

Academiejaar: 2004-2005

Opleiding + optie: Laboratorium- en voedingstechnologie
optie voedings- en dieetkunde

Naam en voornaam: Hanssens Evelyne

Titel eindwerk: Vergelijkende studie van methoden voor de bepaling van de lichaams-samenstelling bij obese jongeren.

Trefwoorden: lichaamssamenstelling, obesitas, huidploometing, bio-elektrische impedantie analyse

SAMENVATTING

Om een goed beeld te krijgen van de lichaamssamenstelling wordt het menselijk lichaam onderverdeeld in twee componenten: de vetvrije massa en de vetmassa.

Er bestaan verschillende methoden om de lichaamssamenstelling en het lichaamsgewicht te bepalen en te beoordelen. Deze methoden zijn onder te verdelen in antropometrische en niet-antropometrische methoden en worden in het theoretisch deel van dit eindwerk beschreven.

De doelstelling van het experimenteel deel is een vergelijkende studie te maken tussen de huidploomethode en de bio-elektrische impedantiemethode.

De metingen, nodig voor dit onderzoek, werden uitgevoerd op een obese populatie van twaalf- tot achttienjarigen die in het Zeepreventorium in De Haan een multidisciplinaire residentiële obesitasbehandeling krijgen. In totaal werden 341 metingen effectief gebruikt voor het onderzoek.

Om de huidploomethode en de impedantiemethode te vergelijken, werden d.m.v. statistiek de vetpercentages onderling vergeleken. Bij elke methode werd dit vetpercentage berekend door de meetwaarden (huidplooien en impedantie) in te vullen in populatiespecifieke voorspellingsformules. Voor de huidploomethode werd de formule van Slaughter gebruikt, voor de impedantiemethode werd de formule van Wabitsch gebruikt.

Men stelt vast dat de twee methoden een goede overeenkomst tonen. Men kan niet afleiden welke methode de beste is door het gebrek aan een gouden standaard. Wel kunnen enkele verschillen beschreven worden.

De huidploomethode zal bij lage vetpercentages een onderschatting van het vetpercentage geven ten opzichte van de impedantiemethode. Bij hoge vetpercentages zal de huidploomethode een overschatting geven van het vetpercentage ten opzichte van de impedantiemethode. De impedantiemethode zal systematisch iets hogere resultaten geven ten opzichte van de huidploomethode.

Ook blijkt uit de resultaten dat er voorzichtig omgegaan moet worden bij de classificatie van een individu op basis van zijn gewicht. Sommige methoden rekenen een individu tot een hogere klasse overgewicht terwijl andere methoden het individu als 'normaal gewicht' beschouwen. Zo zal de impedantiemethode een individu in een hogere klasse overgewicht plaatsen dan de BMI en de huidploomethode.

In de praktijk moet een methode om lichaamsvet te meten relevant, reproduceerbaar, valide en praktisch toepasbaar zijn afhankelijk van de situatie waarin de methode gebruikt moet worden.

WOORD VOORAF

Dit eindwerk werd geschreven in het kader van mijn opleiding voedings- en dieetleer. Bij het tot stand komen van dit eindwerk heb ik op de hulp van veel mensen mogen rekenen. Zonder hen was dit werk nooit kunnen worden wat het nu is. Ik wil deze mensen graag bedanken.

Vooreerst denk ik aan mijn eindwerkadviseur mevrouw Philips, diëtiste in het Zeepreventorium in De Haan. Ik dank haar voor haar uitzonderlijke goede begeleiding gedurende mijn eindwerk en stage. Enerzijds heeft zij mij veel ruimte gelaten om zelfstandig onderzoek te doen, anderzijds wist zij op de juiste momenten kritisch mee te denken, heeft zij me veel kennis bijgebracht en heeft ze steeds tijd vrijgemaakt om mij te helpen.

Ook mijn adviseur, mevrouw Genetello wil ik van harte bedanken. Samen met mevrouw Philips heeft ze mij aangemoedigd en ook heel concreet geholpen: elk deel van mijn eindwerk werd nauwkeurig gecorrigeerd en becommentarieerd.

Een speciaal woord van dank gaat naar Prof. Dr. Van Winckel. Ik dank haar voor haar hulp en tips bij de statistische verwerking van de onderzoeksgegevens. Ook meneer Van Huffel wil ik bedanken voor het nalezen van mijn experimenteel deel.

In een breder verband wil ik KaHo Sint-Lieven en alle docenten bedanken in de richting voedings- en dieetleer. Als studente, hebben zij mij met hun kennis en enthousiasme in de afgelopen jaren in grote mate gevormd.

“Last but not least” wil ik mijn ouders bedanken voor het feit dat zij mij de kans hebben gegeven om te kunnen studeren. Ik dank ze van harte voor hun morele en financiële steun doorheen mijn gehele opleiding.

Van harte bedankt aan allen!

1 INLEIDING

Het menselijk lichaam is samengesteld uit vier chemische basiscomponenten: water, eiwitten, mineralen en vet. Het onderzoek naar de lichaamssamenstelling kan zich dus richten naar elk van die componenten afzonderlijk of zich beperken tot de vetcomponent en de niet-vetcomponent (water, eiwitten en mineralen).

De meeste onderzoekers hebben zich echter hoofdzakelijk gericht op het meten of schatten van het lichaamsvet.

Dit is waarschijnlijk te verklaren door het stijgend aantal mensen met vetzucht (adipositas) in de afgelopen decennia. Op dit moment vormt dit als risicofactor voor onder andere hart- en vaatziekten en diabetes één van de belangrijkste problemen voor de volksgezondheid.

Naast de hoeveelheid is ook de verdeling van het lichaamsvet over het lichaam een belangrijke factor voor het bepalen van het morbiditeits- en mortaliteitsrisico van de patiënt. Het bepalen van het lichaamsvet is eveneens van belang om normen vast te stellen voor zwaarlijvigheid, om atypische groei bij kinderen vast te stellen en om het veranderen van voedingsgewoonten te controleren.

Aangezien er ook een negatieve correlatie bestaat tussen té veel vet en atletische prestaties, is er ook een zeer grote belangstelling naar lichaamssamenstelling vanuit de sportwereld. Zo kan men het vetgehalte van atleten bepalen, vergelijken met standaard vetpercentages van 'type'-atleten en eventuele vettoename of -verlies controleren (Braet e.a. 2002; Hulshof 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004; Pijl 2001).

Er bestaan verschillende methoden om de lichaamssamenstelling en het lichaamsgewicht te bepalen en te beoordelen. De belangrijkste methoden zijn: de Body Mass Index (BMI), omtrekmaten, huidplooiingen, bio-elektrische impedantie analyse (BIA), onderwaterweging, dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) en ultrasound (echografie) (Zelissen 2003).

In de praktijk worden vooral BMI, omtrekmaten, huidplooiingen en BIA-metingen gehanteerd om de evolutie in lichaamssamenstelling te bepalen. Aan de hand van tabellen of formules kan men berekenen met welk lichaamsvetpercentage de metingen overeenkomen.

Het theoretische deel van deze scriptie zal handelen over de verschillende methoden waarmee de lichaamssamenstelling kan bepaald worden.

In het praktische deel wordt een vergelijkende studie gemaakt tussen de bio-elektrische impedantie analyse en de huidplooimethode. Om dit onderzoek te realiseren wordt gebruik gemaakt van gegevens van een populatie adolescenten met overgewicht, in behandeling in het Zeepreventorium van De Haan.

Vervolgens zal uit de bespreking van de resultaten een algemeen besluit gevormd worden.

2 LICHAAMSSAMENSTELLING

Om een goed beeld te krijgen van de lichaamssamenstelling wordt het menselijk lichaam onderverdeeld in de vetvrije massa en de vetmassa.

Groei, leeftijd, ras, geslacht, beweging, voedingstoestand, medicatie en ziekte zijn factoren die de lichaamssamenstelling sterk beïnvloeden. Ook wordt de lichaamssamenstelling iedere dag beïnvloed door de energiebalans (Janssen 2004; Van Landeghem 2003).

2.1 VETVRIJE MASSA (LEAN BODY MASS)

De vetvrije massa omvat water, eiwitten en mineralen (botmassa), maar kan nauwkeuriger onderverdeeld worden in de lichaamscellen massa (Body Cell Mass) en het steuncompartiment (Extracellular Cell Mass).

2.1.1 De lichaamscellen massa (Body Cell Mass: BCM)

De lichaamscellen massa is het totaal aan cellen in het lichaam die zorgen voor de activiteit die nodig is voor de stofwisseling. Door deze cellen wordt het grootste deel van de zuurstof verbruikt, koolzuur geproduceerd, glucose geoxideerd, eiwitten opgebouwd en vinden andere stofwisselingsprocessen plaats.

De lichaamscellen massa bestaat ongeveer uit:

- 60% spierweefsel;
- 20% orgaanweefsel;
- 20% rode bloedcellen en steunweefselcellen (Heukelom 2004).

2.1.2 Het steuncompartiment (Extracellular Cell Mass)

Het steuncompartiment bevindt zich buiten het cellulaire compartiment (BCM), het omvat de vloeistoffen en het steunweefsel van het lichaam en is vrijwel niet betrokken bij de stofwisselingsprocessen in het lichaam. De primaire functie van het steuncompartiment is die van steun en transport.

Het steuncompartiment bestaat uit:

- de vloeistoffen buiten de cellen, zoals bloedplasma, lymfe, urine, weefselsappen;
- steunweefsel zoals botten, kraakbeen en pezen (Heukelom 2004).

Daar het verschil in botgewicht tussen personen wel kan oplopen tot 7 kilogram, is het beter om deze per individu apart te bepalen wanneer men de juiste lichaamssamenstelling wil kennen.

Het botgewicht is verschillend naargelang de leeftijd, het geslacht, de voeding en bepaalde ziekten.

Tijdens de kinderleeftijd neemt de botdichtheid toe, totdat de zogenaamde 'piekbotmassa' wordt bereikt rond het twintigste jaar.

De botdichtheid daalt sterk bij vrouwen vanaf de menopauze en daalt geleidelijk bij mannen tijdens het ouder worden, met soms osteoporose als gevolg. Daarom is een goede botopbouw tijdens de kinderleeftijd belangrijk voor een optimale piekbotmassa. Hoe hoger de piekbotmassa, hoe hoger de reserve op oudere leeftijd (Heukelom 2004; Timp 2004; Van Den Broecke 2003).

In verschillende tabellen kan men een schatting van het skeletgewicht terugvinden. Het type skeletgewicht wordt meestal boven de tabellen aangegeven met een onderverdeling in drie groepen: smal, gemiddeld of breed gebouwd, en is verschillend voor mannen en vrouwen. In bijlage 1 vindt men een voorbeeld van een lengte-breedte-gewichtstabel en een schatting van het skeletgewicht (Timp 2004).

2.2 VETMASSA (FAT MASS)

Lichaamsvet is de opgeslagen vorm van energiereserve, m.a.w. de energie die niet nodig is als brandstof voor het lichaam zal grotendeels worden opgeslagen in de vorm van vet. De vetmassa wordt meestal aangegeven als procent van het totale lichaamsgewicht.

Na de geboorte stijgt bij jongens en meisjes het vetgehalte geleidelijk. Aan het begin van de puberteit is het vetgehalte circa 17 %, waarna het bij de jongens daalt tot circa 12 % en dan geleidelijk toeneemt tot 15-20 % op volwassen leeftijd. Bij meisjes is er vanaf de puberteitsperiode een voortdurende stijging tot 25-30 % op volwassen leeftijd. Zo ziet men dat er vanaf de zuigelingenleeftijd tot aan de volwassenheid een belangrijke verschuiving optreedt in het aandeel van de verschillende weefsels in het totale lichaamsgewicht. Met het ouder worden neemt het aandeel van de vetmassa in het lichaamsgewicht toe en het aandeel van de spiermassa af. Die veranderingen in de lichaamssamenstelling verklaren vrijwel volledig de veranderingen in de energiebehoefte met de leeftijd.

In tabel 2.1 en 2.2 vindt men de streefwaarden terug van het percentage lichaamsvet voor mannen en vrouwen (Verheul-Koot e.a.1998).

Tabel 2.1 Streefwaarden van het percentage lichaamsvet voor volwassen mannen

| Leeftijd | Goed | Gemiddeld | Te hoog |
|--------------|--------|-----------|---------|
| 20 – 24 jaar | 14,9 % | 19,0 % | 23,3 % |
| 25 – 29 jaar | 16,5 % | 20,3 % | 24,3 % |
| 30 – 34 jaar | 18,0 % | 21,5 % | 25,2 % |
| 35 – 39 jaar | 19,3 % | 21,5 % | 25,2 % |
| 40 – 44 jaar | 20,5 % | 23,6 % | 26,9 % |
| 45 – 49 jaar | 21,5 % | 24,5 % | 27,6 % |
| 50 – 59 jaar | 22,7 % | 25,6 % | 28,7 % |
| 60 jaar | 23,2 % | 26,2 % | 29,3 % |

Tabel 2.2 Streefwaarden van het percentage lichaamsvet voor volwassen vrouwen

| Leeftijd | Goed | Gemiddeld | Te hoog |
|--------------|--------|-----------|---------|
| 20 – 24 jaar | 22,1 % | 25,0 % | 29,6 % |
| 25 – 29 jaar | 22,0 % | 25,4 % | 29,8 % |
| 30 – 34 jaar | 22,7 % | 26,4 % | 30,5 % |
| 35 – 39 jaar | 24,0 % | 27,7 % | 31,5 % |
| 40 – 44 jaar | 25,6 % | 29,3 % | 32,8 % |
| 45 – 49 jaar | 27,3 % | 30,9 % | 34,1 % |
| 50 – 59 jaar | 29,7 % | 33,1 % | 36,2 % |
| 60 jaar | 30,7 % | 34,0 % | 37,3 % |

Het risico voor de gezondheid wordt niet alleen bepaald door de totale hoeveelheid vet in het lichaam, maar ook door de verdeling van de overtollige vetmassa over de verschillende compartimenten. De laatste decennia hebben veel wetenschappelijke studies duidelijk gemaakt dat de plaats van het overtollige vet in het lichaam minstens even belangrijk is voor het bepalen van de kans op gezondheidsproblemen, als de totale hoeveelheid vetweefsel. Op grond van de vetverdeling kan men twee types onderscheiden die populair ook wel de ‘appeltypes’ en ‘peertypes’ worden genoemd.

Appeltypes hebben vooral vet in en rond de buik en peertypes hebben het meeste vet rond de heupen en de bovenbenen. Het appeltype komt meestal voor bij mannen en wordt ook ‘androïde vetverdeling’ genoemd. Het peertype wordt relatief vaak bij vrouwen gezien en wordt ook de ‘gynoïde vetverdeling’ genoemd.

Vetweefsel dat in de buikholte tussen de buikorganen is gelegen (intra-abdominaal vet), is metabool veel actiever dan vetweefsel vlak onder de huid (subcutaan vet) en rondom de heupen en bovenbenen (femorogluteaal vet).

Buikholtevet is daarom veel duidelijker met ziekte geassocieerd dan heupvet (Zelissen 2003). De vetcel produceert stoffen, waaronder vrije vetzuren, die ongunstig zijn voor de gezondheid. Zolang de vetvoorraad niet groter is dan ‘normaal’ hebben de metabole effecten van de vetcel geen merkbare invloeden op de gezondheid. Indien de vetvoorraad echter groter wordt, kunnen gezondheidsproblemen ontstaan (Pijl 2001).

Daarnaast heeft buikvet een grotere doorbloeding dan onderhuids vet en geeft het zijn stofwisselingsproducten direct af aan de vena porta, terwijl deze afkomstig uit onderhuids vet aan de grote bloedcirculatie worden afgegeven (Verheul-Koot 2002). Via de vena porta worden deze stofwisselingsproducten rechtstreeks naar de lever vervoerd die daardoor in sommige functies wordt gehinderd.

Dit alles kan aanleiding geven tot het ontstaan van het metabole syndroom (diabetes mellitus, hypertensie, hart-en vaatziekten, afwijkingen in bloedvetten).

Voor een goede schatting van het gezondheidsrisico is het dus van groot belang om ook geïnformeerd te zijn over de hoeveelheid vet in de buikholte (Zelissen 2003).

3 **METHODEN OM LICHAAMSSAMENSTELLING EN -GEWICHT TE BEPALEN EN TE BEOORDELEN**

Gedurende de voorbije vijftig jaar werden tal van methoden ontwikkeld om de lichaamssamenstelling te bepalen. Sommige procedures zijn omslachtig, vragen veel tijd en zijn duur (vb. ultrason, radiografie, DEXA), terwijl andere methoden betrekkelijk eenvoudig en goedkoop zijn (vb. omtrekmaten, huidplooiingen, BIA). De schatting van de menselijke lichaamssamenstelling zal nochtans altijd onzekerheden inhouden omdat bij mensen alleen indirecte, in vivo analyse methoden kunnen worden uitgevoerd.

Meetmethoden zijn onder te verdelen in antropometrische en niet-antropometrische methoden.

Tot de niet-antropometrische meetmethoden behoren onder andere de onderwaterweging, de bio-elektrische impedantie analyse en andere wetenschappelijke meetmethoden zoals de DEXA-meting (dual energy x-ray absorptiometry), de computertomografie, de MRI (magnetisch resonantie beeld), de airdisplacement plethysmografie, enz. Deze methoden zijn valide (goede sensitiviteit, specificiteit en goede referentiewaarden) en zijn reproduceerbaar om lichaamsvet te meten. Ze zijn geschikt voor wetenschappelijk onderzoek en zijn vooral van belang om andere meetmethoden gebaseerd op antropometrische gegevens te valideren. Antropometrische methoden zijn gebaseerd op lengte-, gewicht-, huidplooi- en omtrekmetingen. Deze methoden hebben een hoge correlatie met vet maar kunnen de vetmassa niet rechtstreeks meten. Zij zijn daarentegen algemeen toepasbaar, niet duur en relatief gemakkelijk uit te voeren. Deze methoden moeten wel op de juiste wijze onder gelijke, vastgestelde omstandigheden door goed getrainde mensen met geijkte meet-instrumenten plaatsvinden, willen zij een goede benadering vormen van de vetmassa in de gemeten persoon.

De diëtist(e) in de praktijk zal meestal gebruik maken van antropometrische methoden en de bio-elektrische impedantie analyse (BIA). Vooral deze laatste methode lijkt aan succes te winnen gedurende de afgelopen jaren.

De meest exacte methoden blijken ook de duurste te zijn en een stralingsbelasting met zich mee te brengen. Meestal volgt men echter de evolutie in lichaamssamenstelling en is een zeer precieze methode niet echt vereist. Wel dient de meting steeds op dezelfde standaardwijze te gebeuren, door een ervaren persoon met vereiste meetvaardigheid (Vansant 1999).

3.1 **ANTROPOMETRISCHE METHODEN**

3.1.1 **Body Mass Index**

De meting van het lichaamsgewicht is in principe de minst nauwkeurige methode om de lichaamssamenstelling te bepalen. Toch blijkt uit vele onderzoeken dat er een duidelijk verband bestaat tussen de grootte van de vetmassa en het lichaamsgewicht, zolang men ook rekening houdt met de lichaamslengte en bepaalde populaties (sporters, kinderen, bejaarden). Hiervoor heeft de Belg Quetelet in de negentiende eeuw een formule ontwikkeld: de Quetelet-index, maar tegenwoordig wordt deze formule meestal de Body Mass Index (BMI) genoemd (Zelissen 2003).

3.1.1.1 Formule

De BMI wordt bepaald door het lichaamsgewicht (kg) te delen door de gekwadrateerde lengte (m²).

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \text{lichaamsgewicht (kg)} / \text{lengte}^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

De BMI kan ook met behulp van een nomogram bepaald worden (zie figuur 3.2). Deze maat is dus eenvoudig te berekenen en correleert beter met de hoeveelheid lichaamsvet dan het lichaamsgewicht alleen doordat er rekening wordt gehouden met de lengte (Braet e.a. 2002).

3.1.1.2 Indeling op basis van de BMI

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een indeling gemaakt op grond van de BMI in relatie tot de kans op gezondheidsproblemen die samenhangen met een te grote hoeveelheid lichaamsvet.

Deze indeling geldt voor blanke volwassenen van westerse afkomst van 18 tot ongeveer 70 jaar. Voor kinderen, adolescenten, zwangeren, mensen met oedeem, mensen met osteoporose en sporters is deze indeling niet van toepassing. Boven de 70 jaar is de relatie tussen de BMI en de gezondheid minder duidelijk. Ook voor andere bevolkingsgroepen, zoals Aziaten en Afrikanen, gelden andere grenswaarden. Dat heeft te maken met een andere lichaamsbouw. Over deze grenswaarden is nog discussie. Duidelijk is wel dat bij Aziatische bevolkingsgroepen reeds bij lagere waarden sprake is van een verhoogd gezondheidsrisico (Giri 2004; Stichting Voedingscentrum Nederland 2004; Zelissen 2003).

Tabel 3.1 De indeling van de BMI voor volwassenen volgens de WHO (BASO)

| Categorie | BMI | Gezondheidsrisico |
|-----------------------------|------------|---|
| ondergewicht | <18,5 | laag (wel verhoogde kans op andere ziekten) |
| normaal gewicht | 18,5-24,9 | gemiddeld |
| overgewicht | 25-29,9 | licht verhoogd |
| obesitas (graad 1) | 30-34,9 | matig verhoogd |
| ernstige obesitas (graad 2) | 35-39,9 | ernstig verhoogd |
| morbide obesitas (graad 3) | >40 | zeer ernstig verhoogd |

Zoals uit de tabel duidelijk blijkt, neemt het gezondheidsrisico toe naarmate de BMI hoger is.

3.1.1.3 Het bepalen van lichaamssamenstelling bij volwassenen op basis van de BMI

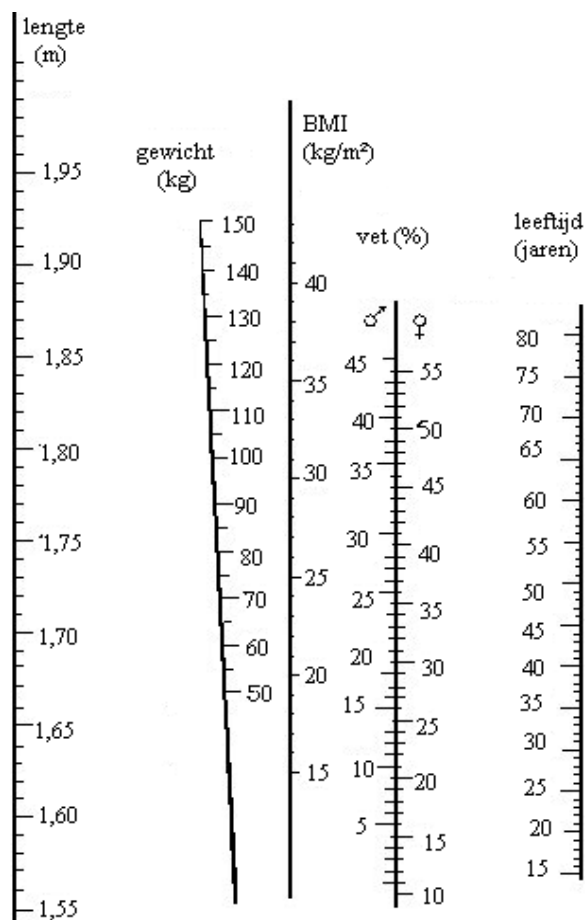
Volgens verschillende studies kan vetmassa berekend worden aan de hand van de BMI. De formules zijn gebaseerd op de resultaten van de densitometrie;

$$\begin{aligned} \% \text{ lichaamsvet} &= 1,20 \times \text{BMI} + 0,23 \times \text{leeftijd} - 10,8 \times S - 5,4 \\ & \text{(S = geslacht; 1 voor man, 0 voor vrouw)} \end{aligned}$$

Om het nog gebruiksvriendelijker te maken kunnen deze formules ook weergegeven worden onder de vorm van een nomogram (figuur 3.2).

Vergelijkende studies tonen aan dat resultaten van de lichaamssamenstelling bepaald met het nomogram zeer goed overeenkomen met deze van de impedantiemeting en goed overeenkomen met de huidplooiemetingen.

Werkwijze van het nomogram: een schatting van het vetpercentage van het lichaamsgewicht is te maken door een lijn van het huidige gewicht naar de huidige lengte te trekken en de BMI te markeren. Vanaf de gevonden BMI wordt een tweede lijn getrokken naar de leeftijd. Het vetpercentage is dan te lezen op de tussenliggende lijn. Links van de lijn voor de mannen en rechts voor de vrouwen (Vansant 1999).



Figuur 3.2 Nomogram voor het bepalen van de lichaamssamenstelling bij volwassenen op basis van de Body Mass Index

3.1.1.4 Voordelen van de BMI

Voordelen van de BMI zijn:

- voor het overgrote deel van de mensen is de BMI een betrouwbare maat voor de hoeveelheid lichaamsvet;

- de BMI is zeer eenvoudig te bepalen en niet belastend voor de patiënt, over- of ondergewicht is onmiddellijk af te leiden uit de waarde van de BMI;
- de methode is zeer goedkoop en eist enkel de beschikbaarheid van een weegschaal en meetlat (Zelissen 2003).

3.1.1.5 Nadelen van de BMI

Nadelen van de BMI zijn:

- de BMI alleen is geen geschikte maat voor de schatting van het vetpercentage bij kinderen;
- bij oudere mensen moet men de BMI met enige voorzichtigheid gebruiken omdat in deze groep het vetpercentage door de BMI wordt onderschat. Ouder worden gaat gepaard met veranderingen in de bouw van het lichaam, de samenstelling en de vetverdeling. Zo daalt het gewicht in verhouding tot de lengte. De hoeveelheid vet in de buikholte neemt toe, die op benen en armen neemt af. Hierdoor moeten de grenswaarden voor de BMI vanaf ongeveer 70 jaar met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden;
- mensen die zeer gespierd zijn (zoals topsporters) kunnen een hoge BMI hebben terwijl er geen sprake is van te veel vetweefsel;
- mensen met dezelfde BMI hebben hiervoor niet hetzelfde lichaamsvetpercentage;
- ook bij zwangere en lacterende vrouwen is de BMI niet van toepassing;
- bij mensen met oedeem en osteoporose is de BMI geen geschikte maat;
- de BMI vertoont een relatie met de hoeveelheid lichaamsvet, maar de BMI-waarden geven de vetverdeling niet aan (Janssen 2004; Stichting Voedingscentrum Nederland 2004; Zelissen 2003).

3.1.1.6 BMI bij kinderen

Bij kinderen geldt dat lengte, gewicht en dus ook BMI sterk afhankelijk zijn van de leeftijd, de groei en ontwikkelingsstadia die kinderen doormaken. Ook het geslacht speelt een rol. Het is daarom niet mogelijk de BMI classificatie van volwassenen bij kinderen te gebruiken. Toch blijkt de BMI nuttig te zijn als deze gebruikt wordt in combinatie met de percentiellijnen van groeidiagrammen die voor zowel jongens als meisjes bestaan. Daarop kunnen de lengtegroei en de toename van het gewicht in relatie tot de lengte worden vastgelegd (Zelissen 2003). Een voorbeeld hiervan kan in bijlage 2 en 3 teruggevonden worden.

Op deze diagrammen zijn percentiellijnen (P) getekend die de groei en gewichtstoename ten opzichte van de leeftijd aangeven. Meestal worden de P3, P10, P25, P50, P75, P90 en P97 weergegeven. Drie procent van de normale kinderen hebben een gewicht dat lager is dan de derde percentiel. De helft van de kinderen heeft een gewicht lager dan de vijftigste percentiel, de andere helft een gewicht hoger dan de vijftigste percentiel. Opnieuw drie procent heeft een gewicht dat hoger is dan de 97^{ste} percentiel, en 97 procent heeft een gewicht lager dan de 97^{ste} percentiel.

Een BMI tussen percentiel 85 en 95 wordt als overgewicht beschouwd. Bij een percentiel hoger dan 95 is er sprake van obesitas (Van Mol 2004). Het hanteren van deze definitie heeft

als nadeel dat het aantal kinderen met overgewicht en obesitas op voorhand is bepaald, respectievelijk 10% en 5%. Daarom wordt gepleit om als grenswaarde voor overgewicht de percentiel te gebruiken dat op de leeftijd van 16 jaar overeenkomt met BMI 25, en voor obesitas de percentiel dat op de leeftijd van 16 jaar overeenkomt met BMI 30.

Ook via de tabel gerealiseerd in het kader van de National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) kan men de gemiddelde BMI voor leeftijd en geslacht bij kinderen bepalen. Deze tabel kan in bijlage 4 teruggevonden worden.

Vervolgens kan men de BMI of het actuele gewicht delen door respectievelijk de gemiddelde BMI of het gemiddelde gewicht (50^{ste} percentiel) voor een bepaalde leeftijd en geslacht. Vermenigvuldigt men dit getal met 100 dan krijgt men voor:

- < 90% = ondergewicht;
- 90% - 120% = normaal;
- 120% - 140% = overgewicht;
- 140% - 160% = obesitas;
- > 160% = ernstige obesitas (Braet e.a. 2002; Van Winckel 1995).

Ten slotte is het aan te raden om naast de BMI-waarden ook de groeidiagrammen te blijven hanteren (gewicht-naar-lengte-curven of -tabellen). Zij zeggen immers meer over de algemene gezondheidstoestand van een kind en vormen een belangrijk hulpmiddel om na te gaan of een kind geen groei- of gewichtsachterstand heeft voor zijn leeftijd (Van Mol 2004).

3.1.2 Omtrekmeting

Omtrekmetingen zijn een zeer betrouwbare maat die een indicatie geven van de hoeveelheid vet en spiermassa in het lichaam. Men kan zowel de middelomtrek, heupomtrek, omtrek t.h.v. de navel, bovenarmspieromtrek, dijomtrek en polsomtrek bepalen. Een beschrijving van de belangrijkste hiervan volgt hieronder.

3.1.2.1 Middelomtrek

De meest gebruikte omtrekmeting is de middelomtrekmeting.

Deze omtrekmeting is een indirecte meetmethode voor overgewicht, berustend op het meten van de verhoogde hoeveelheid abdominaal vet (Bulk-Bunsschoten e.a. 2004). Een hoge middelomtrek is geassocieerd met een toegenomen risico voor type 2 diabetes en verschillende cardiovasculaire risicofactoren zoals oa. dyslipidemie en hypertensie. Hoewel middelomtrek en BMI met elkaar gecorreleerd zijn, is de middelomtrek een onafhankelijke voorspellende factor. BMI en middelomtrek dienen niet enkel gemeten te worden bij het diagnosticeren van overgewicht en obesitas, maar ook bij het inschatten van het effect van gewichtsverlies op de hoeveelheid abdominaal vet (Braet e.a. 2002).

Werking en indeling van de middelomtrek

Voor het meten van het abdominaal vet bestaan er zeer nauwkeurige methoden zoals de ‘computed tomography’ (CT-scan) en de magnetische resonantie (MRI) (Braet e.a. 2002). Deze onderzoeken hebben het nadeel dat er geavanceerde apparatuur voor nodig is en dat de kosten relatief hoog zijn, bijgevolg worden deze enkel voor wetenschappelijk onderzoek gebruikt.

Een zeer eenvoudige en goedkope methode om de hoeveelheid abdominaal vet te schatten, maakt gebruik van een overal aanwezig apparaat, namelijk de lintmeter (Zelissen 2003).

De middelomtrek wordt gemeten op het middelpunt tussen de onderste rib en de crista iliaca (bovenste deel van het bekken). Voor het correct aflezen mag de lintmeter de huid niet samendrukken en moet deze evenwijdig zijn met de grond. De meting gebeurt op het einde van een normale uitademing. De juiste plaats voor de meting wordt in bijlage 5 afgebeeld (Braet e.a. 2002).

Uit een aantal onderzoeken blijkt dat er een goede relatie bestaat tussen de hoeveelheid buikvet en de middelomtrek.

Ook met betrekking tot de vetverdeling kan een indeling worden gegeven die de relatie weergeeft tussen middelomtrek en de kans op een aantal ziekten die hiermee samenhangen (Zelissen 2003). Dit wordt weergegeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3 Classificatie op basis van de middelomtrek: relatie tussen de middelomtrek en gezondheidsrisico's (Braet e.a. 2002)

| | Verhoogd risico | Sterk verhoogd risico |
|----------------|------------------------|------------------------------|
| Mannen | ≥ 94 cm | ≥ 102 cm |
| Vrouwen | ≥ 80 cm | ≥ 88 cm |

Het is dus belangrijk dat men zich realiseert dat de vetverdeling een belangrijke rol speelt bij het bepalen van het gezondheidsrisico.

Tot voor kort bepaalde men ook vaak de verhouding tussen de middelomtrek en de heupomtrek (middel-heupomtrek-ratio) teneinde de vetverdeling te karakteriseren. De heupomtrek wordt in dat geval gemeten ter hoogte van het punt waar de heupen het breedst zijn.

De middel-heupomtrek-ratio wordt eenvoudig berekend door de middelomtrek te delen door de heupomtrek. De middel-heupomtrek-ratio weerspiegelt de hoeveelheid vet die zich in de buikholte bevindt in verhouding tot de vetmassa rond de heupen.

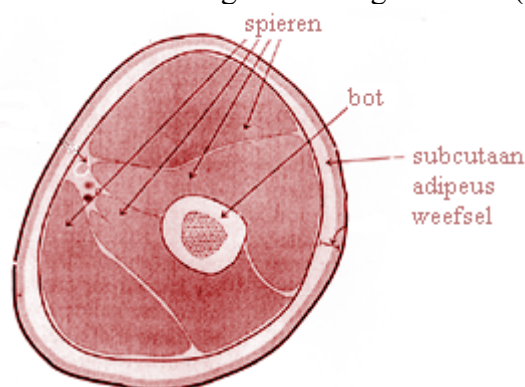
Bij vrouwen is deze ratio in normale omstandigheden kleiner dan 0,8 en bij mannen kleiner dan 1,0. Bij hogere waarden is er sprake van een ongezonde vetverdeling van het appeltje. Aangezien het meten van de middelomtrek evenveel informatie blijkt te geven als het berekenen van de middel-heupomtrek-ratio wordt dit laatste steeds minder gehanteerd (Zelissen 2003).

3.1.2.2 Bovenarmspieromtrek

De bovenarmspieromtrek is in combinatie met de huidplooidikte van de triceps een maat voor de spiermassa en vetmassa in het lichaam.

Samen geven ze een betere schatting van de totale lichaamsvetmassa dan enkel een huidplooi. Bij deze methode gaat men ervan uit dat de gemeten spieromtrek representatief is voor het hele lichaam, dat er een gelijke vetverdeling is rondom de arm en dat er sprake is van een constante hoeveelheid bot ten opzichte van het spieroppervlak.

De dikte van de tricepshuidplooi en de omvang van de bovenarm nemen af door ondervoeding. Door herhaald meten kan een indicatie verkregen worden over verandering in lichaamssamenstelling en voedingstoestand (Soeters e.a. 2004).



Figuur 3.4 Doorsnede en samenstelling van de bovenarm

Werking

De methode is makkelijk uit te voeren en wordt bepaald door middel van een lintmeter. Men bepaalt het midden tussen de schouder top en de elleboog van de rechterarm en meet op deze hoogte de omtrek van de bovenarm zonder het meetlint aan te trekken. Hiervoor laat de patiënt zijn arm ontspannen langs zijn lichaam hangen.

Frisancho A.R. (1981) heeft tabellen met percentielen opgesteld waarbij de gemeten bovenarm(spier)omtrek vergeleken kan worden met gemiddelde waarden om zo ondervoeding of overvoeding na te gaan (zie bijlage 6). Mc. Whirter heeft in zijn onderzoek aangetoond dat bij een bovenarmomtrek beneden de P15 aangenomen kan worden dat er sprake is van ondervoeding en onder de P5 van ernstige ondervoeding. Deze waarden zijn echter geen betrouwbare maatstaf. Ook al is de bovenarmomtrek groter dan P15, toch kan er reeds sprake zijn van ondervoeding. Het *verloop* van deze waarde is dan ook een betere maat voor de voedingstoestand (Soeters e.a.).

3.1.2.3 Polsomtrek

Aan de hand van de polsomtrek kan men de lichaamsbouw afleiden.

De polsometrek meet men over de botten van de pols met een meetlint. Aan de hand van de volgende formule bepaalt men de waarde waarmee in tabel 3.5 de lichaamsbouw kan worden afgelezen: lichaamslengte (cm) / polsometrek (cm).

Tabel 3.5 Lichaamsbouw aan de hand van polsometrek

| Geslacht | Smal gebouwd | Normaal gebouwd | Breed gebouwd |
|-----------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| Man | >10,4 | 10,4-9,6 | <9,6 |
| Vrouw | >10,9 | 10,9-9,9 | <9,9 |

De lichaamsbouw kan ook door middel van elleboogbreedte en kniebreedte bepaald worden maar dit wordt in deze thesis niet verder uiteengezet. Deze methoden worden immers weinig of niet gebruikt bij de bepaling van de lichaamssamenstelling (Soeters e.a.2004).

3.1.2.4 Voordelen van de omtrekmetingen

Voordelen van de omtrekmetingen zijn:

- de methode is makkelijk uit te voeren;
- de methode is weinig belastend voor de patiënt;
- de methode is goedkoop: enkel de beschikbaarheid van een meetlint is vereist;
- buikometkingen zijn betrouwbaar: mits het juist uitvoeren van de metingen is er een goede relatie aangetoond tussen de hoeveelheid buikvet en de buikometking;
- de middelometking kan op zeer korte tijd de vetverdeling vaststellen en de hiermee gerelateerde gezondheidsrisico's inschatten;
- de bovenarmspierometking is een goede maat om ondervoeding vast te stellen (Soeters e.a. 2004; Zelissen 2003).

De middelometkingen zijn voor het ogenblik de meest gebruikte metingen bij het bepalen van de aard en de ernst van overgewicht en obesitas (Trayhurn 2004).

3.1.2.5 Nadelen van de omtrekmetingen

Nadelen van de omtrekmetingen zijn:

- de resultaten zijn niet betrouwbaar voor patiënten met oedeem;
- de bovenarmspierometking is evenmin betrouwbaar voor mensen met spierziekten of immobiliteit;
- de bovenarmspierometking wordt meestal gecombineerd met huidplooiometingen, en wordt best gebruikt als bijkomende informatie om de voedingstoestand te beoordelen (Soeters e.a. 2004).

3.1.2.6 Omtrekmetingen bij kinderen

De laatste tijd ontstaat steeds meer belangstelling om de buikomvang als maat te gebruiken bij kinderen. Op dit moment zijn er echter nauwelijks studies gebeurd naar taille en heupometking

bij kinderen. Lichaamsvetverdeling bij kinderen is nog niet longitudinaal gevolgd en daarom is het nog niet duidelijk welke risico's er voor kinderen met abdominaal vet gelden. De vetverdeling bij kinderen is immers ook niet constant: bij jonge kinderen bevindt het vet zich namelijk perifeer en verschuift tijdens de adolescentieperiode naar de centrale gedeelten (buik en heupen).

De eerste gegevens rond dit onderwerp zijn veelbelovend. Een Italiaanse en Engelse publicatie geven een aanzet tot de ontwikkeling van groeidiagrammen voor de buikomvang bij kinderen.

Deze metingen worden voorlopig beter gebruikt als aanvulling op de BMI. Tailleomtrek hangt samen met BMI en is mogelijk een betere voorspeller van latere gezondheidsrisico's dan de BMI (van Wezel e.a. 2004; Verheul-Koot 2002).

Armometingen worden vaak bij kinderen toegepast om ondervoeding na te gaan (bv. in de Derde Wereld landen). Naast de gewone armometrek bestaan er ook grafieken: armometrek-voor-leeftijd en armometrek-voor-lengte (bijlage 6).

3.1.3 Huidplooiemeting

3.1.3.1 Werking en principe van de huidplooiemeting

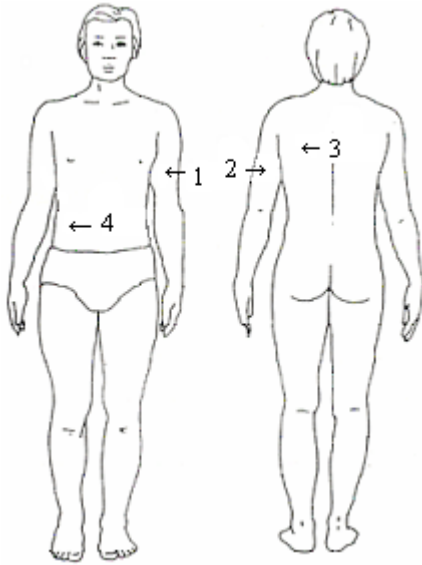
Het meten van huidplooiën is licht belastend, goedkoop en relatief gemakkelijk toe te passen. Enkel het gebruik van een vet- of huidplooi-caliper is vereist.

Een huidplooidikte (HPD) bestaat uit twee lagen huid en twee lagen onderhuids vet waarvan de dikte wordt gemeten met een HPD-meter of een vetcaliper.

De metingen zijn gebaseerd op de veronderstelling dat het vet regelmatig verdeeld is over het lichaam en dat de geselecteerde meetplaatsen representatief zijn voor de gemiddelde dikte van het onderhuids vetweefsel (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

Om een schatting te maken van het totale lichaamsvet worden meestal vier huidplooiën gemeten (figuur 3.6):

- 1) de bicepshuidplooi (voorkant, midden bovenarm);
- 2) de tricepshuidplooi (achterkant, midden bovenarm);
- 3) de subscapulaire huidplooi (onder het punt van het schouderblad);
- 4) de supra-iliacale huidplooi (vlak boven de bovenrand van het heupbeen) (Soeters e.a. 2004).



Figuur 3.6 Plaats van de vier meest gebruikte huidplooien bij huidplooiemetingen

Verder kan men ook de buikhuidplooï, de dijhuidplooï, de kuithuidplooï en de borsthuidplooï meten, maar dit wordt minder toegepast.

Uit de som van de eerste vier huidplooien kan met behulp van specifieke formules of tabellen het individuele vetpercentage geschat worden. Met behulp van referentietabellen kan er dus bij een gegeven leeftijd en geslacht een schatting worden gemaakt van de vetmassa en de vetvrije massa in het lichaam. Op deze manier kan men overgewicht en obesitas opsporen, de evolutie van de lichaamssamenstelling volgen in functie van de tijd, maar anderzijds kan op deze manier ook ondervoeding gedetecteerd worden (Soeters e.a. 2004).

De referentietabellen zijn verschillend voor mannen en vrouwen. Een voorbeeld hiervan wordt in tabel 3.7 teruggevonden. Gedetailleerde gegevens kunnen in de tabel van Durnin en Womersley in bijlage 7 teruggevonden worden.

Tabel 3.7 Schatting de vetmassa (kg), uitgaande van de som van de vier huidplooien (biceps, triceps, subscapulaïr en supra-iliacaal) bij mannen en vrouwen op verschillende leeftijden (Van Landeghem 2003)

| | dikte huidplooï in mm (som) | mannen, jaren | | | | vrouwen, jaren | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------|-------|-------|------|----------------|-------|-------|------|
| | | 17-29 | 30-39 | 40-49 | 50+ | 16-29 | 30-39 | 40-49 | 50+ |
| mager | 20 | 8,1 | 12,1 | 12,2 | 12,6 | 14,1 | 17,0 | 19,8 | 21,4 |
| normaal | 30 | 12,9 | 16,2 | 17,7 | 18,6 | 19,5 | 21,8 | 24,5 | 26,6 |
| | 40 | 16,4 | 19,2 | 21,4 | 22,9 | 23,4 | 25,5 | 28,2 | 30,3 |
| tamelijk dik tot dik | 50 | 19,0 | 21,5 | 24,6 | 26,5 | 26,5 | 28,2 | 31,0 | 33,4 |
| | 60 | 21,2 | 23,5 | 27,1 | 29,9 | 29,1 | 30,6 | 33,2 | 35,7 |
| | 70 | 23,1 | 25,1 | 29,3 | 31,6 | 31,2 | 32,5 | 35,0 | 37,7 |
| | 80 | 24,8 | 26,6 | 31,2 | 33,8 | 33,1 | 34,3 | 36,7 | 39,6 |
| vet | 90 | 26,2 | 27,8 | 33,0 | 35,8 | 34,8 | 35,8 | 38,3 | 41,2 |
| | 100 | 27,6 | 29,0 | 34,4 | 37,4 | 36,4 | 37,2 | 39,7 | 42,6 |

Als gevolg van onvermijdelijke menselijke variaties bestaan er in de literatuur ook een hele reeks formules om het percentage vet te voorspellen aan de hand van een reeks antropometrische variabelen. Deze formules kunnen bruikbare schattingen geven voor groepen (vb. atleten, sedentaire personen, kinderen...), maar zijn minder betrouwbaar voor individuele voorspellingen. Er wordt dan ook aanbevolen om de ruwe huidplooiingen te gebruiken en te interpreteren, eerder dan ze om te zetten naar percentages vet (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.1.3.2 Meetinstrumenten

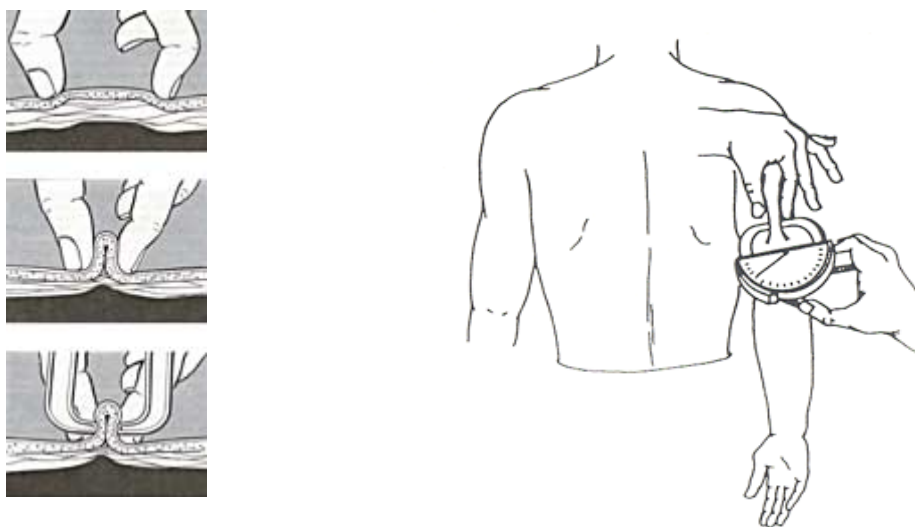
HPD-meters of vetcalipers zijn gekalibreerde instrumenten met een constante druk tussen de caliperlippen. Er bestaan zeer nauwkeurige calipers die meten tot op 0,1-0,5 mm, dit zijn de duurste, en minder nauwkeurige die meten tot op 1 mm.

Men dient een vaste greep huid en een hoeveelheid onderhuids vet vast te grijpen tussen duim en wijsvinger, volgens de lengterichting van de spiervezels. Vervolgens plaatst men de caliperlippen zodanig dat de druk op de huidplooi uitgeoefend wordt door de contactoppervlakken van het instrument en niet door de vingers van de onderzoeker. De caliperlippen dienen steeds loodrecht te staan op de huidplooi. De diepte waarin de caliperlippen in de huidplooi moeten geplaatst worden is afhankelijk van de dikte van de huid. Bij een dunne huid kan dit 1 cm bedragen, bij een dikkere huid iets meer.

Het aflezen gebeurt nadat de 'trekker' van het instrument losgelaten is door de vingers, dus wanneer de caliperlippen een maximale druk uitoefenen op de huidplooi. Meestal gebeurt de aflezing na 2-3 seconden.

Bij het meten van obese personen zal stevig drukken van duim en wijsvinger grote uitwijkingen van de naald verminderen.

De objectiviteit van de meting kan verhoogd worden als er vooraf gestandaardiseerde merkpunten op het lichaam geplaatst worden, vb. het midden van de dij (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).



Figuur 3.8 Toepassing van een huidplooiemeting

3.1.3.3 Voordelen van de huidplooiemeting

Voordelen van de huidplooiemeting zijn:

- deze methode is goedkoop. Enkel het gebruik van een vet- of huidplooi-caliper is vereist;
- deze methode is eenvoudig maar levert toch vrij nauwkeurige meetresultaten;
- de methode is weinig omslachtig en vergt weinig tijd;
- aan de hand van referentietabellen en specifieke formules kan het percentage lichaamsvet gemakkelijk berekend worden (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.1.3.4 Nadelen van de huidplooiemeting

Nadelen van de huidplooiemeting zijn:

- hoewel deze methode makkelijk toe te passen is, vraagt de meting toch heel wat ervaring vooraleer er sprake kan zijn van hoge objectiviteit;
- er is variatie in metingen die met verschillende soorten calipers worden uitgevoerd;
- de betrouwbaarheid van de metingen is afhankelijk van de persoon die de meting uitvoert, van de plaats waar de huidplooidiktes worden gemeten en van de meettechnieken;
- er is een biologische variabiliteit: de hoeveelheid subcutaan vet varieert met leeftijd, geslacht en ras; ook de samendrukbaarheid van de huidplooi is leeftijdsgebonden. Bij ouderen zijn metingen minder betrouwbaar omdat de huidturgor vaak verminderd is en de spieren slapper zijn. Hierdoor is de kans dat er ten onrechte spieren in de huidplooi worden meegenomen groter;
- bij bepaalde ziekten en aandoeningen zoals chronische spierziekten, dehydratatie en oedeemvorming geeft deze parameter geen betrouwbare waarde, toch is de tricepshuidplooi de meest betrouwbare aangezien oedeem in de bovenarm niet vaak voorkomt (Van Landeghem 2004);
- naarmate een lichaam meer vetmassa heeft wordt het moeilijker meten en kan de meting een onprettig gevoel geven (Janssen 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004; Soeters e.a. 2004).

3.1.3.5 Huidplooiemeting bij kinderen

Huidplooiemetingen worden dikwijls toegepast bij kinderen om bijvoorbeeld de evolutie in lichaamssamenstelling na te gaan of de voedingstoestand te bepalen.

Als nadeel bij kinderen kan men vermelden dat huidplooidiktemetingen een grote inter- en intraobserver-variabiliteit hebben. Er kunnen met andere woorden grote variaties optreden indien verschillende personen metingen uitvoeren bij hetzelfde kind (interobserver) als grote variaties bij metingen uitgevoerd door dezelfde persoon bij het zelfde kind (intraobserver). De interobserver-variabiliteit komt doordat de betrouwbaarheid van de metingen afhankelijk is van de ervaring en de objectiviteit van de persoon die de meting uitvoert, de plaats waar de huidplooidiktes worden gemeten en de meettechnieken en –instrumenten.

De intraobserver-variabiliteit komt doordat er een biologische variabiliteit aanwezig is: de hoeveelheid subcutaan vet varieert met leeftijd, geslacht, ras, en de samendrukbaarheid van de huidplooï welke leeftijdsgebonden is.

Bij jonge kinderen bevindt het vet zich voornamelijk perifeer. Tijdens de adolescentieperiode wordt de lichaamssamenstelling en de differentiatie tussen jongens en meisjes inzake spiermassa en vetweefsel vastgelegd. Het vet verschuift meer naar de centrale gedeelten zoals de buik en de heupen.

Zoals reeds vermeld werd, zijn de huidploidiktemetingen gebaseerd op de veronderstelling dat het vet regelmatig verdeeld is over het lichaam en dat de geselecteerde meetplaatsen representatief zijn voor de gemiddelde dikte van het onderhuids vetweefsel. Bijgevolg worden de metingen betrouwbaarder wanneer de verschuiving van de vetverdeling ongeveer stopt, dus na de puberteit, op de leeftijd van ongeveer achttien jaar. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004; van Wezel e.a. 2004; Verheul-Koot 2002).

Huidploometingen *in combinatie* met andere methoden zijn een goed middel om de lichaamssamenstelling te bepalen.

3.2 NIET-ANTROPOMETRISCHE METHODEN

3.2.1 Bio-elektrische impedantie analyse (BIA)

Als methode om de lichaamssamenstelling te meten is de bio-elektrische impedantie analyse (BIA) een relatief nieuwe techniek. De BIA zelf bestaat weliswaar al meer dan honderd jaar maar recent beschikken ook diëtisten steeds vaker over een impedantiemeter.

Met de BIA verkrijgt men informatie over de vetvrije massa en de vetmassa in het lichaam (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.2.1.1 Werking en principe van de BIA

De eigenschap die de geleiding van een elektrische stroom bemoeilijkt, wordt 'weerstand' of 'impedantie' genoemd.

Een bio-impedantiemeting is gebaseerd op de principes dat de intra- en extracellulaire vloeistoffen in het lichaam als een geleider fungeren voor laag frequente elektrische stromen. De vetvrije massa bevat quasi al het lichaamswater met de elektrolyten (70%) en heeft daardoor een grotere geleidbaarheid dan vetweefsel dat geen water bevat. Veronderstellend dat er een vaste verhouding bestaat tussen lichaamswater en vetvrije massa, kan de vetvrije massa uit de hoeveelheid lichaamswater worden berekend.

Hoe groter de vetvrije massa, hoe groter de geleidbaarheid en des te lager de weerstand en het vetpercentage. De weerstand is dus omgekeerd evenredig aan de hoeveelheid vetvrije massa in het lichaam. Met andere woorden: hoe hoger de weerstand, hoe hoger de vetmassa in het lichaam (Borms 1999; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.2.1.2 Meetinstrumenten en meetprocedures

Meetinstrumenten

Een traditioneel BIA-toestel bestaat uit vier elektroden.

In de handel zijn er verschillende types BIA-toestellen te koop. De prijs varieert naargelang het type toestel. Een elementair BIA-toestel toont eenvoudigweg de gemeten impedantie in Ohm, terwijl de duurere apparaten toegeleverd worden met printer, en ook automatisch het vetpercentage berekenen. De eigenlijke technologie voor de BIA-instrumentatie is niet ingewikkeld en de duurere BIA-toestellen geven niet noodzakelijk een meer nauwkeurige impedantiemeting.

Een BIA-toestel moet zeker de mogelijkheid hebben de impedantie te tonen in Ohm. Dit moet de gebruiker toelaten een keuze te maken tussen een reeks gepubliceerde formules en regressievergelijkingen om de vetmassa of vetvrije massa te berekenen. De beste formule voor een welbepaalde situatie is immers niet noodzakelijk deze die door de leverancier voorzien is in het toestel. Bovendien moet men over de mogelijkheid beschikken om de nieuwste formules uit de literatuur toe te passen (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

Tegenwoordig bestaan er ook toestellen met twee handvatten waarin elektrodes zijn bevestigd of weegplateaus met voetelektroden waarop de te meten persoon met blote voeten gaat staan. Hierbij wordt echter niet het gehele lichaam gemeten, maar enkel boven- of onderlichaam. Na invoering van persoonlijke gegevens zoals geslacht, lichaamslengte, gewicht en leeftijd meet het BIA-toestel eenvoudigweg de weerstand, maar geeft enkel een resultaat weer in percentage vet. De bovenstaande mogelijkheden om aan de hand van een formule het vetpercentage te berekenen zijn hier dus niet mogelijk.

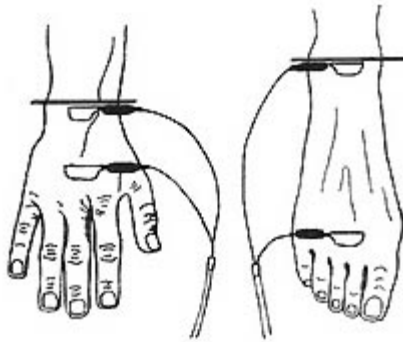
Het gebruik van deze leuk ogende toestellen in een fitnessclub of in een klinische setting bieden een paar voordelen: ze zijn meestal gebruiksvriendelijk, de test duurt niet lang en men krijgt vrijwel onmiddellijk de uitslag. Doch het resultaat geeft echter geen zekerheid over het exacte vetgehalte, maar kan wel gebruikt worden als vergelijkingsbasis voor herhaalde metingen, op voorwaarde dat hetzelfde toestel en dezelfde meettechniek in zelfde meetomstandigheden gehanteerd worden (Borms 1999).

Meetprocedures

De impedantiemeting is uiterst eenvoudig uitvoerbaar.

Bij de traditionele BIA-methode ligt de te meten persoon in ruglig op een niet geleidend oppervlak. De benen moeten gespreid zijn zodat de dijnen elkaar niet raken, ook de armen zijn gespreid zodat ze de romp niet raken.

Eén paar elektrodes wordt geplaatst op enkel en voet en een tweede paar op pols en hand. Dit wordt geïllustreerd in figuur 3.9. Elk paar bevat een bron- en een referentie-elektrode. Een elektrische stroom (meestal 800mA, 50kHz) wordt via de bronelektrode aangevoerd. De spanningsval tussen de referentie-elektrode wordt gemeten als de bio-elektrische weerstand of impedantie (Kaale 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).



Figuur 3.9 Plaatsing van de elektroden bij de traditionele BIA-meting

Handmatig kunnen vooraf persoonlijke gegevens zoals o.a. gewicht, lengte, geslacht, leeftijd, taille- en heupomtrek worden ingevoerd in het apparaat.

Omdat de kans op dehydratatie van de weefsels vergroot met het ouder worden, zijn predictievergelijkingen niet valide wanneer ze bij bejaarden worden toegepast. Sporten, koffie, alcohol, roken en oedeem zijn verder factoren die de hoeveelheid vocht beïnvloeden. Andere voorwaarden voor een goede BIA-meting zijn:

- steeds op hetzelfde tijdstip van de dag meten;
- onder dezelfde omstandigheden meten;
- normale omgevingstemperatuur (18 tot 22°C);
- de voedings- en vochtinname moet voor de meting constant gehouden worden.

Verder kan de meting beïnvloed worden door o.a. medicatiegebruik, lichaamstemperatuur (bij ziekte), voeding en de periode in de menstruatiecyclus. De BIA-metingen kunnen ook minder nauwkeurig bepaald worden bij zwangere vrouwen, personen met meer dan 75% lichaamsvet en professionele atleten en bodybuilders. Tot slot is de meting niet geschikt voor mensen met een pacemaker of een ander inwendig medisch apparaat (Borms 1999; Kaale 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.2.1.3 BIA-predictieformule

Verschillende studies trachten te komen tot de beste voorspellingsvergelijkingen en formules om de vetvrije massa en vetmassa te berekenen aan de hand van bio-elektrische impedantie.

Aannemend dat er een vaste verhouding bestaat tussen lichaamswater en vetvrije massa, kan de vetvrije massa uit de hoeveelheid lichaamswater worden berekend.

Een voorbeeld van deze voorspellingsvergelijkingen om het totale lichaamswater, de vetvrije massa en de vetmassa te berekenen wordt hieronder uitgeschreven.

$$\text{Totaal lichaamswater (L)} = 0,35 \times \text{RI} + 0,27 \times \text{leeftijd (jaren)} + 0,14 \times \text{gewicht (kg)} - 0,12$$

Waarbij RI = resistance index = lengte²/weerstand of impedantie.

$$[\text{RI}] = \text{cm}^2/\Omega$$

Met deze vergelijking kan het totale lichaamswater voorspeld worden met een mogelijke fout van $4,5 \pm 4,4\%$.

$$\text{Vetvrije massa (kg)} = \text{totaal lichaamswater (kg)} / 0,732$$

$$\text{Vetmassa (kg)} = \text{lichaamsgewicht (kg)} - \text{vetvrije massa (kg)}$$

$$\text{Vetpercentage (\%)} = \text{vetmassa (kg)} / \text{lichaamsgewicht (kg)}$$

Deze formules werden ontwikkeld voor een populatie obese kinderen en adolescenten. Naargelang men metingen wil uitvoeren bij andere populaties kunnen verschillen in deze formule optreden (Houtkooper e.a. 1992; Wabitsch e.a.1996).

3.2.1.4 Voordelen van de BIA

De voordelen van de BIA zijn:

- bij juist gebruik vrij nauwkeurig;
- reproduceerbaar;
- gemakkelijk en weinig belastend voor de patiënt;
- relatief goedkoop;
- goed toepasbaar op zowel kinderen, adolescenten als volwassenen;
- goed en gemakkelijk om obesitas vast te stellen en het verloop ervan op te volgen (Borms 1999).

3.2.1.5 Nadelen van de BIA

De nadelen van de BIA zijn:

- indien er niet wordt voldaan aan bovenvermelde voorwaarden (3.2.1.2) kan de meting onnauwkeurig zijn (houding van de te meten persoon, hydratatiestoestand, temperatuur, voedings- en waterinname, medicatiegebruik, ...);
- het meetresultaat is afhankelijk van de gebruikte apparatuur. Bij verschillende merken BIA-toestellen kan de fabrikant bijvoorbeeld andere predictieformules gebruiken;
- er zijn nog maar weinig normaalwaarden voor kinderen beschikbaar;
- er zijn onvoldoende gevalideerde toepassingen van deze methode bij zieke en/of oudere personen;
- er is nog nood aan zeer strikte standaardisatie voor het plaatsen van de elektroden, het aantal elektroden en de meetprotocols;
- het is noodzakelijk gebruik te maken van populatie-specifieke predictieformules;
- formules die door fabrikanten in de BIA-toestellen worden ingesteld worden meestal niet vrijgegeven omwille van het fabrieksgeheim. Hierdoor kan men moeilijk een vergelijking maken, en nagaan of deze formules wel betrouwbare resultaten leveren;
- een onder- of overestimatie van de lengte met 2,5 cm geeft een fout van 1 liter totaal lichaamswater. Een onder- of overestimatie van het gewicht met 1 kg geeft een fout van 0,2 liter lichaamswater;

- er wordt geen onderscheid gemaakt tussen visceraal en subcutaan vet.

Op het eerste zicht lijken er een groot aantal nadelen te zijn, toch dient er vermeld te worden dat deze methode een goede en nauwkeurige manier is om de lichaamssamenstelling te bepalen indien men deze juist gebruikt en kritisch omgaat met de predictieformules en regressievergelijkingen. Praktisch wordt deze techniek ook meer en meer door diëtisten gebruikt zowel bij volwassenen als bij kinderen (Borms 1999; Soeters e.a. 2004; Vansant 1999).

3.2.2 Onderwaterweging

Onderwaterweging is een zeer nauwkeurige methode om de lichaamssamenstelling te bepalen maar is niet praktisch toepasbaar (Zelissen 2003).

3.2.2.1 Principe van de onderwaterweging

Bij de onderwaterweging wordt de densiteit van het lichaam vastgesteld door bepaling van het volume van het lichaam volgens de wet van Archimedes.

De wet van Archimedes zegt dat een object, dat in water wordt ondergedompeld, een opwaartse kracht ondervindt, die gelijk is aan het gewicht van het verplaatste water.

Wanneer een lichaam uit twee delen bestaat, en men kent zowel de densiteit van elk van de delen als de totale densiteit, dan is het mogelijk het gewicht van die delen te bepalen.

Deze procedure is ook bekend als densitometrie: het meten van de lichaamsdensiteit.

Densiteit is de concentratie van materie uitgedrukt in massa per volume-eenheid (Body & Health 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

Aangezien de densiteit van vet kleiner is dan deze van water, draagt vet bij tot deze opwaartse kracht. De densiteit van bot en spierweefsel is echter groter dan deze van water. Een persoon met veel bot en spieren zal dus in het water meer wegen en een grotere lichaamsdensiteit hebben, d.w.z. een lager percentage vet en een groter percentage vetvrije massa. Er bestaat een omgekeerd evenredig verband tussen de densiteit van een menselijk lichaam en het percentage vet dat het bevat.

Op basis hiervan is het mogelijk de hoeveelheid vet in het lichaam in te schatten.

Voorbeeld:

Veronderstel dat een persoon 50 kg weegt. Wanneer hij volledig onder water is gedompeld, weegt hij nog 2 kg. De opwaartse kracht is gelijk aan het gewicht van het verplaatste water en is hier dus gelijk aan 48 kg. 48 kg (48000 g) is gelijk aan het volume water van 48 liter (48000 ml). De densiteit van deze persoon is dus 50000 g/48000 ml of 1,0417 g/ml.

Deze waarde ligt ongeveer halweg tussen de densiteitswaarden 0,90 g/ml voor zuiver vet en 1,10 g/ml voor vetvrij weefsel.

Eén van de meest bekende formules om het percentage vet te berekenen uit de lichaamsdensiteit is de volgende (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004):

$$\text{Percentage lichaamsvet} = ((4,95 / \text{densiteit}) - 4,5) \times 100$$

3.2.2.2 Meetinstrumenten en meetprocedures

Meetinstrumenten

De eenvoudigste opstelling is deze waarbij men gebruik maakt van een watertank van 1,95 m³ met vijf glazen wanden, een metalen stoel met zitting en leuning, en een weegschaal met weegcapaciteit van 50 kg en afleesbaarheid op 50 g.

Verder kunnen nog een snorkel, een loden gordel of gewichten, thermometer, waterverwarmer, zwembril, zwemmuts, en neusclip nodig zijn.

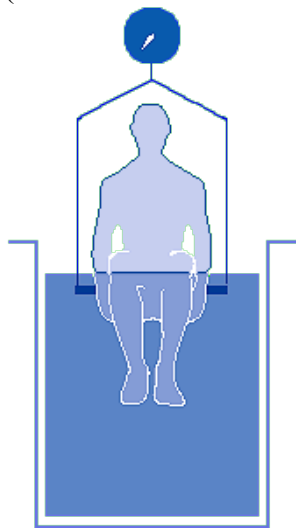
Na de ijking van de weegschaal, het vaststellen van de watertemperatuur en het wegen van de stoel wordt de proefpersoon nauwkeurig gewogen (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

Meetprocedures

Eerst wordt de proefpersoon droog gewogen. Nadien neemt de te wegen persoon een douche en klimt vervolgens in de tank in minimum kledij (bv. zwempak). De persoon neemt plaats op de stoel die hij/zij met beide handen onderaan vastgrijpt. Dit wordt in figuur 3.10 geïllustreerd. Men laat de persoon een aantal minuten rustig zitten. Men laat hem/haar een aantal expiraties uitvoeren bij wijze van oefening. Wanneer hij/zij aangepast is, vraagt men hem/haar maximaal te expireren en de adem te blokkeren gedurende ongeveer vijf seconden. Gedurende deze tijd wordt de persoon volledig ondergedompeld in het water. De examiner noteert nauwkeurig het lichaamsgewicht.

Deze proef wordt met kleine tussenpauzes ongeveer tien keer herhaald om zeker te zijn dat een betrouwbaar onderwatergewicht bekomen is.

Vervolgens wordt de lichaamsdensiteit en het vetpercentage berekend. Hierbij is het belangrijk rekening te houden met de temperatuur (stijging van temperatuur veroorzaakt daling in densiteit), het residuele longvolume (= volume lucht dat zelfs na maximaal expireren in de longen blijft) en het gastro-intestinale gas die de resultaten kunnen beïnvloeden (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).



Figuur 3.10 Afbeelding van de onderwaterweging waarbij de persoon nog ondergedompeld moet worden.

3.2.2.3 Voordelen van de onderwaterweging

Als belangrijk voordeel van deze methode kan men vermelden dat de methode zeer nauwkeurig is met een foutmarge in de meting van minder dan 1% (Zelissen 2003).

3.2.2.4 Nadelen van de onderwaterweging

Nadelen van de onderwaterweging zijn:

- de methode is niet praktisch;
- de installatie is zeer duur;
- er is opgeleid personeel nodig om de meting uit te voeren;
- de methode is arbeidsintensief en duurt lang (ongeveer 15 minuten tot een uur);
- de methode is minder geschikt voor proefpersonen met psychische remmingen t.o.v. wateronderdompeling en uiteraard niet voor personen die niet kunnen zwemmen;
- oorzaken van mogelijke schommelingen in de metingen zijn: ongecontroleerde omgevingsinvloeden, bewegingen van de stoel, precisie van de meetinstrumenten, eten, trainen, sauna voor de proef, gebruik van medicatie, menstruatie bij de vrouw;
- de methode maakt geen onderscheid tussen visceraal en subcutaan vet;
- de methode is gebaseerd op het model vet/niet-vet en op de betwistbare veronderstelling dat elk compartiment een gekende constante dichtheid heeft (Body & Health 2004; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004; Zelissen 2003).

3.2.2.5 Onderwaterweging bij kinderen

Deze methode vereist dat kinderen onder water hun adem inhouden en is ongeschikt voor jonge kinderen en oudere kinderen met watervrees (Bulk-Bunschoten e.a. 2004).

3.2.3 **Andere wetenschappelijke methoden om de lichaamssamenstelling te bepalen**

Hieronder worden nog enkele methoden om de lichaamssamenstelling te bepalen beknopt besproken. Deze methoden zijn zeer betrouwbaar maar zijn vooral van toepassing voor wetenschappelijk onderzoek. Het zijn echter zodanig gespecialiseerde technieken, die door hun kostprijs, de noodzaak van gespecialiseerd personeel en het gebruik van straling, een beperkt gebruik hebben voor routine toepassing. Bijgevolg zijn ze niet van toepassing voor diëtisten.

3.2.3.1 Dual energy x-ray absorptiometry (DEXA)

DEXA is een relatief recente radiologische techniek. Hoewel het belangrijkste toepassingsgebied van de DEXA de meting is van botdensiteit (om osteoporose na te gaan), kan de meting gecombineerd worden met het bepalen van de vetvrije massa en de vetmassa. Hoewel een aantal onderzoekers DEXA al hebben gepromoveerd tot de nieuwste gouden standaard, twijfelen anderen nog over de geldigheid en precisie van de metingen. Die

onzekerheid komt door de variabiliteit tussen verschillende types toestellen veroorzaakt door afwijkende ijking, dataverzameling en data-analyse (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

Principe van de DEXA

Het lichaam wordt gescand met röntgenstralen (X-stralen) van twee energieniveaus. De verschillende weefsels in het lichaam (bot, vet, vetvrije massa) absorberen deze röntgenstralen elk op een andere manier. Zo kan het vetpercentage van het lichaam berekend worden (Zelissen 2003).

Meting

De te meten persoon ligt op een tafel waaronder röntgenapparaten zijn geplaatst. Boven de persoon bevindt zich een detector, die het gehele lichaam in stapjes van een halve centimeter scant. Op deze wijze worden botten en zacht weefsel gelijktijdig gescand. Dit duurt ongeveer 10 tot 20 minuten.

De blootstelling aan de stralen is minimaal, de evaluatietijd is beperkt en de meetnauwkeurigheid is hoog.

Hoewel de persoon in kwestie onbeweeglijk stil moet blijven liggen is de methode verder niet belastend voor hem/haar (Kaale 2004).

3.2.3.2 Computertomografie (CT-scan)

Met deze methode kunnen door middel van röntgenstralen (X-stralen) kleine hoeveelheden vetweefsel overal in het lichaam gelokaliseerd en afgebeeld worden. Totaal lichaamsvet en plaatselijk lichaamsvet kunnen vervolgens berekend worden, evenals het percentage lichaamsvet.

Er is een grote overeenkomst met de DEXA-methode, ook wat betreft kost en tijdsinvestering. De stralingsbelasting is hoewel gering, hoger dan bij de DEXA-methode. Uitvoering bij jonge kinderen onder de zes jaar is zowel bij de DEXA-methode als bij de CT-scan moeilijk omdat kinderen tijdens het onderzoek stil moeten liggen.

Het is tegenwoordig mogelijk een driedimensionale bodyscan te maken waarbij een groot aantal lichaamsmaten computermatig berekend wordt, waaronder de hoeveelheid lichaamsvet. Dit systeem is echter zeer kostelijk en slechts op enkele plaatsen beschikbaar (Bulk-Bunschoten e.a. 2004).

3.2.3.3 Ultrasound

Vroeger werd ultrasound gebruikt in de vleesindustrie om de samenstelling van de veestapel te bepalen. Pas in de jaren zestig werd ultrasound ook gebruikt om de menselijke lichaamssamenstelling te bepalen.

Ultrasound is een radiologische techniek die hoogfrequente geluidsgolven gebruikt om beelden van organen en lichaamsstructuren te produceren.

Ultrasound onderzoeken worden voor verschillende doeleinden uitgevoerd: van onderzoek van de borstkas, buik en bloedvaten tot het evalueren van een zwangerschap.

Principe van de ultrasound

Wanneer een ultrasone golf van één medium naar een ander gaat wordt een deel geabsorbeerd door het weefsel en teruggekaatst naar de ontvanger in functie van de akoestische eigenschappen en de samenstelling van het weefsel. De energie van de teruggekaatste golf (echo) wordt dan op een scherm zichtbaar gemaakt (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2004).

3.2.3.4 Magnetisch resonantie beeld (MRI)

MRI is een van de nieuwere ontwikkelingen binnen de radiodiagnostiek. De werking van MRI is echter niet gebaseerd op röntgenstralen, maar op magnetische velden en radiogolven. De computer zet signalen, die als reactie op de magnetische werking worden uitgezonden, om in beelden.

MRI kan een beeld van vetweefsel en vetvrij weefsel geven. Het volume van de totale hoeveelheid lichaamsvet en het percentage vet kan hieruit geschat worden. MRI kan goed onderscheid maken tussen visceraal en subcutaan vet (Bulk-Bunschoten e.a. 2004; Giri 2004).

3.2.3.5 Air displacement plethysmography of BOD POD

Bij deze methode wordt het lichaamsvolume bepaald door de hoeveelheid verplaatste lucht, terwijl de te meten persoon in een gesloten kamer zit. Vervolgens is, als het volume en het gewicht bekend zijn, d.m.v. dichtheidsmetingen het percentage lichaamsvet te schatten. De te meten persoon moet door een buis ademen met een neusklep op, vandaar dat de methode ongeschikt is voor jonge kinderen. Bovendien is het niet zeker of de manier van omrekening van lichaamsvolume naar vetmassa geheel juist is. De validiteit van deze methode is onduidelijk (Bulk-Bunschoten e.a. 2004; Giri 2004).

3.2.3.6 Near Infrared Interactance (NIR)

Deze methode om de lichaamssamenstelling te bepalen is gebaseerd op lichtabsorptie, reflectie en infrarood spectroscopie. Onderzoek toont aan dat er een lineair verband is tussen optische dichtheid en lichaamsvet.

Om de lichaamssamenstelling te bepalen is hierbij een spectrofotometer met scan en optische sonde nodig. De sonde wordt op een bepaalde plaats op het lichaam gebracht (meestal de biceps) en het zendt een infrarood (NIR) licht uit.

Het NIR-licht dringt in het lichaamweefsel binnen door vet- en spiermassa en wordt gereflecteerd door het bot naar een detector. Uit de NIR-gegevens kan vervolgens het vetpercentage berekend worden door gebruik te maken van bepaalde vergelijkingen (New Fitness 2002).

3.2.3.7 Total body electrical conductivity (TOBEC)

Deze methode gaat ervan uit dat vetvrije massa een betere geleider is voor elektriciteit dan vetmassa.

Voor de uitvoering van deze meting ligt de proefpersoon in een cilinder die een zeer zwak elektromagnetisch veld opwekt. De beïnvloeding van de sterkte van dit veld hangt af van de aanwezige elektrolyten in het lichaamswater. Via omrekeningen kan zo de vetvrije massa bepaald worden (New Fitness 2002).

Er zijn nog andere methoden die de lichaamssamenstelling kunnen bepalen zoals de dilutiemethode (m.b.v. isotopen), de creatinine-excretie, 3-methylhistidine-excretie maar in het kader van dit eindwerk zou het ons te ver leiden om deze verder te bespreken.

4 NABESCHOUWING

Uit de kritische overzichtsartikelen waarin verschillende methoden en technieken om de lichaamssamenstelling te bepalen besproken worden, blijkt dat de meest nauwkeurige methoden ook de duurste zijn en een stralingsbelasting met zich meebrengen. Hierbij wordt de DEXA-methode door verschillende auteurs als de nieuwe gouden standaard beschouwd. Anderen vinden dat er nog meer validiteitstudies op verschillende populaties nodig zijn vooraleer men deze status aan de DEXA-methode toekent.

Onderwaterweging blijft een populaire methode in de wereld van lichaamssamenstelling, doch niet zeer praktisch uitvoerbaar.

Ultrasound- en BIA-toestellen zijn gebruiksvriendelijk en geven goede resultaten mits het in acht nemen van een aantal voorschriften.

Antropometrische methoden tenslotte, waaronder het bepalen van onderhuids vet d.m.v. huidplooi-calipers, de lintmeter, ... zijn goedkoop, gemakkelijk toepasbaar, weinig belastend, populair en gevalideerd. Wel dient men in de meettechnieken opgeleid te zijn.

Antropometrie lijkt namelijk eenvoudig te zijn, maar vereist anatomische kennis, meetvaardigheid en ervaring. Het toepassen van predictieformules dient met de nodige omzichtigheid te gebeuren.

5 EXPERIMENTEEL DEEL

De bepaling van de lichaamssamenstelling kan, zoals in het theoretisch deel werd gezegd, nauwkeurig bepaald worden met verschillende wetenschappelijke en gesofisticeerde methoden.

In de meeste gevallen is er echter nood aan éénvoudige, toegankelijke en betrouwbare methoden. Op deze manier zou een snelle evaluatie van de lichaamssamenstelling mogelijk zijn zonder de nood aan gespecialiseerde labo's en kostelijke apparatuur.

Eén van de grootste problemen hierbij is echter het gebrek aan een gouden standaard.

5.1 DOELSTELLING

De doelstelling van dit onderzoek is een vergelijkende studie te maken tussen de huidplooiemeting en de impedantiemeting: twee methoden die gebruikt worden om de lichaamssamenstelling van een individu te bepalen. De metingen werden uitgevoerd op een obese populatie van twaalf- tot achttienjarigen die in het Zeepreventorium in De Haan een multidisciplinaire residentiële obesitasbehandeling krijgen.

Alvorens het onderzoek te bespreken is het belangrijk om een zicht te krijgen op de setting en de behandelmethoden van obesitas in het Zeepreventorium.

5.2 HET ZEEPVENTORIUM

Overgewicht en obesitas bij kinderen en adolescenten zullen in toenemende mate gezondheidsklachten geven. De prevalentie van beiden is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Niet alleen komen er meer te dikke kinderen voor maar ook worden dikke kinderen steeds dikker.

Obesitas gaat gepaard met velerlei co- morbiditeit, reeds op jonge leeftijd: hart- en vaatziekten en diabetes type 2, klachten van het bewegingsapparaat (knieklachten), slaapproblemen (apneu's) en psychosociale problemen (pesten). Daarnaast zijn overgewicht en obesitas op jonge leeftijd gerelateerd aan overgewicht en obesitas op volwassen leeftijd. Dit verschijnsel voorspelt daarom tevens een verhoogde morbiditeits- en mortaliteitskans op volwassen leeftijd. Volwassenen die als kind obees waren, hebben zelfs een verhoogd morbiditeits- en mortaliteitsrisico onafhankelijk van hun gewicht op volwassen leeftijd.

De behandeling van overgewicht bij kinderen is dus noodzakelijk maar moeilijk. Er is nog geen consensus over de beste strategie en slechts enkele studies geven positieve resultaten van behandeling op korte termijn. Effecten van behandeling op lange termijn zijn nog weinig onderzocht.

5.2.1 Setting en behandelingsmethoden in het Zeepreventorium

Het Zeepreventorium, gelegen op de Koninklijke Baan in De Haan, is een V.Z.W. gegroeid uit de Belgische Nationale Vereniging ter Bestrijding van Tuberculose.

Het Zeepreventorium is een medisch-pediatisch centrum gespecialiseerd in de behandeling van chronische aandoeningen bij kinderen van 0 tot 18 jaar.

Het doel van een tijdelijke opname in het Zeepreventorium is de patiënt en zijn gezin vanuit een multidisciplinaire benadering op te leiden en te begeleiden naar kennis en vaardigheden om correct te leren omgaan met hun chronische ziekte.

De chronische ziekten die er behandeld worden zijn:

- obesitas (+/- 120 jongeren, momenteel de grootste groep patiënten);
- aandoeningen van de luchtwegen (astma en mucoviscidose);
- allergiën (melkeiwit- en glutenintolerantie, voedselallergie,...);
- metabole stoornissen (PKU);
- chronisch vermoeidheidssyndroom (CVS);
- ziekte van Crohn;
- Diabetes Mellitus.

Het centrum heeft een opnamecapaciteit van 200 patiënten en ongeveer 15 mucopatiënten. De jongeren lopen school op de terreinen van het centrum en krijgen voor, tijdens en na de lessen therapie. Het weekend wordt thuis doorgebracht.

Sinds 1994 heeft het Zeepreventorium een unieke klinische ervaring ontwikkeld in het behandelen van jeugdobesitas.

In het Zeepreventorium worden enkel ernstige obese patiënten opgenomen. Voor jongeren ouder dan 16 jaar geldt: een BMI > 35 of een BMI = 30 mits aanwezigheid van ernstige comorbiditeit. Voor jongeren jonger dan 16 jaar werkt men met percentielcurven waarbij de BMI hoger ligt dan percentiel 97.

Motivatie van de patiënt en zijn familie is essentieel in het positief verloop van de behandeling. Het is enkel na een inleidend gesprek, een bezoek van de patiënt en zijn familie aan het Zeepreventorium en een wachttijd dat een opname tot stand kan komen.

De standaardbehandeling voor het secundair onderwijs duurt 10 tot 12 maanden, met een minimum behandelduur van 3 maanden. Dit varieert in functie van het positieve verloop van de behandeling.

Zoals hiervoor werd vermeld, staat voor de specifieke begeleiding van de obese kinderen een multidisciplinair team van arts, kinesist, diëtist, psycholoog en opvoeders in. Deze worden verder kort besproken.

5.2.1.1 Medische begeleiding

Bij aankomst in het Zeepreventorium wordt eerst een grondige anamnese afgenomen om de medische toestand van het kind te schetsen van de geboorte tot op heden: kinderziekten, leeftijd van het ontstaan van obesitas, BMI van de ouders, enz.

Daarna voert de dokter een lichamelijk onderzoek uit naar het huidig puberteitsstadium en de neveneffecten van obesitas op de ademhaling, de beenderen, de huid, de bloeddruk en het hartritme. In laatste instantie worden de bloedwaarden onderzocht naar eventueel een gestoorde lever- of nierfunctie, een ontregelde glycemie of een gestoord lipidenprofiel. Op het einde van de behandeling ziet men vaak dat de meeste neveneffecten, zonder enige medicamenteuze interventie, zich vanzelf oplossen.

Het is ook de arts die instaat voor maandelijks fysieke onderzoeken en bijkomende motivatiegesprekken.

5.2.1.2 Voedingsbeleid

Tijdens de behandeling wordt een dagschema met 3 hoofdmaaltijden en 3 tussendoortjes gehandhaafd. De patiënten krijgen in functie van hun leeftijd en/of geslacht een 1400 of een 1600 kcal dieet.

De diëtisten leggen de nadruk op een gezonde, vezelrijke, weinig energierijke en afwisselende voeding. Naast de dieetbegeleiding geven de diëtisten ook ‘educatiefjes’ (voorlichting over gezonde voeding) en kookles.

De patiënten worden tweemaal per week gewogen: voor het weekend en na het weekend. Dit geeft zowel de diëtisten als de patiënt een idee van de concrete evolutie van de behandeling. Ook worden de patiënten ongeveer om de 16 weken gemeten (zie bijlage 8):

- lichaamslengte (meestal om de twee maanden);
- omtrekmetingen;
- huidplooiemetingen (biceps, triceps, subscapulaire, supra-iliacaal);
- impedantiemeting.

5.2.1.3 Bewegingstherapie

Bekend staat dat obesitas in de meeste gevallen veroorzaakt wordt door een verstoorde energiebalans: de energie-inname is groter dan het energieverbruik. Om een optimale gewichtsreductie te bekomen, is het noodzakelijk de energiebeperking te begeleiden met een verhoogd energieverbruik.

Naast gewichtsreductie, heeft bewegingstherapie tal van andere gunstige effecten op obesitaspatiënten: behouden en/of opbouwen van de vetvrije massa, verbetering van de ademhalingscapaciteiten, daling van de hartslagfrequentie, regularisatie van de glycemie en het lipidenprofiel, aanleren van een goede lichaamshouding en het ‘goed in je vel voelen’. De bewegingstherapie, ontwikkeld door het kinesistenteam, bestaat uit groepsactiviteiten en individuele sessies. Er wordt vooral aan duurtraining gedaan, zoals balsporten, zwemmen, fitness, stevig stappen of joggen. Duurtraining heeft het voordeel dat het energieverbruik voornamelijk aëroob gebeurt door de verbranding van vetten.

5.2.1.4 Psychologische en maatschappelijke begeleiding

De psychologische behandeling is hoofdzakelijk van cognitieve-gedragstherapeutische aard. Ze vindt plaats in kleine groepsessies en eventueel in individuele sessies.

De psycholoog en de maatschappelijk werker waken over het hebben van en het verhogen van de motivatie, het zorgen voor ondersteuning, het werken met de ouders, het inspelen op de problematiek van het zelfbeeld, lichaamsverzorging en –aanvaarding. Het is zeker zo dat alle personeelsleden van het Zeepreventorium hun steentje bijdragen in deze begeleiding maar de coördinatie van het geheel ligt toch bij de psychosociale dienst.

5.3 METHODE EN MATERIALEN

5.3.1 **Onderzoekspopulatie**

De onderzoekspopulatie voor deze studie bestaat uit 211 jongeren tussen 12 en 18 jaar, in residentiële behandeling voor obesitas in het Zeepreventorium. Hiervan zijn er 80 jongens en 131 meisjes. Van iedere persoon werden naam, leeftijd, puberteitsstadium, lengte, gewicht, BMI, huidplooiemetingen en impedantiemetingen verzameld.

Aangezien elke persoon om de 16 weken wordt gemeten, zijn er per persoon één, twee of drie metingen beschikbaar, afhankelijk van de opnamedatum en de duur van het verblijf. Het gewicht evolueert gedurende het verblijf meestal positief, zodanig dat er zowel gegevens zijn van jongeren met ernstige obesitas, als gegevens van jongeren met nog een licht overgewicht.

5.3.2 **Onderzoekperiode**

De gegevens van de metingen werden verzameld van 30 maart 2004 tot 15 februari 2005. Aangezien er vanaf 30 maart 2004 een nieuw Bodystat-toestel werd gebruikt voor de impedantiemetingen, onderzoeken we geen gegevens van voor deze datum. Op die manier vermijden we eventuele fouten en verschillen tussen de resultaten van de twee toestellen.

5.3.3 **Pubertaire ontwikkeling**

De adolescentie is een periode waar veel veranderingen plaatsvinden.

Deze periode is gekenmerkt door een algemene acceleratie in groei en maturiteit.

Het puberteitsstadium werd bij de onderzoekspopulatie door de behandelende arts in het Zeepreventorium bepaald. Voor de evaluatie van de pubertaire ontwikkeling volgt de arts de methode van Tanner (zie bijlage 9) met vooral aandacht voor de pubisbeheading. Men onderscheidt hierbij zowel bij meisjes als bij jongens 5 klassen gaande van P1 tot P5, waarbij P1 en P2 het pré-pubertair stadium, P3 het puberteitsstadium en P4 en P5 het post-pubertair stadium voorstellen. De puberteitsstadia werden in de medische dossiers van de patiënten opgezocht.

5.3.4 **Antropometrische gegevens**

Alle metingen worden door één en dezelfde diëtiste uitgevoerd, zodanig dat de interobserver-variabiliteit quasi onbestaand is. De ervaring en de objectiviteit van de persoon die de meting uitvoert, de plaats waar de huidplooidiktes worden gemeten en de meettechnieken zijn hierbij dus ongeveer steeds gelijk. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van de meetgegevens.

Het gewicht werd tot op 0,1 kg gemeten met een gekalibreerde weegschaal (Seca) met een capaciteit van 200 kg en de lengte werd tot op 1 cm nauwkeurig gemeten.

Hieruit werd de BMI berekend (kg/m^2). Door middel van de BMI werd het percentage overgewicht berekend per individu. Dit gebeurde via de tabel gerealiseerd in het kader van de National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) waarbij de gemiddelde BMI

voor leeftijd en geslacht is vastgelegd (zie bijlage 4). Men kan het gewicht dan evalueren door de huidige BMI te delen door de gemiddelde BMI voor de leeftijd:

- < 90 % : te mager
- 90 - 120 % : normaal
- 120 - 140 % : overgewicht
- 140 - 160 % : obesitas
- 160 - 190 % : ernstige obesitas
- > 190% : zeer ernstige obesitas (Braet e.a. 2002).

5.3.4.1 Huidplooiingen

De huidplooiën werden met een vetcaliper tot op 1 mm nauwkeurig gemeten met een maximale meetcapaciteit van 50 mm. Zowel de biceps-, triceps-, subscapulaire en supra-iliacale huidplooi werden gemeten. Elke huidplooi werd drie keer gemeten om fouten en onnauwkeurigheden zoveel mogelijk te vermijden. Van deze drie metingen werd telkens het gemiddelde berekend en dit cijfer gebruikte men als waarde voor de huidplooi.

Aangezien er in de populatie ook zeer zwaar obese jongeren aanwezig zijn, kon men bij sommigen de huidplooiën niet meten omdat deze niet tussen de caliperlippen pasten. Deze gegevens zullen dan ook niet gebruikt worden bij het onderzoek.

Voor de bepaling van de lichaamssamenstelling uit de huidplooiingen, werden in het verleden reeds veel formules ontwikkeld. De meeste formules werden echter ontwikkeld op basis van gegevens van volwassenen en zijn dus niet echt van toepassing op jongeren. Slechts weinig formules werden tot nu toe ontwikkeld voor jongeren, oa. deze van Brook, Goran, Slaughter et al., ... Ook bij deze formules zijn er in het kader van dit onderzoek, nog een aantal beperkingen.

Doordat de voorspellingsformule van Brook slechts op een populatie van 23 jongeren werd bestudeerd, is het af te raden deze formule te gebruiken aangezien de populatie in dit experimenteel deel groter is. De formule van Goran werd ontwikkeld voor kinderen tussen vier en tien jaar gebaseerd op een onderzoekspopulatie van 73 kinderen, en is dus ook niet van toepassing voor de populatie van dit experimenteel deel.

De voorspellingsformule van Slaughter et al. werd op een populatie van 310 blanke jongeren gebaseerd met leeftijd tussen 8 en 29 jaar. Aangezien de formule van Slaughter et al. ook rekening houdt met zowel jongeren met overgewicht als jongeren met een gewoon gewicht en het puberteitsstadium, is deze formule geschikt voor de onderzochte populatie.

Voorspellingsformule van Slaughter et al. voor jongens:

- Indien de som van de triceps- en subscapulaire huidplooi ($T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)}$) $> 35 \text{ mm}$:

$$\text{Vetpercentage(\%)} = (0,783 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})) + 1,6$$

- Indien de som van de triceps- en subscapulaire huidplooi ($T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)}$) $\leq 35 \text{ mm}$:

$$\text{Vetpercentage(\%)} = (1,21 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})) - (0,008 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})^2) - f$$

Waarbij f:

| Puberteitsstadium | f |
|-------------------|-----|
| P1 | 1,7 |
| P2 | 1,7 |
| P3 | 3,4 |
| P4 | 5,5 |
| P5 | 5,5 |

Voorspellingsformule van Slaughter et al. voor meisjes:

- Indien de som van de triceps- en subscapulaire huidplooi ($T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)}$) $> 35 \text{ mm}$:

$$\text{Vetpercentage} = (0,546 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})) + 9,7$$

- Indien de som van de triceps- en subscapulaire huidplooi ($T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)}$) $\leq 35 \text{ mm}$:

$$\text{Vetpercentage} = (1,33 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})) - (0,013 \times (T \text{ (mm)} + S \text{ (mm)})^2) - 2,5$$

Zoals uit de formule blijkt, worden enkel de triceps- en subscapulaire huidplooi gebruikt. Deze specifieke huidplooien kunnen immers het meest nauwkeurig gemeten worden. Dit is belangrijk als men weet dat de nauwkeurigheid van de huidplooiemetingen bij een obese populatie niet vanzelfsprekend is (Boye e.a. 2002; Butte e.a. 2000; Dezenberg e.a. 1999).

5.3.4.2 Impedantiemeting

De impedantie werd met behulp van een Bodystat-toestel 1500MDD gemeten met frequentie van 50 KHz en een constante stroom van 0,2 mA. De metingen gebeurden steeds met hetzelfde toestel en op dezelfde wijze.

De te meten individuen droegen geen kousen, geen schoenen en lagen in ruglig op een niet geleidend oppervlak. De benen en armen waren licht gespreid zodat ze de romp niet raakten. De elektroden werden, zoals vroeger werd beschreven, op de rechter pols en hand, en rechter enkel en voet aangebracht. Leeftijd, geslacht, lengte, gewicht, taille- en heupomtrek werden in het toestel ingebracht. Na meting kon de vetmassa (% en kg), de vetvrije massa (% en kg) en de impedantie afgelezen worden op het toestel. In het toestel wordt via een voorspellingsformule het vetpercentage berekend uit de vooraf ingestelde gegevens en de gemeten impedantie. Aangezien de fabrikanten deze formule niet willen vrijgeven, kunnen we niet nagaan welke voorspellingsformule hierbij gebruikt wordt. Het Bodystat-toestel is niet speciaal ontwikkeld voor obese jongeren dus kunnen we ervan uitgaan dat de voorspellingsformule ook niet voor deze specifieke populatie geschikt is.

Voor de vergelijking tussen de huidplooiemetingen en de impedantiemetingen bij deze specifieke populatie, is het echter van belang dat voorspellingsformules gebruikt worden die speciaal werden ontwikkeld voor een soortgelijke populatie.

Van de impedantiemeting met het Bodystat-toestel zullen we dus enkel de impedantie of weerstand gebruiken om dan met een gepaste formule de lichaamssamenstelling te berekenen.

De voorspellingsformule die gebruikt zal worden is deze van Wabitsch. Deze formule werd ontwikkeld voor een obese populatie van vijf- tot achttienjarige jongeren voor- en na gewichtsreductie. Deze populatie is dus vergelijkbaar met de populatie die in dit experimenteel deel onderzocht wordt. Dit maakt dat de formule van Wabitsch van toepassing is voor dit onderzoek.

Formule van Wabitsch

$$\text{Totaal lichaamswater (L)} = (0,35 \times \text{RI}) + (0,27 \times \text{leeftijd}) + (0,14 \times \text{gewicht}) - 0,12$$

$$\begin{aligned} \text{Waarbij RI} &= \text{resistance index} = \text{lengte}^2 / \text{weerstand of impedantie.} \\ [\text{RI}] &= \text{cm}^2 / \Omega \end{aligned}$$

$$\text{Vetvrije massa (kg)} = \text{totale lichaamswater} / 0,732$$

$$\text{Vetmassa (kg)} = \text{lichaamsgewicht} - \text{vetvrije massa}$$

$$\text{Vetpercentage (\%)} = \text{vetmassa} / \text{lichaamsgewicht (Wabitsch e.a. 1996)}$$

5.3.5 Statistische verwerking

Voor het statistisch verwerken van de gegevens werd het programma SPSS for Windows gebruikt. Dit stond vroeger voor ‘Statistical Package for the Social Sciences’, maar staat tegenwoordig voor ‘Statistical Products and Service Solutions’. Het vormt een totaalpakket voor gegevensverwerking, gebruiksvriendelijkheid en betrouwbaarheid.

Met dit programma werden gemiddelde, standaardafwijking, mediaan, minima en maxima berekend. Om het verband tussen de twee methoden aan te tonen werd gebruik gemaakt van regressie-analyse. Met behulp van correlatieanalyse werd de sterkte van dit verband aangetoond. Ook werd er gebruik gemaakt van de Bland- en Altmanmethode om het verschil tussen de twee methoden te beschrijven. Daarnaast werden ook t-testen toegepast, dit wordt gebruikt om te onderzoeken of de gemiddelden van een variabele in twee groepen aan elkaar gelijk zijn. Deze t-test werd gebruikt om de lichaamssamenstelling bij meisjes en jongens te vergelijken.

6 RESULTATEN

6.1 BESCHRIJVING VAN DE ONDERZOEKSPOPULATIE

6.1.1 Algemeen

Zoals hierboven werd gezegd bestaat de onderzoekspopulatie uit 80 jongens en 131 meisjes. Aangezien er per persoon dikwijls verschillende metingen werden uitgevoerd zijn er in totaal 214 metingen beschikbaar bij de meisjes en 127 metingen bij de jongens.

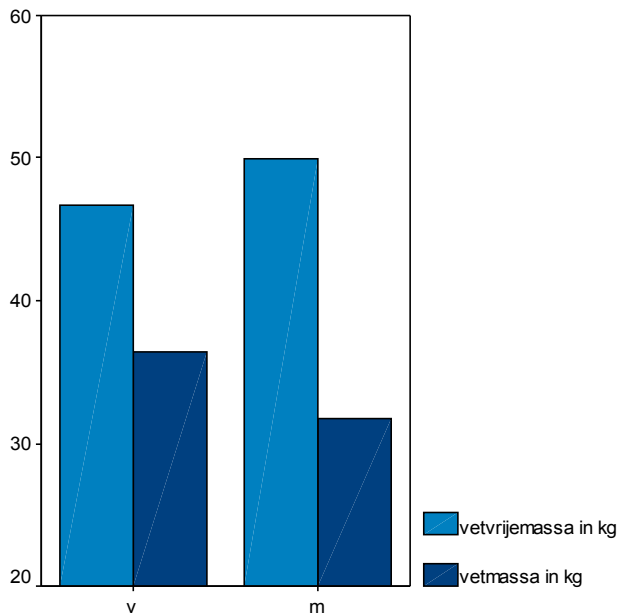
Aangezien de huidplooi een maximum meetcapaciteit heeft van 50 mm en er in de populatie ook zeer zwaar obese jongeren aanwezig zijn, kon men bij sommigen de huidplooien niet meten omdat deze niet tussen de caliperlippen pasten. Hierdoor zijn deze metingen niet bruikbaar voor het onderzoek en vallen er bij de meisjes 21 metingen en bij de jongens 6 metingen weg. Er blijven dus nog 193 metingen beschikbaar bij de meisjes en 121 metingen bij de jongens voor verder onderzoek.

De fysische eigenschappen van de onderzoekspopulatie worden in tabel 6.1 weergegeven.

Tabel 6.1 Fysische eigenschappen van de onderzoekspopulatie

| | | Gemiddelde | Standaard-deviatie (SD) |
|---------|-------------------------------|------------|-------------------------|
| meisjes | Leeftijd (jaren) | 15,65 | 1,58 |
| | Lengte (cm) | 165,08 | 6,27 |
| | Gewicht (kg) | 83,08 | 13,00 |
| | BMI (kg/m ²) | 30,47 | 4,41 |
| | Som van de 4 huidplooien (mm) | 106,42 | 23,22 |
| | Vetpercentage (Wabitsch) | 43,30 | 4,50 |
| | Vetpercentage (Slaughter) | 41,40 | 7,90 |
| | Percentage overgewicht | 196,00 | 35,00 |
| jongens | Leeftijd (jaren) | 15,10 | 1,60 |
| | Lengte (cm) | 169,94 | 8,37 |
| | Gewicht (kg) | 81,61 | 18,49 |
| | BMI (kg/m ²) | 28,05 | 5,03 |
| | Som van de 4 huidplooien (mm) | 93,43 | 35,15 |
| | Vetpercentage (Wabitsch) | 38,05 | 6,31 |
| | Vetpercentage (Slaughter) | 36,29 | 10,94 |
| | Percentage overgewicht | 187,00 | 35,00 |

Uit de tabel kan men afleiden dat de gemiddelde leeftijd bij meisjes en jongens ongeveer overeenkomt, met respectievelijk een gemiddelde leeftijd van 15,65 jaar (standaardafwijking 1,58) en 15,10 jaar (standaardafwijking 1,60). Er is echter een significant verschil (niveau 0,015) in lengte en BMI tussen meisjes en jongens te zien. Men kan zien dat jongens gemiddeld groter zijn en gemiddeld een lagere BMI en percentage overgewicht hebben dan meisjes. Er is een licht verschil in gewicht maar niet significant. Qua lichaamssamenstelling ziet men een significant verschil (niveau 0,01) tussen meisjes en jongens. Jongens hebben gemiddeld meer vetvrije massa en minder vetmassa ten opzichte van de meisjes (figuur 6.1).



Figuur 6.1 Verschil in lichaamssamenstelling bij meisjes (v) en jongens (m)

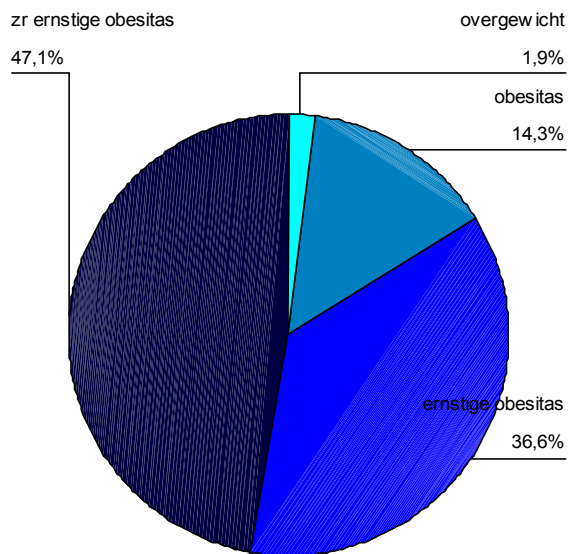
6.1.2 Bepaling van overgewicht in de populatie

Zoals vroeger werd gezegd hebben we het percentage overgewicht berekend met behulp van de *BMI*, op basis van de gegevens van de NHANES-studie. Men kan echter ook aan de hand van het *vetpercentage* of via de *huidploidikte* zelf onderzoeken of een individu overgewicht heeft. Het zou interessant zijn te weten of iemand die op basis van de *BMI* overgewicht heeft, ook op basis van de andere methoden overgewicht heeft. Dit is dus nuttig om te onderzoeken aan de hand van de gegevens van de onderzochte populatie.

6.1.2.1 Bepaling van overgewicht op basis van de BMI

Door middel van de *BMI* werd het percentage overgewicht berekend per individu. Dit gebeurde, zoals vroeger werd gezegd, op basis van de gegevens van de NHANES-studie. Door de huidige *BMI* te delen door de gemiddelde *BMI* voor de leeftijd kon dan het gewicht beoordeeld worden.

In figuur 6.2 wordt de verdeling van de meetwaarden over de verschillende categoriën voorgesteld: 1,9 % van alle metingen uit de onderzoekspopulatie wordt onder ‘overgewicht’ gerekend, 14,3 % onder ‘obesitas’, 36,6 % onder ‘ernstige obesitas’ en 47,1% onder ‘zeer ernstige obesitas’. Geen enkele persoon van de onderzochte populatie heeft een normaal gewicht. Het laagste percentage overgewicht bij de meisjes en de jongens is respectievelijk 140 % en 124 %, en het hoogste komt overeen met respectievelijk 371 % en 279 %. Het gemiddelde percentage overgewicht bij meisjes is 196 % en bij jongens 187 %, wat bij meisjes overeenkomt met zeer ernstige obesitas en bij jongens met ernstige obesitas.



Figuur 6.2 Mate en verdeling van overgewicht in de onderzochte populatie op basis van BMI

6.1.2.2 Bepaling van overgewicht op basis van het vetpercentage

Er bestaan hedendaags nog geen gestandaardiseerde gradaties en marges voor het percentage lichaamsvet bij kinderen. Toch is het vetpercentage een goede parameter om overgewicht te bepalen. In de literatuur wordt aangegeven dat jongens onder de 18 jaar met meer dan 20 % vetweefsel overgewicht hebben. Jongens met een vetpercentage van 25 % of meer hebben obesitas. Bij meisjes onder de 18 jaar bedragen deze percentages respectievelijk 25 % en 30 % (Malina en Katzmarzyk 1999). Jammer genoeg wordt 'obesitas' hier verder niet in verschillende klassen opgedeeld.

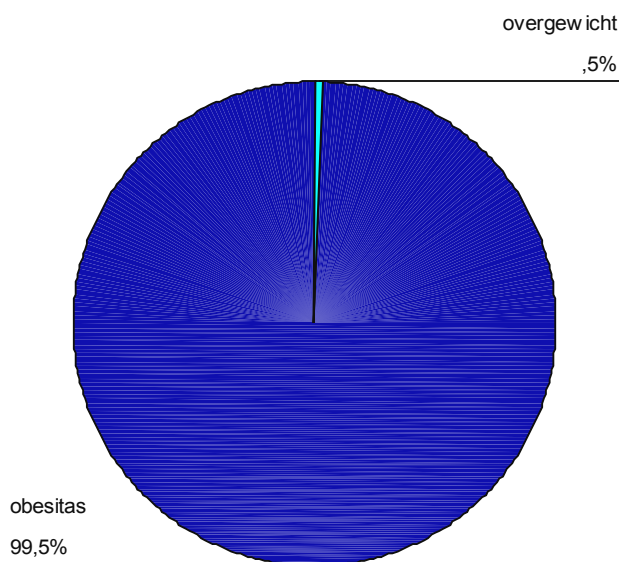
In dit onderzoek hebben we het vetpercentage op twee mogelijke manieren berekend: op basis van de impedantiemeting en op basis van de huidplooiemeting. We zullen deze twee methoden hier apart behandelen.

Wanneer het vetpercentage berekend werd op basis van de *impedantiemeting* met behulp van de formule van *Wabitsch*, kunnen we afleiden dat 0,5 % van de metingen uit de onderzoekspopulatie onder 'overgewicht' werden gerekend en de overige 99,5 % onder 'obesitas' werden gerekend (zie figuur 6.3). Geen enkele persoon heeft een normaal vetpercentage.

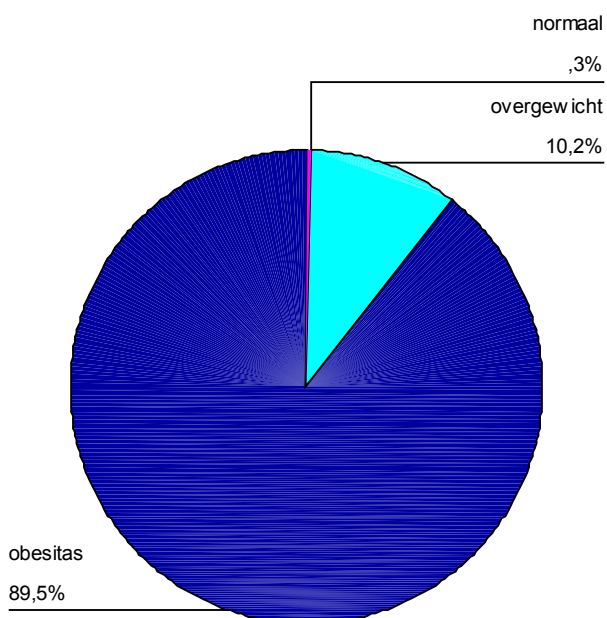
Het laagste vetpercentage bij meisjes en jongens komt overeen met respectievelijk 29,2 % en 25,4 %, en het hoogste vetpercentage met 53,24 % en 51,15 %. Het gemiddelde vetpercentage voor meisjes is 43,3 % en voor jongens 38,0 %.

Wanneer het vetpercentage berekend werd op basis van de *huidplooiemeting* met de formule van *Slaughter*, kunnen we afleiden dat 0,3 % van de onderzochte populatie een normaal vetpercentage heeft, 10,2 % van de metingen werd onder 'overgewicht' gerekend en 89,5 % werd onder 'obesitas' gerekend (figuur 6.4). Het laagste vetpercentage bij meisjes en jongens

komt overeen met respectievelijk 23,5 % en 19,7 %, en het hoogste vetpercentage met 63,3 % en 58,3 %. Het gemiddelde vetpercentage voor meisjes is 41,4 % en voor jongens 36,3 %.



Figuur 6.3 Verdeling van de vetpercentages in de onderzochte populatie op basis van de impedantiemeting (formule van Wabitsch)



Figuur 6.4 Verdeling van de vetpercentages in de onderzochte populatie op basis van de huidplooiemeting (formule van Slaughter)

Aangezien bij de bepaling van het overgewicht aan de hand van het vetpercentage, geen duidelijk onderscheid gemaakt wordt tussen obesitas, ernstige obesitas en zeer ernstige obesitas, is het moeilijk de resultaten te vergelijken met de mate van het overgewicht bepaald aan de hand van de BMI die wel onderscheidt maakt tussen verschillende klassen obesitas.

Toch kunnen we besluiten dat wanneer de graad van het overgewicht aan de hand van de impedantiemeting (formule van Wabitsch) bepaald wordt, de jongeren gemakkelijker in een hogere klasse overgewicht worden gerekend dan op basis van de BMI en op basis van het vetpercentage berekend via de huidplooiingen (formule van Slaughter).

Bij de bepaling van overgewicht op basis van het vetpercentage berekend via de huidplooiingen, kunnen we zien dat één persoon (0,3 %) beschouwd wordt met een normaal gewicht, terwijl dezelfde persoon volgens de criteria van de BMI en de impedantiemeting onder 'obesitas' werd geplaatst.

Ook wordt er bij de bepaling van het overgewicht, berekend op basis van het vetpercentage via de huidplooiemeting, 8,3 % van de metingen meer onder 'overgewicht' geplaatst dan bij de BMI (slechts 1,9 % 'overgewicht') en 9,7 % meer dan bij de impedantiemeting (slechts 0,5 % 'overgewicht').

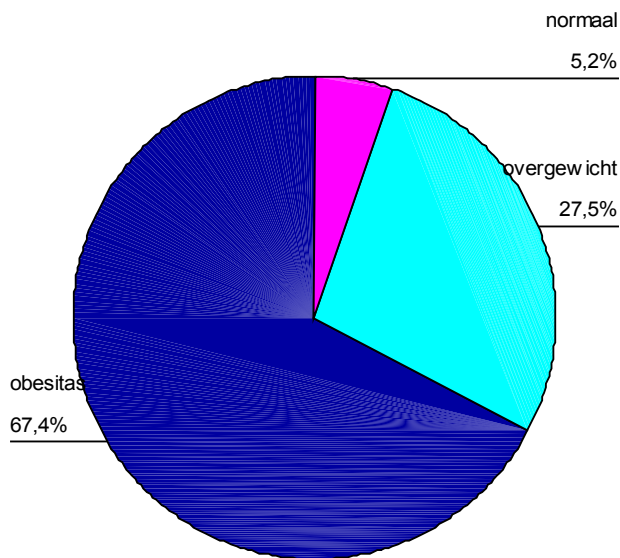
Rekent men bij de metingen op basis van de BMI obesitas, ernstige obesitas en zeer ernstige obesitas samen dan komt men op 98 % van de metingen, en dit tegenover 89,5 % (obesitas) bij de huidplooiemeting en 99,5 % (obesitas) bij de impedantiemeting. Hieruit kan men dus afleiden dat de bepaling van overgewicht op basis van de impedantiemeting de jongeren in een hogere klasse overgewicht plaatst dan op basis van de BMI. De BMI op zijn beurt zal de onderzochte jongeren gemakkelijker in een hogere graad van overgewicht plaatsen dan wanneer men zich baseert op de vetpercentages berekend via de huidplooiingen.

6.1.2.3 Bepaling van overgewicht op basis van de huidplooidikte zelf

In de vorige paragrafen werd de graad van overgewicht bepaald op basis van BMI of op basis van het vetpercentage, berekend via de formules van Slaughter voor de huidplooiingen, en via de formules van Wabitsch voor de impedantiemetingen. Men kan echter ook de graad van overgewicht bepalen door rechtstreeks de huidplooidikte zelf te beoordelen.

Aangezien de tricepshuidplooï de meest betrouwbare huidplooï is, zullen we de graad van het overgewicht bepalen via de tricepshuidplooï. Dit kan via percentielen bepaald worden. Een huidplooidikte hoger dan percentiel 85 wijst op overgewicht. Een huidplooidikte hoger dan percentiel 90 wijst op obesitas. Deze waarden kunnen teruggevonden worden in geslachtspecifieke tabellen (zie bijlage 10).

Uit figuur 6.5 kan men afleiden dat 5,2 % van de metingen in de onderzochte populatie als 'normaal gewicht' werden beschouwd, 27,5 % van de metingen werd onder 'overgewicht' gerekend en 67,4 % werd onder obesitas gerekend. Hierbij kan men een opvallend verschil vaststellen vergeleken met de andere methoden om de graad van overgewicht te bepalen. Er worden immers meer personen onder 'normaal gewicht' en overgewicht' gerekend en opvallend minder personen onder 'obesitas' gerekend.



Figuur 6.5 Mate en verdeling van overgewicht in de onderzochte populatie op basis van de tricepshuidploo

Men kan dus besluiten dat er een groot verschil opduikt in de classificatie van de graad van overgewicht indien men gebruikt maakt van verschillende methoden. Op basis van het vetpercentage via de impedantiemeting (m.b.v. de formule van Wabitsch) zullen de jongeren in een hogere klasse overgewicht geplaatst worden, met daaropvolgend, in dalende volgorde: bepaling van de graad van overgewicht op basis van de BMI, op basis van het vetpercentage via de huidplooiemeting (m.b.v. de formule van Slaughter) en als laatste op basis van de huidplooiemeting zelf, die de jongeren in lagere klassen overgewicht zal plaatsen.

De meest gebruikt methode om de graad van overgewicht bij jongeren te kennen is tot nu toe via de BMI (via percentielcurven of via de NHANES-studie). Toch dient men in gedachten te houden dat de BMI misschien niet de beste en meest nauwkeurige manier is om het gewicht te evalueren. Zoals men kan vaststellen geven andere methoden die meer op vetmassa gebaseerd zijn andere resultaten. De vraag die dan ook rijst is of een persoon die volgens de criteria van de BMI aan overgewicht lijdt, maar toch niet te veel vetmassa heeft, ook als een persoon met overgewicht kan beschouwd worden?

Bij de beoordeling van overgewicht en obesitas zal het dus belangrijk zijn om dit in het achterhoofd te houden. In de praktijk kan zeker en vast gebruik gemaakt worden van de subjectieve klinische blik als steun bij het bepalen van overgewicht.

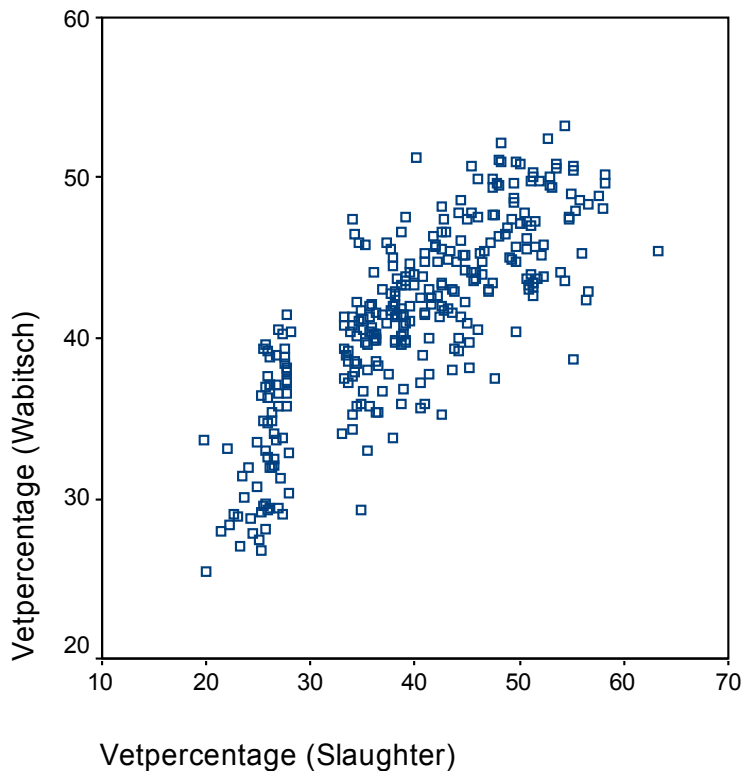
6.2 VERGELIJKING VAN DE METHODEN OM DE LICHAAMSSAMENSTELLING TE BEPALEN

Het hoofddoel van dit onderzoek is de impedantiemethode en de huidplooiemethode te vergelijken.

Met behulp van de, op de populatie afgestemde, voorspellingsformules kan men aan de hand van de huidplooiemethode en de impedantiemethode de lichaamssamenstelling van een individu berekenen.

De vraag die men kan stellen is of de resultaten van de twee methoden dan ook overeenkomen en of er bepaalde significante verschillen tussen de methoden zijn.

In figuur 6.6 werden de twee methoden ten opzichte van elkaar uitgezet in een spreidingsdiagram. Op de X-as werden de vetpercentages uitgezet die met de formule van Slaughter werden berekend op basis van de huidplooiemetingen. Op de Y-as werden de vetpercentages uitgezet die met de formule van Wabitsch werden berekend op basis van de impedantiemeting.



Figuur 6.6 Vetpercentage bepaald met de formule van Slaughter tegenover vetpercentage bepaald met de formule van Wabitsch

Correlatie en regressie

De correlatie beschrijft het rechtlijnig verband tussen twee variabelen. De correlatie geeft aan hoe goed de puntenwolk aansluit bij de 'beste rechte' lijn.

In dit geval ziet men een duidelijke positieve correlatie, of rechtlijnige samenhang tussen de twee methoden. Bij een perfect positief rechtlijnig verband is de correlatie +1, bij een perfect negatief rechtlijnig verband is de correlatie -1 en bij een correlatie van 0 is er geen rechtlijnig verband. De *correlatie* bedraagt hier $0,807$, wat wijst op een behoorlijke samenhang tussen de twee methoden. De correlatie is *significant* tot op niveau $0,01$, dit wil zeggen dat er één kans op honderd is dat het bekomen resultaat aan het toeval te wijten is. Deze kans is miniem zodat het om een significant resultaat gaat.

Men kan geen perfecte lijn onderscheiden, maar toch zou men een denkbeeldige rechte lijn door de punten kunnen trekken. Deze best passende rechte lijn in de puntenwolk noemen we de regressielijn. De regressielijn wordt afgebeeld in figuur 6.7. Uitgaande van deze lijn kan men bijvoorbeeld een variabele voorspellen of verklaren op basis van de andere variabele. De hier berekende regressielijn heeft als vergelijking:

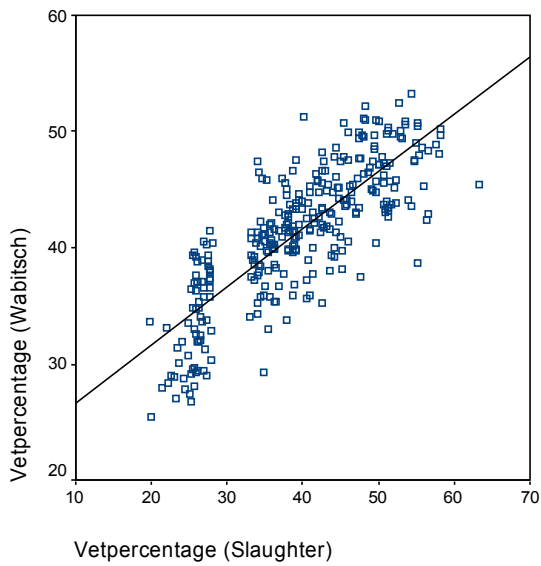
$$\text{'vetpercentage (Wabitsch)} = 21,7 + 0,5 \times \text{vetpercentage (Slaughter)'}.$$

Indien twee meetmethoden exact dezelfde resultaten geven, verwachten we in het spreidingsdiagram een rechte met vergelijking $y = x$, m.a.w. een rechte met richtingscoëfficiënt 1 en intercept 0. Kleine afwijkingen hiervan duiden op niet te voorkomen meetfouten bij beide meetmethoden. Grotere afwijkingen wijzen op meer fundamentele verschillen tussen beide meetmethoden. De intercept is in dit geval gelijk aan 21,7 en wijst op een systematisch verschil tussen de twee methoden (zie ook later: Bland en Altman methode). De richtingscoëfficiënt is hier verschillend van 1 en wijst op een evoluerend verschil in meetwaarden van laag naar hoog tussen de twee meetmethoden (zie ook later: Bland en Altman methode).

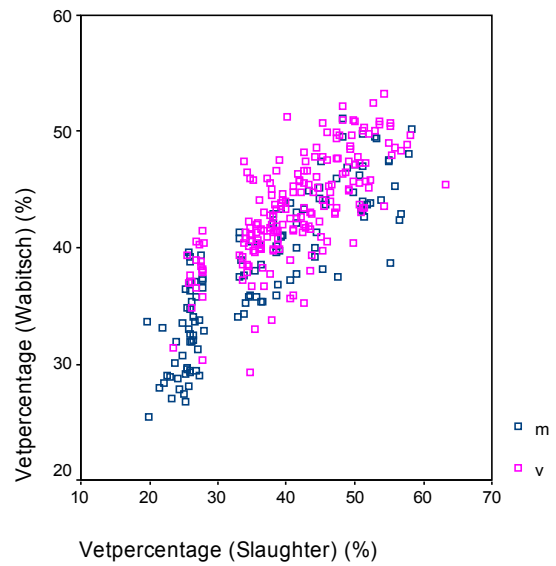
Om te kijken hoeveel van de variatie kan verklaard worden door regressie wordt R^2 (determinatiecoëfficiënt) berekend. Dit is het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt. Indien de waarde dicht bij 0 ligt, vormt de regressielijn geen goede beschrijving en indien de waarde dicht bij 1 ligt vormt de regressielijn een goede beschrijving van het model. De R^2 -waarde is hier 0,65 m.a.w. 65% van de variatie kan verklaard worden m.b.v. de regressielijn, wat nogmaals een sterk verband aantoont tussen de twee bestudeerde methoden.

De vraag die we nu kunnen stellen is, of er een verschil is in correlatie tussen de methoden bij jongens en meisjes apart (figuur 6.8, 6.9, 6.10). Men ziet inderdaad een verschil. Bij jongens is er een duidelijkere samenhang tussen de twee methoden dan bij meisjes (zie figuur 6.9 en 6.10). Bij jongens bedraagt de correlatiecoëfficiënt 0,862 en bij meisjes 0,719. Beiden tonen een significante samenhang van de twee methoden op niveau 0,01. Doch, deze samenhang is bij de jongens iets groter dan bij de meisjes. Een factor die hierbij niet over het hoofd mag gezien worden is het feit dat er minder metingen beschikbaar waren van jongens (121 metingen) dan van meisjes (193 metingen). Dit verschil in aantal metingen is vermoedelijk gedeeltelijk verantwoordelijk voor de kleinere variatie bij jongens. De kans op fouten, onnauwkeurige metingen en uitschieters is hierdoor vermoedelijk minder groot dan bij de meisjes waarbij er 72 metingen meer werden uitgevoerd dan bij de jongens.

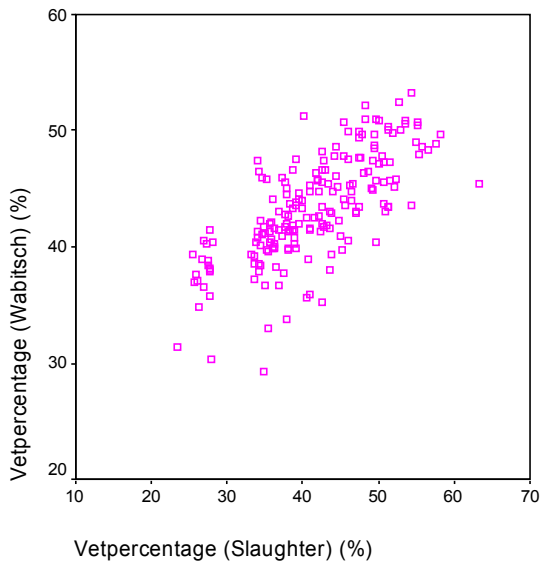
Naast deze bemerking, is het zeker mogelijk dat deze twee methoden in het algemeen een duidelijkere samenhang vertonen bij de jongens dan bij de meisjes. Zoals vroeger werd gezegd en aangetoond, is de huidploidikte bij jongens gemiddeld lager dan bij de meisjes. Dit zorgt ervoor dat de huidplooiemetingen bij de jongens gemiddeld gemakkelijker te meten zijn en dus waarschijnlijk ook nauwkeuriger zijn. Bij een lichaam met veel onderhuids vet is het meten van de huidplooiën immers moeilijker dan bij een lichaam met minder onderhuids vet. Daarnaast zullen misschien nog andere factoren meespelen die niet in rekening werden gebracht zoals individuele verschillen, ras, enz.



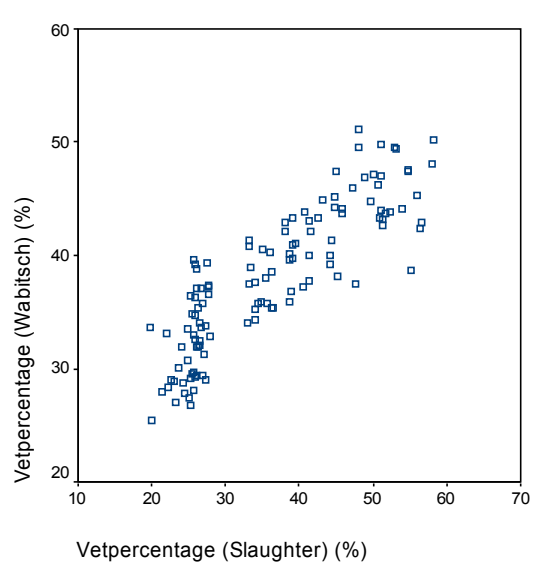
Figuur 6.7 Regressie-analyse



Figuur 6.8 Spreidingsdiagram met opsplitsing jongens (m) / meisjes (v)



Figuur 6.9 Spreidingsdiagram meisjes



Figuur 6.10 Spreidingsdiagram jongens

Bland en Altman methode en residuenanalyse

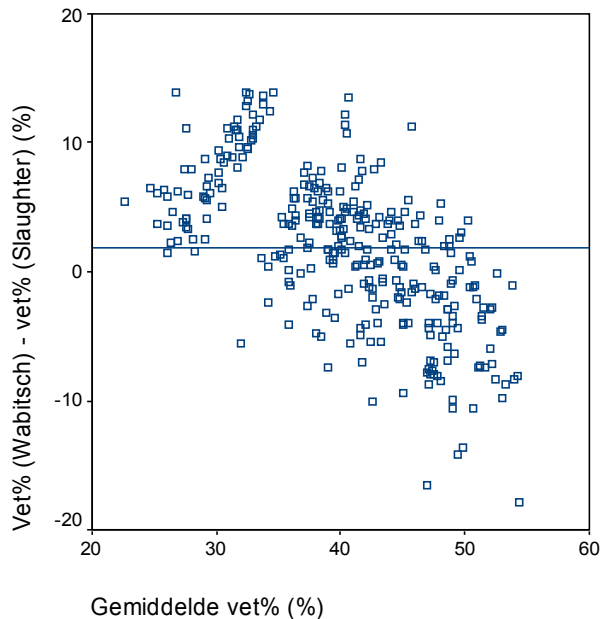
Via de Bland en Altman methode kan men de overeenkomst tussen de twee methoden evalueren en systematische verschillen vaststellen (figuur 6.11).

Op de X-as wordt het gemiddelde van de twee methoden uitgezet, namelijk het gemiddelde van: de vetpercentages bekomen met de formule van Wabitsch (impedantiemeting) en de vetpercentages bekomen met de formule van Slaughter (huidplooiemeting).

Op de Y-as wordt het verschil van de twee methoden uitgezet, namelijk: de vetpercentages bekomen met de formule van Wabitsch verminderd met de vetpercentages bekomen met de formule van Slaughter.

Op deze manier kan men de overeenkomst tussen de twee methoden beoordelen.

Indien de twee methoden exact met elkaar overeenkomen, dan is het gemiddelde van het verschil van de twee methoden gelijk aan nul. Hoe meer dit gemiddelde van nul afwijkt, hoe groter het verschil tussen de resultaten van de twee methoden.



Figuur 6.11 Bland en Altman analyse

In dit geval is het gemiddelde gelijk aan 1,85 % vet met een standaardafwijking van 5,9 %. Deze waarde ligt dicht bij nul en toont dus een goede overeenkomst tussen de resultaten van de twee methoden aan. Toch kan men uit deze waarde afleiden dat de impedantiemethode (Wabitsch) systematisch hogere resultaten geeft ten op zicht van de huidplooimethode (Slaughter), aangezien het gemiddelde een positieve waarde aangeeft.

Anderzijds kan men uit figuur 6.11 afleiden dat: hoe hoger het vetpercentage in een individu is, hoe groter de spreiding is tussen de resultaten van de twee methoden.

Ook kan men het volgende afleiden: als de vetcomponent in een individu groter wordt, zal de formule van Slaughter hogere waarden weergeven ten opzichte van formule van Wabitsch. Omgekeerd kan men zien dat, indien de vetcomponent in een individu laag is, de formule van Slaughter lagere waarden zal weergeven vergeleken met de waarden bekomen met de formule van Wabitsch.

Dit kan ook uit tabel 6.2 afgeleid worden. Het minimum vetpercentage berekend met de formule van Slaughter is lager dan het minimum vetpercentage berekend met de formule van Wabitsch. Het maximum vetpercentage berekend met de formule van Slaughter is echter groter dan het maximum vetpercentage berekend met de formule van Wabitsch.

Ook kan men zien dat de standaardafwijking van de vetpercentages berekend met de formule van Slaughter, hoger is dan bij de formule van Wabitsch. Dit wil zeggen dat de spreiding van de resultaten groter is bij de formule van Slaughter dan bij de formule van Wabitsch.

Tabel 6.2 Kenmerkende waarden van de twee methoden

| | | Minimum | Maximum | Gemiddelde | Standaard deviatie (SD) |
|---------|---------------------------|---------|---------|------------|-------------------------|
| Meisjes | Vetpercentage (Wabitsch) | 29,22 | 53,24 | 43,30 | 4,50 |
| | Vetpercentage (Slaughter) | 23,51 | 63,35 | 41,40 | 7,90 |
| Jongens | Vetpercentage (Wabitsch) | 25,37 | 51,15 | 38,05 | 6,31 |
| | Vetpercentage (Slaughter) | 19,70 | 58,28 | 36,29 | 10,94 |

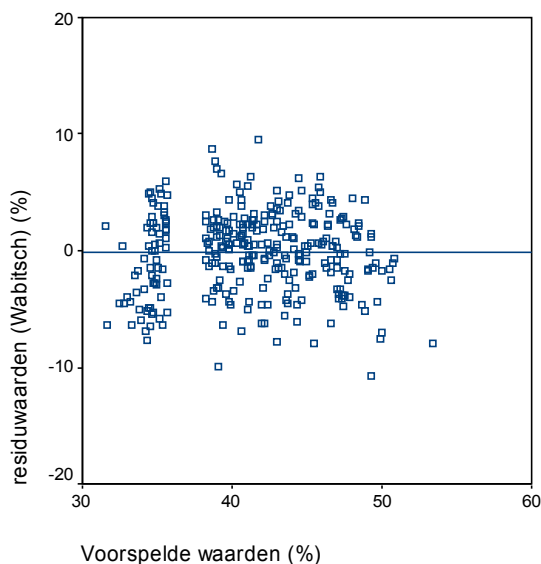
Men kan al deze eigenschappen ook afleiden uit figuur 6.12 en figuur 6.13.

In deze figuren werden de voorspelde vetpercentages, die via de regressievergelijking (pg. 42) berekend werden, op de X-as uitgezet tegenover de residuwaarden (de verschillen tussen de feitelijke en de voorspelde waarden) op de Y-as. In beide grafieken stelt de horizontale lijn de regressielijn voor.

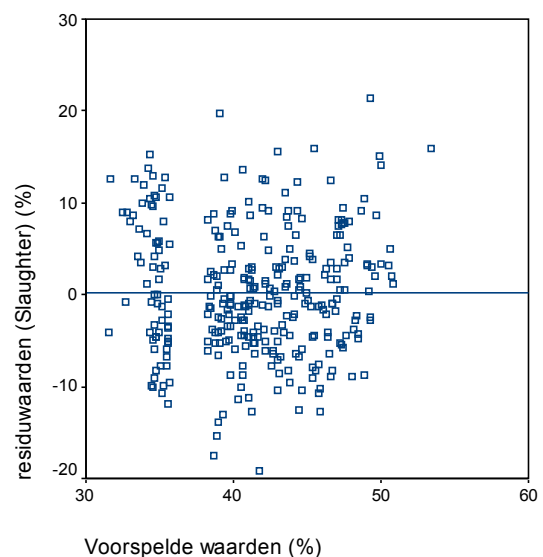
In figuur 6.12 waarbij de residuwaarden van de vetpercentages, berekend met de formule van Wabitsch, werden uitgezet, ziet men geen uitgesproken patroon: de waarden zijn gelijkmatig verdeeld rond de regressielijn.

In figuur 6.13 werden de residuwaarden van de vetpercentages, berekend met de formule van Wabitsch uitgezet. De kenmerken die hierboven werden besproken zijn hierbij terug te vinden. Bij lage vetpercentages zal de formule van Slaughter de waarden onderschatten ten opzichte van de voorspelde waarden. Bij hoge vetpercentages zal de formule van Slaughter de waarden overschatten ten opzichte van de voorspelde waarden.

De grotere spreiding bij de formule van Slaughter is hier duidelijk te zien.



Figuur 6.12 Residuenanalyse (Wabitsch)



Figuur 6.13 Residuenanalyse (Slaughter)

6.3 EVALUATIE VAN DE BODYSTAT

Zoals in 5.4.4.2 werd vermeld, werden de vetpercentages in het Zeepreventorium met behulp van het Bodystat-toestel gemeten (impedantiemeting). Er werd reeds vermeld dat deze waarden niet gebruikt werden om de impedantiemeting te vergelijken met de huidplooiemeting aangezien het Bodystat-toestel niet op de bestudeerde populatie is afgestemd.

Toch is het voor het Zeepreventorium interessant om te weten of hun waarden voor vetpercentage (berekend door middel van het Bodystat-toestel) sterk afwijken van de waarden die met behulp van de populatie specifieke formule (formule van Wabitsch) werden berekend op basis van de impedantie.

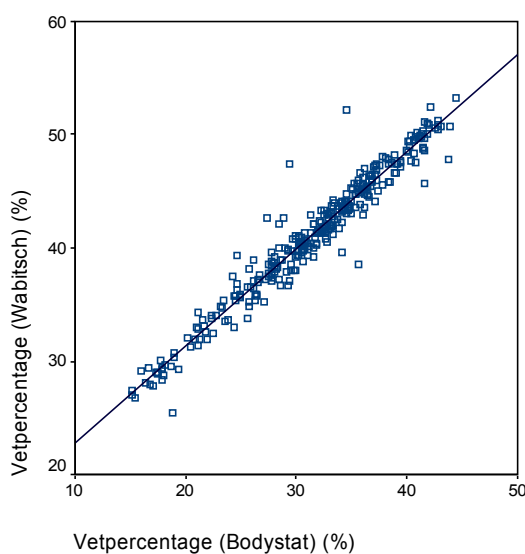
De resultaten worden kort besproken:

In figuur 6.14 wordt de correlatie tussen de twee methoden afgebeeld, met op de X-as het vetpercentage dat door het Bodystat-toestel wordt berekend en op de Y-as het vetpercentage berekend met de formule van Wabitsch.

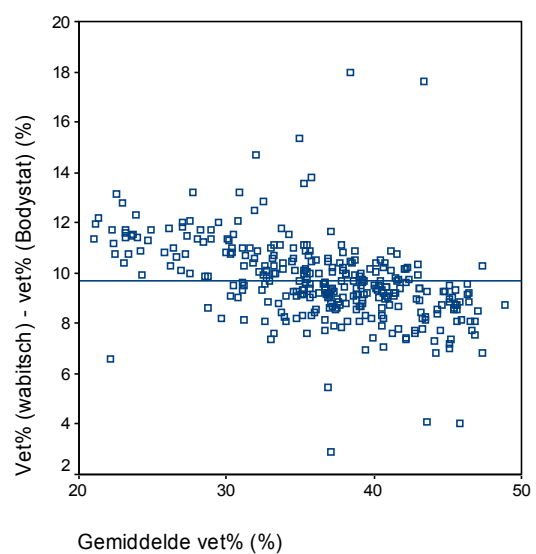
Men ziet een goede correlatie tussen de beide methoden nl. 0,974.

Als men echter met behulp van de Bland en Altman methode de twee methoden vergelijkt, zien we een duidelijk verschil (figuur 6.15). Op de X-as wordt het gemiddelde vetpercentage van de twee methoden uitgezet en op de Y-as wordt het verschil van het vetpercentage (Wabitsch) en het vetpercentage (Bodystat) uitgezet. Men kan zien dat het Bodystat-toestel duidelijk de vetpercentages onderschat bij de onderzochte populatie. De waarden die met behulp van de formule van Wabitsch worden berekend liggen gemiddeld 9,69 % hoger dan de waarden die het Bodystat-toestel weergeeft.

Hieruit kan men besluiten dat het Bodystat-toestel duidelijk niet afgestemd is op de onderzochte populatie. De formule die in het toestel gebruikt wordt om het vetpercentage te berekenen is niet van toepassing voor deze populatie. Het zal dus belangrijk zijn dat de vetpercentages die door het toestel worden berekend niet als cijfer op zich worden beoordeeld. Er is immers een duidelijke onderschatting van de vetpercentages. Toch kan men de waarden gebruiken om de *evolutie* van de lichaamssamenstelling bij een bepaald individu op te volgen.



Figuur 6.14 Correlatie-analyse



Figuur 6.15 Bland en Altman analyse

7 ALGEMEEN BESLUIT

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de niet-antropometrische methoden de meest betrouwbare en valide methoden zijn om de lichaamssamenstelling te bepalen. Deze methoden, met uitzondering van de impedantiemethode, zijn voor diëtisten echter onbruikbaar in de praktijk. In de eerste plaats vanwege de kindonvriendelijkheid en stralingsbelasting, en bovendien zijn deze methoden te kostbaar en te tijdrovend.

Is de impedantiemethode beter dan de huidplooiemethode?

Spijtig genoeg blijft deze vraag voorlopig onbeantwoord.

Eén van de moeilijkheden bij deze studie was het gebrek aan een gouden standaard. Met andere woorden, men kan er niet vanuit gaan dat de ene methode de beste is, en aan de hand daarvan een andere methode evalueren. Wel kon men de methoden vergelijken en de grootste verschillen bespreken.

Ook waren er zeker en vast factoren die niet in beschouwing werden genomen zoals individuele verschillen in de onderzoekspopulatie, ras, ...

Als algemeen besluit kunnen we stellen dat de twee onderzochte methoden, zijnde de impedantie- en de huidplooiemethode een goede overeenkomst tonen en praktisch bruikbaar zijn in de praktijk..

De huidplooiemethode zal bij lage vetpercentages een onderschatting van het vetpercentage geven ten opzichte van de impedantiemethode. Bij hoge vetpercentages zal de huidplooiemethode een overschatting geven van het vetpercentage ten opzichte van de impedantiemethode. De impedantiemethode zal systematisch hogere resultaten geven ten opzichte van de huidplooiemethode.

Het is hierbij belangrijk in gedachten te houden dat de vetpercentages via specifieke formules werden berekend. Gebruikt men voor eenzelfde methode een andere formule dan zou men andere resultaten kunnen bekomen en dus de methoden anders beoordelen. Aangezien in dit onderzoek populatie specifieke formules werden gebruikt kunnen we de resultaten als betrouwbaar beschouwen.

Er is uit de resultaten gebleken dat er voorzichtig moet omgegaan worden met de classificatie van een individu op basis van zijn gewicht. Sommige methoden rekenen een individu tot een hogere klasse overgewicht terwijl andere methoden het individu als 'normaal gewicht' beschouwen. Zo zal de impedantiemethode een individu in een hogere klasse overgewicht plaatsen dan de BMI en de huidplooiemethode.

Hierbij zal het in de praktijk dus belangrijk zijn om de meetresultaten aan te vullen met de klinische blik voor het vaststellen van overgewicht.

Onderscheid tussen overgewicht en obesitas is immers nodig. Obesitas bij kinderen is zelden een alleenstaand probleem: obesitas geeft op korte en lange termijn gezondheidsproblemen, zoals orthopedische problemen, apneu's, diabetes type 2 en sociale problemen.

Overgewicht geeft problemen op middellange en lange termijn zoals hart- en vaatziekten en diabetes type 2.

We kunnen ook besluiten dat het gebruik van het vetpercentage berekend door het Bodystat-toestel in het Zeepreventorium een duidelijke onderschatting van het vetpercentage toont. Men kan op basis van deze waarden de jongeren dus niet classificeren in een bepaalde graad van overgewicht of obesitas, aangezien dit een onderschatting zou zijn van de realiteit.

Men kan dus nogmaals benadrukken dat het gebruik van populatie specifieke voorspellingsformules een must zijn waarbij de impedantie of weerstand als dusdanig in de formule wordt gebruikt.

BIA-toestellen die enkel het vetpercentage weergeven zijn dus niet steeds aangepast aan de populatie en kunnen verkeerde resultaten weergeven. Toch is een zeer exact resultaat niet steeds nodig en kunnen deze toestellen gebruikt worden om de evolutie in lichaams-samenstelling weer te geven.

In de praktijk moet een methode om lichaamsvet te meten relevant, reproduceerbaar, valide en praktisch toepasbaar zijn in de situatie waarin de methode gebruikt moet worden.

Er moeten leeftijds- en geslachtsgebonden referentiewaarden zijn en de meetresultaten moeten in de praktijk bruikbaar zijn.

LITERATUURLIJST

- Body & Health. Vetmeting (2004), <http://www.body-health.nl/docs/vetmeting.html>, (16.07.2004)
- Borms, J. (1999). Hoe geldig en betrouwbaar zijn toestellen om het vet te bepalen? Bodytalk, (201), 6-8.
- Boye, K. e.a. (2002). Anthropometric assessment of muscularity during growth: estimating fat-free mass with 2 skinfold-thickness measurements is superior to measuring midupper arm muscle area in healthy prepubertal children. The American Journal of Clinical Nutrition, 76 (3), 628-632.
- Braet, C. e.a. (2002). Obesitas. De consensus van de BASO (Belgian Association for the Study of Obesity). 57p.
- Bulk-Bunschoten e.a. (2004). Omtrekmetingen. In: Signaleringsprotocol Overgewicht in de Jeugdgezondheidszorg, ontwikkeld in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, VUmc Amsterdam, 2004, 43 p.
- Butte, N. e.a. (2000). Estimating body fat in African American and white adolescent girls: a comparison of skinfold-thickness equations with a 4-compartment criterion model. The American Journal of Clinical Nutrition, 72 (2), 348-354.
- Dezenberg e.a. (1999). Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children. International Journal of Obesity 23, 253-259.
- Giri, M. (2004). Obesitas en het metabool syndroom. Overzicht van de verschillende stappen in de therapie. Voordracht: Bijscholing "Multidisciplinaire begeleiding van de obese patiënt", Gent, 19 oktober 2004.
- Heukelom, B. De BIA-meting (2004), <http://www.huisartsenkliniek.nl/>, (16.07.2004).
- Houtkooper e.a. (1992). Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. Journal of applied Physiology, (72), 366-373.
- Hulshof, P. e.a. (2004). Experimenten: Biomedische metingen. Wageningen Universiteit, VWO-campus, 56p.
- Janssen. Voedingsecho (09.2004), <http://www.voedingsecho.nl/> (10.10.2004).
- Kaale, R. Informatie over lichaamsvetmeting (23.08.2004), <http://www.tanita.nl/Persweda/bodyfat-info.htm>, (16.07.2004).
- Malina RM, Katzmarzyk PT. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescents. Am J Clin Nutr 1999;70 (suppl):131-6S

- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap: departement welzijn, volksgezondheid en cultuur. Het bepalen van de lichaamssamenstelling (03.09.2004), <http://www.wvc.vlaanderen.be/gezondsporten/voeding/ideaalgewicht/index.html>, (15.11.2004).
- New Fitness. Body Fat analyzing- Comparing methods for measuring body fat (17.11.2002), http://new-fitness.com/body_fat_analyzing.html, (10.11.2004).
- Pijl, H. (2001). Adipositas bij volwassenen. In: Informatorium voor Voeding en Diëtetiek, Bohn, Stafleu, van Loghum, april 2001, Voedingsleer IXa-1.
- Soeters e.a. Onderzoek (11.10.2004), <http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algorithmena/onderzoek/default.htm>, (15.10.2004).
- Stichting Voedingscentrum Nederland. De Body Mass Index (2004), <http://www.voedingscentrum.nl/>, (04.09.2004).
- Timp S. Afslanken Online (14.11.2004), <http://www.afslanken.com/> (16.07.2004).
- Trayhurn, P. (2004). Biologie van obesitas & diabetes. Congres: 7^{de} voedings- en gezondheidscongres, Brussel 2004.
- Van Den Broecke, N. (2003). Toegepaste dieetleer. Cursus, Gent, Kaho-St.-Lieven, 203p.
- Van Landeghem, K. (2003). Algemene en toegepaste voedingsleer. Cursus, Gent, Kaho St.-Lieven.
- Van Landeghem, K. (2004). Voeding bij zuigeling en kind. Cursus, Gent, Kaho St.-Lieven.
- Van Mol, E. (2004). Toenemend overgewicht bij kinderen. Nutrinenews, 2004, (2), 3-9.
- Vansant, G. (1999). Relevante antropometrische metingen in de diëtistenpraktijk. Tijdschrift voor Voeding en Diëtetiek, 25 (2), 2-4.
- Van Wezel e.a. (2004). Signaleren van overgewicht en (secundaire) preventie bij jeugdigen. Nederlands Tijdschrift voor Diëtisten, 59 (2), 42-46.
- Van Winckel, M. (1995). Interpretatie van groeicurven. Tijdschrift voor Voeding en Diëtetiek, 21 (3), 3.
- Verheul-Koot, M.A. e.a. (1998). Nutricia Vademecum. Maarssen, Elsevier/De Tijdstroom, 261p.

Verheul-Koot, M.A. (2002). Signalering en bepaling van overgewicht en obesitas. In: Achtergrondinformatie 'terug naar de gezonde basis' Campagne ter preventie van overgewicht bij kinderen in Nederland, Oss, Nederlandse Vereniging van Diëtisten, 2002, 34p.

Wabitsch e.a. (1996). Body composition in 5-18-Y-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, (64), 1-6.

Zelissen, P.M.J. (2003). *Obesitas en overgewicht*. Leuven, Davidsfonds, 100p.

ERRATA

Evelyne Hanssens – ‘Vergelijkende studie van methoden voor de bepaling van de lichaamssamenstelling bij obese jongeren’

| Pagina | Fout | Verbetering |
|--------|---|---|
| 14 | Uit de som van de vier eerste huidplooiën kan met behulp van specifieke formules of tabellen het individueel vetpercentage geschat worden. | Uit de huidplooiën kan met behulp van specifieke formules of tabellen het individueel vetpercentage geschat worden. |
| 14 | De referentietabellen zijn verschillend voor mannen en vrouwen. Een voorbeeld... | De referentietabellen zijn verschillend voor mannen en vrouwen. Een voorbeeld... |
| 14 | Tabel 3.7 Schatting de vetmassa (kg), ... | Tabel 3.7 Schatting van de vetmassa (kg), ... |
| 21 | Percentage lichaamsvet = $((4,95 / \text{densiteit}) - 4,5) \times 100$ | Percentage lichaamsvet = $((4,95/\text{densiteit (g/ml)}) - 4,5) \times 100$ |
| 34 | <i>Totaal lichaamswater (L) = (0,35 x RI) + (0,27 x leeftijd) + (0,14 x gewicht) - 0,12</i> | <i>Totaal lichaamswater (L) = (0,35 x RI) + (0,27 x leeftijd (jaren)) + (0,14 x gewicht (kg)) - 0,12</i> |
| 44 | Toch kan men uit deze waarde afleiden dat de impedantiemethode (Wabitsch) systematisch hogere resultaten geeft ten op zicht van de huidplooiemethode (Slaughter), aangezien het gemiddelde een positieve waarde aangeeft. | Toch kan men uit deze waarde afleiden dat de impedantiemethode (Wabitsch) systematisch hogere resultaten geeft ten op zicht van de huidplooiemethode (Slaughter), aangezien het verschil een positieve waarde aangeeft. |
| 45 | In figuur 6.13 werden de residuwaarden van de vetpercentages, berekend met de formule van Wabitsch uitgezet. | In figuur 6.13 werden de residuwaarden van de vetpercentages, berekend met de formule van Slaughter uitgezet. |
| 47 | Als algemeen besluit kunnen we stellen dat de twee onderzochte methoden, zijnde de impedantie- en de huidplooiemethode een goede overeenkomst tonen en praktisch bruikbaar zijn in de praktijk.. | Als algemeen besluit kunnen we stellen dat de twee onderzochte methoden, zijnde de impedantie- en de huidplooiemethode een goede overeenkomst tonen en praktisch bruikbaar zijn. |