Nutritional Assessment Platform

Single-frequency bio-elektrische impedantie analyse

Standard Operating Procedures

Versie 8

30-5-2025

Auteurs: Dr Heidi Zweers[1], dr. Julia Korzilius[2], dr. Hinke Kruizenga[3], dr. Wesley Visser[4], Inez Jans[5]

1 Diëtist onderzoeker Radboudumc, 2 ANIOS MDL Radboudumc, 3 Associatie professor diëtetiek Amsterdam UMC, 4 Diëtist onderzoeker Erasmus MC, 5 Diëtist nierziekten Gelderse Vallei

Doel	Schatten van de lichaamssamenstelling op basis van een impedantiemeting
Doelgroep	Kinderen vanaf 5 jaar en volwassenen
Tijdsduur	15 minuten

Inhoudsopgave

1. Doel van het meetinstrument....1
2. Afkortingen en formules....1
3. Achtergrondinformatie en betrouwbaarheid....1
3.1 Achtergrond....1
3.2 Betrouwbaarheid....2
4. Doelgroep....4
4.1 Indicaties....4
4.2 Contra-indicatie....4
4.3 Minder betrouwbaar bij....4
4.4 Minder zinvol bij....6
5. Veiligheid....6
6. Beschrijving van het meetinstrument....6
7. Reinigen en onderhoud....6
7.1 Reinigen....6
7.2 Onderhoud....7
8. Werkwijze....7
8.1 Benodigdheden....7
8.2 Voorbereiding....7
8.3 Meting....10
8.4 Verwerking van de resultaten....10
Referentiewaarden....11
9. Referenties....16
Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM....18
Bijlage 2 Formules voor berekenen ASSM....20
Bijlage 3: Referentiewaarden VVMI en VMI....21
Bijlage 4: Percentage lichaamsvet kinderen....25
Bijlage 5: Referentiewaarden ASSM....26
Bijlage 6: Referentiewaarden ASSMI....27
Bijlage 7: Referentiewaarden fasehoek....28

1. Doel van het meetinstrument

Schatten van de lichaamssamenstelling op basis van een impedantiemeting op 50 kHz.

2. Afkortingen en formules

Afkorting	Uitleg en/of formule
ASSM	Appendiculaire skeletspiermassa (kg)
ASSMI	Appendiculaire skeletspiermassa index (kg/m^2) = $\frac{Appendiculaire\ skeletspiermassa\ (kg)}{Lichaamslengte\ (m^2)}$
BCM	Body cell mass = lichaamscelmassa
SF-BIA	Single-frequency bio-elektrische impedantie analyse
BIVA	Bio-elektrische impedantie vectoranalyse
BMI	Body mass index
PA	Phase angle = fasehoek (graden) = $arctan\left(\frac{reactance}{resistance}\right) x\ (\frac{180}{\pi})$
R	Resistance (Ω) = weerstand
VM	Vetmassa (kg) = lichaamsgewicht (kg) – vetvrije massa (kg)
VMI	Vetmassa index (kg/m²) = $\frac{Vetmassa\ (kg)}{Lichaamslengte\ (m^2)}$
VVM	Vetvrije massa (kg) = lichaamsgewicht (kg) – vetmassa (kg)
VVMI	Vetvrije massa index (kg/m²) = $\frac{Vetvrije\ massa\ (kg)}{Lichaamslengte\ (m^2)}$
Xz	Reactance (Ω) = tegenweerstand van de celmembranen
Z	Impedantie (Ω) = $\sqrt{(resistance^2 + reactance^2)}$

3. Achtergrondinformatie en betrouwbaarheid

3.1 Achtergrond

Bio-elektrische impedantie analyse (BIA) is een dubbel-indirecte niet-invasieve methode die wordt gebruikt om de lichaamssamenstelling te schatten [1]. Bij de single-frequency BIA (SF-BIA) wordt de impedantie (samengesteld uit resistance en reactance) gemeten van een wisselstroom van 50 kHz die door een lichaam wordt gestuurd. Deze methode is gebaseerd op het principe dat verschillende weefsels een andere weerstand hebben. Weefsels met veel lichaamswater, zoals bloed en spieren, hebben een lage weerstand, terwijl bot- en vetweefsel een hoge weerstand hebben. Bij de SF-BIA wordt eerste de lichaamsweerstand

gemeten, waarna deze gemeten weerstand wordt vertaald naar lichaamssamenstellingswaarden met behulp van specifieke formules waarvan de impedantie, lengte, gewicht, geslacht en leeftijd onderdeel zijn. Deze formules zijn ontwikkeld bij gezonde individuen en ze zijn gevalideerd tegen een indirecte referentie methode bijvoorbeeld een dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), air displacement plethysmography (ADP of de commerciële naam BodPod) of CT [1].

3.2 Betrouwbaarheid

Let op: Je **meet** de impedantie van de deelnemer en **berekent** een lichaamsparameter. De formules die hiervoor worden gebruikt, zijn nooit op alle groepen toepasbaar. Bij de interpretatie van de uitkomsten van de formules heb je te maken met aannames en een statistisch verband tussen de meetmethode (impedantie) en een lichaamsparameter.

Aannames:

- Het lichaam bestaat voor een constant deel uit water. Dit is alleen correct bij een normale hydratiestatus.
- Het lichaam is opgebouwd uit 5 cilinders van uniforme doorsnede. De twee armen, twee benen en romp worden gezien als 5 cilinders.

Voordelen:

De meting is relatief goedkoop, niet invasief en in meeste gevallen is het SF-BIA-apparaat draagbaar. Het geeft inzicht in de lichaamssamenstelling en dit kan over de tijd vervolgd worden.

Nadelen:

SF-BIA is een dubbel indirecte methode en er zijn veel factoren die de uitkomst beïnvloeden. Daarom is het voor individuele beoordeling minder betrouwbaar dan indirecte methodes zoals DXA en ADP.

Factoren die de SF-BIA uitkomst beïnvloeden [2-4]:

1. Diameter cilinder
   Naarmate de cilinder dunner is (met een kleinere diameter), is de weerstand hoger. Hierdoor heeft de romp (met een grotere diameter), slechts beperkte invloed op de lichaamsweerstand. Als gevolg hiervan kunnen veranderingen in de weerstand van de ledematen met behulp van SF-BIA beter worden waargenomen dan veranderingen in het buikvet.
2. Samenstelling compartiment
3. Temperatuur
4. Kwaliteit celmembranen
5. Lengte en gewichtsmeting
6. Plaatsing van de elektroden

7. Het niet goed kunnen plakken van de elektroden
   Door: lotion gebruik, wondjes op de hand en/of beharing.
8. Decubitus, wonden
9. Hoelang iemand ligt voorafgaande aan de meting
10. Beweging voorafgaand aan de meting
11. Vochtbalans inclusief menstruatie
12. Volle blaas
    Een volle blaas heeft invloed op gewicht, niet op de gemeten weerstand. Een volle blaas (en dus een hoger gewicht) resulteert in de formule in een hogere vetmassa.
13. Metaal in of tegen het lichaam
14. Implantaten, infuus
15. Houding
    Houding (liggen, staan of zitten) heeft invloed op de BIA resultaten op basis van de vochtverdeling. Liggend is de aanbevolen positie omdat het lichaamsvocht beter verdeeld is en de meting daardoor stabieler en betrouwbaarder kan zijn. Ook vermindert het de invloed van zwaartekracht op de vochtverdeling. De liggende positie is gebruikt in de ESPEN guideline en bij de bepaling van de meeste referenties en formules.
    Als liggend meten niet haalbaar is kan zittend of staand meten ook. Belangrijk hierbij is dat je voor elke meting dezelfde houding aanhoudt, zodat je de resultaten goed kunt vergelijken.
16. Eten en drinken
    De huidige richtlijn van de European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) adviseert BIA-metingen uit te voeren in een nuchtere toestand, waarbij ten minste 2 uur wordt aanbevolen in een klinische setting en 8 uur in een onderzoek setting [3]. Omdat het niet wenselijk is om patiënten met ondervoeding en/of sarcopenie te vragen te vasten, en er geen degelijke literatuur is die deze strategie in de richtlijn ondersteunt, heeft Korzilius et al. een onderzoek uitgevoerd [5]. De conclusie van de auteurs kwam overeen met die van de ESPEN-richtlijn, waarbij ze vaststelden dat eten SF-BIA-metingen beïnvloed, maar deze blijven binnen klinisch aanvaarbare grenzen bij gebruik van een gestandaardiseerd ontbijt. Deze bevindingen werden bevestigd door een studie van Hollander-Kraaijeveld et al., waarin een vergelijkbare benadering werd toegepast bij een groep patiënten met taaislijmziekte [6]. Beiden onderzoeken concludeerden dat het niet noodzakelijk is om BIA-metingen nuchter uit te voeren.

Concluderend: Bij het gebruik van de SF-BIA is het van essentieel belang om zoveel mogelijk gestandaardiseerd te werken om de invloeden van verschillende factoren te minimaliseren. Bij de interpretatie van SF-BIA-gegevens moet rekening worden gehouden met de context en omstandigheden van de meting. Zolang de metingen plaatsvinden onder gecontroleerde

en gestandaardiseerde omstandigheden, is SF-BIA betrouwbaar genoeg om patiënten met zichzelf te vergelijken over een bepaalde periode.

4. Doelgroep

Kinderen vanaf 5 jaar en volwassenen.

4.1 Indicaties

- Als parameter in de diagnostiek van de voedingstoestand (o.a. ondervoeding en sarcopenie).
- Voor het monitoren van veranderingen in de lichaamssamenstelling tijdens voedingsinterventie.
- Als variabele in de berekening van de eiwitbehoefte [7].

4.2 Contra-indicatie

Er is geen contra indicatie voor een SF-BIA.
Veel fabrikanten van SF-BIA-apparatuur vermelden een pacemaker als contra-indicatie in de handleiding uit angst voor storingen van de pacemaker. Echter, theoretisch is het niet waarschijnlijk dat een elektrische stroom van 50 kHz interferentie veroorzaakt met de pacemaker, omdat:

- deze hoge frequenties ver verwijderd zijn van de cardiale frequentie (20 Hz);
- er banddoorlaatfilters zijn ingebouwd in de pacemaker om de hoogfrequente stromen te verzwakken.

In samenwerking met de Nederlandse Werkgroep Cardiologie Diëtisten is literatuuronderzoek verricht [8]. Er werden 674 BIA-metingen uitgevoerd op 50 kHz bij patiënten met een pacemaker of ICD, en bij geen van deze metingen trad interferentie of storing van de paceaker op. Hieruit kan worden geconcludeerd dat SF-BIA veilig is bij een pacemaker of ICD en dat er geen wetenschappelijk bewijs is dat het handhaven van de contra-indicatie voor SF-BIA bij een pacemaker rechtvaardigt.
Er is ook geen contra indicatie bij een Deep Brain Stimulator (DBS) die bij Parkinson word toegepast. De reden dat dit veilig is komt omdat het stroompje niet door het brein loopt maar alleen door ledematen en de romp.

4.3 Minder betrouwbaar bij [3, 4]

De hieronder vermelde punten verminderen de betrouwbaarheid van een SF-BIA meting. Het meten zelf is niet gevaarlijk, en soms kan het zinvol zijn om een SF-BIA meting uit te voeren, vooral omdat er weinig geschikte alternatieven zijn. Als de uitkomst van de SF-BIA minder betrouwbaar is moeten de resultaten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het vergelijken met referentieswaarden of het berekenen van de eiwitbehoefte op basis van de geschatte vetvrije massa (VVM) is minder betrouwbaar. Het volgen van de

lichaamssamenstelling in de tijd is vaak wel mogelijk als de meetfout systematisch is en er gestandaardiseerd wordt gemeten.

- Zwangerschap
  Zwangerschap beïnvloed de lichaamssamenstelling en er zijn geen formules beschikbaar voor zwangerschap.
- Koorts
  Bij koorts stijgt de lichaamstemperatuur, wat kan leiden tot een verlaging van de weerstand. Dit kan resulteren in een onderschatting van de vetmassa (VM) en een overschatting van de VVM.
- Abnormale hydratiestatus
  Een van de aannames van de SF-BIA is een normale hydratiestatus. Met behulp van bio-elektrische impedantie vectoranalyse (BIVA) kan worden gecontroleerd of aan deze voorwaarde is voldaan. SF-BIA kan geen onderscheid maken tussen intracellulair water en extracellulair water. Daarom is de SF-BIA niet geschikt voor patiënten met een afwijkende hydratiestatus. BIA-opties met meer frequenties, zoals de multi-frequency BIA of bio-elektrische impedantie spectroscopie (BIS), kunnen wel onderscheid maken tussen intra- en extracellulair water en zijn daarom wel geschikt bij een afwijkende hydratiestatus.
- Lage of hoge BMI
  Vanwege het ontbreken van geschikte formules is SF-BIA bij een lage BMI (<16 kg/m^2) of juist hoge BMI (>40 kg/m^2) minder betrouwbaar. Vanwege de onnauwkeurigheid van de SF-BIA bij obesitas is het waardevol om naast de SF-BIA ook middelomtrek mee te nemen om de verandering in buikvet te monitoren. De reden voor het gebrek aan geschikte formules voor een lage BMI is dat de formules gevalideerd zijn bij een gezonde populatie, waar een lage BMI zeer zeldzaam is. Het ontbreken van betrouwbare formules voor morbide obesitas is te wijten aan verschillende uitdagingen bij de validatie van dergelijke formules:
  - Er zijn geen referentiewaarden beschikbaar van patiënten met morbide obesitas, omdat de DXA-onderzoekstafel en de BodPod te klein zijn, waardoor de referentiemeting niet kan worden uitgevoerd.
  - Er is een onderschatting van het buikvet, omdat de romp slechts 10% van de totale weerstand uitmaakt.
  - Wanneer een patiënt veel huidplooien heeft, voldoet de lichaamsvorm niet meer aan de aanname van een cilinder, die nodig is voor een betrouwbare SF-BIA meting.
- Afwijkende lengte
  Bij mensen met dwerggroei of zeer lange mensen (>2 meter) is de SF-BIA minder betrouwbaar, omdat de formules die worden gebruikt bij SF-BIA lengte als variabele bevatten. De formules zijn niet gevalideerd voor mensen met een afwijkende lengte.
- Amputaties

In de formules die worden gebruikt bij SF-BIA spelen lengte en gewicht een belangrijke rol. Amputaties van ledematen (amputaties van alleen vinger(s) of een teen hebben een verwaarloosbaar effect) hebben invloed op deze variabelen, waardoor de resultaten van de SF-BIA veel minder betrouwbaar worden. Er wordt aangeraden geen BIA te doen bij patiënten met een amputatie voor het bepalen van de eiwitbehoefte of voor het diagnosticeren van ondervoeding of sarcopenie. Afkappunten en referentiewaardes kan je niet gebruiken. Het is wel mogelijk met BIA de patiënt over de tijd met zichzelf te vergelijken.

4.4 Minder zinvol bij

- Patiënten in de palliatieve fase
  Bij patiënten in de palliatieve fase acht het NAP het weinig zinvol om SF-BIA-metingen uit te voeren. Het in kaart brengen van de achteruitgang van de VVM en de fasehoek heeft weinig meerwaarde omdat er geen therapeutische opties zijn ter verbetering.

5. Veiligheid

Het gebruik van SF-BIA is veilig en pijnloos. De testafnemer dient getraind te zijn in het gebruiken en interpreteren van SF-BIA.

6. Beschrijving van het meetinstrument

Eisen aan de SF-BIA:

- De SF-BIA moet een 4-punts meting met elektroden ondersteunen.
- Het apparaat moet kalibreerbaar zijn.
- De ruwe waarden van weerstand en reactance moeten beschikbaar zijn.
- Bij combinatie met de BIVA, moet de SF-BIA fasegevoelig zijn en software voor BIVA (bijvoorbeeld Akern 101 GNLP met BIVA-gram, Bodystat) beschikbaar zijn.

Houd er rekening mee dat deze SOP niet specifiek geschreven is voor een bepaald apparaat. De consumentengids biedt inzicht in de kenmerken van verschillende SF-BIA's, wat kan helpen bij het kiezen van een geschikt apparaat voor de specifieke setting waarin wordt gewerkt.

7. Reinigen en onderhoud

7.1 Reinigen

Wegwerpplakkers (elektroden of biatrodes™) dienen na elk gebruik te worden weggegooid.

7.2 Onderhoud

Voor onderhoudsinstructies, raadpleeg de handleiding van de SF-BIA-meter of volg de geldende afspraken in de eigen werksetting. Theoretisch gezien vereist een SF-BIA weinig onderhoud. Baterijen dienen op tijd te worden vervangen. De kabels van de SF-BIA zijn het meest kwetsbare onderdeel. Controle van het goed functioneren van de kabel door middel van kalibratie wordt aanbevolen. Voer deze kalibratie regelmatig uit, zeker bij afwijkende waarden. Als de kabels defect zijn, dienen ze te worden vervangen.

8. Werkwijze

8.1 Benodigdheden

- SF-BIA-apparaat.
- Elektroden (min 4 cm^2) [4].
    - Optioneel biatrodes™, dit zijn goed klevende, hypoallergeen en latexvrije elektroden.
- Eventueel reinigingsalcohol en papieren wegwerpdoekjes.
- Een rustige ruimte met een bed en een omgevingstemperatuur tussen 20-25°C.

8.2 Voorbereiding

- Stel, de SF-BIA-meter zo in dat het niet nodig is om geslacht, lengte, gewicht en leeftijd in te voeren, en dat als output alleen de resistance, reactance en fasehoek worden weergegeven.

- Instrueer de deelnemer van tevoren bij het plannen van de meting, over de meting. Verzoek de deelnemer lichamelijke inspanning voor de meting te vermijden.
- Vraag de deelnemer om voorafgaand aan de meting te plassen.
- Vraag de deelnemer zijn/haar sieraden af te doen en sleutels uit broekzakken te verwijderen. Oorbellen, piercings zijn wel toegestaan, maar noteer het gebruik hiervan. Een broekriem mag blijven zitten als deze de huid niet raakt.
- Meet de lengte en het gewicht volgens de gestandaardiseerde procedure (SOP's). Corrigeer het gewicht voor het dragen van kleding en eventueel schoenen.
- Laat de deelnemer 5-10 minuten voor de meting platliggen.
- Vraag factoren na die de uitkomsten van de SF-BIA beïnvloeden of controleer deze in het EPD.
- Zorg dat het lichaam van de deelnemer geen contact maakt met metalen of geleidende voorwerpen, zoals een bedrand of stoelleuning.
- Controleer de houding van de deelnemer. Zorg ervoor dat de benen in een hoek van 45 graden liggen en de armen in een hoek van 30 graden (afbeelding 2). Als de bovenbenen

elkaar raken en de bovenarmen de romp raken (vaak het geval bij obesitas), gebruik dan een handdoek of ander isolerend materiaal tussen de bovenbenen en tussen de arm en de romp.

- Voorkeur houding is liggend dit is beschreven in deze procedure, als het niet anders kan dan zittend meten. Let dan op de volgende punten:
- De patiënt moet rechtop zitten liefst los van de rugleuning. Gebruik eventueel een kussen ter ondersteuning van de rug.
- De armen moeten ongeveer 15 graden van de romp af gehouden worden. Zorg voor een ontspannen houding.
- De benen moeten iets vooruit worden gehouden en de dijbenen mogen elkaar niet raken. Spreid de benen tot op schouderbreedte. Leg zo nodig een handdoek tussen de benen.
- Zorg ervoor dat er geen contact is tussen de patiënt en metalen onderdelen van de stoel
- Zorg ervoor dat de voeten contact hebben met isolerend materiaal, zoals een rubber mat.
- Bij een staande meting gebruik je meestal de houding zoveel mogelijk vergelijkbaar laten zijn met een liggende meting maar dan staand. Dus armen van het lijf af 15% en benen uit elkaar zodat de dijen elkaar niet raken.

- Controleer de kabels. Ze mogen niet vlak langs apparatuur met een hoog voltage lopen, zoals een computermonitor. Kabels mogen niet in elkaar gedraaid zijn en mogen niet geknikt zijn.
- Instrueer de deelnemer ontspannen te liggen en tijdens de meting niet te bewegen of te praten, en geen spieren aan te spannen.
- Meet bij voorkeur aan de rechterzijde van de deelnemer, aangezien de referentie rechts is gemeten. Indien dit niet mogelijk is bijvoorbeeld vanwege een implantaat of infuus, meet dan aan de linkerkant en noteer dit.
- Als de huid vet is, bijvoorbeeld door gebruik van crème of bodylotion, ontvet dan de huid van tevoren. U kunt hiervoor reinigingsdoekjes op alcoholbasis gebruiken, deze hoeven niet per se van een specifiek merk te zijn. Let erop dat de doekjes geen beschermende olie bevat. Het belangrijkste is dat de elektrodes goed contact maken met de huid en dat er gestandaardiseerd gewerkt wordt. Verwijder indien nodig, overtollige beharing door te scheren.
- Plak de elektroden op een normaal stukje huid, vermijd plekken met veel moedervlekken, littekens, wonden en/of beharing.
- Plaats de elektroden zoals weergeven in afbeeldingen 3 en 4.

Afbeelding 3: Locatie van elektroden op de hand.

Afbeelding 4: Locatie van elektroden op de voet.

Hand (afbeelding 3)

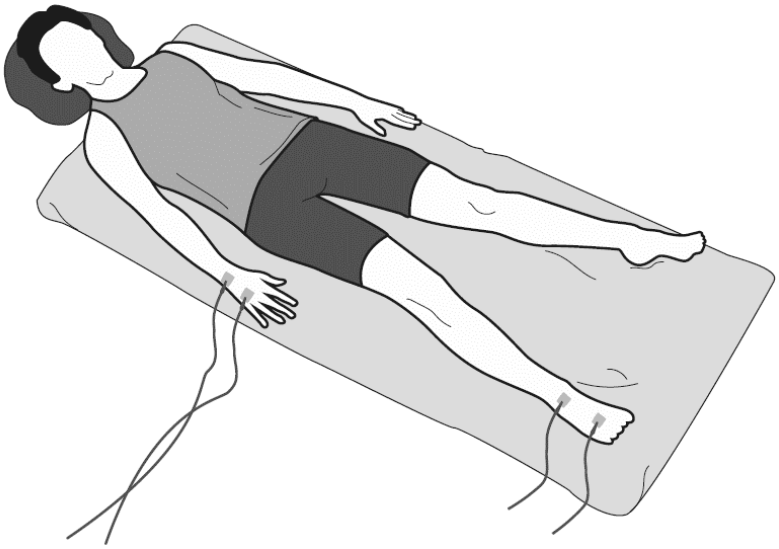
- Plaats de spanningselektrode (bij veel SF-BIA apparaten en op afbeelding 3 is dat de zwarte elektrode) op de pols tussen de polsknobbels.
- Positioneer de injecterende elektrode (bij veel SF-BIA apparaten en op afbeelding 3 is dat de rode elektrode) onder de knobbel van de middelvinger in een rechte lijn boven de spanningselektrode.

Voet (afbeelding 4)

- Plaats de spanningselektrode (zwart) op de enkel tussen de enkelknobbels.
- Positioneer de injecterende elektrode (rood) op de voet, 1 cm onder de 2^{e} teen.

- Er dient minimaal 5 cm ruimte tussen de twee elektroden te zijn (bij kinderen minimaal 3 cm), en de plaats van de spanningselektrode ligt altijd vast op de knobbel. Bij kinderen en bij personen waarbij deze afstand minder dan 5 cm bedraagt, dient de injecterende elektrode (rood) op de vingers te worden geplakt. Bij herhaalde metingen is het essentieel dat de elektroden op dezelfde locatie worden geplaatst. Daarom kan het handig zijn om altijd dezelfde afstand te nemen, bijvoorbeeld 5-7 cm of de afstand die overeenkomt met het plastic velletje waar de elektroden op zijn bevestigd.
- Controleer of er geen frictie op de elektroden komt te staan omdat de kabels niet vrij hangen.

Specifiek voor kinderen: is het van groot belang om hen een duidelijke uitleg te geven over wat er gaat gebeuren voordat de meting begint. Als het kind angstig is, kan het nuttig zijn om de meting eerst bij een van de ouders/verzorgers uit te voeren. Indien nodig kan de assistentie van een pedagogisch medewerker worden ingeschakeld.



Afbeelding 2: Houding van een patiënt tijdens een SF-BIA-meting.

8.3 Meting

- Schakel de SF-BIA-meter in en volg de instructies van het meetapparaat.
- Noteer de weerstand, reactance, impedantie en fasehoek.
- Ontkoppel de deelnemer na de meting en verwijder de elektroden.

Kinderen: na de meting kan een beloning aan de hand van een spaarsysteem worden verstrekt (bijvoorbeeld Franniez, kanjerkralen, dapperheidsdiploma).

8.4 Verwerking van de resultaten

Voer de variabelen geslacht, lengte, gewicht, weerstand en reactance en evt. impedantie in een formule om VVM en/of appendiculaire skeletspiermassa (ASSM) te berekenen. Maak bij voorkeur gebruik van vooraf geprogrammeerde formules, zoals die beschikbaar zijn in het EPD, of raadpleeg websites zoals http://zakboekdietetiek.nl/berekeningen/.

Let op: De keuze van de formule heeft aanzienlijke invloed op de uitkomst. Het gebruik van verschillende formules zal resulteren in verschillende resultaten.

Er zijn diversen formules beschikbaar voor de berekening van de VVM en ASSM voor verschillende doelgroepen. Validatiestudies zijn uitgevoerd met behulp van verschillende referentiedata op basis van indirecte meetmethoden, meestal met behulp van DXA of gelabeld water. Bij de keuze van een formule moeten de volgende criteria in acht worden genomen [10]:

- Is de validatiestudie uitgevoerd bij een voldoende grote populatie, de juiste doelgroep en met de juiste referentie methode?
- De correlatiecoëfficiënt (R) moet zo hoog mogelijk zijn (>0,9).

- De verklaarde variatie (R^2) moet zo hoog mogelijk zijn (>0,8).
- De standaardfout (SEE) moet beperkt blijven (max. 1,5-2 kg).
- De bias moet zo klein mogelijk zijn (max. 0-1,8 kg).
- Het gebruikte meetprotocol bij de validatiestudie moet overeenkomen met deze SOP, dus een liggende meting met elektroden.

Deze data moeten beschikbaar zijn, hetgeen bij 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 betrouwbaar.

Formules voor vetvrije massa (bijlage 1)

Er bestaan diverse formules voor het berekenen van de VVM. In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van aanbevolen formules voor verschillende doelgroepen, gebaseerd op validatiestudies uitgevoerd in een representatieve groep. De beschikbare formules zijn:

- Volwassenen algemeen: Kyle [11].
- Volwassenen obesitas: Kyle [11].
    - Geen enkele formule is momenteel geschikt voor volwassenen met obesitas. Er wordt gewerkt aan een verbeterde formule. In de tussentijd is het advies om de formule van Kyle te gebruiken.
- Volwassenen COPD: Rutten [12].
- Kinderen algemeen: Deurenberg (7-25 jaar) [13].
    - Bij ontbreken alternatief <7 jaar adviseren we deze formule voor alle kinderen dus ook <7 jaar.
- Kinderen acuut & chronisch ziek: Dung (2,5-18 jaar) [14].
- Kinderen obesitas: Lazzer (10-17 jaar) [15].

Formules voor appendiculaire skeletspiermassa (bijlage 2)

Verschillende formules zijn beschikbaar voor het berekenen van de ASSM. In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de aanbevolen formules voor het berekenen van de ASSM. De beschikbare formules zijn:

- Gezonde volwassenen Kaukasisch: Kyle [11].
- Gezonde ouderen (>60 jaar) Kaukasisch: Sergi [16].
- Aziatische ouderen: Kim of Yoshida [17].

Referentiewaarden

Voor VVMI, VMI en ASSM(I) zijn diverse referentiewaarden opgesteld, elk met hun eigen beperkingen. Bij de keuze van de referentie dienen de volgende criteria in overweging te worden genomen:

- Zo groot mogelijke onderzoekspopulatie.
- Zo recent mogelijke data.
- De populatie moet zoveel mogelijk overeenkomen met de etniciteit van de patiënt.
- Idealiter zou de referentie gebaseerd moeten zijn op een indirecte methode.

Helaas zijn dergelijke referentiewaarden momenteel niet beschikbaar. Daarom wordt gebruik gemaakt van referentiewaarden die ook zijn verkregen met behulp van SF-BIA-metingen. Het NAP geeft hierbij de voorkeur aan BIA-referenties die gebruik maken van de liggende meetmethode met elektroden, zoals beschreven in deze SOP.

Referentiewaarden VVMI en VMI (bijlage 3)

De referentiewaarden voor de VVMI en VMI staan beschreven in bijlage 3. Op basis van de beschikbare literatuur adviseert het NAP bij volwassenen de p10 van de Zwitserse referentie van Schutz als ondergrens te gebruiken, tot er betere referentiedata beschikbaar is [18]. Franssen is een recentere Britse referentie met een grotere populatie en BMI-groepen, maar deze referentie heeft als nadeel dat er staande metingen (Tanita®) zijn uitgevoerd [19]. Bij patiënten met overgewicht kan het echter toch meerwaarde hebben deze referentie te gebruiken.

In de COPD-richtlijn en de GLIM criteria wordt een VVMI van 15 kg/m^2 voor vrouwen en 17 kg/m^2 voor mannen gehanteerd als ondergrens voor ondervoeding [20].

Kinderen: Er zijn geen normaalwaarden beschikbaar voor VVMI bij kinderen. Wel zijn er normaalwaarden voor VMI (bijlage 2) en percentage lichaamsvet (bijlage 4) [21]. Er bestaan verschillende afkapwaarden (Europese of Amerikaanse), maar er is geen consensus over. Volgens de Europese literatuur worden waarden kleiner dan het 2^e percentiel (<P2) beschouwd als te weinig VM, waarden groter dan het 85^e percentiel (>P85) als te veel VM en overgewicht, en waarden groter dan het 95^e percentiel (>P95) als obesitas.

Referentiewaarden ASSM en ASSMI (bijlage 5 en 6)

Er zijn twee referentietabellen beschikbaar voor ASSM. Een percentielverdeling van de ASSM van Kyle, gebaseerd op gegevens van 7498 personen (bijlage 5) [22]. Daarnaast is er de mediane ASSMI van 20.553 personen uit het NHANES-cohort (bijlage 6) [23].

De volgende afkappunten zijn van toepassing op normaalwaarden en afkappunten voor ASSM(I) voor sarcopenie [24].

	Mannen	**Vrouwen**
ASSM (kg)	<20 kg	<15 kg
ASSMI (kg/m^2)	<7,0 kg/m^2	<5,5kg/m^2

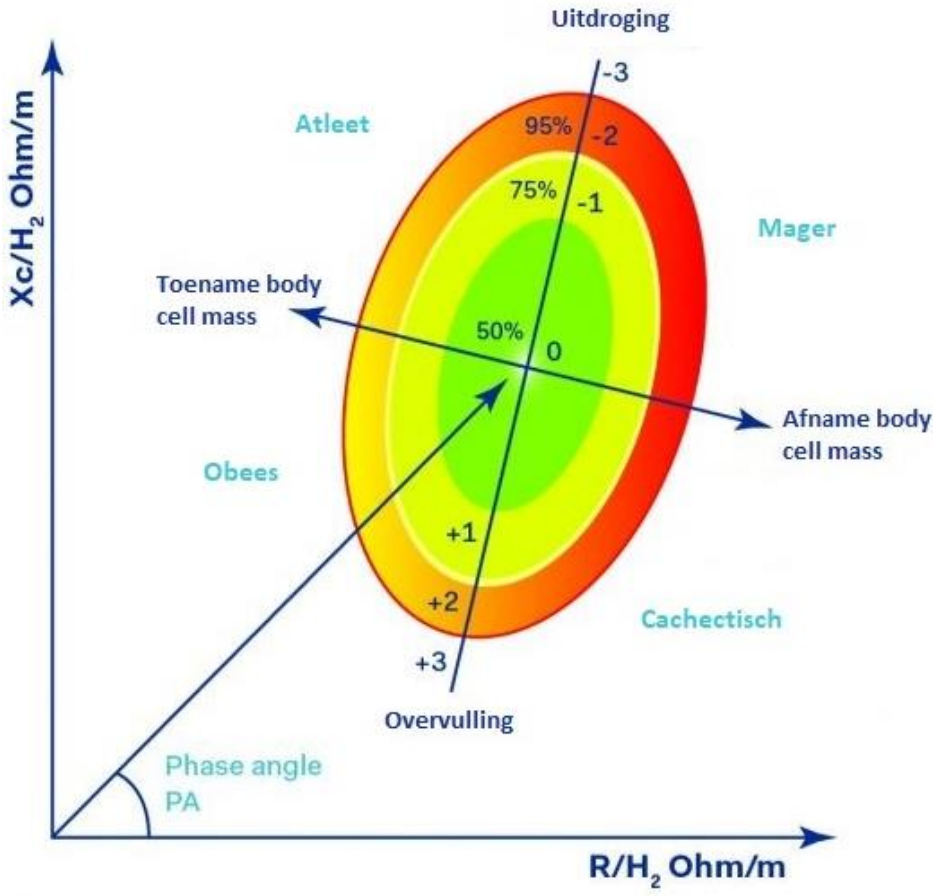
Fasehoek (bijlage 7)

De fasehoek wordt berekend als arctan (reactance / resistance) x (180 / π). De fasehoek lijkt een maat te zijn voor de integriteit van het celmembraan, de cel functie en de hoeveelheid VVM. Een lage fasehoek is gecorreleerd met hogere morbiditeit en mortaliteit. De fasehoek varieert meestal tussen 5 en 7, waarbij atleten soms waarden rond de 9 kunnen hebben [25, 26]. Voor referentiewaarden van de fasehoek, wordt de referentie van Bosy-Westphal aangehouden (bijlage 7) [25].

Bio-elektrische impedantie vectoranalyse (BIVA)

BIVA geeft inzicht in de vochtbalans en body cell mass (BCM). BCM is een maat voor actief weefsel, voornamelijk spiermassa en organen. Met BIVA kunnen de ruwe uitkomsten van de SF-BIA (resistance en reactance) geïnterpreteerd worden zonder gebruik te maken van populatie specifieke formules [4, 26, 27]. In een grafiek wordt op de x-as resistance/lengte^2 uitgezet tegen reactance/lengte^2 op de y-as. Met behulp van BIVA-software kan dit worden weergegeven als een punt (vectorpunt) op een BIVA-nomogram (afbeelding 5).

In het BIVA-nomogram zijn drie ellipsen zichtbaar die overeenkomen met het 50ste, 75ste en 95ste vectorpercentiel van een referentiepopulatie. Deze referentiepopulatie is samengesteld uit gezonde personen; er worden momenteel specifieke nomogrammen ontwikkeld voor bepaalde ziekten, evenals voor neonaten en jonge kinderen [26, 27]. De ellipsen in een nomogram zijn geslacht- en lengte specifiek. De nomogrammen en referentiepopulatie die door de fabrikanten van SF-BIA-apparatuur worden verstrekt, zijn gebaseerd op hun eigen referentiepopulatie. Daarom kunnen de nomogrammen variëren tussen fabrikanten.



Afbeelding 5: BIVA-nomogram [28].

<u>Interpretatie resultaat in BIVA-nomogram</u>

Het vectorpunt geeft de resultaten weer ten opzichte van de gezonde referentiepopulatie. Waarden binnen de ellipsen komen overeen met waarden van gezonde personen, terwijl waarden buiten de ellipsen als afwijkend worden beschouwd. Bij meerdere metingen in de tijd kunnen verschuivingen optreden zowel in de verticale als horizontale richting.

De nagenoeg verticale as (lengteas) geeft de hydratiestatus weer. Bij een toename van de hydratiestatus beweegt het vectorpunt naar beneden, terwijl bij een afname van de hydratiestatus het vectorpunt omhoog verschuift. Als het vectorpunt boven het 75ste percentiel ligt op de lengteas, is er sprake van uitdroging; ligt het buiten het 75ste percentiel aan de onderkant, dan is er sprake van overvulling.

De nagenoeg horizontale as (breedte-as), geeft BCM weer. Bij een afname van de BCM verschuift het vectorpunt naar rechts, en bij een toename naar verschuift het naar links. Als het vectorpunt zich ver naar rechts bevindt, is de BCM laag, wat wijst op weinig actief weefsel en waarschijnlijk een lage spiermassa. Als het vectorpunt zich ver naar links bevindt, is er veel actief weefsel en waarschijnlijk een hoge spiermassa.

Let op: fabrikanten van BIVA-software geven naast het BIVA-nomogram vaak ook BCM, VVM, en ASSM in getallen weer. Deze getallen zijn gebaseerd op regressieformules die onbekend en daardoor niet toetsbaar zijn. Het NAP raadt daarom aan alleen het BIVA-nomogram te gebruiken uit de BIVA-software. Als uit het BIVA-nomogram blijkt dat aan de assumptie voor normale hydratiestatus is voldaan (het vectorpunt valt binnen de 75% referentie ellips op de nagenoeg verticale lengteas, kan op basis van de ruwe waarden resistance en reactance de formules voor VVM en ASSM worden toegepast, zoals beschreven in paragraaf 8.4.

Toepassing BIVA bij dialyse

Met behulp van een BIVA plot kan je de hydratiestatus beoordelen. In enkele dialysecentra worden de resultaten hiervan gebruikt bij de overweging hoeveel vocht er bij de volgende dialyse moet worden onttrokken. Als er bijvoorbeeld overvulling is buiten de p75 dan wordt er de volgende keer meer water onttrokken. Je kan dan na die volgende dialyse weer een BIA meting doen en op het BIVA plot bekijken of de hydratiestatus dan beter uit komt.

De betrouwbaarheid van SF BIA met BIVA bij dialyse in discutabel (34). Dat komt door de dubbel indirecte methode en dat er veel andere factoren invloed hebben op de gemeten waarden behalve alleen de lichaamssamenstelling. (zie paragraaf 3.2). Bij dialyse hebben lichaamshouding, vochtproblemen en elektroliet afwijkingen veel invloed op de gemeten resistance en reactance. Met MF BIA of BIS omzeil je deze factoren niet volledig maar het geeft wel een beter inzicht in intracellulair versus extracellulair vocht. Dit kan helpen bij de inschatting over hoeveel vocht te onttrekken. Bij dialyse is met beide veel expertise opgebouwd zie de MF BIA en BIS SOP op de website.

9. Referenties

1. H.Kruizenga and N. Wierdsma, *Zakboek Dietetiek*. 2020: VU University Press Amsterdam.
2. Schotman, J., et al., *Reappraisal of Factors Disturbing the Relationship between Body Water Volumes and Total Body Electrical Resistance in Patients on Hemodialysis.* International Journal of Nutritional Sciences, 2021. **6**(2): p. 1052.
3. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice.* Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), 2004. **23**: p. 1430-53.
4. 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.
5. Korzilius, J.W., et al., *Having breakfast has no clinically relevant effect on bioelectrical impedance measurements in healthy adults.* Nutr J, 2023. **22**(1): p. 55.
6. Hollander-Kraaijeveld, F.M., et al., *Non-fasting bioelectrical impedance analysis in cystic fibrosis: Implications for clinical practice and research.* J Cyst Fibros, 2020. **19**(1): p. 153-158.
7. Dekker, I. and H. Zweers *Achtergronddocument voedselverbruik NAP*. 2021.
8. Zweers H, et al., *Can the contraindication for cardiac implantable electronic devices in bioelectrical impedance analysis be removed?* Clinical Nutrition supplement ESPEN congress, 2023: p. p310-w.
9. Brunnstrom, M.A., *Handbook of clinical dietetics, fig 1.3, .* 1992(2nd ed): p. blz 11.
10. Houtkooper, L.B., et al., *Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity.* Am J Clin Nutr, 1996. **64**(3 Suppl): p. 436S-448S.
11. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods.* Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), 2004. **23**: p. 1226-43.
12. 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.
13. Deurenberg, P., C.S. Kusters, and H.E. Smit, *Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent.* Eur J Clin Nutr, 1990. **44**(4): p. 261-8.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.

18. 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.
19. Franssen, F.M., et al., *New reference values for body composition by bioelectrical impedance analysis in the general population: results from the UK Biobank.* J Am Med Dir Assoc, 2014. **15**(6): p. 448 e1-6.
20. Cederholm, T., et al., *GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community.* Clin Nutr, 2019. **38**(1): p. 1-9.
21. McCarthy, H.D., et al., *Body fat reference curves for children.* Int J Obes (Lond), 2006. **30**(4): p. 598-602.
22. 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.
23. 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.
24. Cruz-Jentoft, A.J., et al., *Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis.* Age Ageing, 2019. **48**(4): p. 601.
25. Bosy-Westphal, A., et al., *Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index.* JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2006. **30**(4): p. 309-16.
26. 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.
27. Buffa, R., et al., *Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for the assessment of two-compartment body composition.* Eur J Clin Nutr, 2014. **68**(11): p. 1234-40.
28. Droop, A., *Bio-elektrische impedantie vectoranalyse (BIVA).* Nederlands Tijdschrift voor Dietisten, 2017.
29. Dung, N.Q., et al., *Use of bioelectrical impedance analysis and anthropometry to measure fat-free mass in children and adolescents with Crohn disease.* J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2007. **44**(1): p. 130-5.
30. Meyer, L.M.R. and H.K.N. Wierdsma, *Dietetic Pocket Guide Paediatrics*. 2020: VU University Press Amsterdam.
31. Kyle, U.G., et al., *Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass (ASMM).* Clin Nutr, 2003. **22**(6): p. 537-43.
32. 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.
33. Weber, D.R., et al., *Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat.* Am J Clin Nutr, 2013. **98**(1): p. 49-56.
34. *Schotman Jantine, Hydration assesment by measurement of total body electrical resistance: back to basics*, 2021 239600.pdf

Bijlage 1: Formules voor berekenen VVM

De berekeningen zijn ook uit te voeren op Uitslag impedantie volwassenen - Zakboek Dietetiek of Uitslag impedantie kinderen - Zakboek Dietetiek.

Tabel 1: Formules om de VVM bij volwassenen te berekenen met behulp van de uitkomsten van SF-BIA [12, 22]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

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/m²) gem ± SD	VVM formules	Validiteit
Formule gebaseerd op gezonde volwassenen								
Kyle et al. (59)	N = 343 (202M,141V); lft 22-94 jaar, gezonde personen; Zwitserland; ref: DEXA; BIA: Xitron 4000b	M (N = 21)	20-29	178,7 ± 6,8	75,2 ± 9,8	23,5 ± 1,9	VVM = -4,104 + (0,518 x L²/R) + (0,231 x Kg) + (0,130 x Xc) + (4,229 x 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	Geslacht: V = 0, M = 1	
		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		
		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		
Formule gebaseerd op volwassenen met COPD								
Rutten et al. (61)	N = 1087 (641M, 446V); lft > 50 jaar, 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 x Kg) + (0,298 x L²/Imp) + (0,148 x L) + (5,284 x geslacht)	r² = 0,90
		V	60,1 ± 9,3	161,0 ± 6,4	62,4 ± 13,5	24,1 ± 5,1	Geslacht: V = 0, M = 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 meter; Lft = leeftijd in jaren; VVM = vetvrije massa; R = resistentie; Xc = reactantie; Imp = impedantie; r = correlatiecoëfficiënt; r² = verklaarde variantie; SEE = standard error of the estimate (kg)

Tabel 2: Formules om de VVM bij kinderen te berekenen met behulp van de uitkomsten van SF-BIA [13, 15, 29]. Overgenomen van Dietetic Pocket Guide Paediatrics [30].

Reference	No. of people (N); gender; age; population and country of origin; reference (ref); BIA system	Gender	Age (years) Mean ± SD	Height (cm) Mean ± SD	Weight (kg) Mean ± SD	BMI (kg/m²) Mean ± SD	Lean body mass (LBM) formulas	Validity
Formula based on healthy children								
Deurenberg et al. (10)	N = 246 (130M/116 F); age 7-9 yr: 18M/21F; age 10-15 yr: 71M/20F; age 16-25 yr: 41M/75F; healthy people; the Netherlands; ref: underwater weighing; BIA 101, RJL systems	M 7-9 yr	8.3±0.6	132.3±0.6	28.3±3.7		LBM = (0.438 ×104 × H (m)² / R) + (0.308 × kg) + (1.6 × gender) + (7.04 × H (m)) - 8.5	R = 0.99 SEE = 2.39
		F 7-9 yr	8.3±0.9	130.1±7.0	27.2±4.6			
		M 10-15 yr	12.8±1.5	159.0±1.2	47.2±11.8			
		F 10-12 yr	10.7±1.0	144.1±7.7	35.0±6.5			
		M > 16 yr	21.6±2.8	183.2±6.3	73.1±5.9		Gender: F=0, M=1	
		F > 13 yr	17.6±3.6	168.3±6.7	57.9±9.5			
Formula based on acutely and chronically ill children								
Dung et al. (11)	N=120 (46 M/74 F), acutely ill (N=41), chronically ill (N=79); age 2.5-18 yr, white paediatric patients; Germany; ref DEXA; BIA: Bodystat 1500	M, F	13.1±3.3	156.0±19.0	57.9±9.5		LBM = 0.786 × (H²/Imp) + (0.093×kg) + 0.194	R = 0.983 SEE = 2.03
Formula based on obese children								
Lazzer et al. (12)	N = 58 (27M/31F) research group, N = 61 (27M/37F) control group; age 10-17 yr, morbidly obese Caucasian people; Italy; ref: DEXA, BOD-POD; BIA: BIS (human IM plus II)	M, F	14.2±1.9	1.64±0.1	92.5±14.5	34.3±4.9	LBM = 0.87 × (H²/Imp) + 3.1	R = 0.91
		M, F control group	14.0±1.4	1.63±0.1	81.5±15.4	30.4±4.2		RMSE = 2.7
		F 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		
		F 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		
		F N=18	60-69	161.9±6.6	65.0±11.2	25.1±4.1		
		M N=30	70-79	174.0±6.5	75.5±9.6	24.9±2.7		
		F 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		
		F N=33	> 80	156.5±3.9	59.9±8.6	24.5±3.5		

M = Male; F = Female; DEXA = dual energy X-ray absorptiometry; BIA = bio-electrical impedance analysis; kg = weight in kg; H = height in cm; H(m) = height in meters; age = age in years; LBM = lean body mass; R = Resistance; Reac = Reactance; Imp = Impedance; r = correlation coefficient; SEE = standard error of the estimate (kg); RMSE = root mean square error (kg)

Bijlage 2 Formules voor berekenen ASSM

De berekeningen zijn ook uit te voeren op Uitslag impedantie volwassenen - Zakboek Dietetiek.

Tabel 1: Formules om de ASSM te berekenen met behulp van de uitkomsten van SF-BIA [16, 17, 31, 32]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

Auteur	Populatie	Formule ASSM (kg)	Validiteit tegen DEXA
Kyle, 2003 (66)	Kaukasisch (Zwitserland), N = 770, 20-94 jaar	-4,211 + (0,267 x RI) + (0,095 x G) + (1,909 x geslacht) + (-0,012 x Lft) + (0,058 x Xc)	Δ 0,1 ± 1,1 kg R = 0,95 SEE = 1,12 kg
Sergi, 2015 (65)	Kaukasisch (Italië), N = 296, > 60 jaar	-3,964 + (0,227 x RI) + (0,095 x G) + (1,384 x geslacht) + (0,064 x Xc)	R^2 = 0,92 SEE = 1,14 kg
Kim, 2014 (67)	Aziatisch (Korea), N = 720, 65-80 jaar	(RI x 0,104) + (Lft x -0,050) + (geslacht x 2,954) + (G x 0,055) + 5,663	R^2 = 0,88 SEE = 1,35 kg
Yoshida, 2014 (68)	Aziatisch (Japan), N = 250, > 65 jaar	M: (0,197 x RI) + (0,179 x G) – 0,019 V: (0,221 x RI) + (0,117 x G) + 0,881	M: R^2 = 0,87 SEE = 0,98 kg V: R^2 = 0,89 SEE = 0,81 kg

RI= resistentie-index: lengte (cm)²/resistentie(Ω); Geslacht: M = man = 1, V = vrouw = 0; Xc = reactantie (Ω); G = gewicht (kg); Lft = leeftijd; Δ = gemiddeld verschil; R^2 = verklaarde variantie, SEE = standaardfout van de schattingswaarde (kg)

Bijlage 3: Referentiewaarden VVMI en VMI

Tabel 1: Percentielen voor de VVMI en de VMI voor volwassen mannen en vrouwen per leeftijdsgroep, volgens Schutz [18]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

	P5		P10		P25		P50		P75		P90		P95	
Leeftijd (jaren)	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Vetvrije massa index (kg/m²)														
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
Vetmassa index (kg/m²)														
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	10,3	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	11,4	9,0	13,5	10,1	14,3

Tabel 2: Percentielen voor de VMI, gestratificeerd naar leeftijd en geslacht bij kinderen en adolescenten (8-20 jaar) [33]. Overgenomen van Dietetic Pocket Guide Paediatrics [30].

	Boys						Girls					
Age (years)	5th	10th	25th	50th	75th	95th	5th	10th	25th	50th	75th	95th
8.0-8.49	2.7	3.0	3.6	4.6	6.2	11.0	3.0	3.3	4.0	5.1	6.8	11.2
8.5-8.99	2.7	3.0	3.6	4.6	6.3	11.3	3.1	3.4	4.2	5.4	7.1	11.6
9.0-9.49	2.7	3.0	3.7	4.7	6.4	11.6	3.2	3.6	4.3	5.6	7.4	12.0
9.5-9.99	2.7	3.0	3.7	4.8	6.5	11.9	3.3	3.7	4.5	5.8	7.6	12.3
10.0-10.49	2.7	3.0	3.7	4.8	6.6	12.1	3.3	3.7	4.6	5.9	7.9	12.6
10.5-10.99	2.7	3.0	3.7	4.8	6.6	12.3	3.4	3.8	4.7	6.1	8.1	12.9
11.0-11.49	2.7	3.0	3.7	4.8	6.7	12.4	3.4	3.9	4.8	6.2	8.2	13.1
11.5-11.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.7	12.4	3.5	3.9	4.9	6.3	8.3	13.3
12.0-12.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.7	12.5	3.5	4.0	4.9	6.4	8.5	13.5
12.5-12.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.7	12.5	3.6	4.1	5.0	6.5	8.6	13.7
13.0-13.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.7	12.5	3.7	4.1	5.1	6.6	8.7	13.9
13.5-13.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.7	12.6	3.8	4.2	5.2	6.7	8.9	14.1
14.0-14.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.6	3.8	4.3	5.3	6.8	9.0	14.3
14.5-14.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.7	3.9	4.4	5.4	7.0	9.2	14.5
15.0-15.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.7	4.0	4.5	5.5	7.1	9.3	14.8
15.5-15.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.7	4.1	4.6	5.7	7.2	9.5	15.1
16.0-16.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.7	4.2	4.7	5.8	7.4	9.7	15.4
16.5-16.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.8	12.8	4.3	4.8	5.9	7.5	9.9	15.7
17.0-17.49	2.7	3.0	3.7	4.9	6.9	12.8	4.4	4.9	6.0	7.7	10.1	16.0
17.5-17.99	2.7	3.0	3.7	4.9	6.9	12.9	4.5	5.0	6.1	7.8	10.3	16.4
18.0-18.49	2.7	3.0	3.7	5.0	7.0	13.0	4.6	5.1	6.3	8.0	10.5	16.8
18.5-18.99	2.7	3.0	3.8	5.0	7.1	13.2	4.7	5.2	6.4	8.1	10.7	17.2
19.0-19.49	2.7	3.0	3.8	5.1	7.2	13.3	4.7	5.3	6.5	8.3	11.0	17.6
19.5-19.99	2.7	3.1	3.9	5.2	7.3	13.5	4.8	5.3	6.6	8.5	11.2	18.0
20.0-20.49	2.7	3.1	4.0	5.3	7.5	13.6	4.8	5.4	6.7	8.6	11.5	18.3
20.5-20.99	2.8	3.2	4.0	5.5	7.7	13.8	4.8	5.4	6.7	8.8	11.7	18.6

Tabel 3: Percentielen voor de VVMI per leeftijds- en BMI-categorie [19]. De referentiedata is gebaseerd op een grote database uit Engeland (n= 186.975). Metingen zijn staand uitgevoerd op een Tanita. Franssen et al. heeft referentiedata ingedeeld in BMI groepen die eventueel gebruikt kunnen worden bij overgewicht of obesitas.

Let op: het NAP geeft de voorkeur aan de referentie van Schutz i.v.m. betrouwbaardere meetmethode.

Mannen								
Leeftijd (jaren)	BMI-categorie (kg/m²)	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	< 18,5	14,0	14,9	15,3	15,7	16,3	16,9	17,4
	18,5-25	17,0	17,5	18,1	18,9	19,5	20,1	20,5
	25-30	19,9	19,3	19,9	20,6	21,3	22,0	22,4
	≥ 30	20,9	21,3	21,8	22,6	23,3	24,0	24,5
60-69	< 18,5	14,5	14,9	15,2	15,8	16,2	16,7	17,5
	18,5-25	16,8	17,2	17,9	18,6	19,2	19,9	20,2
	25-30	18,6	18,9	19,5	20,2	21,0	21,6	22,0
	≥ 30	20,4	20,7	21,3	22,1	22,8	23,6	24,0

Vrouwen								
Leeftijd (jaren)	BMI-categorie (kg/m²)	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
45-59	< 18,5	12,9	13,3	13,7	14,1	14,6	15,1	15,4
	18,5-25	14,3	14,6	15,1	15,7	16,3	16,9	17,2
	25-30	15,5	15,8	16,3	16,9	17,5	18,1	18,5
	≥ 30	16,9	17,2	17,7	18,3	19,0	19,7	20,1
60-69	< 18,5	12,7	13,0	13,6	14,2	14,6	15,0	15,4
	18,5-25	14,2	14,5	15,0	15,5	16,1	16,7	17,0
	25-30	15,4	15,7	16,1	16,7	17,3	17,9	18,3
	≥ 30	16,7	17,0	17,5	18,1	18,9	19,5	19,9

Bijlage 4: Percentage lichaamsvet kinderen

Percentage lichaamsvet jongens [21].

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

Percentage lichaamsvet meisjes [21].

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	25,9
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 5: Referentiewaarden ASSM

Tabel 1: Percentielverdeling van de ASSM, gestratificeerd naar leeftijd en geslacht bij volwassenen (3949 gezonde mannen en 3540 gezonde vrouwen, 18-98 jaar), gebaseerd op DXA metingen, volgens Kyle [31]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

Leeftijd (jaren)	Mannen			
	P10	P25	P75	P90
18-34	22,8	24,6	28,1	30,0
35-54	22,8	24,3	27,8	29,8
55-75	21,9	23,3	26,6	28,5
> 75	20,2	21,3	24,6	26,7
	Vrouwen			
18-34	15,6	16,7	19,3	20,8
35-54	15,7	16,7	19,4	20,6
55-75	14,9	16,1	19,2	20,7
> 75	13,4	14,6	17,5	18,9

Bijlage 6: Referentiewaarden ASSMI

Tabel 1: Mediane ASSMI (kg/m^2), gestratificeerd naar leeftijd en geslacht bij volwassenen, gebaseerd op DXA-metingen, volgens NHANES [23]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

Mannen												
	Kaukasisch				Negroïde				Latijns-Amerikaans			
Leeftijd (jaren)	N	M	SD	L	N	M	SD	L	N	M	SD	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												
	Kaukasisch				Negroïde				Latijns-Amerikaans			
Leeftijd (jaren)	N	M	SD	L	N	M	SD	L	N	M	SD	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, SD = standaarddeviatie, L = symmetrie van de verdeling

Bijlage 7: Referentiewaarden fasehoek

Tabel 1: Fasehoek van 213.748 Duitse Kaukasische gezonde volwassenen, gestratificeerd naar BMI en geslacht [25]. Overgenomen van Zakboek Diëtetiek [1].

	Mannen (N = 30.572)				Vrouwen (N = 183.176)			
	N	Gemiddelde ± SD	P10	P5	N	Gemiddelde ± SD	P10	P5
BMI 18,5-25 kg/m²								
18-19 jr	1052	5,93 ± 0,69	5,20	4,97	115	6,82 ± 0,77	5,93	5,47
20-29 jr	8307	5,98 ± 0,68	5,19	5,01	614	6,89 ± 0,72	6,02	5,79
30-39 jr	10.162	6,03 ± 0,67	5,26	5,07	639	6,66 ± 0,70	5,79	5,53
40-49 jr	6691	5,96 ± 0,68	5,18	4,98	464	6,46 ± 0,70	5,64	5,41
50-59 jr	3408	5,73 ± 0,68	4,94	4,74	294	6,24 ± 0,66	5,48	5,23
60-69 jr	1106	5,51 ± 0,78	4,69	4,41	218	5,77 ± 0,82	4,73	4,23
> 70 jr	276	5,12 ± 0,84	4,13	3,85	86	5,11 ± 0,86	3,95	3,82
BMI 25-30 kg/m²								
18-19 jr	1129	6,08 ± 0,69	5,31	5,04	138	7,07 ± 0,70	6,25	5,79
20-29 jr	11.117	6,10 ± 0,68	5,32	5,12	1360	7,00 ± 0,72	6,14	5,80
30-39 jr	18.824	6,17 ± 0,67	5,40	5,19	2747	6,92 ± 0,69	6,07	5,85
40-49 jr	17.090	6,09 ± 0,67	5,32	5,11	2494	6,70 ± 0,70	5,84	5,60
50-59 jr	13.137	5,87 ± 0,70	5,07	4,87	1994	6,41 ± 0,72	5,54	5,27
60-69 jr	5649	5,59 ± 0,72	4,79	4,58	1267	6,01 ± 0,75	5,14	4,92
> 70 jr	1124	5,26 ± 0,78	4,41	4,17	313	5,43 ± 0,77	4,45	4,20
BMI 30-35 kg/m²								
18-19 jr	582	6,10 ± 0,65	5,35	5,16	115	6,92 ± 0,89	5,87	5,67
20-29 jr	6507	6,18 ± 0,68	5,40	5,19	1200	7,02 ± 0,71	6,15	5,87
30-39 jr	11.506	6,25 ± 0,67	5,49	5,28	2682	6,94 ± 0,72	6,09	5,82
40-49 jr	12.495	6,17 ± 0,69	5,37	5,15	2809	6,75 ± 0,68	5,90	5,67
50-59 jr	11.817	5,90 ± 0,70	5,11	4,88	2542	6,43 ± 0,70	5,59	5,32

60-69 jr	6305	5,62 ± 0,73	4,77	4,55	1643	6,03 ± 0,76	5,13	4,85
> 70 jr	1419	5,27 ± 0,75	4,44	4,22	381	5,50 ± 0,76	4,52	4,27
BMI 35-40 kg/m²								
18-19 jr	239	6,13 ± 0,77	5,25	5,02	55	6,81 ± 0,67	5,93	5,75
20-29 jr	2857	6,21 ± 0,68	5,42	5,20	518	6,90 ± 0,74	5,97	5,72
30-39 jr	5064	6,24 ± 0,66	5,46	5,26	1090	6,88 ± 0,69	6,05	5,71
40-49 jr	5462	6,16 ± 0,70	5,33	5,12	1187	6,64 ± 0,74	5,76	5,52
50-59 jr	5178	5,89 ± 0,72	5,07	4,84	1060	6,36 ± 0,76	5,49	5,10
60-69 jr	3090	5,56 ± 0,75	4,71	4,47	643	5,96 ± 0,85	5,00	4,70
> 70 jr	685	5,26 ± 0,84	4,36	4,12	89	5,42 ± 0,73	4,48	4,22