



## Nutritional Assessment Platform

Single Frequency Bio-Impedantie Analyse

Standard Operating Procedures

**Versie 3.1 definitief**

**3/15/2018**

**Auteurs:** Heidi Zweers, Hinke Kruizenga, Anneke van den Berg, Nel Reijven en Paul Hulshof

**Doel:** Berekenen van de lichaamssamenstelling op basis van een impedantiemeting

**Doelgroep:** Volwassenen en kinderen van alle leeftijden.

**Tijdsduur:** 15 minuten



## Inhoudsopgave

---

1. Doel van het meetinstrument.....	3
2. Begrippen en bepalingen .....	3
2. Achtergrondinformatie .....	3
3. Doelgroep.....	3
4. Veiligheid en Milieu .....	4
4.1. Veiligheid deelnemer en testuitvoerder .....	4
4.2. Milieu .....	4
5. Beschrijving van het meetinstrument.....	4
6. Reinigen en Onderhoud .....	4
6.1. Reinigen .....	4
6.2. Onderhoud van de apparatuur .....	5
7. Werkwijze.....	5
7.1. Benodigheden .....	5
7.2.1. Voorbereiding .....	5
7.2.2. Meting .....	6
7.3. Verwerking van de resultaten.....	7
7.3.1. Berekening .....	7
Uit de berekening komen de volgende uitkomsten: .....	8
7.3.2. Beoordeling.....	8
8. Methodologische kwaliteit .....	10
8.1. Validiteit en betrouwbaarheid .....	10
Referenties.....	11
Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM .....	13
Bijlage 2: Stroomschema meetprocedure .....	15
Bijlage 3: Percentielen VVMI en VMI (referentie Schutz) .....	16
Bijlage 4: Percentage lichaamsvet kinderen M/V .....	17



## 1. Doel van het meetinstrument

---

Berekenen van de lichaamssamenstelling op basis van een Bio Elektrische Impedantie meting op 50 kHz.

**Let op:** Je meet met een dubbel-indirecte methode de impedantie van de deelnemer. Je meet de impedantie en berekent de vetvrije massa.

## 2. Begrippen en bepalingen

---

Deelnemer	persoon bij wie de meting wordt uitgevoerd
Testafnemer	persoon die de meting uitvoert
Resistance (R)	de weerstand
Reactance (Xc)	de weerstand opgewekt door celmembranen die zich gedragen als condensatoren
Impedantie (Z)	$\sqrt{(\text{Resistance (R)}^2 + \text{reactance (Xc)}^2)}$
Bio-Impedantie Analyse	BIA
Fasehoek	$\arctan(\text{reactance} / \text{resistance}) \times (180 / \pi)$ . De Fasehoek lijkt een maat voor de integriteit van de celmembraan, celfunctie en hoeveelheid vetvrije massa te zijn

## 2. Achtergrondinformatie

---

Een BIA is een meting waarbij de weerstand wordt gemeten die het lichaam biedt aan een wisselstroom op 50 kHz. De vet vrije massa (VVM) wordt berekend met een formule waarin de weerstand, lengte, gewicht, geslacht en leeftijd onderdeel zijn. [1-8].

## 3. Doelgroep

---

Kinderen en volwassenen van alle leeftijden.

### Indicaties:

- Als parameter in de diagnostiek van de voedingstoestand.
- Voor het monitoren van veranderingen in de impedantie en de lichaamssamenstelling tijdens voedingsinterventie. .
- Als variabele in de berekening van de eiwitbehoefte[9]

### Contra indicatie

- Elektrische implantaten zoals een pacemaker of defibrillator.

**Vaststellen van vetvrijemassa met impedantie weinig zinvol indien er sprake is van:**

- Zwangerschap
- Koorts (>39 graden)
- Brandwonden en decubitus
- Een abnormale hydratiestatus (bv. oedeem, ascites, dehydratie, dialyse)

**4. Veiligheid en Milieu**

---

**4.1. Veiligheid deelnemer en testuitvoerder**

Risicoklasse: Om enig risico te voorkomen is er een **contra indicatie** voor deelnemers met elektrische implantaten zoals een pacemaker of defibrillator. Verder is het gebruik veilig.

De gebruiker dient getraind te zijn in het gebruiken en interpreteren van BIA.

**4.2. Milieu**

n.v.t.

**5. Beschrijving van het meetinstrument**

---

Single frequency bio-impedantie meter. Meet op een frequentie van 50 kHz.

.Deze SOP is niet voor een specifiek apparaat of merk geschreven.

Eisen aan de single frequency bio-impedantie meter:

- 4 punts meting met elektroden
- Kalibreerbaar
- Ruwe waarden van resistance en reactance beschikbaar.

Verder is het praktisch als de single frequency bio-impedantie meter op batterijen werkt en compact en draagbaar is.

**6. Reinigen en Onderhoud**

---

**6.1. Reinigen**

Wegwerpplakkers worden na ieder gebruik weggegooid.



## 6.2. Onderhoud van de apparatuur

Zie hiervoor de handleiding van de BIA meter.

## 7. Werkwijze

---

### 7.1. Benodigheden

- Single frequentie bio-impedantie meter (BIA meter)
- Electrodes ( min 4 cm<sup>2</sup>)[6]
- Reinigingsalcohol + papieren wegwerpdoekjes
- Rustige ruimte met bed en omgevingstemperatuur tussen 20-25°C

### 7.2. Meetprocedure

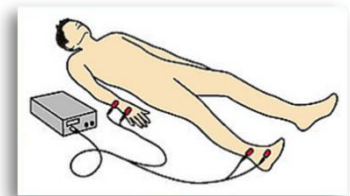
Zie bijlage 2 schema meetprocedure

#### 7.2.1. Voorbereiding

- Eenmalig stelt u, zo nodig, de BIA meter zo in dat u geen geslacht, lengte, gewicht en leeftijd hoeft in te voeren en dat er als output alleen de reactance en resistance wordt weergegeven.
- Kalibreer de BIA meter volgens de instructies van de fabrikant.
- Instrueer de deelnemer vooraf bij de planning van de meting over de meting. Verzoek de deelnemer de acht uur voorafgaande aan de meting eten en drinken (m.u.v. water), lichaamsbeweging, alcohol en cafeïne te vermijden[6] Dit is met name van belang bij onderzoek. In de klinische setting is dit niet altijd haalbaar en bij ondervoeding is nuchter zijn zelfs onwenselijk[10]. Vraag na of de deelnemer een elektrisch implantaat heeft (pacemaker of defibrillator) heeft: heeft hij/ zij er een, dan NIET meten.
- Vraag de deelnemer om voor de meting te gaan plassen.
- Vraag de deelnemer zijn/haar sieraden af te doen en sleutels uit broekzakken te verwijderen (oorbellen, piercings zijn wel toegestaan) [1, 6]
- Meet de lengte en het gewicht volgens gestandaardiseerde procedure.
- Laat de deelnemer 5-10 minuten voor de meting plat liggen[6].
- Controleer of de meting aan de rechterkant van het lichaam kan worden uitgevoerd. Contra-indicatie zou zijn implantaten (bijv. kunstnier, kunstheup, metalen pinnen in het lichaam) glucosecensor, portocad, shunt, infuus. Meet in dit geval aan de andere kant van het lichaam (links) en noteer dit.



- Vraag wanneer de deelnemer voor het laatst gegeten en gedronken heeft en vraag lichaamsbeweging in de 8 uur voor de meting na. Voor onderzoeksdoeleinden moet een deelnemer bij een BIA minimaal 8 uur nuchter zijn. Voor een meting binnen zorg is dit niet nodig en bij ondervoeding zelfs ongewenst [10]. Probeer zoveel mogelijk onder dezelfde omstandigheden te werken. Vraag de recente voedingsinname daarom altijd na en noteer het.
- Vraag factoren na die de vochtbalans beïnvloeden of check het in het EPD: elektrolyten stoornissen, dehydratie, oedeem, temperatuursverhoging.
- Zorg dat het lichaam van de deelnemer niet in contact komt met metalen of geleidende voorwerpen (bedrand o.i.d.). Controleer de houding van de deelnemer. Zorg dat de benen in een hoek van  $45^{\circ}$  liggen en de armen in een hoek van  $30^{\circ}$  (zie afbeelding). Plaats bij overgewicht isolerend materiaal tussen benen en armen (bijv. handdoek). Ontspannen liggen; geen spieren aanspannen.
- Controleer de kabels. Ze mogen niet vlak langs apparatuur met een hoog voltage lopen (bijvoorbeeld een computermonitor). Kabels mogen niet om elkaar heen gedraaid zijn. Kabels mogen niet geknakt zijn.
- Instrueer de deelnemer tijdens de meting niet te bewegen of te praten.
- Voor eventueel overige punten die hier niet genoemd zijn: zie de aanwijzingen van de fabrikant.



### 7.2.2. Meting

- Meet bij voorkeur aan de rechterzijde van de deelnemer omdat de referentie rechts is gemeten[6]. Indien dit niet mogelijk is bijv. vanwege een implantaat of infuus, meet dan links en noteer dit.
- Desinfecteer de huid van voeten en handen met reinigingsalcohol (70%) en een wegwerp papierendoekje. Verwijder indien nodig overmatige beharing door te scheren.
- Plak de elektroden op een normaal stukje huid dus niet op veel moedervlekken, littekens, brandwonden, beharing. Plaats de elektroden zoals op onderstaande afbeelding:



Hand:

Spanningselektrode op de pols tussen de polsknobbels.

Injecterende elektrode achter de knobbel van de middelvinger in rechte lijn boven de spanningselektrode

Voet:

Spanningselektrode op de enkel tussen de enkelknobbels.

Injecterende elektrode op de voet 1 cm achter de 2e teen.

- Er moet minimaal 5 cm tussen de twee elektroden zitten (bij kinderen minimaal 3 cm) en de plaats van de spanningselektrode ligt altijd vast op de knobbel. Bij kinderen en bij personen waarbij die afstand minder dan 5 cm is de injecterende plakelektrode dan rond de middelvinger plakken.
- Registreer de afstand tussen de elektroden, en zorg ervoor dat deze afstand bij een herhaalde meting gelijk blijft. Bevestig de knijpers aan de elektrode: knijper zover mogelijk tegen het plastic van de elektrode duwen.
- Zet de BIA aan en start de meting door op enter te drukken.
- Noteer de reactance en de resistance en eventuele impedantie en fasehoek
- Koppel de deelnemer na de meting los en verwijder langzaam de pleisters.

### 7.3. Verwerking van de resultaten

#### 7.3.1. Berekening

Voer de variabelen geslacht, lengte, gewicht, reactance (bij 50 kHz) en resistance (bij 50 kHz) en evt. impedance (bij 50 kHz) in de formule om vetvrije massa te berekenen. Maak hiervoor bij voorkeur gebruik van vooraf geprogrammeerde formules in bijvoorbeeld uw EPD, een Excel sheet of website van zoals <http://zakboekdietetiek.nl/berekeningen/>

**Let op:** De keuze van de formule is heel bepalend voor de uitkomst van de vetvrije massa. Het gebruik van verschillende formules zullen tot verschillende resultaten leiden.

Er zijn veel formules beschikbaar voor de berekening van de vetvrije massa voor verschillende doelgroepen. Validatie studies zijn uitgevoerd gebruikmakend van verschillende referentiedata op basis van indirecte meetmethode meestal dual energy X-ray absorptiometry (DXA) of dubbel gelabeld water. Bij de keuze van de formule moet gelet worden op de volgende criteria:

- Is de validatiestudie bij voldoende grote populatie uitgevoerd bij de juiste doelgroep en met de juiste referentie methode?
- De correlatiecoëfficiënt (R) moet zo hoog mogelijk zijn (>0,9)
- De verklaarde variatie (R<sup>2</sup>) moet zo hoog mogelijk zijn (>0,8)
- De standaardfout (SEE) moet klein zijn (max. 1,5-2 kg)



- De absolute meetfout (bias) moet zo klein mogelijk zijn (max. 0-1,8 kg)

Deze data moet dan ook beschikbaar zijn wat voor veel formules die standaard in de apparatuur zijn geprogrammeerd niet het geval is.

Op basis van de op dit moment beschikbare formules en validatiestudies en na toepassing van de bovenstaande criteria zijn de volgende formules voor de diverse doelgroepen het meest valide[1-3, 6, 7, 11-16] zie bijlage 1:

- Volwassenen algemeen: KYLE formule[2]
- Volwassenen obees: HORIE Formule[17]
- Volwassenen COPD: RUTTEN Formule[18]
- Kinderen gezond: DEURENBERG Formule (7-25 jaar)[19]
- Kinderen acuut & chronisch ziek: DUNG Formule (2,5-18 jaar)[3]
- Kinderen obees: LAZZER Formule (10-17 jaar)[20]

Uit de berekening komen de volgende uitkomsten:

- VVM =vetvrije massa (kg)= uitkomst van de formule
- VM= vetmassa (kg)= Lichaamsgewicht (kg)-vetvrije massa (kg)
- VVMI = vetvrije massa index (kg/m<sup>2</sup>)= vetvrije massa (kg)/lichaamslengte(m)<sup>2</sup>
- VMI = vetmassa index( kg/m<sup>2</sup>)= vet massa (kg)/lichaamslengte(m)<sup>2</sup>

### 7.3.2. Beoordeling

**Let op:** Pas op met individuele interpretatie van vetvrije massa (VVM) gebaseerd op single frequency bio-impedantie metingen. Een BIA meting is een dubbel indirecte meting. Dat wil zeggen dat er veel aannames in de meting zitten. Wat je meet en berekend is niet perse de waarheid maar een benadering hiervan. Vochthuishouding heeft een grote invloed op de weerstand en de gekozen formule is van invloed op de berekende vetvrijemassa. Probeer zoveel mogelijk onder constante omstandigheden te meten en als dat niet lukt probeer hier dan bij de interpretatie rekening mee te houden:

- Bij dehydratie gaat de weerstand omhoog en overschat je de vetmassa en onderschat je de VVM.
- Oedeem geeft een overschatting van de VVM (klopt ook er is meer vocht) en een onderschatting van de vetmassa (VM)
- Weerstand van een geleider neemt toe bij toenemende temperatuur, maar de fysiologische veranderingen in een lichaam die gepaard gaan met temperatuursverhoging (doorbloeding, zweten enz) kunnen echter een verlaging van de weerstand bewerkstelligen. Het uiteindelijke effect van veranderingen in lichaamstemperatuur op de validiteit van de BIA is daarom onduidelijk. Verhoging van de huidtemperatuur bleek een verlaging van de weerstand bij elke frequentie te brengen wat een overschatting van de VVM geeft[6].
- Niet nuchter meten geeft een overschatting van de VM





Vergelijk de berekende data met de vorige meetmomenten en met de referentiewaarden.

Voor de VVMI en VMI en zijn diverse referentiewaarden opgesteld. Deze hebben allemaal hun beperkingen. Bij de keuze van de referentie moeten de volgende criteria worden overwogen:

- Zo groot mogelijke onderzoekspopulatie.
- Zo recent mogelijke data.
- Populatie moet west Europees zijn liefst zo veel mogelijk overeen komen qua etniciteit met de Nederlandse populatie.
- Referentiemethode moet liefst een indirecte methode zijn. Dit is helaas niet beschikbaar op dit moment als BIA gebruikt is moet er wel volgens de ESPEN richtlijnen gemeten zijn. (Dit heeft Schutz wel en Franssen niet). Op basis van deze criteria en de beschikbare literatuur adviseert de NAP tot er betere referentiedata beschikbaar is bij volwassenen de p10 van de referentie van Schutz[14] als ondergrens te gebruiken ( zie bijlage 2). Houd hierbij in gedachten dat de apparatuur die Schutz gebruikt heeft de VVM overschat blijkt een uit latere validatiestudie[21].

In de richtlijn COPD [22] wordt voor vrouwen een VVMI van 15 kg/m<sup>2</sup> en voor mannen een VVMI van 17 kg/m<sup>2</sup> als ondergrens voor ondervoeding aangehouden.

#### **Kinderen:**

Voor kinderen zijn geen normaalwaarden voor VVMI beschikbaar. Er zijn wel normaalwaarden voor percentage lichaamsvet (zie bijlage 2)[16]. Hier gelden verschillende afkappunten (Europese of Amerikaanse) hier is geen consensus over. De Europese literatuur geldt dat kleiner dan het 2e percentiel (<P2) geldt als te weinig vetmassa, groter dan het 85e percentiel (>P85) als te veel vetmassa en overgewicht en groter dan het 95e percentiel (>P95) als obees.

#### **Fasehoek:**

Fasehoek bij single frequency bio-impedantie meters wordt berekend als  $\arctan(\text{reactance} / \text{resistance}) \times (180 / \pi)$ . De Fasehoek lijkt een maat voor de integriteit van de celmembraan, celfunctie en hoeveelheid vetvrije massa te zijn. Een lage fasehoek is gecorreleerd met hogere morbiditeit en mortaliteit. De fasehoek is meestal tussen de 5 en de 7 en atleten kunnen zelfs waarden van rond de 9 hebben. De waarde van de fasehoek voor de diëtistische diagnostiek wordt onderzocht.[23]



## 8. Methodologische kwaliteit

---

### 8.1. Validiteit en betrouwbaarheid

Bioimpedantie technieken zijn bekritiseerd vanwege hun beperkingen, met name bij toepassing op individuen met acute en chronische ziekten en mensen met overgewicht als gevolg van de mogelijke schending van de onderliggende aannames die horen bij een dubbel indirecte meting. [6]

Bio-impedantie blijft echter een van de weinige goedkope, niet-invasieve, en beschikbare methode voor bepalen van vetvrijemassa in klinische toepassing op dit moment. Bio-impedantie kan belangrijke objectieve informatie verschaffen die kan helpen bij het diagnosticeren van sarcopenie en ondervoeding.

Het blijft echter oppassen met de individuele interpretatie van vetvrije massa (VVM) gebaseerd op single frequency bio-impedantie metingen. Een BIA meting is een dubbel indirecte meting. Dat wil zeggen dat er diverse aannames in de meting zitten en dat het is gebaseerd op een statistisch verband tussen de meetmethode( impedantie) en een lichaamsparameter ( vetvrijemassa). Wat je meet en berekend is niet perse de waarheid maar een benadering hiervan. Je meet de impedantie en berekent de vetvrije massa.

De aannames die bij BIA gedaan worden zijn o.a. dat het lichaam voor een constant deel uit water bestaat (dit klopt niet bij dehydratie en oedeem) en dat het lichaam uit 5 cilinders van uniforme doorsnede is opgebouwd (dit klopt niet bij obesitas).

De precisie (dat wil zeggen, herhaalbaarheid) van Single Frequency BIA apparaten is meestal zeer goed, met 1% -2% binnen 1 dag en 2=3,5 % binnen 1 week[1, 24].

Anderzijds de mate van nauwkeurigheid voor individuele beoordeling is, met name in klinische populaties met zieke mensen, en bij mensen met overgewicht meer variabel. De meetfout voor VVM ligt tussen de 3,5-6 %.[25]. Hieronder een voorbeeld van welke variaties in vetvrijemassa worden waargenomen bij de verschillende BIA vetvrijemassa formules vergeleken met DXA:

- gezonde volwassenen met normaal gewicht 1,8-4 kg
- gezonde ouderen 1,6-3,4 kg
- vrouwen met overgewicht 8,8 kg [6]

Precisie en nauwkeurigheid van de bio-impedantie worden beïnvloed door een aantal factoren:

- de patiënt (bijvoorbeeld mate van adipositas, vocht en de elektrolytenstatus, temperatuur van de huid)
- omgevingsfactoren (omgevingstemperatuur nabijheid van metaal oppervlakken en elektronische apparaten)
- de gekozen formule voor berekenen vetvrijemassa
- variaties in meetprotocol



## Referenties

---

1. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods*. Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), 2004. **23**: p. 1226-43.
2. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice*. Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), 2004. **23**: p. 1430-53.
3. Nguyen, Q.D., et al., *Impedance index or standard anthropometric measurements, which is the better variable for predicting fat-free mass in sick children?* Acta Paediatr, 2007. **96**(6): p. 869-73.
4. Mourtzakis, M., et al., *A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care*. Appl Physiol Nutr Metab, 2008. **33**(5): p. 997-1006.
5. Bosy-Westphal, A. and M.J. Muller, *Identification of skeletal muscle mass depletion across age and BMI groups in health and disease-there is need for a unified definition*. Int J Obes (Lond), 2015. **39**(3): p. 379-386.
6. Earthman, C.P., *Body Composition Tools for Assessment of Adult Malnutrition at the Bedside: A Tutorial on Research Considerations and Clinical Applications*. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2015. **39**(7): p. 787-822.
7. Kyle, U.G., et al., *Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis*. Eur J Clin Nutr, 2015. **69**(12): p. 1298-305.
8. Mulasi, U., et al., *Bioimpedance at the Bedside: Current Applications, Limitations, and Opportunities*. Nutr Clin Pract, 2015. **30**(2): p. 180-193.
9. Ishibashi, N., et al., *Optimal protein requirements during the first 2 weeks after the onset of critical illness*. Crit Care Med, 1998. **26**(9): p. 1529-35.
10. Slinde, F. and L. Rossander-Hulthen, *Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition*. Am J Clin Nutr, 2001. **74**(4): p. 474-8.
11. Demerath, E.W., et al., *Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study*. Pediatrics, 2006. **117**(3): p. e487-95.
12. Sesmero, M.A., et al., *Bioimpedance electrical spectroscopy in the first six months of life: some methodologic considerations*. Nutrition, 2005. **21**(5): p. 567-73.
13. Kyle, U.G., et al., *Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years*. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 2001. **17**: p. 534-41.
14. Schutz, Y., U.U. Kyle, and C. Pichard, *Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y*. Int J Obes Relat Metab Disord, 2002. **26**(7): p. 953-60.
15. Pichard, C., et al., *Nutritional assessment: lean body mass depletion at hospital admission is associated with an increased length of stay*. Am J Clin Nutr, 2004. **79**(4): p. 613-8.
16. McCarthy, H.D., et al., *Body fat reference curves for children*. Int J Obes (Lond), 2006. **30**(4): p. 598-602.
17. Horie, L.M., et al., *New body fat prediction equations for severely obese patients*. Clin Nutr, 2008. **27**(3): p. 350-6.
18. Rutten, E.P., M.A. Spruit, and E.F. Wouters, *Critical view on diagnosing muscle wasting by single-frequency bio-electrical impedance in COPD*. Respir Med, 2010. **104**(1): p. 91-8.
19. Deurenberg, P., K.C.S. L., and S.H. E., *Assessment of body composition by bioelectrical impedance in Children and young adults is strongly age-dependent*. European Journal of Clinical Nutrition, 1990(44): p. 261-268.
20. Lazzer, S., et al., *Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents*. Br J Nutr, 2008. **100**(4): p. 918-24.



21. Schoeller, D.A., et al., *QDR 4500A dual-energy X-ray absorptiometer underestimates fat mass in comparison with criterion methods in adults*. Am J Clin Nutr, 2005. **81**(5): p. 1018-25.
22. *Richtlijn-Diagnostiek-en-behandeling-van-COPD*. 2010.
23. Norman, K., et al., *Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters*. Clin Nutr, 2012. **31**(6): p. 854-61.
24. Jensen, M.B., et al., *Components of variance when assessing the reproducibility of body composition measurements using bio-impedance and the Hologic QDR-2000 DXA scanner*. Clin Nutr, 1997. **16**(2): p. 61-5.
25. Moon, J.R., et al., *Reproducibility and validity of bioimpedance spectroscopy for tracking changes in total body water: implications for repeated measurements*. Br J Nutr, 2010. **104**(9): p. 1384-94.



## Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM

Tabel formules voor berekenen VVM uit het zakboek Diëtetik

Tabel 9.3 Selectie van formules om de vetvrije massa te berekenen met behulp van de uitkomsten van bio-electrische impedantie analyse (122, 123)

Auteur	Aantal personen (N); geslacht; leeftijd; populatie en land van herkomst; referentie (ref); BIA systeem	Geslacht	Leeftijd (jaar) gem±SD	Lengte (cm) gem±SD	Gewicht (kg) gem±SD	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) gem±SD	VVM formules	Validiteit
<b>Formule gebaseerd op gezonde kinderen</b>								
Deurenberg et al. (124)	N=246 (130 M, 116 V); lft 7-9 jr: 18 M, 21 V; lft 10-15 jr: 71 M, 20 V; lft 16-25 jr: 41 M, 75 V; gezonde personen; Nederland; ref: onderwaterweging; BIA101, RIL-systems	M 7-9 jr	8,3±0,6	132,3±0,6	28,3±3,7		VVM=(0,438 × 10 <sup>4</sup> × L(m) <sup>2</sup> /R) + (0,308 × Kg) + (1,6 × geslacht) + (7,04 × L(m)) - 8,5	R=0,99 SEE=2,39
		V 7-9 jr	8,3±0,9	130,1±7,0	27,2±4,6			
		M 10-15 jr	12,8±1,5	159,0±1,2	47,2±11,8			
		V 10-12 jr	10,7±1,0	144,1±7,7	35,0±6,5			
		M > 16 jr	21,6±2,8	183,2±6,3	73,1±5,9			
		V > 13 jr	17,6±3,6	168,3±6,7	57,9±9,5		Geslacht: V=0, M=1	
<b>Formule gebaseerd op acuut en chronisch zieke kinderen</b>								
Dung et al. (125)	N=120 (46 M, 74 V), acuut ziek (N=41, chronisch ziek N=79); lft 2,5-18 jr, blanke pediatrie patiënten; Duitsland; ref DEXA; BIA: Bodystat 1500	MV	13,1±3,3	156,0±19,0	57,9±9,5		VVM=0,786 × (L <sup>2</sup> /Imp) + (0,093 × Kg) + 0,194	R=0,983 SEE=2,03
		M N=30	70-79	174,0±6,5	75,5±9,6	24,9±2,7		
		V N=33	70-79	160,5±6,2	65,0±11,6	25,1±3,8		
		M N=12	>80	168,3±6,1	72,7±8,7	25,6±2,3		
		V N=33	>80	156,5±3,9	59,9±8,6	24,5±3,5		
<b>Formule gebaseerd op volwassenen met obesitas</b>								
Horie et al. (128)	N=119 (36 M, 83 V); lft 18-62 jr, morbide obese preoperatieve gastrische bypass patiënten; Brazilië; ref: FourF-BIA (Quadscan), BOD-POD	M	38,5±11,7	1,75±8,2	152,8±25,1	49,9±6,7	VVM=Kg - (23,25 + (0,13 × leeftijd) + (1 × Kg) + (0,09 × R) - (0,80 × L))	r <sup>2</sup> =0,97
		V	43,0±11,4	1,59±6,9	114,9±17,6	45,5±5,5		
<b>Formule gebaseerd op volwassenen met COPD</b>								
Rutten et al. (129)	N=1087 (641 M, 446 V); lft >50 jr, patiënten met stabiele COPD (FeV1 44,8±17,6% pred); Nederland; ref: DEXA (Lunar Prodigy syst), BIA: Bodystat	M	65,4±9,4	172,5±7,0	73,0±14,5	24,8±4,4	VVM=-11,81 + (0,245 × Kg) + (0,298 × L <sup>2</sup> /Imp) + (0,148 × L) + (5,284 × geslacht)	r <sup>2</sup> =0,90
		V	60,1±9,3	161,0±6,4	62,4±13,5	24,1±5,1		

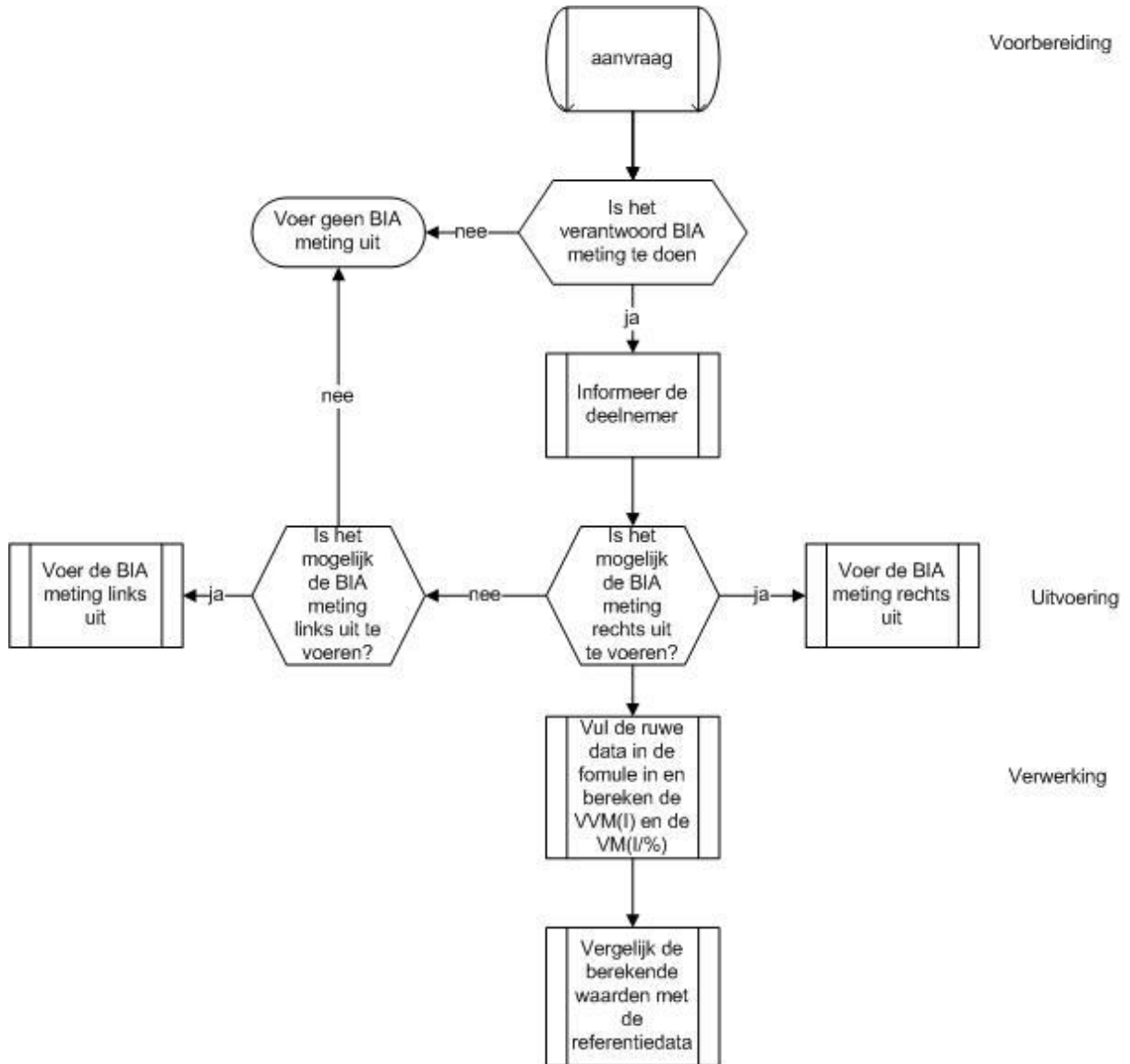
M=Man; V=Vrouw; MV=mannen en vrouwen; DEXA=dual energy x-ray absorptiometer; BIA= bio-electrische impedantie analyse; Kg=gewicht in kg; L=lengte in cm; L(m)=lengte in meters; lft=leeftijd in jaren; VVM=vetvrije massa; R=Resistance; Reac=Reactance; Imp=Impedantie; r=correlatie coëfficiënt; SEE=standard error of the estimate (kg); RMSE=Root mean square error (kg)



Formule gebaseerd op kinderen met obesitas								
Lazzer et al. (126)	N=58 (27 M, 31 V) onderzoeksgroep (O), N=61 (27 M, 34 V) Controle groep (C); lft 10-17 jr, morbide obese caucasische personen; Italië; ref: DEXA, BOD-POD; BIA: BIS (Human IM plus II)	MV	14,2±1,9	1,64±0,1	92,5±14,5	34,3±4,9	VVM=0,87 × (L <sup>2</sup> /Imp) + 3,1	R=0,91
		MV controlegroep	14,0±1,4	1,63±0,1	81,5±15,4	30,4±4,2		RMSE=2,7
Formule gebaseerd op gezonde volwassenen								
Kyle et al. (127)	N=343 (202 M, 141 V); lft 22-94 jr, gezonde personen; Zwitserland; ref: DEXA; BIA: Xitron4000b	M N=21	20-29	178,7±6,8	75,2±9,8	23,5±1,9	VVM=-4,104 + (0,518 × L <sup>2</sup> /R) + (0,231 × Kg) + (0,130 × Reac) + (4,229 × geslacht)	R=0,986, SEE=1,72
		V N=22	20-29	165,4±4,0	61,7±6,0	22,6±2,1		
		M N=77	30-39	178,2±7,1	79,1±10,6	24,9±2,8		
		V N=29	30-39	166,4±6,0	61,8±6,4	22,3±1,8		
		M N=36	40-49	177,3±7,3	81,5±8,1	26,0±2,5		
		V N=13	40-49	164,0±6,7	63,1±9,9	23,4±2,8		
		M N=15	50-59	176,1±4,9	82,4±10,5	26,5±3,0		
		V N=11	50-59	163,7±5,3	67,1±11,7	25,0±3,7		
		M N=11	60-69	173,4±4,5	77,3±10,1	25,8±3,5		
		V N=18	60-69	161,9±6,6	65,0±11,2	25,1±4,1		



Bijlage 2: Stroomschema meetprocedure





### Bijlage 3: Percentielen VVMI en VMI (referentie Schutz)

Tabel 1 Percentielen voor de vetvrije massa index (VVMI) en de vetmassa index (VMI) voor mannen en vrouwen per leeftijdsgroep (Schutz)

Leeftijd (jaar)	P5		P10		P25		P50		P75		P90		P95	
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
<b>Vetvrije massa Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>														
18-34	16,8	13,8	17,2	14,1	18,0	14,7	18,9	15,4	19,8	16,2	20,5	17,1	21,1	17,6
35-54	17,2	14,4	17,6	14,7	18,3	15,3	19,2	15,9	20,1	16,7	21,1	17,5	21,7	18,0
55-74	17,0	14,1	17,6	14,6	18,4	15,4	19,4	16,2	20,3	17,4	21,1	18,4	22,1	19,0
>75	16,6	12,9	16,9	13,7	17,6	14,7	18,5	15,9	19,4	17,0	20,9	18,1	21,2	18,7
<b>Vet massa Index (kg/m<sup>2</sup>)</b>														
18-34	2,2	3,5	2,5	3,9	3,2	4,6	4,0	5,5	5,0	6,6	6,1	7,8	7,0	8,7
35-54	2,5	3,4	2,9	3,9	3,7	4,8	4,8	5,9	6,0	7,2	7,2	8,8	7,9	9,9
55-74	2,8	4,5	3,4	5,4	4,3	6,5	5,7	8,3	7,2	8,4	8,4	12,0	9,3	13,5
>75	3,7	4,9	4,3	5,6	5,2	7,5	6,4	9,3	7,6	9,0	9,0	13,5	10,1	14,3





#### Bijlage 4: Percentage lichaamsvet kinderen M/V

Tabel 2 Percentage lichaamsvet jongens (referentie McCarthy)

Leeftijd (jaar)	P2	P9	P25	P50	P75	P85	P91	P95	P98
5,0	12,2	13,1	14,2	15,6	17,4	18,6	19,8	21,4	23,6
6,0	12,4	13,3	14,5	16,0	18,0	19,5	20,9	22,7	25,3
7,0	12,6	13,6	14,9	16,5	18,8	20,4	22,0	24,1	27,2
8,0	12,7	13,8	15,2	17,0	19,5	21,3	23,1	25,5	29,1
9,0	12,8	14,0	15,5	17,5	21,2	22,2	24,2	26,8	31,0
10,0	12,8	14,1	15,7	17,8	20,7	22,8	25,0	27,9	32,4
11,0	12,6	13,9	15,4	17,7	20,8	23,0	25,3	28,3	32,9
12,0	12,1	13,4	15,1	17,4	20,4	22,7	25,0	27,9	32,2
13,0	11,5	12,8	14,5	16,8	19,8	22,0	24,2	27,0	31,0
14,0	10,9	12,3	14,0	16,2	19,2	21,3	23,3	25,9	29,5
15,0	10,4	11,8	13,6	15,8	18,7	20,7	22,6	25,0	28,2
16,0	10,1	11,5	13,3	15,5	18,4	20,3	22,1	24,3	27,2
17,0	9,8	11,3	13,1	15,4	18,3	20,1	21,8	23,9	26,5
18,0	9,6	11,2	13,1	15,4	18,3	20,1	21,7	23,6	25,9

Tabel 3 Percentage lichaamsvet meisjes (referentie Mc Carthy)

Leeftijd (jaar)	P2	P9	P25	P50	P75	P85	P91	P95	P98
5,0	13,8	15,0	16,4	18,0	20,1	21,5	22,8	24,3	26,3
6,0	14,4	15,7	17,2	19,1	21,5	23,0	24,5	26,2	28,4
7,0	14,9	16,3	18,1	20,2	22,8	24,5	26,1	28,0	30,5
8,0	15,3	16,9	18,9	21,2	24,1	26,0	27,7	29,7	32,4
9,0	15,7	17,5	19,6	22,1	25,2	27,2	29,0	31,2	33,9
10,0	16,0	17,9	20,1	22,8	26,0	28,2	30,1	32,2	35,0
11,0	16,1	18,1	20,4	23,3	26,6	28,8	30,7	32,8	35,6
12,0	16,1	18,2	20,7	23,5	27,0	29,1	31,0	33,1	35,8
13,0	16,1	18,3	20,8	23,8	27,2	29,4	31,2	33,3	35,9
14,0	16,0	18,3	20,9	24,0	27,5	29,6	31,5	33,6	36,1
15,0	15,7	18,2	21,0	24,1	27,7	29,9	31,7	33,8	36,3
16,0	15,5	18,1	21,0	24,3	27,9	30,1	32,0	34,1	36,5
17,0	15,1	17,9	21,0	24,4	28,2	30,4	32,2	34,4	36,8
18,0	14,7	17,7	21,0	24,6	28,5	30,8	32,7	34,8	37,2