in reward related signaling in response to food cues and to the anticipated receipt of palatable foods. Overweight humans appear to show reduced reward circuitry activation when food is actually consumed. Furthermore, obese individuals show altered activation in brain areas involved in inhibitory control. The flexibility of food-reward related brain signaling was investigated in normal weight and overweight subjects, using functional magnetic resonance imaging (fMRI) (**Chapter 7**). Results show a stronger brain signaling before the meal, which is more pronounced in overweight compared to lean participants. This hyper-responsivity of reward-related brain areas in response to food cues is related to not reaching energy balance; overweight subjects no longer display hyper-responsivity when sufficiently satiated or simply by having been given enough to eat, regarding their energy-balance level. Sufficient satiation is achieved by controlling for subject specific energy requirements. Furthermore, results show less post-prandial brain signaling in the prefrontal cortex (PFC) in the overweight compared to the normal weight subjects as well as an inverse relationship between PFC signaling and BMI in the satiated state, implying less inhibitory control in the overweight when satiated.

In conclusion, from studies described in this thesis it appears that the texture effect on appetite is specifically related to protein, with solid protein causing more satiation and leading to more satiety compared to liquefied protein. Moreover, mode of consumption plays a role in alleviating hunger and thirst. Food consumption alleviates hunger mainly by eating while thirst is mainly quenched by drinking water separately from the meal. Stress causes a decreased liking of food, which is especially emphasized in overweight subjects. No single macronutrient was found to favorably influence the cortisol response. However, particularly carbohydrate may affect HPA activity unfavorably, by relatively increasing it under conditions of stress.

The fMRI research presented in this thesis shows that overweight humans are particularly vulnerable to overeating because of an increased sensitivity to food cues in a hungry state and a decreased inhibitory control, in a satiated state.

Taken together, texture, mode of consumption and stress are risk factors of dysregulated appetite by causing a delayed meal termination. The decreased inhibitory control signaling in the satiated state in the overweight supports a delayed meal termination.

In the future, the flexibility of altered PFC signaling observed in obesity could be used for the treatment of obesity through cognitive training combined with a neurofeedback methodology. Furthermore, future research into the interaction of gut and brain in the regulation of food intake is necessary.



SAMENVATTING

Het ontstaan van overgewicht en zwaarlijvigheid is te wijten aan een verstoring van de energiebalans. De oorzaak van een verstoorde energiebalans is divers en complex en wordt toegeschreven aan verschillende factoren; fysiologische factoren, omgevingsfactoren, neuro-endocriene factoren, genetische aanleg en gedrag. Dit proefschrift behandelt de rol van risico's op ontregelde eetlust in de huidige epidemie van overgewicht en zwaarlijvigheid, met een specifieke focus op de rol van textuur, stress, belonende waarde van voeding en inhibitie bij maaltijd beëindiging.

Tot nu toe gepubliceerde literatuur met betrekking tot textuur is verdeeld over de verzadigende waarde van vaste en vloeibare maaltijden. Het onderzoek in dit proefschrift betreffende dit textuur effect legt zich hoofdzakelijk toe op maaltijden bestaande uit één macronutriënt (**Hoofdstukken 2 en 3**). De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat het effect van textuur op eetlust macronutriënt specifiek is; een vaste eiwitmaaltijd zorgt voor meer verzadiging dan een vergelijkbare vloeibare eiwitmaaltijd. De koolhydraatmaaltijden vertoonden geen verschil in verzadigende waarde maar gaven een significante relatie te zien tussen de wens om te eten en ghreline concentraties en tussen een vol gevoel en insuline concentratie na de maaltijd.

Bovendien speelt de manier van consumptie een rol in het effect van textuur op eetlust. Eenzelfde textuur kan naar de mondholte gebracht worden door deze te drinken of te eten, afhankelijk van gebruik van een glas of bestek. In vorige studies die verschillen in de verzadigende waarde van vaste en vloeibare structuren onderzochten is het onmogelijk om de effecten van textuur en van de manier van consumptie van elkaar te onderscheiden. Daarom richt het onderzoek in dit proefschrift zich op de effecten van structuur, manier van consumptie en op het aanvullend drinken van water op een vol gevoel en op dorst (**Hoofdstuk 4**). De huidige resultaten laten zien dat de manier van consumeren een rol speelt in het verminderen van honger en dorst. Honger werd meer gestild wanneer het voedsel werd geconsumeerd door het te eten en minder door het te drinken, terwijl dorst meer werd gelest door water apart bij de maaltijd te drinken, dan door water in het voedsel te verwerken.

Voorafgaand onderzoek wijst op een vicieuze cirkel waarbij stress leidt tot eten zonder dat iemand honger heeft, met een verhoogde voorkeur voor vet en suiker, die opnieuw zorgt voor een verhoogde activiteit van de hypothalamus-hypofyse-bijnier-as (HPA-as). Met deze vicieuze cirkel als achtergrond, werden de effecten van elk macronutriënt apart op de concentratie van cortisol in het plasma onderzocht; bovendien werd het effect van stress op de waardering voor voedsel en op de oro-sensorische waarneming ervan onderzocht (**Hoofdstukken 5 en 6**). Dit onderzoek toont aan dat, in vergelijking tot koolhydraat, proteïne en vet zorgden voor een significante daling van de cortisol concentraties. Deze daling was niet verschillend van de daling die werd waargenomen in de controle conditie water. Koolhydraat verhinderde de daling van de cortisol concentraties die normaal waargenomen wordt na de piek in de ochtend. Voorts werd geconstateerd dat stress zorgt voor een verminderde waardering voor voedsel en een

verminderde oro-sensorische waarneming ervan. De waardering voor het voedsel werd ook beïnvloed door de gewichtsstatus; hierdoor wordt de geringere waardering tijdens stressvolle omstandigheden vooral geaccentueerd bij overgewichtige proefpersonen. De verstoring van het samenspel tussen de regulatie van energie-inname en van de belonende waarde van voedsel kan ertoe leiden dat mensen teveel gaan eten, hetgeen bijdraagt aan de ontwikkeling van obesitas. Mensen met overgewicht vertonen een overgevoeligheid van de gebieden in de hersenen die betrokken zijn bij het signaleren van de belonende waarde van voeding. Dit gebeurt zowel bij blootstelling aan prikkels gerelateerd aan voedsel als bij de anticipatie van het ontvangen van smakelijk voedsel. Aan de andere kant lijken deze mensen juist een verminderde activiteit te vertonen in deze beloninggerelateerde hersengebieden, wanneer ze het voedsel werkelijk consumeren. Daarenboven laten mensen met obesitas een gewijzigde activiteit in de hersengebieden die betrokken zijn bij de controle over inhibitie van voedselinname zien. Het onderzoek beschreven in dit proefschrift maakte gebruik van functionele magnetische resonantie beeldvorming (fMRI) om de flexibiliteit in de hersensignalering van de belonende waarde van voeding in kaart te brengen bij normaal- en overgewichtige proefpersonen (**Hoofdstuk 7**). De resultaten geven een hogere hersensignalering voor de maaltijd in hersengebieden gerelateerd aan de belonende waarde van voeding te zien; deze was meer uitgesproken bij overgewichtige proefpersonen in vergelijking tot normaalgewichtige proefpersonen. De overgewichtige proefpersonen verloren deze overgevoeligheid voor prikkels gerelateerd aan voeding wanneer ze voldoende te eten kregen, gebaseerd op persoonsspecifieke energiebehoefte. Dit wijst erop dat de, in andere studies waargenomen overgevoeligheid van de hersengebieden betrokken bij de signalering van de belonende waarde van voeding bij overgewichtige mensen gerelateerd is aan het niveau van de energie balans. Met andere woorden, men moet wel genoeg te eten krijgen om ook de bijbehorende belonende waarde te ervaren. Na de maaltijd, wanneer de overgewichtige proefpersonen in energiebalans waren gevoed, vertonen ze echter een verminderde hersensignalering in de prefrontale cortex (PFC), zodanig dat hoe sterker het overgewicht, hoe zwakker deze hersensignalering. Deze resultaten wijzen op een verminderde controle over de inhibitie van voedselinname bij de overgewichtigen wanneer ze verzadigd zijn.

Uit de resultaten van de studies beschreven in dit proefschrift wordt geconcludeerd dat het effect van textuur op eetlust vooral van toepassing is bij maaltijden hoog in proteïnen; vaste proteïne maaltijden zorgen voor een hogere verzadiging dan proteïne maaltijden in vloeibare toestand. Verder blijkt de manier van consumptie een rol te spelen bij het verminderen van honger en dorst. Honger wordt vooral gestild door het eten van voedsel, terwijl dorst vooral gelest wordt door water apart bij de maaltijd te drinken.

De daling die stress veroorzaakt in de waardering voor voedsel komt vooral naar voren bij overgewichtige proefpersonen. Geen enkel macronutriënt is op zichzelf in staat om

de cortisol reactie gunstig te beïnvloeden, maar vooral koolhydraat kan de activiteit van de HPA-as ongunstig beïnvloeden tijdens stressvolle omstandigheden.

De fMRI studie in dit proefschrift toont aan dat vooral overgewichtige mensen teveel kunnen gaan eten door een grotere gevoeligheid voor prikkels gerelateerd aan voedsel in een gevaste toestand, terwijl het risico op overeten in een gevoede toestand vooral gezocht moet worden in een verminderde controle over de inhibitie van voedselinname. Alles overziend, zijn textuur, manier van consumeren en stress risico factoren voor ontregelde eetlust door het veroorzaken van een vertraagde beëindiging van de maaltijd. De verminderde signalering in de PFC wanneer er voldoende gegeten is, is gerelateerd aan verminderde controle over beëindiging van voedselinname, wat de bevindingen van vertraagde beëindiging van de maaltijd ondersteund.

Mogelijk kan de flexibiliteit van de veranderde signalering in de PFC die waargenomen wordt bij obesitas in de toekomst gebruikt worden als een doelwit voor de behandeling van obesitas door middel van het gebruik van cognitieve training in combinatie met een neuronale terugkoppelingsmethode. Daarenboven is toekomstig onderzoek naar de rol van de interactie tussen het brein en het maagdarmstelsel in de regulatie van voedselinname noodzakelijk.