



J. A. Leusink
*Fysiologisch
Laboratorium
Utrecht*

Overgewicht

Tallozen die zich in de ongekende welvaart van de huidige westerse samenleving gelukkig wanen, blijken slachtoffer te zijn geworden van hun immobiliteit, die zij zich lieten opleggen door de macht van de techniek. Hun dupe blijkt onder meer uit verschillende vormen van overgewicht, waardoor de zo begeerde en verworven rijkdom hen feitelijk tot een plaag, zo niet een noodlot is geworden. De resultaten van moderne onderzoeken over de oorzaken en de preventie van overgewicht en zwaarlijvigheid bieden deze mensen gelukkig een alternatieve levenswijze, waarvoor zij echter een deel van hun stoffelijke geneugten zullen moeten opofferen.

Onder de goede voornemens van menigeen zal een poging tot vermageren een belangrijke plaats innemen. De extra kilo's die er bijvoorbeeld in de feest- en eetmaand december bij velen zijn bijgekomen, moeten weer weggevoerd worden. Maar hoe, zal men zich afvragen. Er zijn ook mensen die dik worden ondanks het feit dat zij — naar zij beweren — weinig eten. Waarom worden zij toch dik? Deze blijvende tobbers met hun teveel aan gewicht zijn misschien niet geheel ten onrechte jaloers op mensen die — zo schijnt het — onbeperkt kunnen eten zonder dat hun gewicht ook maar één gram toeneemt.

Het ligt voor de hand op te merken dat een teveel aan gewicht — dat wij in het vervolg met de taalkundig niet correcte term 'overgewicht' zullen aanduiden — maar bovenal de echte zwaarlijvigheid en de nog ergere vetzucht een probleem vormen voor velen. Wanneer wij op een zonnige zomerse dag rondkijken in een badplaats en op het strand, zullen wij onmiddellijk heel veel dikke mensen zien lopen of liggen, bijvoorbeeld een dikke moeder die moeizaam haar kroost voortzeult of een gezette vijftiger waarvan de rollen van zijn buik boven de zwembroek uitpuilen. Het zijn veel geziene verschijningen, helaas ook onder jonge mensen en zelfs bij kleine kinderen die veel te dik zijn.

De vraag is wat de oorzaak is van dit overgewicht? Bij een eerste beschouwing van het probleem ligt de oorzaak heel simpel, namelijk dat er méér calorieën worden opgenomen dan verbruikt, waarna de overtollige calorieën als reserve 'voor slechtere tijden' in de vorm van lichaamsvet worden vastgelegd. Het is misschien overbodig op te merken dat wij hier met calorieën het voedsel bedoelen, waarvan de verbrandingswaarde in deze warmte-eenheden uitgedrukt kan worden.

Bij het ontstaan van overgewicht door een teveel aan lichaamsvet is er een verstoring in de balans van de calorieënopneming en het calorieënverbruik. Dit betekent dat bij het ontstaan van deze vorm van overgewicht ófwel teveel voedsel wordt opgenomen ófwel te weinig hiervan voor verbranding wordt verbruikt. "Elk pondje komt door het mondje" zegt een volksspreuk, die maar al te waar is voor velen die aan overgewicht lijden.

Er dient hier meteen vermeld te worden, dat overgewicht niet alléén door een teveel aan lichaamsvet veroorzaakt kan worden, maar dat ook andere factoren in het spel kunnen zijn.



Bij de foto's: Links een vaak geziene verschijning aan zomerse stranden. Wellicht was een teveel aan hapjes-tussendoor ook een oorzaak van het 'buikje'.

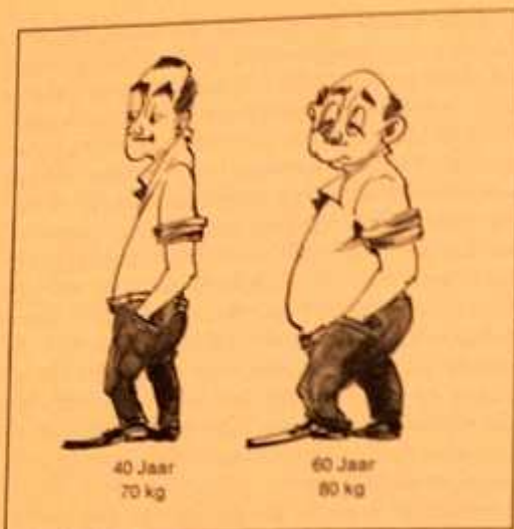


Eén hiervan is bijvoorbeeld de zwangerschap, vooral in een vergevorderd stadium, een andere de sterke gespierdheid van een atleet, die daardoor een in verhouding tot zijn lichaamslengte hoog lichaamsgewicht heeft. Een pathologische oorzaak kan een toename van de hoeveelheid weefselvocht zijn. Het gehalte hiervan is onder normale omstandigheden min of meer constant. De aanvoer van vocht via de bloedhaartvaten en de afvoer naar de lymfevaten zijn dan met elkaar in evenwicht. Wanneer de aanvoer — door welke oorzaak dan ook — groter wordt dan de afvoer ontstaat *oedeem*, een symptoom, géén ziekte op zichzelf. Het kan als symptoom, dus als onderdeel van een ziektebeeld voorkomen bij vele pathologische toestanden, waarvan de meest bekende zijn:

- *cardiaal oedeem*, als gevolg van een onvoldoende hartfunctie;
- *nefrogeen oedeem*, zoals die bij vele nier-aandoeningen bestaat;
- *oedeem bij verlaagd eiwitgehalte in het bloed*, indirect veroorzaakt door een eiwittekort in de voeding of door eiwitverlies via de urine bij een gestoorde nierfunctie. Dan treedt een daling van het eiwitgehalte in het bloed op met een verlaagde colloïd-osmotische druk* van het bloed als gevolg. Dit leidt dan weer tot het ontstaan van oedeem.

Het is door deze verscheidenheid van oorzaken dan ook juist om de termen overgewicht, zwaarlijvigheid en vetzucht nader te omschrijven. De term *overgewicht* wordt gebruikt indien het lichaamsgewicht van een persoon méér dan 10% hoger is dan het als normaal geachte gewicht van die persoon. Nogmaals: de oorzaak van overgewicht hoeft niet per sé in een teveel aan lichaamsvet gelegen te zijn. Bij *zwaarlijvigheid* denken we aan een ernstiger vorm van overgewicht, namelijk een persoon met 'een buikje', een 'gezette' figuur, ook wel *corpulent* genoemd. In al die gevallen is er sprake van een te grote hoeveelheid lichaamsvet. Bij een zeer sterke vervetting van het lichaam spreken we van *vetzucht*. Intussen is het niet gemakkelijk de grens te trekken tussen de verschillende genoemde vormen van overmatige vetaanzetting.

* *Colloïd-osmotische druk* - populair gezegd: de neiging waarmee een eiwit-oplossing (bijv. bloedplasma) water aanzuigt indien dit door middel van een semi-permeabele membraan gescheiden is van die oplossing. Een semi-permeabele membraan is per definitie een wand die doorlatend is voor het oplosmiddel, echter niet voor de opgeloste stof.



Links:

Fig. 1. Mijnheer Jansen is een doorgewone man. Toen hij 40 jaar was woog hij 70 kg. Hij heeft 10 jaar later een leuk buikje getoekt. Allemaal heel 'normaal'. Hij is 175 cm lang en zou maximaal 72 kg mogen wegen. Op zijn 60e weegt hij 80 kg en ligt aan overgewicht door teveel lichaamsvet.

Rechts:

Fig. 2. Stel nu eens, dat mijnheer Jansen elke dag ongeveer 100 kcal teveel eet voor wat hij die dag verbruikt heeft. Wat betekenen nu die 100 kcal op de 2000 kcal die mijnheer Jansen per dag verbruikt? Ja, slechts 5%! En wat zijn nu 100 kcal? Een beker melk, één glaasje brandewijn, één kleinje pills, een krap belegde boterham, een punt uit een Limburgse vlaai en maar een half zakje patat! Maar kijk U eens naar het desastreuze effect van 100 kcal per dag teveel op het lichaamsgewicht. Alle overtollige calorieën worden direct in vet omgezet en vastgelegd voor 'slechtere tijden'.

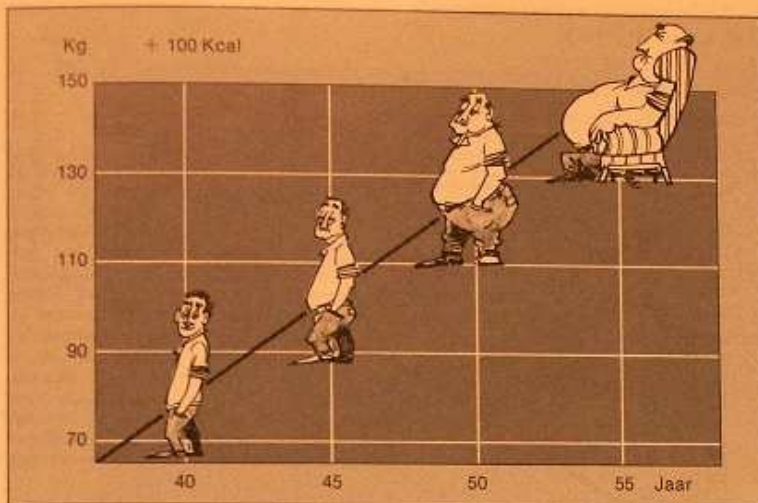
Een probleem blijkt nog steeds de vaststelling van het normale lichaamsgewicht te zijn. Het is gebleken dat voor mannen en vrouwen bij eenzelfde lichaamslengte verschillende normen voor het ideale lichaamsgewicht gelden. We vinden het eveneens normaal dat iemand met een brede lichaamsbouw zwaarder mag zijn dan het smalgebouwde type. Om een richtlijn te verschaffen voor onze opvattingen aangaande de norm zijn in Tabel 1 de normaalwaarden – met onder- en bovengrens – voor lichaamsgewichten in relatie tot de lichaamslengte weergegeven. De relatie tot de leeftijd is in deze tabel niet opgenomen, want door steeds meer deskundigen wordt gesteld dat het eertijds normaal geachte proces van een geleidelijke toename van het lichaamsgewicht met de (volwassen) leeftijd allesbehalve normaal is, ja zelfs een ongewenst verschijnsel is (zie Fig. 1). Als het gewicht volgens de waarden in Tabel 1 méér dan 10% hoger is, is er sprake

van overgewicht, zwaarlijvigheid of vetzucht.

Onze eetlust regelt – bewust of onbewust – de opneming van het voedsel, zowel wat samenstelling als wat zijn calorische waarde betreft. Onder normale omstandigheden regelt de eetlust de hoeveelheid van het voedsel in afhankelijkheid van het energieverbruik en van de opbouw (groei) van het menselijk lichaam. Dit resulteert in een normaal lichaamsgewicht zonder overtollig lichaamsvet. Ondanks verschillen in de hoeveelheid fysieke arbeid (bijv. sport) aan de ene kant en de hoeveelheid opgenomen calorieën per dag anderzijds, wordt bij het overgrote deel van de volwassenen het lichaamsgewicht verbazingwekkend nauwkeurig constant gehouden. Het blijkt echter dat de balans – per keer, per dag – slechts in geringe mate verstoord hoeft te zijn om op de lange duur tot een gigantische toename van de hoeveelheid lichaamsvet te leiden. Tot welke proporties deze levenswijze kan voeren is uitge-

TABEL 1. Normaalwaarden voor lichaamsgewicht bij gegeven lengte voor volwassenen.

Vrouwen gewicht (kg)	lengte (cm)	Mannen gewicht (kg)
48 - 52	155	52 - 57
52 - 57	160	57 - 63
56 - 62	165	61 - 68
60 - 67	170	66 - 74
65 - 72	175	71 - 79
70 - 77	180	76 - 85
74 - 82	185	81 - 91



beeld in Fig. 2. Elke dag 100 calorieën (kcal) méér gegeten dan wat die dag verbruikt wordt, leidt tot een enorme afzetting van lichaamsvet op de lange termijn.

De aanpassing van de calorieënopneming – dus de eetlustregulatie – aan het calorieënverbruik gaat betrekkelijk snel. Na een dag van intensieve sportbeoefening zal men 's avonds méér trek hebben en méér eten dan op andere dagen. Ook weet ieder uit eigen ervaring dat de trek in eten veel langer wegblijft na een uitgebreid diner. Sociale factoren, bijvoorbeeld de gewoonte om drie keer per dag te eten, maar ook de sfeer tijdens een maaltijd – wij denken hierbij aan de gezelligheid van een feestdiner en de presentatie daarvan – bepalen de eetlust en dus ook de calorieënopneming. Het effect van zulke psychische momenten op de eetlust is groot, maar niet bij iedereen even sterk. Zo zal de één bij verdriet geen hap door de keel kunnen krijgen, terwijl een andere treurende figuur zal proberen zijn narigheid te vergeten door het eten van iets lekkers.

Kinderen kunnen in de ogen van hun ouders onvoorstelbare hoeveelheden verorberen zonder dat zij daardoor dik worden. De verklaring is dat voor de opbouw en groei van het lichaam óók energie nodig is. Bovendien is de lichamelijke activiteit van kinderen – we kennen dat – in het algemeen zeer groot.

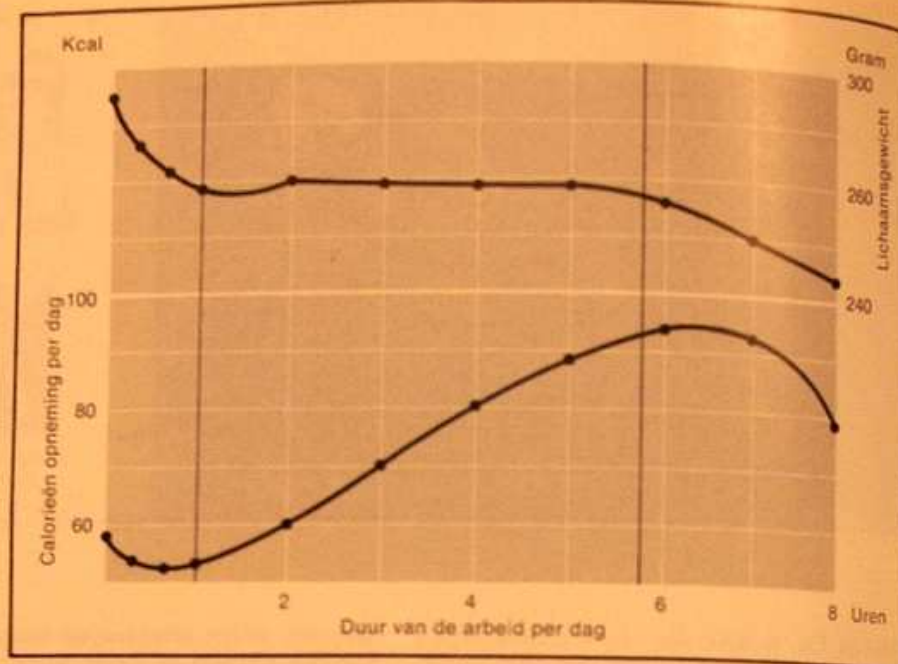
Op de ongetwijfeld zeer interessante sociale en psychische factoren die van invloed zijn op de eetlust en de calorieënopneming zal verder niet worden ingegaan. Wat wij ons in dit ar-

tikel wél zullen afvragen en waarop wij antwoorden trachten te geven, betreft:

- de mate waarop fysieke activiteit (lichamelijke arbeid, sport) bepalend is voor de calorieënopneming;
- de mate waarop gebrek aan fysieke activiteit kan leiden tot het ontstaan van overgewicht;
- de juiste, dus objectieve vaststelling van de mate van overgewicht;
- de consequenties van overgewicht voor het lopen;
- de eventuele, schadelijke gevolgen van overgewicht.

Fysieke activiteit, calorieënopneming, overgewicht en hun samenhang

De energie voor fysieke activiteit is primair afkomstig uit dát deel van ons dagelijks voedsel dat als 'brandstof' zal fungeren. Ieder weet uit ervaring dat de behoefte aan voedsel (calorieën) toeneemt door méér arbeid per dag te verrichten. In de inmiddels klassiek geworden experimenten van Jean Mayer werd dit duidelijk aangetoond. Elf groepen van ieder tien ratten werden daarbij gedurende een bepaalde periode 'getraind'. De duur van de training per dag varieerde van 0, dat wil zeggen gedwongen rust gedurende de gehele dag, tot maximaal acht uren (0, 20 minuten, 40 minuten, 1 uur, 2 uren, ... 8 uren training per dag). Door hem werd nagegaan hoeveel calorieën door de verschillende groepen ratten per dag werden opgenomen.



In Fig. 3 zijn de resultaten van zijn dier-experimenten weergegeven. De onderste lijn geeft het effect van de toenemende arbeid op de voedselopname weer. Er bestaat blijkbaar een rechtlijnig verband tussen de hoeveelheid opgenomen calorieën en de duur van de arbeid per dag, althans bij een arbeidsduur van 1 tot 5 uren per dag. Bij méér dan 5 uren training per dag werden in verhouding tot de verrichte arbeid te weinig calorieën opgenomen. Wat het lichaamsgewicht betreft (bovenste lijn) is te zien, dat dit relatief sterk afneemt bij meer dan zes uren arbeid per dag. Bij minder dan een uur arbeid per dag of gedwongen rust werden kennelijk teveel calorieën genuttigd met als gevolg een toeneming van het lichaamsgewicht (door een teveel aan lichaamsvet). Opvallend is dat bij 1 tot 5 uren training per dag een normaal lichaamsgewicht gehandhaafd blijft.

Men zou uit deze experimenten kunnen afleiden, dat voor de handhaving van een normaal lichaamsgewicht de dagelijkse hoeveelheid arbeid niet te veel, maar zeker niet te weinig mag zijn. Mayer heeft ook aangetoond — hetgeen te verwachten was — dat bij mensen met een zittend beroep het lichaamsgewicht in de meeste gevallen hoger was dan bij hen met een fysiek actief beroep. In Fig. 4 zijn de resultaten van zijn bevindingen bij mensen met uiteenlo-

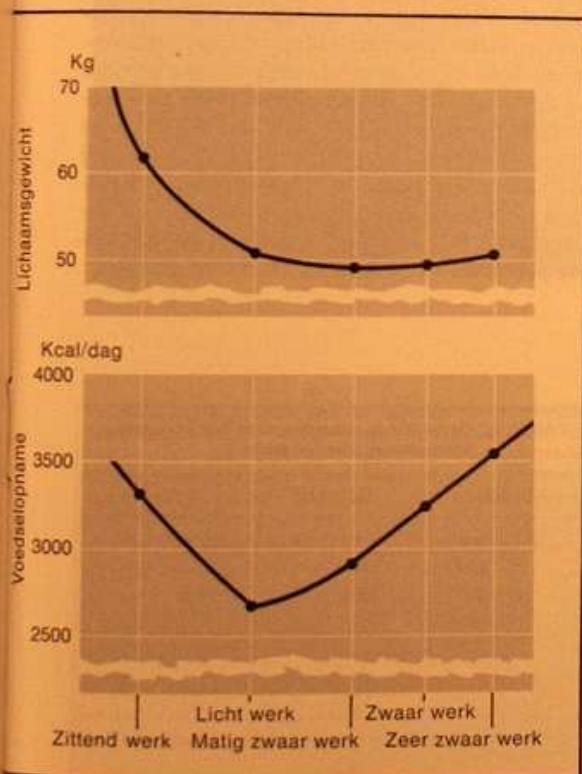
pende beroepen weergegeven. Mensen met een zittend beroep eten relatief teveel, als groep zouden zij gemiddeld wat minder moeten eten. Het verrichten van zittend werk betekent voor elk individu niet dat het lichaamsgewicht dan vanzelfsprekend toeneemt. Naarmate het beroep fysiek zwaarder wordt, neemt de calorieën-opname toe terwijl het lichaamsgewicht onveranderd blijft. Men kan uit al deze bevindingen de conclusie trekken dat men een grotere kans loopt een te hoog lichaamsgewicht te krijgen bij zittend werk.

Een bekend feit is het ontstaan van overgewicht in de wintermaanden, mogelijk door geringere activiteiten als tuinarbeid, sport en vakantiebezigheden, die immers 's winters achterwege blijven, de wintersporters buiten beschouwing gelaten. Interessant zijn ook de resultaten van experimenten waarbij het activiteiten-patroon van 'dikke' en 'magere' kinderen tijdens de gymnastieklessen werden vergeleken. De magere kinderen waren veel actiever en beweeglijker dan de dikke.

Hoewel dit natuurlijk allemaal belangrijke experimenten zijn, is hiermee de oorzaak van corpulentie nog niet verklaard. Hoewel de meeste lijders aan bijvoorbeeld vetzucht ont-kennen dat zij teveel eten, staat het buiten discussie dat elke vetophoping afkomstig moet zijn van het opgenomen voedsel.

Links: Fig. 3. De relatie tussen arbeid en calorieën-opneming per dag en het effect op het lichaamsgewicht bij ratten. De onderste lijn geeft het verband tussen de duur van de arbeid per dag en de hoeveelheid met het voedsel opgenomen calorieën per dag aan. Bij minder dan 1 uur arbeid per dag wordt relatief te veel gegeten, bij meer dan 5 1/2 à 6 uur arbeid per dag wordt relatief te weinig gegeten. In de bovenste lijn is het effect op het lichaamsgewicht aangegeven. Bij minder dan 1 uur arbeid een te hoog en bij meer dan 5 uur arbeid een te laag lichaamsgewicht. Er is een lineair verband bij een arbeidsduur van 1 tot 5 uur 'training' per dag. Ondanks een verschil in duur blijft eenzelfde lichaamsgewicht gehandhaafd. (Elk punt stelt het gemiddelde van de experimenten op een groep ratten voor).

Onder: Fig. 4. De voedselopname bij verschillende beroeps categorieën ingedeeld naar zittend, licht, matig zwaar, zwaar en zeer zwaar werk. Het effect op het gemiddeld lichaamsgewicht bij deze verschillende beroeps categorieën is in het bovenste gedeelte van de grafiek weergegeven. (Elk kruisje stelt het gemiddelde van een grote groep mensen voor).



Over de twee belangrijke vragen: "In hoeverre is fysieke activiteit bepalend voor de calorieën-opneming?" en "Kan gebrek aan fysieke activiteit leiden tot het ontstaan van overgewicht?" en wat daarover naar voren is gebracht, kunnen we nog een aantal opmerkingen maken.

Mogelijk is het zo dat het evenwicht tussen energieopneming en energieverbruik alleen dan bewaard blijft, wanneer méér dan een bepaalde minimum hoeveelheid arbeid per dag wordt verricht. Bij te weinig fysieke activiteit per dag raakt de balans uit zijn evenwicht. De factor die veroorzaakt dat de weegschaal naar de kant van de calorieën-opneming doorslaat bij te weinig fysieke arbeid, is tot nu toe onbekend. Wel weet men dat onder invloed van training veranderingen plaatsvinden in de stofwisseling, met name in de vetstofwisseling*. Wanneer aangetoond kan worden dat de veranderingen in de stofwisseling na een periode van regelmatige fysieke activiteit van belang zijn voor de eetlustregulatie, lijkt een basis gevonden te zijn voor de stelling dat het onderhouden van die activiteit van voldoende intensiteit en duur van méér betekenis is voor de preventie van overgewicht dan voortdurend dieet te moeten houden bij een zittend leven. Helaas loopt het aantal theorieën over de eetlustregulatie in de tientallen. Een duidelijke oplossing voor het probleem lijkt op korte termijn niet gevonden te zullen worden.

Bepaling van het overgewicht

Overgewicht wordt – zoals reeds eerder werd opgemerkt – in het merendeel van de gevallen veroorzaakt door teveel aan vet. Hoewel het lichaamsvet een reserve-energiebron vertegenwoordigt en vet bijdraagt tot warmte-isolatie, betekent een overmatige hoeveelheid ervan een extra belasting voor bijvoorbeeld het hart en het overige circulatiesysteem, de gewrichten en andere organen. Overgewicht betekent daarom zonder enige twijfel een risico voor de gezondheid en het is daarom zeer belangrijk om een teveel aan vet te kunnen vaststellen.

In de praktijk levert het vaststellen van overgewicht wel eens problemen op, zodat de tabellen met normale, ideale of standaardgewichten – gebaseerd op lichaamslengte – in vele gevallen tekort schieten. Bij mannen en vrouwen die nog net een acceptabel gewicht in ver-

* Zie 'Conditie en stofwisseling', J. A. Leusink, *Natuur en Techniek*, 1 (1974).

gelijking tot hun lengte hebben, kan toch sprake zijn van een te hoog percentage lichaamsvet. Ook het tegenovergestelde komt voor: de goed getrainde sportman of -vrouw die ten onrechte als te zwaar wordt beschouwd, omdat hij of zij een relatief te hoog lichaamsgewicht heeft als gevolg van spierhypertrofie. Ook voor mensen met een van het gemiddelde afwijkende lichaamsbouw – zeer slank of breed – zijn de zgn. lengte-gewichtstabellen ongeldig. Het is dan ook logisch dat een aantal jaren geleden andere tabellen voor de bepaling van het normale gewicht zijn opgesteld, die ook gebaseerd zijn op de lichaamslengte, maar bovendien op een maat die een indruk moet geven van de bouw van het skelet, bijvoorbeeld de schouderbreedte. Hiermee heeft men echter nog altijd niet de mate van vet-ophoping bepaald.

De vraag hoe we overgewicht (*als gevolg van lichaamsvet*) op de juiste wijze vaststellen, kan herleid worden tot de kwestie van het vaststellen van een normaal percentage lichaamsvet. In 1942 werd een aantal Amerikaanse topvoetballers afgekeurd voor militaire dienst omdat hun gewicht meer dan 15% hoger was dan de in standaardtabellen opgegeven waarden, behorend bij hun lengte. Dit werd zonder nader onderzoek geïnterpreteerd als een teveel aan lichaamsvet. Door Behnke en zijn medewerkers werd voor het eerst door middel van *densitometrie*, een methode waarop wij in de volgende paragraaf zullen terugkomen, bewezen dat het percentage lichaamsvet bij deze voetballers in feite laag te noemen was. Het is duidelijk dat het relatief hoge lichaamsgewicht van deze sportlieden te danken was aan een overmatig ontwikkeld spierstelsel en niet door teveel lichaamsvet.

Heden ten dage zijn verschillende, meer of minder ingewikkelde methoden in gebruik, zoals de genoemde densitometrie, om de lichaamsamenstelling en met name de hoeveelheid lichaamsvet te bepalen. Aangezien met deze methoden direct het percentage vet gemeten kan worden, zijn we voorgoed verlost van de problemen bij het vaststellen van een normaal gewicht en overgewicht.

De bestudering van de lichaamsamenstelling vindt pas de laatste tientallen jaren op grote schaal plaats, hoewel tegen het einde van de 19e eeuw de belangstelling voor de bepaling van de verschillende lichaamscomponenten reeds ontwaakt was. De zeer grote verschillen in hoeveelheid lichaamsvet tussen verschillende mensen hebben ertoe geleid dat men het menselijk lichaam qua samenstelling verdeeld heeft in een vetgedeelte of de *vetmassa* – afgekort VM – en een vetvrij deel of de *vetvrije massa* (VVM). De relatieve samenstelling van de VVM is door verscheidene onderzoekers bestudeerd (Tabel 2). Bij benadering bestaat 50% uit spieren, terwijl 20% door het skelet wordt bepaald. Het is bovendien gebleken dat bij volwassenen van verschillende leeftijd en lichaamsbouw (lengte, gewicht) en van verschillend geslacht de relatieve samenstelling van de VVM vrijwel dezelfde is. De verschillen in lichaamsamenstelling blijken dus nagenoeg door de percentages lichaamsvet bepaald te zijn. Ook de chemische opbouw van de componenten van de VVM (spieren, skelet, enz.) verschilt weinig van mens tot mens, althans bij gezonden. Zo heeft bijvoorbeeld het kaliumgehalte van de VVM maar eveneens het watergehalte een constante waarde bij verschillende personen.

TABEL 2. De relatieve samenstelling van de vetvrije massa

Lichaamsdeel	% van de VVM
spieren	48%
skelet	21%
huid	8%
bloed	9%
lever	3%
zenuwweefsel	3%
overigen	8%
	100%

TABEL 3. Gemiddelde waarden voor het percentage lichaamsvet (densitometrie)

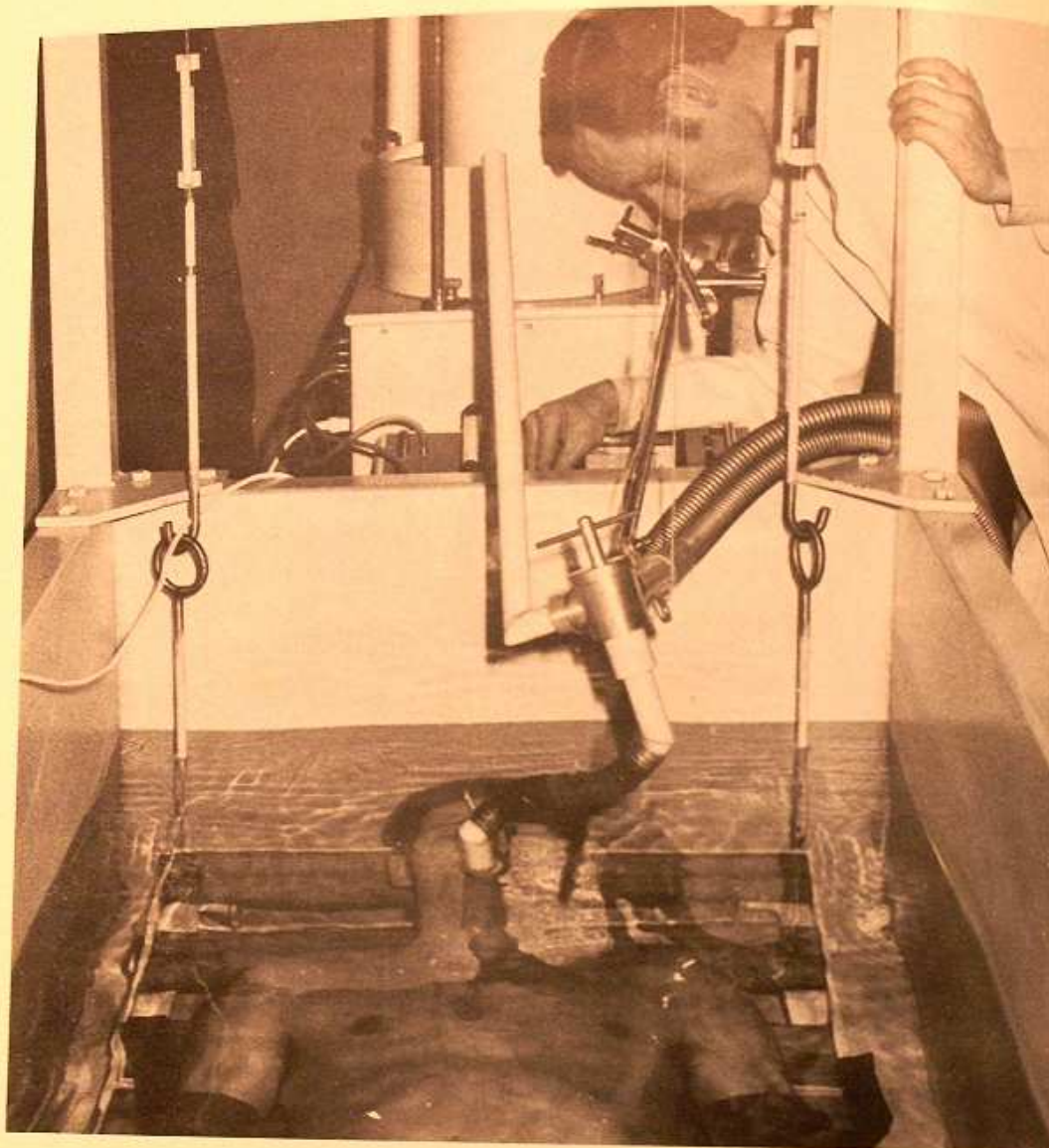
Leeftijd	Mannen	Vrouwen
18-22 jaar	11% (5-27%)	26% (18-35%)
25 jaar	14%	25%
55 jaar	26%	38%

Ontleend aan Davidson en Passmore (1960), in: "Human nutrition and dietetics".



In welke mate gebruik van de spieren tot spierhypertrofie kan leiden, wordt vooral aangetoond in de krachtsport. De vaak van nature al zeer gespierde beoefenaren van deze sport brengen hun spieren tot nog verdere ontwikkeling door een steeds weerkerend enorme belasting ervan.

De gemiddelde waarden voor het percentage lichaamsvet bij mannen en vrouwen van verschillende leeftijd zijn in Tabel 3 opgesomd, waaruit valt af te leiden dat vrouwen relatief meer vet hebben dan mannen. Met het ouder worden stijgt het percentage, hetgeen blijkt uit de enorme spreiding van de gemeten waarden voor het vetpercentage in de leeftijd van 18 tot 22 jaar. Voor mannen zien we in de tabel variaties van 5 tot 27%, bij vrouwen van 18 tot 35%, hetgeen betekent dat bijvoorbeeld een man van 70 kg met 27% vet bijna 15 kg méér vet met zich meedraagt dan een man van het-



zelfde gewicht, maar met 5% vet. Uit al deze gemiddelde waarden kan inmiddels moeilijk afgeleid worden wat normaal is. De door ons gehanteerde normen zijn zo, dat wij meer dan 15% vet bij volwassen mannen en meer dan 25% vet bij volwassen vrouwen als te hoog bestempelen. Wij kunnen stellen dat overgewicht eigenlijk alleen objectief bepaald kan worden door meting van het percentage lichaamsvet. Bij grote groepen proefpersonen blijkt dit percentage zeer uiteenlopende waarden te kunnen hebben en met het ouder worden toe te nemen.

De bepaling van het soortelijk gewicht (densitometrie). De proefpersoon ligt - verzwaard met loodgordels om armen en benen - op de brancard onder water. Hij ademt onder water via een slangensysteem dat aangesloten is op apparatuur om het volume lucht in de longen te meten. Na meting van het 'gewicht onder water' kan het volume van de proefpersoon berekend worden (hydrostatische weging). Het soortelijk gewicht is dan snel bekend. (Foto: Centr. Inst. v. Voedingsonderzoek, Zeist).

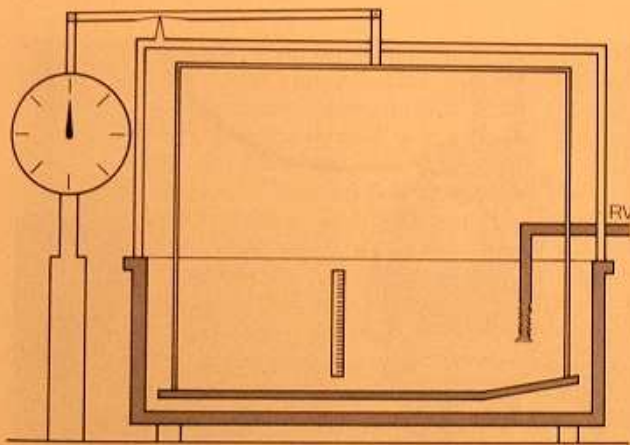
Meting van het percentage lichaamsvet

Enkele toegepaste methodieken zijn in de volgorde waarin zij besproken worden: bepaling van de soortelijke massa of *densitometrie*, bepaling van het 'lichaams-kalium' of ^{40}K -methode en metingen van de *huidploidikte*.

Densitometrie. Bij de bepaling van de soortelijke massa (*sm*) – de *densitometrie* – gaat men ervan uit dat de *sm* van het vet enerzijds, en die van de *VVM* aan de andere kant voor iedere mens eenzelfde waarde heeft. Vet bestaat voornamelijk uit triglyceriden – verbindingen van glycerol en vetzuren in een verhouding 1:3 – waarvan de vetzuren bij de verschillende mensen kunnen uiteenlopen maar waarvan de *sm* niettemin als constant beschouwd kan worden. De waarde hiervan kan uitgedrukt worden als ongeveer 900 kg per m³. Het is moeilijker in te zien dat ook de waarde

S.g.	% vet
1040 kg per m ³	25%
1050	21
1060	17
1070	13
1080	9

van de *sm* van de *VVM* praktisch constant is. We hebben hiervoor al gezien dat de relatieve samenstelling (Tabel 1) constant is. Verder is gebleken dat – ondanks de heterogeniteit van de *VVM* per component – de chemische samenstelling per individu vrijwel gelijk is, zodat ook de *sm* van de *VVM* per individu vrijwel gelijk moet zijn, nl. ongeveer 1100 kg per m³. De *sm* van het menselijk lichaam als geheel



Schematische voorstelling van de apparatuur voor de bepaling van het soortelijk gewicht volgens de hydrostatische weging. In een grote badkuip hangt los van de wanden een brancard, die via een hefboom verbonden is met een weegschaal. Tijdens de meting van het lichaamsgewicht onder water wordt het longvolume (aangegeven met *RV* = restvolume) gemeten via een slangensysteem waarop de proefpersoon is aangesloten.

moet dus liggen tussen de 900 en 1100 kg per m³. Bij een relatief groot vetgehalte zal de *sm* van een persoon aan de lage kant zijn, terwijl bij een mager mens de waarde voor de *sm* meer in de buurt van de 1100 kg per m³ zal liggen. Uitgaande van dit tweecomponentenmodel kan uit de gemeten *sm* het percentage lichaamsvet berekend worden (zie Tabel 4).

De soortelijke massa van een lichaam is de massa ervan gedeeld door zijn volume. Het lichaamsgewicht – om correct te zijn: de massa ervan – is eenvoudig te meten. Door onderdompeling in een enorme badkuip is het

mogelijk het volume van het lichaam te meten (*volumetrie*). Ook kan door meting van de opwaartse kracht na volledige onderdompeling onder water – indachtig de wet van Archimedes – het volume berekend worden (*hydrostatische weging*). Voor beide methoden – volumetrie en hydrostatische weging – dient de proefpersoon volledig ondergedompeld te worden, hetgeen betekent dat voor een belangrijke storende factor – de lucht in de longen – een correctie aangebracht dient te worden. Over het algemeen wordt dan ook tijdens deze experimenten tegelijk het longvolume gemeten, zoals op de foto op pag. 24 en in Fig. 5 is te zien.

Meting van het lichaamskalium. Omdat gebleken is dat vet slechts een verwaarloosbare hoeveelheid kalium bevat en de kalium-concentratie van de VVM constant is, kan uit de totale hoeveelheid lichaamskalium de VVM berekend worden. Het percentage lichaamsvet is

De ^{40}K -meting. In de hieronder afgebeelde whole body counter kan de γ -straling afkomstig van het radio-actieve ^{40}K in het menselijk lichaam gemeten worden. De whole body counter bestaat in principe uit een stralingsarme – met loodmuren afgeschermd – ruimte, een voor γ -straling gevoelig detector-systeem (op de foto zijn twee voor γ -straling gevoelige detectoren te zien), een elektronisch analyse-apparaat om de γ -straling naar energie te rangschikken (niet afgebeeld) en een bed, waarop de proefpersoon tijdens de meting kan liggen. (Foto: Reactor Centrum Nederland, Petten).





Huidploidiktemetingen. Met de hier getoonde Harpenden-huidploidiktemeter kan de dikte van huidplooien goed gemeten worden. Links is het meten van de huidplooï juist onder het schouderblad (de



sub-scapulaire huidploidikte), rechts de meting van de huidplooï juist boven de bekkenkam (de supra-iliacale huidploidikte) weergegeven. Op de schaal kan de dikte van de huidplooï afgelezen worden.

daarna snel bepaald. Van het natuurlijk voorkomend kalium bestaat een constante fractie, nl. 0,012% uit de radio-actieve nuclide* ^{40}K , die gamma-straling uitzendt met een energie van 1,46 MeV. Aangezien de verhouding tussen ^{40}K en het stabiele ^{39}K constant is, kan de totale hoeveelheid kalium in het menselijk lichaam – voornamelijk dus in de VVM – berekend worden indien de hoeveelheid ^{40}K bekend is. In een zgn. whole body counter wordt de door het menselijk lichaam uitgezonden gamma-straling opgevangen, die dan als maat gebruikt kan worden voor het aanwezige ^{40}K . Een whole body counter bestaat in principe uit:

- een stralingsarme ruimte, d.w.z. een door dikke loodmuren afgescheiden ruimte die afschermt tegen kosmische en andere straling (achtergrondstraling);
- een detector-systeem dat gevoelig is voor gammastraling;
- een elektronisch apparaat om de opgevangen gamma-straling naar energie te rangschikken, waardoor het mogelijk is om straling die afkomstig is van andere radio-actieve nucliden te onderscheiden;
- een bed of een stoel die opgesteld is in de stralingsarme ruimte en waarin de proefpersoon gedurende de meettijd (30 - 60 mi-

nuten) rustig kan liggen of zitten teneinde een ^{40}K -meting te ondergaan (zie de foto hiernaast). Na de meting van het ^{40}K kan zoals reeds vermeld werd, het totaal lichaamskalium berekend worden.

Huidplooï-metingen. Een aanzienlijk deel van het lichaamsvet is gelegen in het onderhuidse vetweefsel. Dit is op diverse plaatsen van het lichaam losjes verbonden met het daaronder liggende weefsel, meestal spieren. Op deze plaatsen kunnen huidplooïen goed opgepakt worden. Als het mogelijk is de dikte van één huidplooï te meten, kan daaruit de dikte van het onderhuidse vetweefsel op die plaats afgeleid worden. Indien men een groot aantal over het lichaam verspreide huidplooïen meet, geeft dit een goede indruk over de vetverdeling aan de buitenkant van het lichaam. In vele onderzoeken is er een nauw verband aangetoond tussen de dikte van bepaalde huidplooïen en het percentage lichaamsvet, zoals dat bijvoorbeeld met behulp van densitometrie werd gemeten. Op grond van deze vastgestelde nauwe relatie zijn er vele formules beschikbaar om na het meten van enkele huidploidikten het percentage vet tamelijk nauwkeurig te schatten. Hierboven is een veel gebruikte huidploidiktemeter te zien en het uitvoeren van de meting op enkele daarvoor bestemde lichaamsplaatsen. Na het aflezen van de dikte van één

* Zie J. A. R. J. Hulsman, 'Radionucliden in de medische diagnostiek', *Natuur en Techniek*, 1 (1974).

of meer huidplooiën is alleen nog raadpleging van de betreffende tabel nodig en men is op de hoogte van het percentage lichaamsvet.

Het vaststellen van een overgewicht door teveel aan lichaamsvet is met ingewikkelde laboratorium-apparaturen mogelijk geworden en deze metingen zijn bij grote bevolkingsgroepen dan ook in volle gang, zij het dat sommige van deze methoden voor massale toepassing nog in ontwikkeling zijn. Indien uit deze onderzoeken gemiddelde waarden resulteren, betekent dit nog altijd niet dat daarmee normale of ideale percentages lichaamsvet bekend zijn. Niettemin kan men toch wel voor jonge volwassenen stellen, dat een percentage lichaamsvet van meer dan 15% bij mannen en meer dan 25% bij vrouwen ongunstig genoemd moet worden.

Overgewicht en lopen

Waarom zijn hoge percentages lichaamsvet eigenlijk ongunstig? Voor de beantwoording van deze vraag is het nodig om na te gaan in hoeverre een teveel aan vet ongunstig kan zijn voor de fysiologische processen en andere fysieke gesteldheden van het lichaam.

Een groot gedeelte van de fysieke activiteit bij het dagelijks werk of bij vele sporten bestaat uit *lopen* en het is daarom belangrijk na te gaan wat het effect van overtollig lichaamsvet op het energieverbruik tijdens het lopen is. In Fig. 6 is het verband tussen de snelheid van lopen en het energie-verbruik per minuut weergegeven, waarbij opvalt dat het energie-verbruik exponentieel toeneemt bij snelheden boven 9 à 10 km per uur. Bij lagere loopsnelheden is dit verband namelijk ongeveer lineair.

Aangezien overtollig lichaamsvet als een extra last meedragen moet worden, zal er uiteraard een verband moeten bestaan tussen het gewicht van die last en het energie-verbruik per minuut. Uit Fig. 7 blijkt dat bij de hoogste loopsnelheid – 6 km per uur – het energieverbruik sterker toeneemt dan bij 4 km per uur, en verder dat het dragen van 20 kg last bij 6 km per uur neerkomt op een verhoging van het energieverbruik met ca. 35%. Dit betekent dan ook dat bij bijvoorbeeld 20 kg overtollig lichaamsvet, dit teveel tot een onevenredig sterke toename in het energieverbruik leidt. Onder die omstandigheden worden het hart en het overige circulatiesysteem, alsook de longen

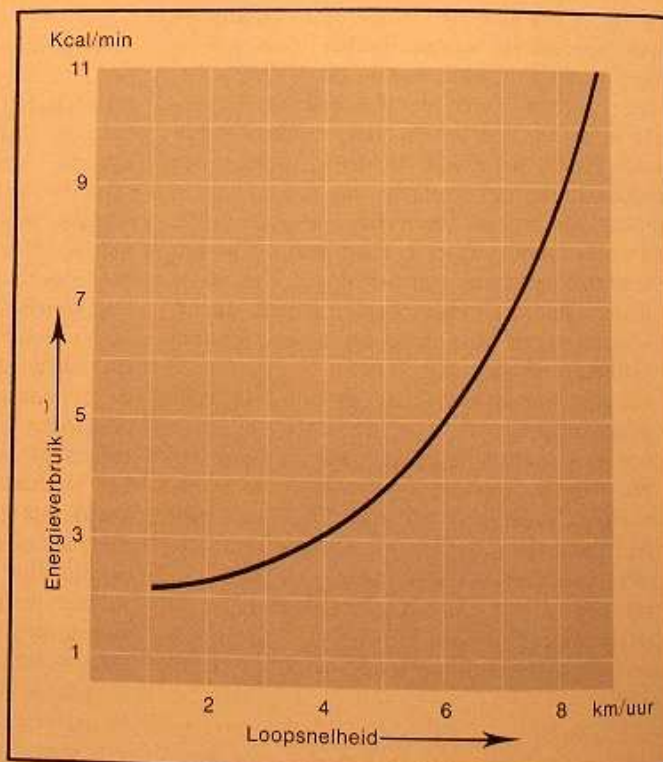


Fig. 6. De relatie tussen het energieverbruik en de loopsnelheid.

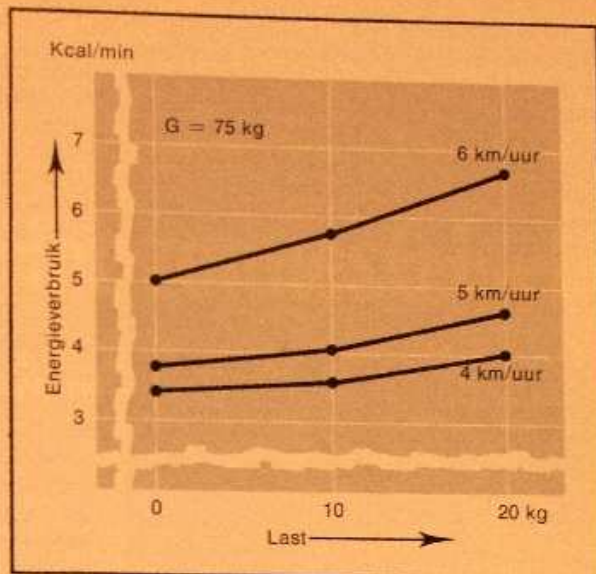


Fig. 7. Het energieverbruik tijdens het dragen van een last (0, 10 en 20 kg) bij 3 loopsnelheden (4, 5 en 6 km per uur).

overmatig zwaar belast. In de praktijk betekent dat vaak dat degenen die met overgewicht kampen, daarom minder zin krijgen in fysieke activiteit, welke die ook is.

Een gewone arbeid betekent voor de man of vrouw met overgewicht reeds een maximale belasting van het hart, de circulatie en de longen. Er kan dan snel een vicieuze cirkel ontstaan als juist deze mensen fysieke arbeid gaan schuwen, op zich een factor die zoals wij gezien hebben weer leidt tot verergering van het reeds bestaande overgewicht. Nog veel erger begint de extra te dragen vetlast mee te tellen als men bijvoorbeeld een trap oploopt of een hellende weg bestijgt. Het feit dat mensen met overgewicht — eenmaal bovengemaakt — staan te hijgen alsof zij ieder moment zullen bezwijken, komt doordat zij eigenlijk een veel te zware arbeid verricht hebben. De dikkerd heeft aan stevig doorlopen en bovenal traplopen uiteraard een enorme hekel, die heel goed te verklaren is want zijn organisme wordt onder dergelijke omstandigheden al gauw maximaal belast, terwijl personen met een gezond postuur bij dezelfde prestaties 50 - 60% van hun capaciteit leveren. Hierbij dienen wij er dan wel van uit te gaan dat de dikke mens — afgezien van zijn grote hoeveelheid lichaamsvet — geen andere kwalen heeft. Helaas hebben juist deze mensen óók nog te kampen met allerlei, soms verborgen kwalen die vaak primair terug

te brengen zijn op de fysiologische gevolgen van hun corpulentie, zoals hieronder zal blijken.

De schadelijke gevolgen van overgewicht

Uit de statistieken van levensverzekeringsmaatschappijen is bekend, dat het optreden van overgewicht vooral boven het vijfendertigste jaar de sterftekansen sterk vergroot. De gevolgen van de corpulentie voor bijvoorbeeld het hart en de bloedvaten, o.a. de kransslagaderen (coronair systeem), worden bij lijdende aan overgewicht en vetzucht frequenter aangetroffen dan bij gezonden. In hoeverre de vetzucht primair oorzaak is van de coronaire aandoeningen is nog een vraag. Waarschijnlijk ligt een gemeenschappelijke oorzaak aan beide aandoeningen ten grondslag. Het verkeerde voedingspatroon van de lijder aan vetzucht zou tevens de oorzaak kunnen zijn van zijn dikte en zijn kransslagaderziekte (*coronairsclerose*). Indien de hartfunctie door de aandoening van de kransslagaderen beperkt wordt, betekent dit weer een dubbele handicap voor de lijder aan overgewicht. Niet alleen dat zijn prestatieniveau verlaagd wordt door zijn kransslagaderziekte, maar bovendien betekent zijn overtollige vetmassa dat de grens van zijn lichamelijke mogelijkheden reeds bij gewone dagelijkse bezigheden (ook traplopen) bereikt is.

Wat betreft de gevolgen van overgewicht

voor de longfunctie moeten wij de borst- en de buikademhaling onderscheiden. De vaak geweldig dikke buik – met als gevolg een slappe buikwand – zal de buikademhaling ongunstig beïnvloeden. Indien bovendien sprake is van longaandoeningen, die o.a. bestreden kunnen worden door een optimale ademhalingstechniek (yoga) dient overgewicht in dit kader het aller-eerst tegengegaan te worden.



Het verschil in lengte van de riemen illustreert dat het mogelijk is door een andere levenswijze gewichtsvermindering te bereiken. De man bracht zijn gewicht terug van 340 kg op 250 kg. Zijn huidige gewicht is niet bekend.

Foto's: Stern/Reinartz/ABC-Press (pag. 15); Anefo (pag. 16); Ger Dijkstra, Amsterdam (pag. 17); Erich Baumann, Ludwigsburg (pag. 23); Associated Press (pag. 30).

Overgewicht lijkt ook aandoeningen van de endocriene organen te kunnen bevorderen. Suikerziekte (*diabetes mellitus*) bijvoorbeeld komt bij vetzuchtigen belangrijk vaker voor dan bij magere personen. Omgekeerd: als oorzaak van vetzucht is vroeger wel een onvoldoende functie van bijvoorbeeld de schildklier aangewezen. In zeer zeldzame gevallen kan inderdaad een onvoldoende produktie van hormonen door de schildklier de oorzaak van overgewicht vormen. Bij schildklierdeficiëntie (*hypothyreoïdie*) kan een te laag stofwisselingsniveau – met name een verlaagd basaal-metabolisme – vastgesteld worden. Na meting van dit grondmetabolisme in kcal per 24 uur wordt deze waarde berekend per kg lichaamsgewicht. Bij mensen met overgewicht worden ook zeer lage waarden voor het basaal-metabolisme per kg lichaamsgewicht gevonden. Ten onrechte werd dit vroeger toegeschreven aan hypothyreoïdie. Berekenen wij het basaal-metabolisme per kg vetvrije massa (VVM), dan blijkt géén verschil te bestaan tussen dikke mensen en magere mensen. Het verschil in de normaalwaarden voor het basaal-metabolisme per kg lichaamsgewicht tussen mannen en vrouwen – reeds lang bekend – vloeit voort uit het verschil in het gemiddelde percentage lichaamsvet en wordt niet veroorzaakt door een verschil in bijvoorbeeld de endocriene functies tussen de beide seksen.

De gevolgen van overgewicht voor onze bewegingsorganen, met name de gewrichten, kunnen ernstige vormen aannemen. Rug- en voetklachten worden bij lijdende aan overgewicht frequenter waargenomen. Door de uitpuilende buik ontstaat er een afwijkende houding met als gevolg een abnormaal sterke, voorwaartse kromming van de wervelkolom (*lordose*) in het lendengebied. Het overmatige lichaamsvet belast vooral bij het lopen de banden en gewrichten in zeer sterke mate, om maar te zwijgen van de schade die het springen voor deze organen van dikzakken oplevert.

De slotsom waartoe wij komen is de dwingende eis voor te zware mensen om te vermageren, waarbij het gewicht tot normale proporties wordt teruggebracht. Nog beter zou het zijn te voorkomen dan te genezen, namelijk door van jongs af aan een normaal lichaamsgewicht te handhaven. Dit kan een ieder die gezond is bereiken door voldoende tijd voor lichaamsbeweging te nemen en zich niet te laten verleiden tot een overdreven motorisering van zijn verplaatsingen!