



## Nutritional Assessment Platform

Single Frequency Bio-Impedantie Analyse

Standard Operating Procedures

**Versie 4**

**6/17/2019**

**Auteurs:** Heidi Zweers, Hinke Kruizenga, Amely Verreijen, Nel Reijven en Paul Hulshof

Voor BIVA bijlage Anneke Droop

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

**Doelgroep:** Kinderen vanaf 5 jaar en volwassenen

**Tijdsduur:** 15 minuten



## Inhoudsopgave

---

1. Doel van het meetinstrument.....	3
2. Begrippen en bepalingen .....	3
2. Achtergrondinformatie .....	4
3. Doelgroep.....	4
4. Veiligheid en Milieu .....	4
4.1. Veiligheid deelnemer en testuitvoerder .....	4
4.2. Milieu .....	4
5. Beschrijving van het meetinstrument.....	5
6. Reinigen en Onderhoud .....	5
6.1. Reinigen .....	5
6.2. Onderhoud van de apparatuur .....	5
7. Werkwijze.....	5
7.1. Benodigheden.....	5
7.2.1. Voorbereiding .....	5
7.2.2. Meting.....	7
7.3. Verwerking van de resultaten.....	8
7.3.1. Berekening .....	8
7.3.2. Beoordeling.....	9
8. Methodologische kwaliteit .....	11
8.1. Validiteit en betrouwbaarheid.....	11
Referenties .....	13
Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM en ASM.....	15
Bijlage 2: Stroomschema meetprocedure .....	18
Bijlage 3: Percentielen VVMI en VMI (referentie Schutz) .....	19
Bijlage 4 :referentiewaarden VVMI volgens Franssen et al (2014).....	20
Bijlage 5: Percentage lichaamsvet kinderen M/V .....	21
Bijlage 6: ASMI referentiewaarden volwassenen NHANES.....	22
Bijlage 7 Referentiewaarden appendiculaire spiermassa (kg) volgens Kyle.....	23
Bijlage 8 BIVA SOP.....	24



## 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
Biatrodes™	Goed klevende elektrodes voor bio-impedantie meting. Bestemd voor eenmalig gebruik, hypoallergeen en latexvrij
Bio-elektrische Impedantie Analyse	BIA
Bio-elektrische Impedantie Vectoranalyse	BIVA
Nomogram	Geeft een visuele indruk van de hydratietoestand en Body Cell Mass en is gecorrigeerd voor geslacht, lengte en leeftijd. In het Nomogram zijn meestal drie ellipsen zichtbaar welke corresponderen met de 50e (1), 75e (2) en 95e (3) vectorpercentiel van een grote referentiepopulatie
Body Cell Mass	BCM = lichaamscelmasse = metabool actief weefsel. In het 5 compartimenten model is BCM de vetvrije massa zonder extracellulair water en zonder de botmasse
Resistance (R)	De weerstand
Reactance (Xz)	De weerstand opgewekt door celmembranen die zich gedragen als condensatoren
Impedantie (Z)	$\sqrt{\text{Resistance (R)}^2 + \text{reactance (Xc)}^2}$
Fasehoek	Arctan (reactance / resistance) x (180 / π) De Fasehoek lijkt een maat voor de integriteit van de celmembraan, celfunctie (maar niet betrouwbaar bij oedeem)
Vetvrije massa (kg)	VVM = uitkomst van de formule zie berekeningen
Vetmasse (kg)	VM = Lichaamsgewicht (kg) - vetvrije massa (kg)
Vetvrije massa index (kg/m <sup>2</sup> )	VVMi = Vetvrije massa (kg) / lichaamslengte (m) <sup>2</sup>
Vetmasse index (kg/m <sup>2</sup> )	VMi = Vet massa (kg) / lichaamslengte (m) <sup>2</sup>
appendiculaire skeletspiermasse	ASM De ASM is het zachte vetvrije weefsel van de ledematen, exclusief huid en bindweefsel. Het wordt doorgaans gemeten met dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) en het kan ook geschat worden met de uitslag van een BIA meting.



## 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 vanaf 5 jaar en volwassenen

### 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 (>38 graden)
- Brandwonden en decubitus
- Een abnormale hydratiestatus (bv. oedeem, ascites, dehydratie, dialyse) ->alternatieve opties zoals de BIVA of de BCM zie bijlagen zijn dan wel te overwegen.

## 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
- Als je ook BIVA wil gebruiken moet de BIA impedantiemeter fasegevoelig zijn

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

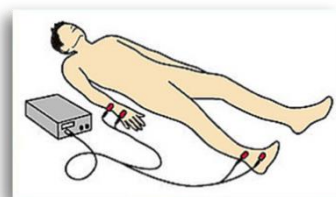
Zie bijlage 2 schema meetprocedure

#### 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 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]
- Broekriem mag om blijven want raakt de huid niet.
- 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 (metalen) implantaten, port-a-cath, 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.
- Wanneer de bovenbenen elkaar raken, en de bovenarmen de romp (vaak het geval bij obesitas), gebruik dan een handdoek tussen de bovenbenen en tussen de arm en de romp [2]. 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.
- Ontvet de huid van voeten en handen met reinigingsalcohol (70%) en een wegwerp papierendoekje of alcohol swaps. 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. De knijpers goed bevestigen aan het lipje van de plakelektroden.
- Check of er geen frictie op de elektroden komt te staan omdat de kabels niet vrij hangen
- Zet de BIA aan en volg de instructies die bij het meetapparaat horen.
- Noteer de reactance en de resistance en eventuele impedantie en fasehoek
- Koppel de deelnemer na de meting los en verwijder langzaam de plakelektroden.



### 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 en/of appendiculaire skeletspiermassa (ASM) 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. Het gebruik van verschillende formules zullen tot verschillende resultaten leiden.

Er zijn veel formules beschikbaar voor de berekening van de vetvrije massa en appendiculaire skeletspiermassa voor verschillende doelgroepen. Validatie studies zijn uitgevoerd gebruikmakend van verschillende referentiedata op basis van indirecte meetmethode meestal dual energy X-ray absorptiometry (DXA) of 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 bias moet zo klein mogelijk zijn (max. 0-1,8 kg)
- Het gebruikte meetprotocol bij de validatiestudie moet overeen komen met deze SOP dus liggende meting met plakelektroden.

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.

**Formules voor vetvrije massa (VVM) (kg)**[1-3, 6, 7, 11-16] zie bijlage 1:

- Volwassenen algemeen: KYLE formule[2]
- Volwassenen obees: HORIE Formule[17] (Deze formule is niet heel geschikt maar er is voor deze doelgroep geen betere voorhanden. Advies NAP is daarom voorlopig deze formule aanhouden bij BMI > 35 met de kanttekening dat impedantie bij BMI > 35 niet betrouwbaar is totdat er een betere formule beschikbaar komt)
- 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]





### Formules voor appendiculaire skeletspiermassa (ASM) kg [21-24] zie bijlage 1

- Gezonde Volwassenen Kaukasisch Kyle formule[24]
- Gezonde ouderen kaukasisch (>60) Sergi formule[21]
- Aziatische ouderen Kim [23] of Yoshida [22] formule

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>
- ASM = appendiculaire skeletspiermassa (kg)
- (A)SMI = appendiculaire skeletspiermassa index (kg/m<sup>2</sup>) = appendiculaire skeletspiermassa (kg) / lichaamslengte(m)<sup>2</sup>

#### 7.3.2. Beoordeling

**Let op:** Pas op met individuele interpretatie 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 berekent 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 VVM

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



Voor de VVMI, VMI en ASSM 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 [25].

In de richtlijn COPD [26] 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.

Normaalwaarden en afkappunten voor ASM(l) voor sarcopenie gelden de volgende afkappunten [27]:

	mannen	vrouwen
ASM (kg) [5]	<20 kg	<15 kg
ASSMI (kg/m <sup>2</sup> ) [6]	<7,0 kg/m <sup>2</sup>	<6,0 kg/m <sup>2</sup>

Er zijn twee referentietabellen beschikbaar voor ASSM. Een percentielverdeling van de ASM (kg) van Kyle [28] zie bijlage 5, gebaseerd op 7489 Zwitserse personen en de mediane ASSMI van 20.553 personen uit het NHANES cohort [29] zie bijlage 6.

**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 celmembranen, 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.[30]

**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, 31].



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 %.[32]. 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
- 

BIVA:

Voordeel van de BIVA is dat er m.b.v. het BIVA plot ruwe waarden geïnterpreteerd kunnen worden waardoor je geen last hebt van de beperkingen die de formules hebben zoals hierboven beschreven. Vaak word er in de BIVA software ook een BCM (Body Cell Mass) waarde gegeven. De validiteit hiervan is twijfelachtig. De formules zijn gebaseerd op veel aannames en hiervoor gelden dan weer dezelfde beperkingen als voor VVM of ASSM formules. Je weet vaak niet welke formules gebruikt zijn en je moet voorzichtig zijn met individuele interpretatie.



## 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 bioelectrical 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. Sergi, G., et al., Assessing appendicular skeletal muscle mass with bioelectrical impedance analysis in free-living Caucasian older adults. *Clin Nutr*, 2015. **34**(4): p. 667-73.
22. Yoshida, D., et al., Development of an equation for estimating appendicular skeletal muscle mass in Japanese older adults using bioelectrical impedance analysis. *Geriatr Gerontol Int*, 2014. **14**(4): p. 851-7.
23. Kim, J.H., et al., Assessment of appendicular skeletal muscle mass by bioimpedance in older community-dwelling Korean adults. *Arch Gerontol Geriatr*, 2014. **58**(3): p. 303-7.
24. Kyle, U.G., et al., Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass (ASMM). *Clinical Nutrition*, 2003. **22**(6): p. 537-543.
25. 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.
26. Richtlijn-Diagnostiek-en-behandeling-van-COPD. 2010.
27. Cruz-Jentoft, A.J., et al., Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*, 2019. **48**(1): p. 16-31.
28. Kyle, G., et al., Appendicular Skeletal Muscle Mass (ASMM) percentiles 7489 healthy adults aged 18-98 years determined by Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) Physiology and nutritional assessment: p. 003-P.
29. Kelly, T.L., K.E. Wilson, and S.B. Heymsfield, Dual energy X-Ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One*, 2009. **4**(9): p. e7038.



30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. Franssen FM, Rutten EP, Groenen MT, Vanfleteren LE, Wouters EF, Spruit MA. New reference values for body composition by bioelectrical impedance analysis in the general population: results from the UK Biobank. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2014;**15**(6):448 e1-6.

## BIVA literatuur

1. Barbosa-Silva MC, Barros AJ (2005) Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: A new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 8(3):311–7.
2. Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E (2013) Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PLoS One* 8:e58533 10.1371/journal.pone.0058533
3. Buffa R, Mereu E, Comandini O, et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for the assessment of two-compartment body composition. *European Journal of Clinical Nutrition* 2014;**68**:1234-40
4. Dehesa-Lopez E, Martínez-Felix J.I. Ruiz-Ramos A., Atilano-Cars X. Discordance between bioelectrical impedance vector analysis and the new ESPEN definition of malnutrition for the diagnosis of hospital malnutrition. *Clinical Nutrition ESPEN* 18 (2017) 44e48
5. 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.
6. Giacomo Fassini P., Ferreira Nicoletti C., Pfrimer K. C. Barbosa Nonino, Sergio Marchini J., Ferriolli E. Bioelectrical impedance vector analysis as a useful predictor of nutritional status in patients with short bowel syndrome. *Clinical Nutrition* 36 (2017) 1117e1121
7. Lundberg M, Nikander P, Tuomainen K, Orell-Kotikangas H, Mäkitie A. Bioelectrical impedance analysis of head and neck cancer patients at presentation. *Acta oto-laryngologica* 2017 VOL. 137, NO. 4, 417–420
8. Marini E, Sergi G, Succa V, Saragat B, Sarti S, Coin A, et al. (2013) Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J Nutr Health Aging* 17:515–521.
9. Mateo de-Silleras B, Cruz-Marcos de la S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, Redondo-Del-Río MP. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PLoS One*. 2019 Jan 24;**14**(1):e0211148.
10. Norman K, et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis-clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012;**31**(6):854-61
11. Redondo del Río P, Camina Martín MA, Marugán de Miguelsanz JM, de Mateo Silleras B (2017) Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population. *Am J Hum Biol* 29:e22978 10.1002/ajhb.22978
12. Walter-Kroker A, Kroker A, Mattiucci-Guehlke M, Glaab T. A practical guide to bioelectrical impedance analysis using the example of chronic obstructive pulmonary disease. *Nutr J*. 2011 Apr **21**;10:35. doi: 10.1186/1475-2891-10-35.



## Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM en ASM

Tabel 1 formules voor berekenen VVM uit het zakboek Diëtetiek ([www.zakboekdiëtetiek.nl](http://www.zakboekdiëtetiek.nl))  
De berekeningen zijn uit te voeren op <http://zakboekdiëtetiek.nl/uitslag-impedantie-volwassenen/>

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, RJL-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			
<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	Geslacht: V=0, M=1	
		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				





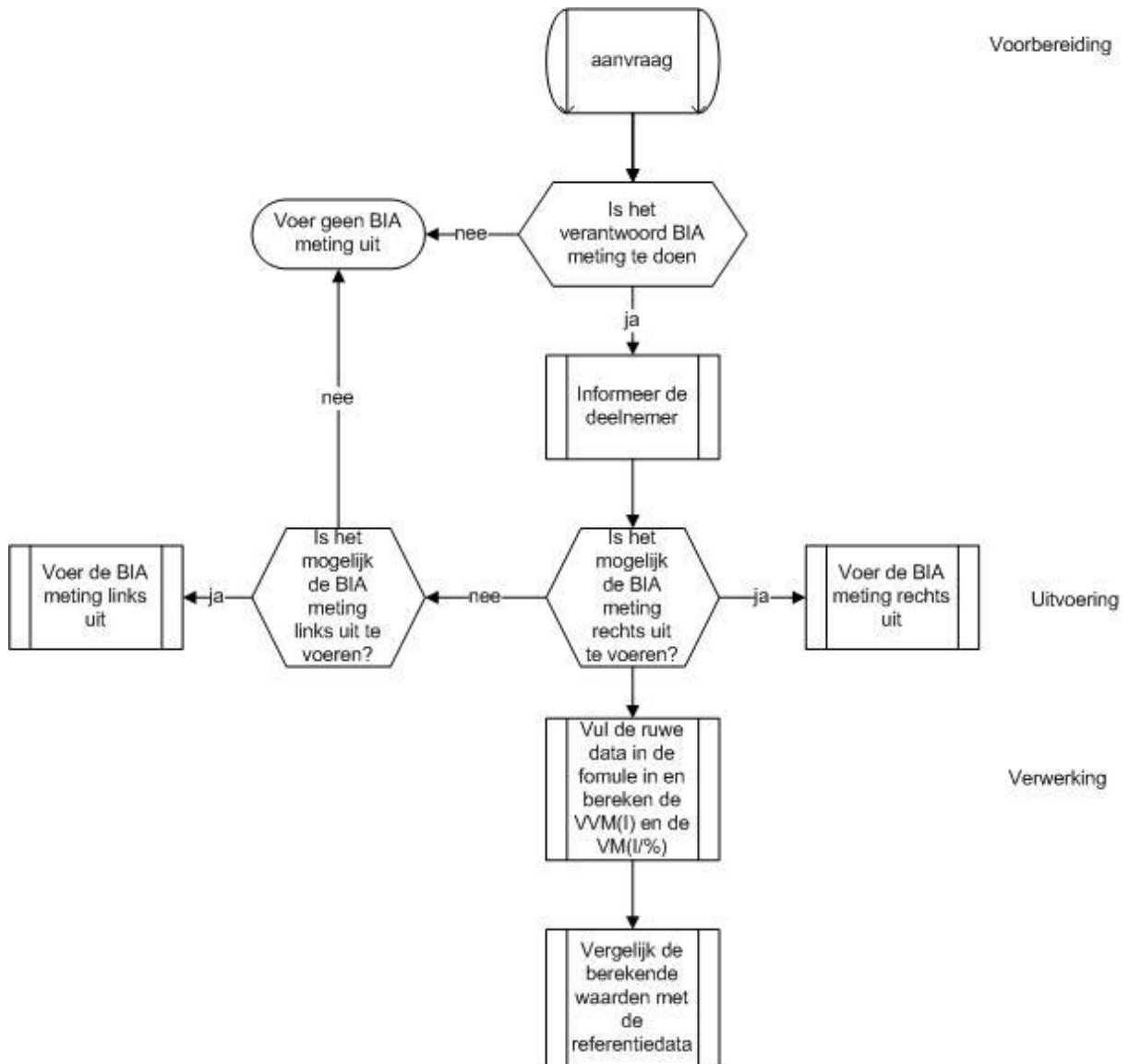
Tabel 2 formules voor berekenen ASM uit toegelicht Appendiculaire skeletspiermassa

	Populatie	Formule ASM (kg)	Validiteit	Gevalideerd met DXA merk
Kyle, 2003 [24]	Kaukasisch (Zwitserland), N=770, 20-94 jaar	$-4,211 + (0,267 * RI) + (0,095 * G) + (1,909 * \text{geslacht}) + (-0,012 * L) + (0,058 * Xc)$	$\Delta 0,1 \pm 1,1 \text{ kg}$ R=0,95 SEE=1,12 kg	Hologic
Sergi, 2015 [21]	Kaukasisch (Italië) N=296, >60 jaar	$-3,964 + (0,227 * RI) + (0,095 * G) + (1,384 * \text{geslacht}) + (0,064 * Xc)$	$R^2 = 0,92$ SEE = 1,14 kg	Hologic
Kim 2014 [23]	Aziatisch (Korea) N=720, 65-80 jaar	$= RI \times 0,104) + (L \times -0,050) + (\text{geslacht} \times 2,954) + (G \times 0,055) + 5,663$	$R^2=0.88$ SEE = 1,35 kg	Lunar
nYoshida 2014 [22]	Aziatisch (Japan) N=250, >65 jaar.	Mannen: $0,197 \times RI + 0,179 \times G - 0,019$ Vrouwen: $0,221 \times RI + 0,117 \times G + 0.881$	Mannen: $R^2 = 0,87$ SEE = 0,98 kg Vrouwen: $R^2 = 0,89$ SEE = 0,81 kg	Hologic

*RI= resistive index: lengte(m)<sup>2</sup>/resistance( $\Omega$ ); geslacht: man = 1, vrouw = 0; Xc= reactance( $\Omega$ ), G= gewicht (kg), L=leeftijd,  $\Delta$ = gemiddeld verschil,  $R^2$  = verklaarde variantie, SEE = standaardfout*



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 :referentiewaarden VVMI volgens Franssen et al (2014)

Franssen et al (2014) (1) heeft referentiedata ingedeeld in BMI groepen die eventueel gebruikt kunnen worden bij overgewicht of obesitas. De referentiedata is gebaseerd op een grote database uit Engeland (n= 186975). Metingen zijn stand uitgevoerd op een Tanita.

**Let op:** de NAP geeft de voorkeur aan de referentie van Schutz (bijlage 3) i.v.m. betrouwbaardere meetmethode.

Normative Values for FFM (in kg) for Healthy White-Ethnic Men

Age, y	BMI, kg/m <sup>2</sup>	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	<18.50	41.5	43.8	46.6	49.4	52.9	56.1	58.5
	18.50-24.99	50.2	52.1	55.4	59.0	62.8	66.3	68.4
	25.00-29.99	55.4	57.2	60.5	64.2	68.2	72.1	74.4
	≥30.00	60.3	62.3	65.9	70.0	74.3	78.6	81.2
60-69	<18.50	40.6	41.2	47.3	50.0	52.0	55.3	56.5
	18.50-24.99	48.5	50.5	53.6	57.1	60.7	64.1	66.2
	25.00-29.99	53.1	54.9	58.0	61.7	65.6	69.3	71.6
	≥30.00	57.8	59.7	63.2	67.1	71.3	75.3	77.7

BMI, body mass index; FFM, fat-free mass; P, percentile.

Normative Values for FFM (in kg) for Healthy White-Ethnic Women

Age, y	BMI, kg/m <sup>2</sup>	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	<18.50	33.9	34.9	36.4	38.3	40.4	42.4	43.8
	18.50-24.99	37.0	38.0	40.0	42.2	44.5	46.7	48.1
	25.00-29.99	39.4	40.5	42.5	44.9	47.4	49.7	51.3
	≥30.00	42.5	43.7	45.8	48.3	51.1	53.8	55.6
60-69	<18.50	32.9	33.8	35.8	38.1	39.5	40.9	41.8
	18.50-24.99	35.9	37.0	38.8	40.9	43.1	45.1	46.5
	25.00-29.99	38.3	39.3	41.2	43.4	45.8	48.1	49.6
	≥30.00	41.1	42.3	44.3	46.8	49.5	52.0	53.7

BMI, body mass index; FFM, fat-free mass; P, percentile.

Age, y	BMI, kg/m <sup>2</sup>	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	<18.50	14.0	14.9	15.3	15.7	16.3	16.9	17.4
	18.50-24.99	17.0	17.5	18.1	18.9	19.5	20.1	20.5
	25.00-29.99	19.0	19.3	19.9	20.6	21.3	22.0	22.4
	≥30.00	20.9	21.3	21.8	22.6	23.3	24.0	24.5
60-69	<18.50	14.5	14.9	15.2	15.8	16.2	16.7	17.5
	18.50-24.99	16.8	17.2	17.9	18.6	19.2	19.9	20.2
	25.00-29.99	18.6	18.9	19.5	20.2	21.0	21.6	22.0
	≥30.00	20.4	20.7	21.3	22.1	22.8	23.6	24.0

BMI, body mass index; FFMI, fat-free mass index; P, percentile.

Normative Values for FFMI (in kg/m<sup>2</sup>) for Healthy White-Ethnic Women

Age, y	BMI, kg/m <sup>2</sup>	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	<18.50	12.9	13.3	13.7	14.1	14.6	15.1	15.4
	18.50-24.99	14.3	14.6	15.1	15.7	16.3	16.9	17.2
	25.00-29.99	15.5	15.8	16.3	16.9	17.5	18.1	18.5
	≥30.00	16.9	17.2	17.7	18.3	19.0	19.7	20.1
60-69	<18.50	12.7	13.0	13.6	14.2	14.6	15.0	15.4
	18.50-24.99	14.2	14.5	15.0	15.5	16.1	16.7	17.0
	25.00-29.99	15.4	15.7	16.1	16.7	17.3	17.9	18.3
	≥30.00	16.7	17.0	17.5	18.1	18.9	19.5	19.9

BMI, body mass index; FFMI, fat-free mass index; P, percentile.



## Bijlage 5: 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	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

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



## Bijlage 6: ASMI referentiewaarden volwassenen NHANES

Appendiculaire spiermassa index ( $\text{kg/m}^2$ ), gestratificeerd naar leeftijd en geslacht bij volwassenen, gebaseerd op DEXA metingen (NHANES). ( Kelly 2009)

MANNEN													
Leeftijd	Kaukasisch				Negroïde				Latijn-Amerikaans				
	N	M	$\sigma$	L	N	M	$\sigma$	L	N	M	$\sigma$	L	
20	235	8,87	1,34	-0,71	138	9,68	1,78	-0,56	160	8,56	1,05	-0,94	
25	238	8,94	1,32	-0,62	100	9,81	1,73	-0,46	164	8,76	1,07	-0,80	
30	241	9,02	1,31	-0,52	118	9,91	1,68	-0,36	138	8,93	1,08	-0,65	
35	249	9,09	1,30	-0,43	114	9,94	1,62	-0,26	116	9,05	1,09	-0,51	
40	292	9,12	1,29	-0,34	149	9,90	1,56	-0,16	164	9,11	1,11	-0,37	
45	244	9,11	1,27	-0,25	125	9,79	1,50	-0,06	135	9,09	1,11	-0,23	
50	298	9,05	1,25	-0,16	101	9,67	1,47	0,04	72	9,02	1,11	-0,10	
55	207	8,95	1,22	-0,07	72	9,55	1,44	0,14	63	8,89	1,09	0,03	
60	248	8,81	1,18	0,03	115	9,40	1,43	0,24	166	8,72	1,06	0,16	
65	243	8,64	1,14	0,12	112	9,22	1,40	0,33	123	8,52	1,03	0,28	
70	288	8,44	1,09	0,21	70	9,01	1,38	0,43	105	8,28	0,98	0,41	
75	225	8,21	1,03	0,30	54	8,78	1,34	0,53	64	8,01	0,93	0,54	
80	257	7,97	0,97	0,39	23	8,56	1,31	0,62	33	7,73	0,88	0,66	
85	168	7,72	0,91	0,49	18	8,34	1,28	0,71	17	7,44	0,83	0,79	
VROUWEN													
Leeftijd	Kaukasisch				Negroïde				Latijn-Amerikaans				
	N	M	$\sigma$	L	N	M	$\sigma$	L	N	M	$\sigma$	L	
20	323	6,81	1,04	-0,82	160	8,23	1,47	-0,51	239	6,72	1,01	-1,31	
25	338	6,86	1,08	-0,82	127	8,29	1,49	-0,52	180	6,84	1,06	-1,17	
30	350	6,90	1,11	-0,82	145	8,32	1,51	-0,54	149	6,95	1,11	-1,03	
35	298	6,93	1,15	-0,82	139	8,32	1,52	-0,55	135	7,03	1,15	-0,90	
40	260	6,95	1,17	-0,82	154	8,29	1,51	-0,57	174	7,09	1,18	-0,76	
45	244	6,93	1,19	-0,82	148	8,22	1,49	-0,58	129	7,11	1,20	-0,62	
50	287	6,90	1,18	-0,81	94	8,13	1,47	-0,59	100	7,06	1,20	-0,48	
55	204	6,84	1,17	-0,81	78	8,03	1,43	-0,60	53	6,96	1,18	-0,34	
60	263	6,76	1,14	-0,81	138	7,94	1,39	-0,62	168	6,83	1,16	-0,20	
65	238	6,67	1,10	-0,81	93	7,85	1,35	-0,63	144	6,69	1,13	-0,07	
70	236	6,57	1,06	-0,81	72	7,73	1,30	-0,64	105	6,54	1,10	0,07	
75	206	6,45	1,01	-0,81	65	7,59	1,24	-0,65	54	6,37	1,06	0,21	
80	299	6,33	0,96	-0,81	28	7,41	1,19	-0,67	32	6,20	1,03	0,35	
85	184	6,20	0,91	-0,81	25	7,22	1,13	-0,68	25	6,04	0,99	0,47	

N = grootte onderzoeksgroep, M = Mediaan,  $\sigma$  = Standard Deviatie, L = Symmetrie van de verdeling,

Bron: Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS One, 2009; 4(9): e7038.



## Bijlage 7 Referentiewaarden appendiculaire spiermassa (kg) volgens Kyle

---

3949 gezonde mannen en 3540 gezonde vrouwen, 18-98 jaar,, BMI  $24,2 \pm 2,7$  voor de mannen en  $22,6 \pm 3,3$  voor de vrouwen. De metingen zijn uitgevoerd met BIA en de ASM is berekend met de formule van Kyle:  $ASM (kg) = -4,211 + (0,267 * RI) + (0,095 * G) + (1,909 * \text{geslacht}) + (-0,012 * L) + (0,058 * Xc)$

	<b>MANNEN</b>			
<b>Leeftijd</b>	<b>P10</b>	<b>P25</b>	<b>P75</b>	<b>P90</b>
<b>18-34 jr</b>	22,8	24,6	28,1	30,0
<b>35-54 jr</b>	22,8	24,3	27,8	29,8
<b>55-75 jr</b>	21,9	23,3	26,6	28,5
<b>&gt;75 jr</b>	20,2	21,3	24,6	26,7
	<b>VROUWEN</b>			
<b>18-34 jr</b>	15,6	16,7	19,3	20,8
<b>35-54 jr</b>	15,7	16,7	19,4	20,6
<b>55-75 jr</b>	14,9	16,1	19,2	20,7
<b>&gt;75 jr</b>	13,4	14,6	17,5	18,9

Bron: Kyle UG, Dupertuis YM, Raguso CA et al. Appendicular skeletal muscle mass percentiles in 7489 healthy adults aged 18-98 years determined by bioelectrical impedance analysis (BIA). Clin Nutr 2003; 22, Supplement 1:S1



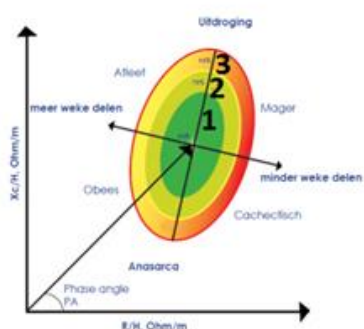
## Bijlage 8 BIVA SOP

Auteur Anneke Droop

Versie april 2019

### Doel

Berekenen van de lichaamssamenstelling op basis van een Bio Elektrische Impedantie meting op 50 kHz. De Bio-elektrische Impedantie Vectoranalyse geeft hierbij ook inzicht in de vochtbalans en de lichaamscelmasa.



### 2. Achtergrondinformatie

Bio-elektrische impedantie vectoranalyse (BIVA) geeft inzicht in de vochtbalans en de lichaamscelmasa (Body cell mass, BCM).

Veranderingen in zowel hydratietoestand als in lichaamscelmasa kunnen worden gevolgd.

De bio-elektrische impedantie vectoranalyse (BIVA) is interpretatie van de gegevens gemeten met een single frequency 50 KHz bioimpedantiemeter (BIA). Met behulp van een bio-elektrische impedantiemeter (BIA) wordt de weerstand (R) en de reactantie (Xc) bepaald. Vervolgens wordt voor BIVA een individuele vector berekend van R/lengte en Xc/lengte. Dit kan in een nomogram worden weergegeven. Ook bij een multi frequency (BIA-MF) of bij een Bioelektrische impedantie spectroscopie (BIS) kan de fabrikant de mogelijkheid voor een vectoranalyse met een eigen referentie nomogram geven. Hiervoor worden altijd de gegevens (weerstand en reactantie) van de 50 KHz meting gebruikt.

In het nomogram zijn drie ellipsen zichtbaar die corresponderen met het 50ste, 75ste en 95ste vectorpercentiel van een referentiepopulatie. Dit kan een gezonde populatie zijn, maar tegenwoordig zijn er ook ziektespecifieke referentie nomogrammen in ontwikkeling. De ellipsen in een nomogram zijn geslacht- en lengtespecifiek.

Nomogrammen en referentiepopulatie die door de fabrikant van bioimpedantie apparatuur gegeven worden zijn gebaseerd op een eigen (meestal gezonde) referentiepopulatie. Daarom verschillen de nomogrammen per fabrikant. Momenteel worden ziektespecifieke nomogrammen evenals nomogrammen voor neonaten en jonge kinderen ontwikkeld.





### Doelgroep

Volwassenen en kinderen

### Indicaties

Als parameter in de diagnostiek van de voedingstoestand.

Voor het monitoren van veranderingen in de lichaamscelmasse en bij goede hydratietoestand ook de lichaamssamenstelling tijdens voedingsinterventie

Voor het monitoren van de hydratietoestand

### Contra indicatie

Elektrische implantaten zoals een pacemaker of defibrillator.

BIVA niet te interpreteren indien er sprake is van:

Koorts (>38 graden)

### Werkwijze

#### Benodigheden

Impedantie meter welke reactance en resistance van 50 KHz geeft en fasegevoelig is

Verwerkingsprogramma waarin vectoranalyse berekend kan worden en in referentie nomogram geplaatst kan worden (bijvoorbeeld Akern 101 GNLP met BIVAGram, Bodystat Quoad 4000 met mogelijkheid vectoranalyse)

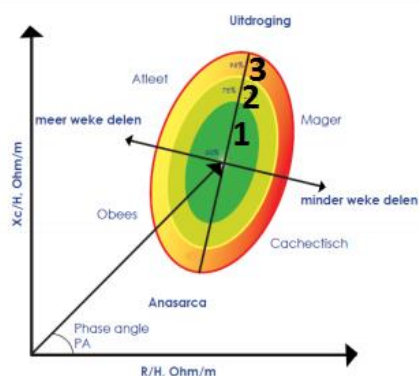
Zie verder SOP BIA

### Verwerking van de resultaten

#### Volwassenen

#### BIVA-gram

Met behulp van de bio-impedantie vectoranalyse BIVA wordt zowel vochtbalans als de body cell mass (BCM) gemonitord. BCM is het actieve weefsel dat energie gebruikt (Vetvrije massa zonder extracellulair water en zonder botmassa en een hele kleine hoeveelheid metabool actief vet) Er wordt een vectorplot gemaakt van weerstand  $R_c$ /lengte en Reactantie  $X_z$ /lengte. Deze uitkomst wordt in een bivagram geplaatst



Het **Bivagram** geeft referentiewaardes weer gematched op geslacht, lengte en leeftijdscategorie (bijvoorbeeld volwassenen). In het bivagram zijn 3 ellipsen zichtbaar (zie figuur) welke corresponderen met de 50<sup>ste</sup> (1) 75<sup>ste</sup> (2) en 95<sup>ste</sup> (3) vectorpercentiel van een zeer grote gezonde referentiepopulatie.

Bekijk altijd eerst het vectorpunt in het nomogram. Het vectorpunt in het nomogram geeft de uitkomst weer in relatie tot de gezonde referentiepopulatie. Waardes binnen de ellipsen komen overeen met waardes van gezonde personen. Waardes buiten de ellipsen worden als afwijkend beschouwd. Bij meerdere metingen in de tijd kan een verschuiving optreden in verticale en/of horizontale richting. De nagenoeg verticale as, ofwel de lengteas, geeft de hydratiestatus weer. Bij een toename van de hydratiestatus beweegt het vectorpunt naar beneden, bij een afname van de hydratiestatus verschuift het vectorplot naar boven. De nagenoeg horizontale as, ofwel de breedteas, geeft de lichaamscelmasse ofwel BCM weer. Bij een afname van de BCM verschuift het vectorpunt naar rechts, bij een toename naar links.

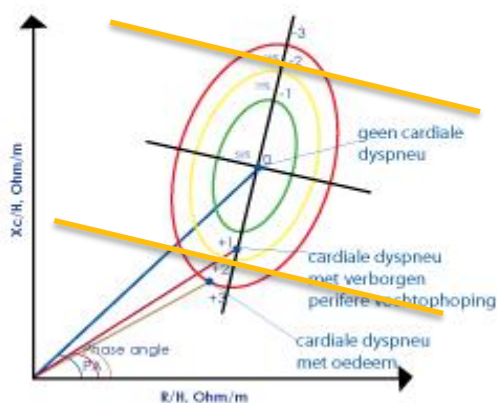
### Indien BMI < 17 of > 40

Gebruik alleen de gegevens van de vectorplot. Houd er rekening mee dat de impedantiemeting uitgaat van het 5 cylindermodel (dat wil zeggen: romp en 4 ledematen). Bij een hoge BMI kan het zijn dat de meting zelf minder betrouwbaar is.

Vergelijk bij herhaalde metingen niet alleen het nomogram, maar ook de verschuiving van het vectorpunt in het nomogram



Indien het vectorpunt zich buiten de buiten de 75% lijn bevindt:

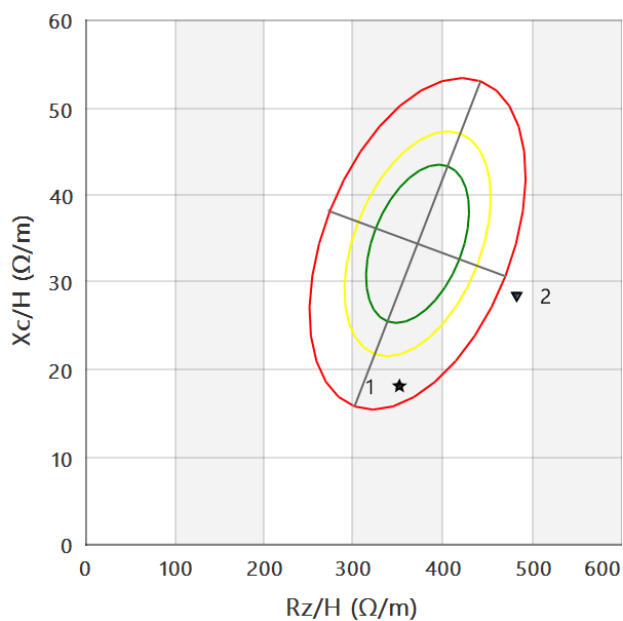


In de kliniek komt het vaak voor dat er oedeem of perifere overvulling is. De referentie nomogrammen zijn gebaseerd op een gezonde referentiepopulatie. Bij katabolie en ondervoeding komt het vaak voor dat de werkelijke hydratatie as een kleinere hoek kent dan die van het referentienomogram. Dit heeft invloed op de interpretatie van de BCM

Rapporteer daarom na de eerste meting alleen de conclusies ten aanzien van de hydratatie, voor een tweede meting na (gedeeltelijk) ontwateren (negatieve vochtbalans van 2-3 kilo OF gewichtsafname 2-3 kilo). Na de tweede meting is de eigen hydratatie as zichtbaar en kan de waarde van de BCM goed ingeschat worden.

Ter verduidelijking een voorbeeld:

73 jarige vrouw, 1.76 meter lang, bij eerste meting 72 kilo, kort na operatie in verband met ischemische darm. Bij de tweede meting, 4 dagen na de eerste meting was het gewicht 69 kilo. Op het nomogram waar beide vectorpunten zichtbaar is, is duidelijk te zien dat de eigen persoonlijke hydratatie-as een kleinere hoek kent dan de referentie hydratatie-as. Dit komt vooral voor bij een slechte voedingstoestand zoals ook hier aanwezig is.



### Berekening vetvrije massa en vetmassa

Gebruik (als nodig) bij volwassenen alleen formules om VVMI en VMI te berekenen indien

Er geen sprake is van perifere overvulling (oedeem) of ondervulling, dit wil zeggen hydratatie buiten de 75-ste percentiel (ter hoogte van tweede (gele) lijn in de ellips) EN

Er geen sprake is van een BMI <17 of BMI >40 OF

Er geen sprake is van lokale vochtophoping zoals ascites of pleuravocht

Als de VVMI en VMI berekend kunnen worden, kan dit gedaan worden conform de beschrijving in de SOP BIA: Het kan voorkomen dat de resultaten op basis van de body cell mass (BCM) een andere uitkomst geven dan de resultaten op basis van de VVMI of VMI.

**Aandachtspunten voor interpretatie:**

**Let op** waak voor over interpretatie de validiteit van de BCM is twijfelachtig en met individuele interpretatie van VVM I en VMI moet je voorzichtig zijn zie hoofdstuk validiteit

Met name bij een BMI < 20 of > 25 kan er een verschil bestaan tussen de uitkomst in BCM en de uitkomst in VVM I (immers de referenties van Schutz worden per geslacht en per leeftijd gegeven, er kan niet geclassificeerd worden naar gewicht of BMI)

Vaak te zien indien BMI < 20

Normale BCM op basis van de vectoranalyse, maar toch lage VVM I :

Bij katabolie is er een hoog risico op ondervoeding. Bij afwezigheid katabolie kan er sprake zijn van een goede voedingstoestand (maar weinig/geen reserves), Body cell mass (vitaliteit van het weefsel) is goed.

**Vaak te zien indien BMI > 25**

VVM I vaak relatief hoog, ook wanneer de BCM laag is: Overweeg vergelijk met referentiewaarden Franssen, waarbij per sexe, leeftijd en BMI categorie referentiewaarden gegeven worden (let op wel andere meetmethode, nl Tanita impedantiemeter met onbekende formule)

Beoordeel bij een lage BCM maar normale VVM I de voedingstoestand als slecht

**Herhaling van de meting:**

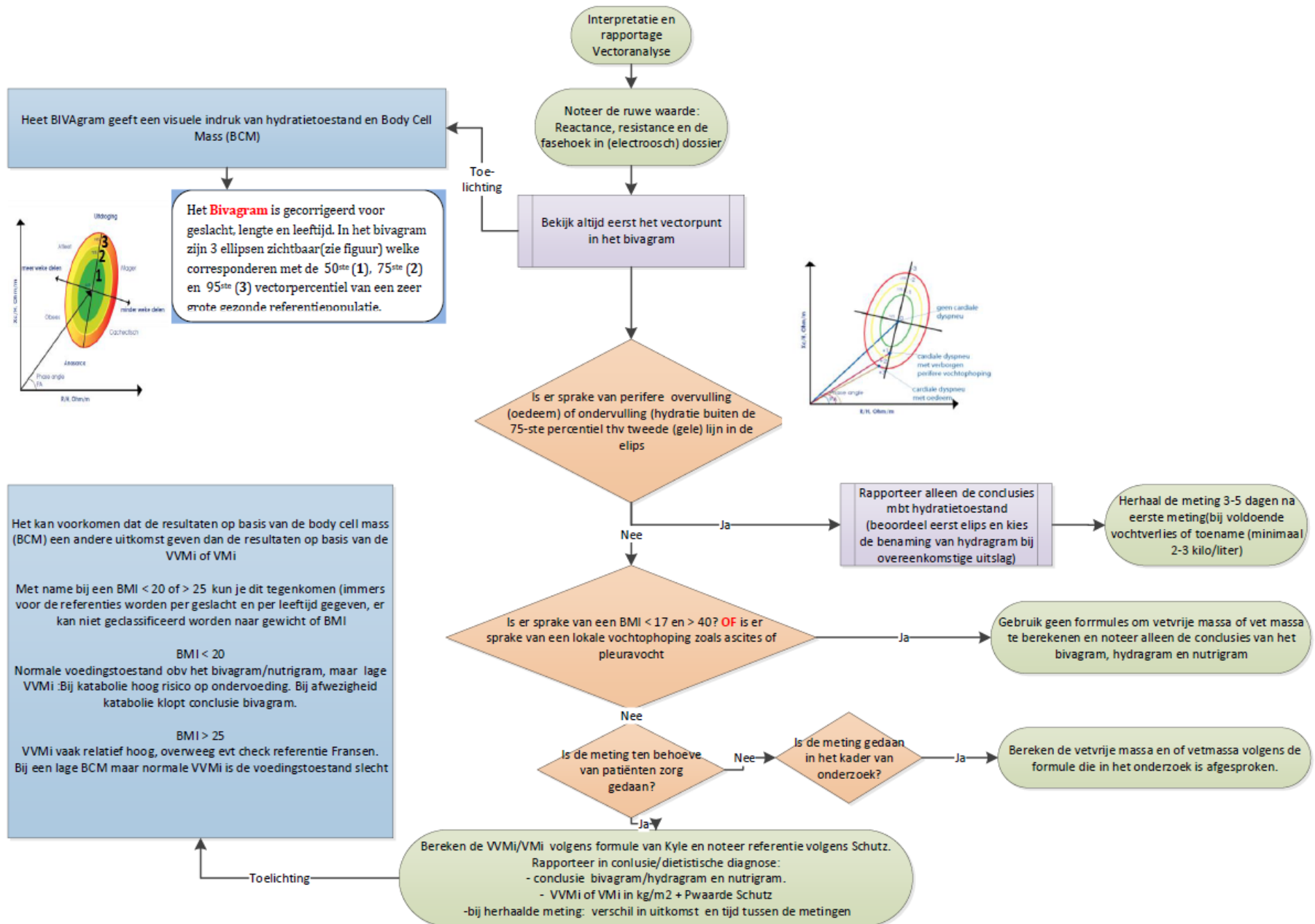
De periode tussen 2 metingen hangt af van het doel waarvoor de meting uitgevoerd wordt. Veranderingen in de vochtinhouding kunnen snel plaatsvinden, daarom kan het zinvol zijn om metingen met een korte tussenpose (enkele dagen) te herhalen. Om veranderingen in BCM te detecteren is meer tijd nodig. Bij ernstige katabolie/bedlegerigheid kan dit verschil na ongeveer 2 weken gemeten. Om spier op te bouwen is tijd nodig, herhaling van de meting niet eerder dan na ongeveer 3 maanden zinvol.

**Kinderen**

Het nomogram wat de fabrikant geeft is vaak vanaf een leeftijd van 15 jaar. Referentiewaarden voor jongere kinderen worden wel ontwikkeld. Zonder nomogram met referentiewaarden kan bij kinderen alleen het vectorpunt en de veranderingen daarin bij herhaalde metingen bekeken worden. In verband met normale groei (lengte, spiermassa en gewicht) vraagt interpretatie ervari

# Standard Operating Procedure

# SF Bio-Impedantie Analyse



Het kan voorkomen dat de resultaten op basis van de body cell mass (BCM) een andere uitkomst geven dan de resultaten op basis van de VVMi of VMi

Met name bij een BMI < 20 of > 25 kun je dit tegenkomen (immers voor de referenties worden per geslacht en per leeftijd gegeven, er kan niet geclassificeerd worden naar gewicht of BMI)

**BMI < 20**  
 Normale voedingstoestand obv het bivagram/nutrigram, maar lage VVMi. Bij katabolie hoog risico op ondervoeding. Bij afwezigheid katabolie klopt conclusie bivagram.

**BMI > 25**  
 VVMi vaak relatief hoog, overweeg evt check referentie Fransen. Bij een lage BCM maar normale VVMi is de voedingstoestand slecht

