

Validiteits- en betrouwbaarheidsonderzoek van de BOD POD® bij mannelijke sporters met een laag vetpercentage

Auteur: Pascal de Brabander
van onderzoek: september 2014 – januari 2015

Periode

*De Haagse
Hogeschool /
Nutritional
Assessment Facility*

Titelblad

Volledige titel rapportage: "Validiteits- en betrouwbaarheidsonderzoek van de BOD POD® bij mannelijke sporters met een laag vetpercentage"

Naam hogeschool: De Haagse Hogeschool
Opleiding: Voeding & Diëtetiek
Adres: Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag
Telefoonnummer: 070 445 8300
Periode van onderzoek: September 2014 – januari 2015

Docentbegeleider: ir. Floor R. Scheffers
Adres: Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag
Kamernummer: SI5.43
Telefoonnummer: 070 445 8231
Emailadres: F.R.Scheffers@hhs.nl
Bereikbaar op: ma/di/wo/do tot 17:00 uur

Opdrachtgever: dr. ir. Dorien W. Voskuil
Adres: Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag
Kamernummer: SI5.59
Telefoonnummer: 070 445 8277
Emailadres: D.W.Voskuil@hhs.nl
Bereikbaar op: ma/di/wo/do tot 17:00 uur

Auteur: Pascal de Brabander
Studentnummer: 11058080
Adres: Waterlijn 34
2681 XM Monster
Telefoonnummer: 06 3717 6557
Emailadres: P.deBrabander@hotmail.com

Voorwoord

Ik wil graag mijn opdrachtgever Dorien Voskuil en mijn docentbegeleider Floor Scheffers bedanken voor de goede begeleiding die zij mij hebben gegeven. Niet te vergeten zijn mijn afstudeerkring genoten, zij hebben mij van nuttige feedback voorzien op de gemaakte stukken.

Ook wil ik alle enthousiaste deelnemers en geïnteresseerden aan het onderzoek bedanken. Zonder jullie was het niet mogelijk geweest om alle benodigde data te verzamelen.

Graag wil ik Peter van Staalduinen, eigenaar van The Gym, en Ruud Jonk, eigenaar van Gym Fitness, bedanken voor de toestemming om leden te werven voor mijn onderzoek. Ook wil ik het personeel van beide sportscholen bedanken voor het wijzen van leden op de oproep. Naast de eigenaren van de sportscholen en het bijbehorende personeel wil ik ook graag de stagiaires van de Nutritional Assessment Facility bedanken voor het meehelpen bij het werven van deelnemers.

Pascal de Brabander
Monster, januari 2015

Samenvatting

Aanleiding: In de Nutritional Assessment Facility (NAF) van De Haagse Hogeschool kan al langere tijd de lichaamssamenstelling en/of het energieverbruik in rust van individuen worden bepaald. Er wordt onder andere gewerkt met de BOD POD[®]. Dit apparaat meet de lichaamssamenstelling door middel van volume meting. Er is echter twijfel ontstaan over de validiteit en betrouwbaarheid van dit meetinstrument bij mannelijke sporters met een laag vetpercentage. In twintig weken is onderzocht of de twijfels over de validiteit en betrouwbaarheid van de BOD POD[®] terecht zijn geweest.

Methoden: Middels literatuuronderzoek zijn eerdere validatie- en betrouwbaarheidsonderzoeken van de BOD POD[®] onderzocht, als ook eventuele effecten van spiermassa en -samenstelling op de meting. Middels praktijkonderzoek zijn mannelijke fitnessbeoefenaars twee keer gemeten met de BOD POD[®], mBCA[®] (bepaald de lichaamssamenstelling door middel van multifrequentie bio impedantie analyse) en 7-punts huidplooiemeting. Ook zijn nieuwe sport specifieke formules van de fabrikant gebruikt. Statistische analyse zijn uitgevoerd met Paired-Samples T-Test, Wilcoxon Signed-Ranks en Pearson Correlation Coëfficiënt.

Resultaten: Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de BOD POD[®] veelal een valide en betrouwbare methode blijkt voor het berekenen van de lichaamssamenstelling. Toch zijn er ook onderzoeken welke concluderen dat de BOD POD[®] zowel een over- als onderschatting van het vetpercentage geeft. Ook werd er in een aantal studies gevonden dat uitkomsten bij individuen behoorlijk kunnen variëren bij opeenvolgende metingen. De gemiddelde leeftijd $\pm$ SD was $25,1 \pm 9,2$. 20,3% had als doelstelling uithoudingsvermogen vergroten en 79,7% als doel groei in spiermassa. Er is geen statistisch significant verschil in vetpercentage ($-0,8 \pm 3,3\%$ BF; $p=0,073$) tussen de BOD POD[®] en mBCA[®] gevonden. Tussen de BOD POD[®] en huidplooiemeting is wel een statistisch significant verschil ($2,3 \pm 2,8\%$ BF; $p=0,000$) gevonden. Dit gold ook wanneer de groep werd gesplitst in normaal en laag vetpercentage apart. Bij herhaalde meting is geen statistisch significant verschil gevonden voor de BOD POD[®] ($-0,2 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,107$). Ook niet wanneer werd gesplitst in normaal ($-0,1 \pm 1,0\%$ BF; $p=0,485$) en laag ($-0,6 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,105$) vetpercentage. De standaardformule (Siri) overschat het vetpercentage significant ($3,4 \pm 1,6\%$ BF; $p=0,000$) in vergelijking met de sport specifieke formules. Bij herhaalde meting met de sport specifieke formules is geen statistisch significant verschil ($-0,2 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,267$) gevonden.

Conclusie: De BOD POD[®] is zowel betrouwbaar als valide bij mannen met een laag vetpercentage blijkt uit literatuur- en praktijk onderzoek.

Discussie en aanbevelingen: Het wordt aangeraden de volgende aanbevelingen in overweging te nemen om de individuele metingen preciezer te laten verlopen. Voor toekomstige metingen overwegen gebruik te maken van de longvolume meetfunctie van de BOD POD[®]. De ademhaling van de personen te oefenen zodat deze goed verloopt in de BOD POD[®]. Extra controleren of mensen volkomen stil zitten en rechtop zitten. Mannen moeten zo onthaard mogelijk worden gemeten. Dit kan anders tot afwijkingen in het gemeten vetpercentage leiden. Om tot meer duidelijkheid te komen over het gebruik van de sport specifieke formules bij sporters moet meer onderzoek worden gedaan naar de validiteit van de BOD POD[®] met sport specifieke formules in vergelijking met hydrodensitometrie of DXA.

Abstract

Background: For some years the Nutritional Assessment Facility (NAF) at The Hague University has the possibility of performing body composition measurements and measurement of resting energy expenditure in individuals. One of the measuring devices used is the BOD POD®, this device measures body composition by using air-displacement plethysmography. However, based on experience in the NAF doubts have been raised about the validity and reliability of the BOD POD®. Especially in lean athletes. In twenty weeks, research has been done to justify whether these doubt on the validity and reliability were correct.

Methods: Through literature study it has been studied what is known about the validation and reliability of the BOD POD®. Differences in composition in muscle mass and their potential effects on the measurement have also been studied in the literature. Male fitness athletes have been measured twice with the BOD POD®, mBCA® (measures body composition by using multi frequency bio impedance analysis) and 7-point skinfold measurement. New sport-specific formulas are also analysed. Statistical analysis has been conducted using Paired-Samples T-Test, Wilcoxon Signed-Ranks and Pearson Correlation Coefficient.

Results: Literature reveals the BOD POD® as a valid and reliable method for estimating body composition. However, some studies also found an over- or underestimation of body fat from the BOD POD®. Some studies showed quite some variance in individual measurement with repeated measures. Mean age $\pm$ SD was $25,1 \pm 9,2$. 20,3% of the participants trained for improved endurance and 79,7% trained for muscle growth. No significant statistical difference between the BOD POD® and mBCA® ($-0,8 \pm 3,3\%$ BF; $p=0,073$) were found, between the BOD POD® and skinfold measurement there was a statistical difference ($2,3 \pm 2,8\%$ BF; $p=0,000$). This remained when the group was divided into low and normal bodyfat. No significant statistical difference has been found between the repeated measurements with the BOD POD® ($-0,2 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,107$). This remained when the population was split in normal bodyfat ($-0,1 \pm 1,0\%$ BF; $p=0,485$) and low bodyfat ($-0,6 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,105$). The standard conversion formula (Siri) significantly overestimated ($3,4 \pm 1,6\%$ BF; $p=0,000$) percentage bodyfat when compared with the sport-specific formulas. There was no significant statistical difference ($-0,2 \pm 1,1\%$ BF; $p=0,267$) on repeated measurement using the sport-specific formulas.

Conclusion: The BOD POD® seems to be a valid and reliable instrument for assessing body composition according to both literature study and field measurement.

Discussion and recommendations: To increase the precision with individual measurements it is recommended to consider to use the lung volume measurement function of the BOD POD®. Practice the normal breathing pattern before the actual measurement. Make sure that people are sitting perfectly still and straight up. Men need to be measured with as less body hair as possible, that also means shaving the legs. In order to get more clarity on the use of sport-specific formulas on athletes, more research needs to be done. Preferably validation research comparing the BOD POD®, using the sport-specific formulas, with hydrodensitometrie or DXA.

Begrippenlijst

Twee compartimenten model: dit model onderscheidt het lichaam in vetmassa en vetvrije massa¹.

Drie compartimenten model: dit model onderscheidt het lichaam in vetmassa, totaal lichaamsvocht en vetvrije droge massa¹.

Vier compartimenten model: dit model onderscheidt het lichaam in vetmassa, totaal lichaamsvocht, bot mineraal massa en overige massa¹.

Plethysmografie: dit is het meten van volume of volumeveranderingen².

Air-displacement plethysmografie: deze methode meet de lichaamssamenstelling aan de hand van luchtverplaatsing (volume), gewicht en formules voor lichaamsdichtheid³. Deze methode maakt gebruik van het twee compartimenten model. Een voorbeeld hiervan is de BOD POD[®]. De BOD POD[®] geeft resultaten weer in kilogrammen, centimeters, percentages, vetmassa en vetvrije massa. De eenheden vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa) zijn gebruikt om te meten.

Multifrequentie bio elektrische impedantie analyse: Aan de hand van meerdere frequenties elektrische wisselstroom kan het apparaat het potentiaalverschil (weerstand) meten en hiermee de lichaamssamenstelling berekenen⁴⁻⁵. Een voorbeeld hiervan is de mBCA[®]: medical body composition analyzer, dit apparaat meet vetmassa, vetvrije massa, totaal lichaamsvocht, extracellulair vocht, skeletspiermassa en droog zacht weefsel door middel van bio elektrische impedantie⁶. De meeteenheden die zijn gebruikt zijn vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa).

7-Punts huidplooimeting: door middel van een huidploometer wordt op zeven punten op het lichaam de huidplooidikte twee keer gemeten. Het gemiddelde van de twee metingen wordt gebruikt om de totale dikte van de zeven punten op tellen. Vervolgens wordt middels een formule het vetpercentage uitgerekend⁷. De meeteenheden zijn vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa).

Hydrodensitometrie: een techniek om de dichtheid van massa te meten door middel van bezinking in water⁸.

Dual-energy X-ray absorptiometrie (DXA): een techniek om de lichaamssamenstelling, bot dichtheid en vetpercentage te meten. Hierbij worden twee röntgenstralen op verschillende intensiteitsniveaus op de botten van de patiënt gericht. Aan de mate van de energie absorptie van de weefsels kan worden bepaald waaruit dit weefsel bestaat⁹. Deze methode maakt gebruik van een drie compartimenten model.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
1.1. Probleemanalyse	7
1.2. Doelstelling	8
1.3. Onderzoeksvraag en deelvragen	8
2. Methode van onderzoek	9
2.1. Literatuuronderzoek	9
2.1.1. Databases	9
2.1.2. Zoektermen	9
2.1.3. Kwaliteitsaspecten	9
2.2. Praktijkonderzoek	9
2.2.1. Plaats en periode van onderzoek	9
2.2.2. Populatie en steekproef	10
2.2.3. Methode van dataverzameling	10
2.2.4. Sport specifieke formules	12
2.2.5. Statistische analyse	12
3. Resultaten	13
3.1. Resultaten literatuuronderzoek	13
3.1.1. Validiteit en betrouwbaarheid van de BOD POD®	13
3.1.2. Verschillen in samenstelling tussen verschillende soorten spiervezels	17
3.1.3. Invloed van de spiersamenstelling op de meting	17
3.2. Resultaten praktijkonderzoek	19
3.2.1. Validiteit bij de totale populatie	21
3.2.2. Validiteit bij de groep laag en normaal vetpercentage	21
3.2.3. Betrouwbaarheid bij de totale populatie	23
3.2.4. Betrouwbaarheid bij de verschillende vetpercentages	24
3.2.5. Correlatie bij herhaalde meting met de BOD POD®	26
3.3. Resultaten sport specifieke formules	27
3.3.1. Correlatie Siri formule en sport specifieke formules	27
3.3.2. Verschil tussen Siri formule en sport specifieke formules	29
3.3.3. Betrouwbaarheid sport specifieke formules	30
3.3.4. Correlatie bij herhaalde meting met sport specifieke formules	31
4. Conclusies	32
5. Discussie en aanbevelingen	33
6. Literatuurlijst	35

Bijlage I:	Oproep
Bijlage II:	Informatie onderzoek
Bijlage III:	Toestemmingsverklaring
Bijlage IV:	Gegevensverzameling formulier
Bijlage V:	Handleiding metingen en draaiboek validatie- en betrouwbaarheidsonderzoek

1. Inleiding

In de Nutritional Assessment Facility (NAF) van De Haagse Hogeschool kan al langere tijd de lichaamssamenstelling en/of het energieverbruik in rust van individuen worden bepaald. Dit wordt gedaan met verschillende meetapparatuur. Er wordt onder andere gewerkt met de BOD POD[®]. Dit apparaat meet de lichaamssamenstelling aan de hand van luchtverplaatsing (volume), lengte, gewicht en formules voor lichaamsdichtheid³.

1.1 Probleemanalyse

In de NAF is echter twijfel ontstaan over de accuratesse van de BOD POD[®] bij vetpercentage metingen bij mannen met een laag vetpercentage. Dit komt omdat de resultaten enkele keren duidelijk verschilden tussen de BOD POD[®] enerzijds en de mBCA[®] (multi frequentie bio impedantie analyse), huidplooiemeting en klinische blik anderzijds. In de NAF zijn de twijfels ontstaan bij een vetpercentage van 10% en lager (P.M. Groen, persoonlijke communicatie, 15 september 2014).

In een review van Fields et al. over lichaamssamenstelling metingen werd al oproep gedaan naar een nieuw onderzoek naar de BOD POD[®] welke ook rekening zou moeten houden met geslacht en vetpercentage³. Hierin zou specifiek gekeken moeten worden naar het systematische effect van het vetpercentage per sekse. Dit naar aanleiding van enkele studies, in hun review, die concludeerden dat er een verband was tussen het vetpercentage en geslacht en een hieruit voortvloeiende onderschatting van het vetpercentage bij mannen en een overschatting van het vetpercentage bij vrouwen. Collins et al.¹⁰ vonden na onderzoek bij hogeschool rugbyers dat de BOD POD[®] betrouwbaar was voor deze doelgroep, maar wel een continue onderschatting van het vetpercentage gaf in vergelijking met onderwaterweging, DXA meting en het drie compartimenten model. Wagner et al.¹¹ voerden een onderzoek uit bij 30 negroïde mannen, verschillend in fysieke activiteit, en kwamen tot de conclusie dat de BOD POD[®] de lichaamsdichtheid significant en systematisch onderschatte waardoor een overschatting in vetpercentage ontstond. Vescovi et al.¹² deden een evaluatie van de BOD POD[®] voor het vaststellen van het vetpercentage bij volwassen mannen en vrouwen variërend van slank tot overgewicht. Zij concludeerden dat de BOD POD[®] minder valide is voor mensen met een laag vetpercentage. Bij deze groep overschatte de BOD POD[®] het vetpercentage significant.

Door de eigen observaties binnen de NAF en de tegenstrijdige gepubliceerde onderzoeksresultaten is de vraag ontstaan naar een onderzoek naar eventuele meetfouten van het vetpercentage bij mannen met een laag vetpercentage. De werd begeleid door Dorien W. Voskuil, docent bij De Haagse Hogeschool en opdrachtgever vanuit de NAF.

De BOD POD[®] wordt wereldwijd gebruikt in klinische-, onderzoeks- en sportsetting¹³. Als blijkt dat de BOD POD[®] bij mannen met een laag vetpercentage niet valide is, heeft dit gevolgen voor toekomstig gebruik van de BOD POD. Mogelijk moeten bepaalde groepen uitgesloten worden van meting of moeten specifieke formules worden ontwikkeld voor bepaalde groepen. Bovendien is een onderzoek naar de accuratesse van de BOD POD[®] voor de sportdiëtist van belang, omdat bij een valide meting beter gedetecteerd kan worden of een atleet/cliënt geen ongezond laag vetpercentage krijgt. Mannen hebben namelijk 2-5% lichaamsvet nodig om gezond te blijven functioneren en vrouwen 10-13% lichaamsvet¹⁴. Het nauwkeurig kunnen meten van kleine veranderingen in vetmassa versus vetvrije massa is van belang. Het verlies van vetmassa gaat erg langzaam wanneer het vetpercentage al laag is en een atleet/cliënt het vetpercentage verder wil verlagen. Zo kan de sportdiëtist aanpassingen maken in het dieet, wanneer ongewenste veranderingen in vetmassa versus vetvrije massa plaatsvinden. Naast het gezondheidsaspect kan middels nauwkeurige metingen ook het ideale individuele vetpercentage worden bepaald, zodat het individu maximaal kan presteren.

1.2 Doelstelling

In twintig weken is bepaald of de twijfel over de accuratesse van de BOD POD® terecht zijn door middel van onderzoek naar het type meetfout en de grootte van deze meetfout bij de BOD POD® bij de doelgroep mannelijke fitness beoefenaars met een laag vetpercentage in vergelijking met een normaal vetpercentage. Dit is uitgevoerd door middel van literatuur- en praktijkonderzoek. Aan de hand van de resultaten is een advies aan de NAF gegeven met betrekking tot het gebruik van de BOD POD® bij deze doelgroep. Dit advies is uiteraard niet alleen voor de NAF interessant, maar voor alle gebruikers/instellingen welke met de BOD POD® werken.

1.3 Onderzoeksvraag en deelvragen

De centrale onderzoeksvraag was als volgt: “In welke mate komen validiteits- en/of betrouwbaarheidsfouten voor in de metingen van de lichaamssamenstelling met de BOD POD® bij mannelijke fitnessbeoefenaars met een vetpercentage onder de 10% in vergelijking met de mBCA® en de 7-punts huidplooiemeting?” De hierbij horende deelvragen dienden ter ondersteuning van de hoofdvraag en zijn gebruikt om een mogelijke verklaring voor de meetfouten bij de doelgroep te geven.

Deelvragen literatuuronderzoek

1. Wat zijn de resultaten van eerder uitgevoerde validatieonderzoeken van de BOD POD®?
2. Wat is het verschil in samenstelling, eiwit/glycogeen/vet/vocht, tussen verschillende soorten spiervezels bij kracht- en duursporters?
3. In hoeverre heeft de spiersamenstelling invloed op de meting van vetpercentage met de BOD POD®?

Deelvragen praktijkonderzoek

4. Is er een significant systematisch verschil in vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa) tussen de BOD POD® enerzijds en de mBCA/huidplooiemeting anderzijds?
5. Is het verschil in vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa) tussen de BOD POD® enerzijds en de mBCA/huidplooiemeting anderzijds significant verschillend tussen de groep met een laag vetpercentage (<11%) en de groep met een normaal vetpercentage (11-20%)?
6. Is er een significant verschil in vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa) bij herhaalde meting met de BOD POD® op één dag?
7. Is het gemiddelde verschil in vetpercentage (vetmassa en vetvrije massa) bij herhaalde meting met de BOD POD® significant verschillend voor de groep met een laag vetpercentage en de groep met een hoog vetpercentage?

2. Methode van onderzoek

In dit hoofdstuk zal de gebruikte methodiek voor zowel het literatuuronderzoek als het praktijkonderzoek worden uitgewerkt.

2.1 Literatuuronderzoek

Allereerst zal de methodiek van het literatuuronderzoek worden beschreven.

2.1.1 Databases

Het literatuuronderzoek heeft plaatsgevonden via de beschikbare databanken van De Haagse Hogeschool. De volgende databanken zijn gebruikt: PubMed, SPORT Discus with Full Text, MEDLINE en Google Scholar. Naast het reguliere zoeken via de databases is ook gebruik gemaakt van door de opdrachtgever en de leverancier van de BOD POD[®], COSMED, beschikbaar gestelde onderzoeken.

2.1.2 Zoektermen

Tijdens het zoeken naar geschikte literatuur is gebruik gemaakt van verschillende zoektermen. De zoektermen die zijn gebruikt zijn als volgt: body composition methods, BOD POD, skinfold, measurement, men, male, bodyfat, muscle tissue, composition, validity, reliability, review, mBCA, air displacement plethysmography, exercise, glycogen, fat, water, strength, resistance, endurance, muscle fibre type, human, difference en training. Bovendien zijn de termen in zowel het Engels als in het Nederlands gebruikt. Wanneer een artikel niet beschikbaar was via de databases van De Haagse Hogeschool zijn artikelen via de opdrachtgever. Naast de zoektermen is ook gebruik gemaakt van de 'sneeuwbalmethode'.

2.1.3 Kwaliteitsaspecten

Literatuur was bij voorkeur minder dan tien jaar oud, wanneer een artikel ouder, maar nog altijd relevant en bruikbaar was, is deze ook gebruikt. De 'Level of Evidence' van de gebruikte artikelen was bij voorkeur van een zo hoog mogelijke 'level'. Dit is bepaald aan de hand van de CBO-richtlijnen¹⁵.

Hierbij is ook gekeken naar de sponsor van de onderzoeken. Indien het een gesponsord onderzoek was, is gekeken of er geen andere onafhankelijke onderzoeken beschikbaar waren, omdat bij een gesponsord onderzoek redelijkerwijs getwijfeld kon worden aan de onafhankelijkheid van de onderzoeksresultaten. Artikelen zijn gebruikt wanneer zij beschikbaar waren in 'Full Text'.

2.2 Praktijkonderzoek

Hieronder zal de methodiek van het praktijkonderzoek worden beschreven.

2.2.1 Plaats en periode van onderzoek

De werving van de deelnemers vond plaats van 21 oktober tot en met 27 november. Twee weken nadat de werving was gestart, is er begonnen met de metingen. De metingen vonden plaats in de Health Point, kavel 67, van De Haagse Hogeschool. De metingen zijn verricht van 3 november tot en met 27 november. Op maandagen tussen 09.00 – 23.00 uur en op donderdagen en vrijdagen tussen 12.00 – 23.00 uur.

2.2.2 Populatie en steekproef

De doelgroep betrof mannen met een laag vetpercentage. Mannelijke fitness beoefenaars doen veelal aan fitness om strakker, slanker, gezonder en/of gespierder te worden¹⁶⁻¹⁷. Door dit kenmerk vormde deze steekproef een uitstekende testpopulatie.

Proefpersonen zijn onder anderen geworven via twee sportscholen. Fitcentre The Gym te 's Gravenzande en Gym Fitness te Poeldijk. Mensen zijn geworven via zelfselectie en via doelgerichte selectie door het personeel van de sportscholen. Hiernaast is er een oproep op het social medium FaceBook geplaatst. Verder zijn HALO studenten geworven voor deelname door de stagiaires van de Nutritional Assessment Facility, gelieerd aan de Health Point. Ook hebben bestaande contacten voor nieuwe geïnteresseerden en/of deelnemers gezorgd door elkaar te 'taggen' op FaceBook of door emailadressen door te geven aan de onderzoeker. De oproep is terug te vinden in bijlage I. Wanneer mensen aangaven geïnteresseerd te zijn in het onderzoek kregen zij uitgebreidere informatie toegezonden. Op deze manier is verzekerd dat alles duidelijk was voordat aan het onderzoek werd deelgenomen. Deze uitgebreidere informatie is terug te vinden in bijlage II.

Ieder persoon die aan de inclusievoorwaarden voldeed kon meedoen, deze waren als volgt:

- Man.
- Beoefent fitness.
- Tussen de 18 en 65 jaar.
- Geen claustrofobie.
- Geen prothese(s).
- Geen pacemaker of hartproblemen.

Middels deze criteria is getracht om 35 personen te werven met een vetpercentage tussen de 11% en 20% en 35 personen met een vetpercentage lager of gelijk aan 10%, om zo tot een testpopulatie van zeventig personen te komen. Dit is in overeenstemming met eerder uitgevoerd onderzoek bij de NAF door welke goede statistische resultaten opleverde. Ook ligt dit binnen de waarden welke zijn gevonden in de literatuur^{3, 10-12}. Hiervoor is geen sample size berekening uitgevoerd.

Uiteindelijk zijn er 67 personen geworven voor deelname aan het onderzoek. Iedere deelnemer heeft een toestemmingsverklaring ingevuld en ondertekend om zeker te zijn dat zij de aard, methode, doel, eventuele risico's en de belasting van het onderzoek begrepen. Middels dit formulier werden zij ook verzekerd dat zij geen consequenties ondervonden, wanneer zij zich terug wilden trekken uit het onderzoek. Verder is dit ook een bewijs van vrijwillig onderzoek. Deze uitspraken gelden niet alleen voor de deelnemer, maar ook voor de onderzoeker, aangezien deze ieder formulier ook ondertekende. Een voorbeeld van dit formulier is terug te vinden in bijlage III.

2.2.3 Methode van dataverzameling

De metingen zijn altijd in dezelfde volgorde en volgens hetzelfde protocol afgenomen. Alle metingen zijn gedaan door dezelfde persoon. Voor iedere meting is een uur tijd in gepland zodat er ruim voldoende tijd per meting beschikbaar was en om te zorgen dat er geen tijdsdruk was.

De data werd verzameld op een hiervoor samengestelde gegevensverzameling formulier, welke is terug te vinden in bijlage IV. Iedere deelnemer kreeg een uniek ID nummer. Onder dit nummer zijn deelnemers opgeslagen in de computers behorende bij de BOD POD® en de mBCA®. Hierna is de voor- en achternaam genoteerd voor terugkoppeling van de meetresultaten naar de deelnemers. De geboortedatum is nagevraagd en ook de leeftijd is genoteerd. De lengte van de deelnemers werd bepaald met de lengtemeter Seca 213. Hierbij moesten de deelnemers op blote voeten, met de hielen tegen de achterkant van de Seca 213 staan.

De lengte van de deelnemers is genoteerd in meters en op twee decimalen afgerond. Het gewicht van de deelnemers is gemeten met de weegschaal van de BOD POD[®], deze geeft het gewicht aan in drie decimalen achter de komma. Deze weegschaal werd iedere meetdag voor de metingen geijkt, met ijkgewichten. Het gewicht is genoteerd in kilogrammen en afgerond op één decimaal. De BMI is afgelezen op de mBCA[®] en ook deze is afgerond op één decimaal. De deelnemers is gevraagd naar het aantal uur dat zij per week aan fitness deden en ook is er gevraagd waar voor de deelnemers het accent van de training op lag. Dit kon zijn kracht, cardio of spiermassa.

Het vetpercentage, vetmassa en vetvrije massa is gemeten met de BOD POD[®] (COSMED, Rome, Italië, BOD POD[®] versie 5.2.0, DLL versie 3.60, controller versie 13.50), mBCA[®] (SECA, Hamburg, Duitsland, 2012, software seca 115) en 7-punts huidplooiemeting (Harpenden, West Sussex, Verenigd Koninkrijk). De weegschaal van de BOD POD[®] is dagelijks geijkt. De meetkamer van de BOD POD[®] is voor iedere meting automatisch gekalibreerd door de software met een kalibratiecilinder van 49,995 liter. Iedere volumemeting heeft minimaal twee keer plaatsgevonden en hiervan is het gemiddelde gebruikt. Wanneer de twee gemeten volumes meer dan 150ml van elkaar verschilden werd automatisch door de software een derde volumemeting gedaan. Middels het gewicht en het volume werd de dichtheid berekend door de software. Uit deze dichtheid werd het vetpercentage door middel van de Siri-formule ($\text{vetpercentage} = 495 / \text{lichaamsdichtheid} - 450$). Vervolgens is gemeten met de mBCA[®], hierbij is de proefpersoon op de aangegeven plaats gaan staan op het apparaat. De mBCA[®] berekend het vetpercentage uit het gemeten potentiaal verschil (weerstandsverschil) die het apparaat door het lichaam stuurt. De mBCA[®] test voor de daadwerkelijke meting of de proefpersoon voldoende geleiding via handen en voeten heeft. Wanneer dit door de software is goedgekeurd start de meting. Indien er geen voldoende geleiding is geweest kreeg de proefpersoon wat handlotion om de geleiding te verbeteren. Hierna is gemeten middels een 7-punts huidplooiemeting. Alle huidplooien zijn aan de rechterkant van het lichaam genomen. De zeven huidplooien waren de volgende: de tricipitale (triceps) huidplooi, de pectorale (borst) huidplooi, de midaxillaire (ribbenkast) huidplooi, de subscapulaire (schouderblad) huidplooi, de supra-iliacale (heup) huidplooi, de abdominale (buik) huidplooi en de femurale (bovenbeen) huidplooi. Iedere plek van de huidplooi is opgemeten en afgetekend. Elke huidplooi is twee keer gemeten, wanneer de twee metingen 10% of meer van elkaar verschilden is een derde meting gedaan. Hiervan is vervolgens het gemiddelde berekend. Middels de totale dikte van de huidplooien is middels de formule van Jackson & Pollock de lichaamsdichtheid bepaald ($\text{Dichtheid} = 1,112 - (0,000 43499 * \text{som7}) + (0,000 000 55 * (\text{som7})^2) - (0,000 28826 * \text{leeftijd})$). Met de lichaamsdichtheid is het vetpercentage bepaald door gebruik te maken van de Siri formule. Iedere meetmethode is twee keer uitgevoerd om zowel de betrouwbaarheid te verhogen van het onderzoek en om de betrouwbaarheid van de methoden te testen. De gehele meetsessie nam per persoon 45 minuten in beslag. De volledige werkbeschrijvingen voor deze methoden zijn terug te vinden in bijlage V.

Bij de opmerkingen is vervolgens nog genoteerd of de deelnemers zich hadden gehouden aan de voorwaarden gedurende drie uur voor de meting. Deze voorwaarden waren: niet eten, niet drinken, niet douchen, niet in bad, geen sauna en geen sport. Verder werd de mate van lichaamsbehaaring genoteerd, ingedeeld per lichaamsdeel, voorbeelden hiervan zijn beenbehaaring en borstbehaaring, en was er ruimte voor eventuele andere opmerkingen. De metingen van het vetpercentage, de vetmassa en de vetvrije massa zijn twee keer uitgevoerd met iedere methode. Iedere keer in dezelfde volgorde.

Voordat de officiële metingen begonnen is er een pilotmeting gehouden met een docent erbij. Hierdoor zijn uitvoerings- en/of gebruikersfouten geminimaliseerd wat betreft de metingen. Hiernaast is het draaiboek voor de metingen gecontroleerd en goedgekeurd door de opdrachtgever en de docent welke de pilot begeleidde.

2.2.4 Sport specifieke formules

Via de leverancier van de BOD POD® in Nederland, TulipMed, zijn nieuwe omrekenformules verkregen van de lichaamsdichtheid gemeten met de BOD POD® naar vetpercentage. Deze formules zijn ook gebruikt. Middels Microsoft Excel 2010 is handmatig de lichaamsdichtheid omgerekend naar vetpercentage middels de volgende formules:

- Krachtsporters: $\text{Vetpercentage} = 521 / \text{lichaamsdichtheid} - 478$
- Duursporters: $\text{Vetpercentage} = 503 / \text{lichaamsdichtheid} - 459$

Nadat de vetpercentages middels de nieuwe formules waren berekend zijn deze gegevens verwerkt in SPSS.

2.2.5 Statistische analyse

De gegevens zijn verwerkt in het programma SPSS statistical software (versie 22.0, IBM Corp., Armonk, NY, 2013). Uiteindelijk is het scheidingspunt voor de groep met een laag en normaal vetpercentage verhoogd naar 11% om zo tot een voldoende omvang van de groep met een laag vetpercentage te komen. Om te bepalen hoe de normaalverdeling in de groep(en) was, is gebruik gemaakt van een visualisatie. Er zijn staafdiagrammen gemaakt met daaroverheen een Gausscurve. De totale groep was niet normaal verdeeld, maar door de omvang van de groep ($N \geq 30$) is toch van een normaalverdeling uitgegaan. De groep met een laag vetpercentage was ook niet normaal verdeeld, door het geringe aantal waaruit de populatie bestaat kon ook niet van normaal verdeling worden uitgegaan. De groep met een normaal vetpercentage was ook niet normaal verdeeld, maar door de grootte van de groep ($N \geq 30$) is toch van normaalverdeling uitgegaan¹⁸.

Voor de beantwoording van deelvraag vier is gebruik gemaakt van Paired-Samples T-Tests om significante verschillen tussen de BOD POD® enerzijds en de mBCA®/huidplooiemeting anderzijds te onderzoeken. De beantwoording van deelvraag vijf is gedaan middels Wilcoxon Signed Ranks en Paired-Samples T-Tests, dit om significante verschillen tussen de meetmethoden te onderzoeken, maar nu voor de groep met een normaal vetpercentage (11%-20%) en de groep met een laag vetpercentage (<11%) apart. De groepsscheiding werd bepaald aan de hand van de eerste BOD POD® meting. Deelvraag zes is beantwoord door middel van Paired-Samples T-Test om mogelijk significante verschillen tussen de twee meetmomenten te onderzoeken. Voor deelvraag zeven is gebruik gemaakt van een Paired-Samples T-Test en van een Wilcoxon Signed-Ranks toets om eventuele significante verschillen tussen de twee meetmomenten te onderzoeken bij de twee groepen apart. Om het verband bij herhaalde meting te onderzoeken is gebruik gemaakt van de Pearson Correlation Coëfficiënt. Om het verband tussen de Siri formule en de sport specifieke formules te bepalen is gebruik gemaakt van de Pearson Correlation Coëfficiënt. Het verschil tussen de Siri formule en de sport specifieke formules is berekend door middel van Paired-Samples T-Tests en Wilcoxon Signed-Ranks. Om de betrouwbaarheid te bepalen is gebruik gemaakt van Paired-Samples T-Tests en om het verband bij herhaalde meting met de sport specifieke formules te onderzoeken is gebruik gemaakt van de Pearson Correlation Coëfficiënt. Het significantieniveau is gezet op $p < 0,05$.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van zowel het literatuuronderzoek als het praktijkonderzoek beschreven.

3.1 Resultaten literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het literatuuronderzoek worden weergegeven. De vragen zullen een voor een worden beantwoord.

3.1.1 Validiteit en betrouwbaarheid van de BOD POD®

Een overzicht van de gebruikte literatuur staat in onderstaand literatuuroverzicht, tabel 1. In de tekst zal per onderzoek uitgebreider worden beschreven wat de bevindingen zijn geweest.

In de review van Fields et al.³ zijn studies uit de periode van december 1995 en augustus 2001 opgenomen. Zij hebben studies over zowel kinderen als volwassenen opgenomen variërend in leeftijd van zes tot 86 jaar en variërend in BMI van onder- tot overgewicht. Voor de betrouwbaarheid hebben zij de volgende uitkomsten gevonden. Voor de betrouwbaarheid van het vetpercentage vonden zij variatiecoëfficiënten tussen 1,7% en 4,5% bij herhaalde meting binnen een dag en tussen 2,0 en 2,3% bij herhaalde meting over verschillende dagen. Dit was in overeenstemming met de spreiding bij hydrodensitometrie en DXA. Voor de validiteit concludeerden zij het volgende. Zij concludeerden dat het gemiddelde verschil in lichaamsvetpercentage minder dan 1% is wanneer de BOD POD® met onderwaterweging wordt vergeleken. Het gemiddelde verschil met DXA was ook lager dan 1%. Wel concludeerden zij dat er soms grote variaties in uitkomsten zijn, tussen methoden en/of meetmomenten, bij individuele metingen. Deze verschillen verklaarden zij door de opgetelde onnauwkeurigheid van twee verschillende methoden en door eventuele meetafwijkingen. Wanneer de BOD POD® werd vergeleken met 4 compartimentsmodellen was er een onderschatting van het vetpercentage van ongeveer 2 à 3%. Maar deze onderschatting werd ook gevonden wanneer onderwaterweging werd vergeleken met 4 compartimentsmodellen. Verschillende uitkomsten tussen studies verklaarden Fields et al. door verschillen in meetapparatuur, studieopzet, populatiekarakteristiek en soms het niet voldoen aan de richtlijnen van de fabrikant.

1 **Tabel 1. Literatuuroverzicht**

Auteurs	Land	Steekproef grootte	Leeftijd ± SD	Populatie details	Validiteits- of betrouwbaarheid onderzoek	Referentie methode	Uitkomst onderzoek	Level of Evidence
Fields et al. ³	Verenigde Staten	NB ⁺	NB ⁺	Meta-analyse van studies tussen december 1995 en augustus 2001	Beide	Hydrodensitometrie, dual X-ray absorptiometrie, 2/3/4 compartiments-modellen	BP [°] zowel valide als betrouwbaar	A1
Bentzur et al. ¹⁹	Verenigde Staten	30	20,3 ± 1,6	Vrouwelijke atleten uit universiteitsteam. Etnische details: 60% blanken, 20% Hispanic, 10% zwarten, 3,3% Aziatisch en 6,7% anders.	Validiteit	Hydrodensitometrie, dual X-ray absorptiometrie, 4-punts huidplooimeting	Overschatting BP [°] vs HD [°] , onderschatting BP [°] vs DXA [°] , overeenkomst BP [°] vs HP [°]	B
Wagner et al. ¹¹	Verenigde Staten	30	32 ± 7.7	Negroïde mannen	Validiteit	Hydrodensitometrie, dual x-ray absorptiometrie	Overschatting BP [°] vs. DXA [°]	A2
Vescovi et al. ¹²	Verenigde Staten	95	22,7 ± 6,0	Mannen en vrouwen	Validiteit	Hydrodensitometrie	BP [°] is valide	A2
Dixon et al. ²⁰	Verenigde Staten	25	19,2 ± 1,2	Mannelijke worstelaars uit universiteitsteam	Validiteit	Hydrodensitometrie	BP [°] is valide	B
Bosy-Westphal et al. ²¹	Duitsland	26	67,7 ± 6,6	Gezonde ouderen	Validiteit	Dual x-ray absorptiometrie	BP [°] is valide	B
Peeters et al. ²²	België	64	21,6 ± 3,5 (Mannen) 20,7 ± 2,0 (Vrouwen)	Mannelijke en vrouwelijke atleten	Validiteit	Hydrodensitometrie	Overschatting BP [°] bij mannen, niet bij vrouwen	B
Lockner et al. ²³	Verenigde Staten	54	13,9 ± 2,4	Kinderen tussen 10 en 18 jaar	Validiteit	Hydrodensitometrie, dual X-ray absorptiometrie	Onderschatting BP [°]	A2
Noreen et al. ²⁴	Canada	980	30 ± 15	Gezonde mannen en vrouwen	Betrouwbaarheid	-	BP [°] betrouwbaar	B
Anderson ²⁵	Verenigde Staten	24	18 - 38	Gezonde mannen en vrouwen	Betrouwbaarheid	-	BP [°] betrouwbaar	B
Ball ²⁶	Verenigde Staten	50	34,9 ± 7,9	Gezonde volwassenen variërend in leeftijd en gewicht	Betrouwbaarheid	-	BP [°] betrouwbaar	B
Tucker et al. ²⁷	Verenigde Staten	283	40,1 ± 3,0	Vrouwen van middelbare leeftijd	Betrouwbaarheid	-	BP [°] betrouwbaar	B

2 **SD** standaard deviatie, **NB** niet beschikbaar, **BP** BOD POD[®], **HD** hydrodensitometrie, **DXA** dual x-ray absorptiometrie, **HP** huidplooimeting

Bentzur et al.¹⁹ hebben de BOD POD[®] vergeleken met hydrodensitometrie, als gouden standaard, en met DXA en huidplooiemeting bij vrouwelijke atleten uit een universiteitsteam. Hun steekproef bestond uit dertig vrouwen met verschillende etnische achtergronden en een gemiddelde leeftijd van $20,3 \pm 1,6$ jaar. Zij concludeerden dat tussen de vier verschillende methoden significante verschillen aanwezig waren ($p < 0,05$). De schatting van het vetpercentage van de BOD POD[®] was significant ($p < 0,05$) hoger vergeleken met hydrodensitometrie en significant ($p < 0,05$) lager dan de schatting middels DXA. Tussen de BOD POD[®] meting en de huidplooiemeting zat geen significant verschil. De auteurs gaven niet de precieze significantiewaarden weer in hun artikel. De overschatting van het vetpercentage door de BOD POD[®] in dit onderzoek was $3,9 \pm 2,3\%$ in vergelijking met hydrodensitometrie bij atletische vrouwen.

In het onderzoek van Wagner et al.¹¹ is de BOD POD[®] wederom vergeleken met hydrodensitometrie en DXA, maar ditmaal met DXA als gouden standaard. In dit onderzoek heeft de steekproef bestaan uit 30 negroïde mannen. Met een gemiddelde leeftijd van $31,97 \pm 7,71$ jaar. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van de longinhoud meter van de BOD POD[®]. Er is gebruik gemaakt van twee verschillende conversieformules om middels de lichaamsdichtheid het vetpercentage te bepalen. Er is gebruik gemaakt van de formules van Schutte et al.²⁸ en Wagner²⁹. Beide formules gaven significant verschillende ($p < 0,01$) schattingen van het vetpercentage. Het gemiddeld vetpercentage middels hydrodensitometrie (Schutte et al.²⁸ $17,1 \pm 6,8\%$ lichaamsvet (BF%); Wagner²⁹ $15,8 \pm 7,5\%$ BF) was niet significant verschillend ($p > 0,05$) van de referentiemethode, DXA ($16,1 \pm 7,5\%$ BF). Maar het gemiddelde vetpercentage middels de BOD POD[®] (Schutte et al.²⁸ $18,8 \pm 6,7\%$ BF; Wagner²⁹ $17,7 \pm 7,4\%$ BF) was wel significant verschillend ($P < 0,01$) van de referentiemethode. Zij concluderen in het onderzoek dat de BOD POD[®], onafhankelijk van welke conversieformule, een significante overschatting van het vetpercentage weergaf. Deze overschatting hebben zij in de volgende cijfers weergegeven. Middels Schutte et al.²⁸ was de overschatting $1,73\%$ BF en middels Wagner²⁹ was de overschatting $1,92\%$ BF bij de onderzochte doelgroep.

Verscovi et al.¹² hebben de schattingen van het vetpercentage tussen de BOD POD[®] en hydrodensitometrie onderzocht en een groep van 95 volwassen mannen en vrouwen, variërend van slank tot overgewicht. Hierbij hebben zij gekeken ook naar de verschillen in uitkomst tussen de twee methoden bij magere ($N=32$), gemiddelde ($N=34$) en te zware ($N=29$) proefpersonen. Zij vonden geen verschil tussen meting 1 en meting 2 met de BOD POD[®]. Wel vonden ze een grote spreiding in het verschil in vetpercentage berekend door de BOD POD[®] vergeleken met hydrodensitometrie. Deze spreiding liep van een onderschatting van 7% BF tot een overschatting van 8% BF. Wanneer naar de verschillende groepen proefpersonen werd gekeken is geconcludeerd dat de BOD POD[®] een significante overschatting ($P < 0,001$) van het vetpercentage geeft bij de magere proefpersonen, maar dat er geen verschil is gevonden bij de gemiddelde en te zware doelgroep. Er wordt afgesloten met de conclusie dat de BOD POD[®] een goed alternatief is voor hydrodensitometrie bij gemiddelde en te zware mensen, maar niet is aan te raden bij magere mensen.

Dixon et al.²⁰ hebben het geschatte vetpercentage middels zowel de BOD POD[®] als been tot been bio impedantie en 3-punts huidplooiemeting vergeleken met de vetpercentages verkregen middels hydrodensitometrie in een groep van 25 mannelijke worstelaars uit een universiteitsteam. In het onderzoek zijn geen significante verschillen gevonden tussen de vetpercentages verkregen hydrodensitometrie enerzijds en anderzijds middels BOD POD[®] ($p=0,96$), 3-punts huidplooiemeting ($p=0,95$) en bio impedantie ($p=0,80$). In dit onderzoek bleek de BOD POD[®] het vetpercentage accuraat weer te geven bij de worstelaars uit een universiteitsteam in vergelijking met hydrodensitometrie.

Bosy-Westphal et al.²¹ hebben de BOD POD[®] gevalideerd middels dual X-ray absorptiometrie en hebben de uitkomsten vergeleken met een 4 compartimenten model. Als steekproef zijn 26 gezonde ouderen gebruikt. Schattingen van het vetpercentage middels de BOD POD[®] waren $1,6 \pm 3,1\%$ hoger dan de schatting middels DXA en $1,0 \pm 2,8\%$ hoger dan de schatting middels het 4 compartimenten model. Ondanks deze kleine overschatting werd geconcludeerd dat de BOD POD[®] een valide meetmethode is voor de lichaamssamenstelling bij ouderen.

Peeters et al.²² hebben de lichaamsvetpercentages verkregen middels BOD POD[®] en hydrodensitometrie vergeleken in een groep van 64 atleten uit universiteitsteams. Voornamelijk duuratleten in verschillende sporten waarvan 81% van de deelnemers meer dan tien uur per week trinden. Verschillen in uitkomst tussen de BOD POD[®] en hydrodensitometrie waren significant ($p < 0,05$) voor mannen, maar niet voor vrouwen ($p > 0,05$). Verder bleek de BOD POD[®] het vetpercentage te onderschatten bij lagere vetpercentages gemeten door hydrodensitometrie en te overschatten bij hogere vetpercentages gemeten door hydrodensitometrie. In deze studie bleek dat de BOD POD[®] bij mannen een overschatting van het vetpercentage gaf.

Lockner et al.²³ hebben onderzoek gedaan naar de BOD POD[®] bij 54 kinderen tussen de tien en achttien jaar, waarvan 42 meisjes en twaalf jongens. Etnische achtergronden waren als volgt: 59% blanken, 35% hispanics en 6% indiaans. Er werd een significant verschil ($p < 0,0005$) gevonden tussen de dichtheid door middel van de BOD POD[®] en hydrodensitometrie. Het vetpercentage middels de BOD POD[®] ($23,12 \pm 8,39\%BF$) was significant lager ($p < 0,0005$) dan het vetpercentage middels DXA ($25,23 \pm 9,73\%BF$). Er zat geen verschil tussen het vetpercentage middels DXA en middels hydrodensitometrie ($25,97 \pm 8,65\%BF$).

Noreen et al.²⁴ hebben onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de BOD POD[®] door 980 gezonde mannen en vrouwen twee keer te meten. De twee metingen volgden elkaar binnen 15 tot 30 minuten op. Er werd geen significant verschil ($p = 0,935$) tussen de lichaamsdichtheid metingen gevonden. Ook is er geen significant verschil ($p = 0,950$) tussen de vetpercentagemetingen gevonden. Wel vonden zij een significant verschil tussen de metingen van het gewicht ($p = 0,001$) en een verschil tussen de volume metingen ($p = 0,08$). Deze verschillen hebben echter geen invloed op de metingen. Zij concluderen dat de BOD POD[®] betrouwbaar is bij herhaalde meting. Wel raden zij sterk aan om meerdere metingen te doen om afwijkende waarden te achterhalen bij individuen, omdat in 3% van de metingen, er grote verschillen zijn gevonden tussen twee meetmomenten.

Anderson²⁵ heeft onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de BOD POD[®] bij drie metingen op drie verschillende dagen. Het onderzoek is uitgevoerd met 24 proefpersonen, variërend in leeftijd van 18 – 38, verschillend in geslacht en fysieke bezigheden. Er is gebruik gemaakt van de longinhoud meter van de BOD POD[®]. Er wordt geconcludeerd dat de BOD POD[®] betrouwbaar is bij meerdere metingen op één dag, maar bij metingen op verschillende dagen zitten er significante verschillen tussen de metingen.

Ball²⁶ heeft onderzoek gedaan naar eventuele verschillen in uitkomsten van de lichaamsdichtheid en het vetpercentage, gemeten met twee individuele BOD POD[®] apparaten. Het onderzoek werd uitgevoerd met vijftig volwassenen. Lichaamsdichtheid verschilde significant ($p = 0,001$) tussen de twee apparaten voor vrouwen, terwijl dit verschil niet bij mannen voorkwam ($p = 0,632$). Hierbij verschilde het vetpercentage tussen de twee apparaten voor vrouwen significant ($p = 0,001$) en voor mannen was er geen significant verschil ($p = 0,665$). Ondanks dat er voor vrouwen wel significante verschillen waren, waren deze verschillen in werkelijkheid verwaarloosbaar klein. Uit dit onderzoek bleek dat losse individuele BOD POD[®] apparaten dezelfde resultaten opleveren.

In de studie van Tucker et al.²⁷ is onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de BOD POD®. De steekproef bestond uit 283 gezonde vrouwen van middelbare leeftijd (41,1 jaar). Het gemiddelde vetpercentage van de eerste test was $31,88 \pm 6,86\%BF$ en voor de tweede test $31,75 \pm 1,31BF\%$. Dit leidde tot een niet significant gemiddeld verschil van $0,13 \pm 1,31BF\%$ ($p=0,0920$). Er wordt geconcludeerd dat de betrouwbaarheid van de BOD POD® erg goed is. Verder wordt er aangeraden om een derde meting uit te voeren wanneer tussen twee metingen meer dan één procentpunt verschil is en hiervan het gemiddelde van de twee dichtsbijeen liggende waarden te nemen om zo zeer kleine verschillen gedurende de tijd te meten.

3.1.2 Verschillen in samenstelling tussen soorten spiervezels

Spiervezels zijn in te delen middels de volgende classificatie gebaseerd op de contractiele (samentrekkings-) snelheid van de vezel. Het wordt ingedeeld op Slow-Twitch (type I) en Fast-Twitch (Type II), waarvan Fast-Twitch nog drie subcategorieën heeft A, B en C. Type I spiervezels zijn voornamelijk geschikt voor duurkracht, zoals hardlopen, en type II is voornamelijk geschikt voor maximaalkracht, bijvoorbeeld gewichtheffen. Type IIA is ook geschikt voor duurinspanningen, type IIB is voornamelijk geschikt voor explosiviteit zoals een sprint en type IIC is een overgangsvezel, afhankelijk van de stimulatie kan deze veranderen van type I naar II. Het is lichamenlijk mogelijk om van spiervezelsamenstelling te veranderen. Dit kan onder andere door externe stimulatie zoals training³⁰⁻³¹.

Type II spiervezels zijn relatief grote vezels met veel opgeslagen glycogeen. Deze vezels kunnen zeer snel samentrekken (in 0,01 seconden of minder) en de samentrekkingen zijn zeer sterk van kracht, maar deze vezels kunnen de samentrekking maar kort volhouden. Deze vezels kunnen veel toenemen in omvang naarmate deze meer worden getraind middels sport. Hierdoor zijn krachtsporters gespierder dan duursporters. De vezels nemen dus in omvang toe, maar er komen geen extra vezels bij door training. Type I spiervezels zijn maar een derde van de omvang van type II vezels. Ze hebben drie keer zoveel tijd nodig om samen te trekken in vergelijking met type I spiervezels, maar kunnen de samentrekking vele malen langer volhouden. Dit komt door een veel grotere bloedtoevoer, grotere zuurstofreserves en meer mitochondriën (energiecentrales). Deze vezels nemen niet of nauwelijks toe in omvang door training³².

Er zijn bij verschillende soorten sporters dus verschillende soorten spiervezels in het lichaam overheersend. De chemische samenstelling van de gemiddelde spiervezel is als volgt: 75% bestaat uit vocht, 20% bestaat uit verschillende soorten eiwitten en 5% bestaat uit overige stoffen als adenosinetrifosfaat (ATP), creatinefosfaat, vetten, glycogeen, aminozuren, mineralen en afvalstoffen³³. Naast deze gemiddelde opbouw zijn geen studies gevonden die de chemische opbouw verder beschrijven in percentages.

3.1.3 Invloed van de spiersamenstelling op de meting

Verschiedende soorten sporters hebben verschillende soorten spiervezels. Zoals hierboven is beschreven hebben krachtsporters meer type II-spiervvezels en hebben duursporters meer type I-spiervvezels. Ondanks de verschillen in type spiervezel zijn er geen onderzoeken gevonden naar directe verschillen in type spiervezel en de invloed op de BOD POD® meting. Wel is er tijdens de praktijk metingen een document van de leverancier van de BOD POD® in Nederland, TulipMed, een document toegestuurd met verschillende dichtheidsformules voor verschillende populaties. Deze is te zien in figuur 1.

Ook zijn er een aantal artikelen gevonden welke melding maken van andere lichaamsdichtheden bij verschillende soorten sport. Zo vonden Miljard-Stafford et al.³⁴ dat de dichtheid in vetvrije massa bij krachttrainende zwarten lager was dan de dichtheid in vet vrije massa bij de witte en zwarte niet-krachttrainende controlegroep. Ook vonden zij dat de ras specifieke formules voor zwarten, Schutte et al.²⁸, een overschatting van het vetpercentage gaf en adviseren zij om de Siri formule te gebruiken voor zwarten die niet aan krachttraining doen. Verder adviseren zij dat er mogelijk populatie specifieke formules nodig zijn voor mannelijke krachtsporters.

Andreoli et al.³⁵ vonden in hun onderzoek bij zeer getrainde mannelijke sporters dat de totale lichaamsdichtheid van de controlegroep significant lager ($p < 0,05$) was in vergelijking met de judo en karate groep, maar niet in vergelijking met de waterpolo groep. Ook dit is een aanwijzing voor de noodzaak voor sport specifieke formules.

ETHNICITY	American Indian	18-62	Male	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
		18-60	Female	(4.81 / Db) – 4.34	1.103
	Asian				
	Japanese Native	18-48	Male	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
			Female	(4.76 / Db) – 4.28	1.111
		61-78	Male	(4.87 / Db) – 4.41	1.105
			Female	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
	Singaporean (Chinese, Indian, Malay)		Male	(4.94 / Db) – 4.43	1.102
			Female	(4.84 / Db) – 4.37	1.107
	Caucasian	8-12	Male	(5.27 / Db) – 4.85	1.085
			Female	(5.27 / Db) – 4.85	1.085
		13-17	Male	(5.12 / Db) – 4.69	1.092
			Female	(5.19 / Db) – 4.76	1.090
		18-59	Male	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
			Female	(4.96 / Db) – 4.51	1.101
		60-90	Male	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
			Female	(5.02 / Db) – 4.57	1.093
	Hispanic		Male	NA	NA
ATHLETES		20-40	Female	(4.87 / Db) – 4.41	1.105
	Resistance trained	24 ± 4	Male	(5.21 / Db) – 4.78	1.089
		35 ± 6	Female	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
	Endurance trained	21 ± 2	Male	(5.03 / Db) – 4.59	1.097
		21 ± 4	Female	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
	All sports	18-22	Male	(5.12 / Db) – 4.68	1.093
CLINICAL POPULATIONS**		18-22	Female	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
	Anorexia nervosa	15-44	Female	(4.96 / Db) – 4.51	1.101
	Emaciation				
	Childs A			(5.33 / Db) – 4.91	1.084
	Childs B			(5.48 / Db) – 5.03	1.078
	Childs C			(5.69 / Db) – 5.32	1.070
	Obesity	17-62	Female	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
	Spinal cord injury (paraplegic/quadriplegic)	18-73	Male	(4.67 / Db) – 4.18	1.116
		18-73	Female	(4.70 / Db) – 4.22	1.111

Figuur 1. Sport en populatie specifieke formules
(TulipMed, persoonlijke communicatie, 17 november 2014)

3.2 Resultaten praktijkonderzoek

In tabel 2 is te zien hoe de verdeling van de werving is geworden van zowel de geïnteresseerden als van de daadwerkelijke deelnemers. Zoals is af te lezen is het grootste gedeelte van de deelnemers middels Fitcentre The Gym geworven gevolgd door werving via contacten.

Tabel 2. Aantal geïnteresseerden en daadwerkelijke deelnemers

Plaats van werving	Aantal geïnteresseerden (N=136)	Aantal uiteindelijke deelnemers (N=67)
Fitcentre The Gym	53	27
Gym Fitness	12	11
FaceBook	27	13
NAF	7	0
Via contacten	37	16

Uiteindelijk zijn acht personen niet meegenomen in de analyses doordat zij een vetpercentage hoger dan 20.0% hadden. De populatiekarakteristieken zijn in tabel 3 af te lezen.

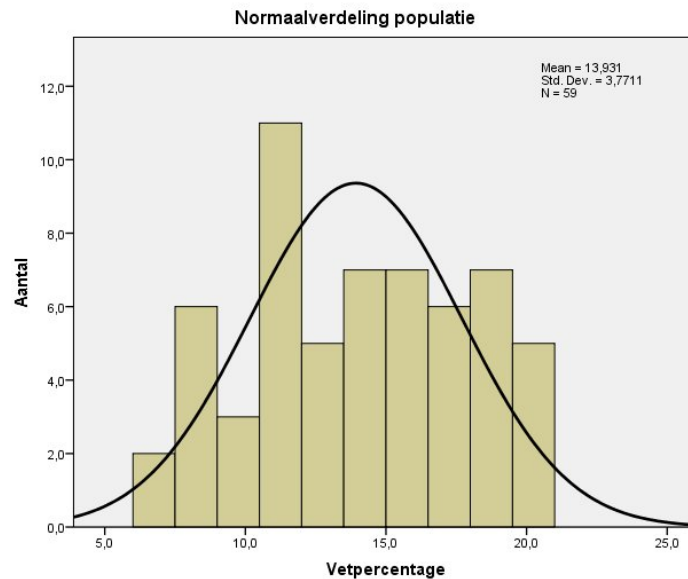
Tabel 3. Populatiekarakteristieken

	Totaal (N=59) $M^{\circ} \pm SD^*$	Groep laag vetpercentage (<11%) (N=15) $M^{\circ} \pm SD^*$	Groep normaal vetpercentage (11-20%) (N=44) $M^{\circ} \pm SD^*$	Geëxcludeerden (>20%) (N=8) $M^{\circ} \pm SD^*$
Leeftijd (jaar)	25,1 ± 9,2	21,5 ± 3,9	26,3 ± 10,2	27,5 ± 10,1
Lengte (cm)	184,2 ± 6,9	183,2 ± 6,3	184,5 ± 7,2	186,6 ± 9,2
Gewicht (kg)	81,3 ± 8,2	77,3 ± 5,8	82,6 ± 8,5	83,8 ± 7,6
Body Mass Index (kg/m ²)	23,9 ± 1,8	23,1 ± 1,5	24,1 ± 1,8	24,0 ± 1,6
Aantal uur fitness per week	5,5 ± 1,8	6,6 ± 1,8	5,2 ± 1,7	4,8 ± 2,6
Trainingsdoel 1 ⁺ (%)	20,3	13,3	20,5	12,5
Trainingsdoel 2 ⁺ (%)	0	0	0	37,5
Trainingsdoel 3 ⁺ (%)	79,7	86,7	79,5	50,0

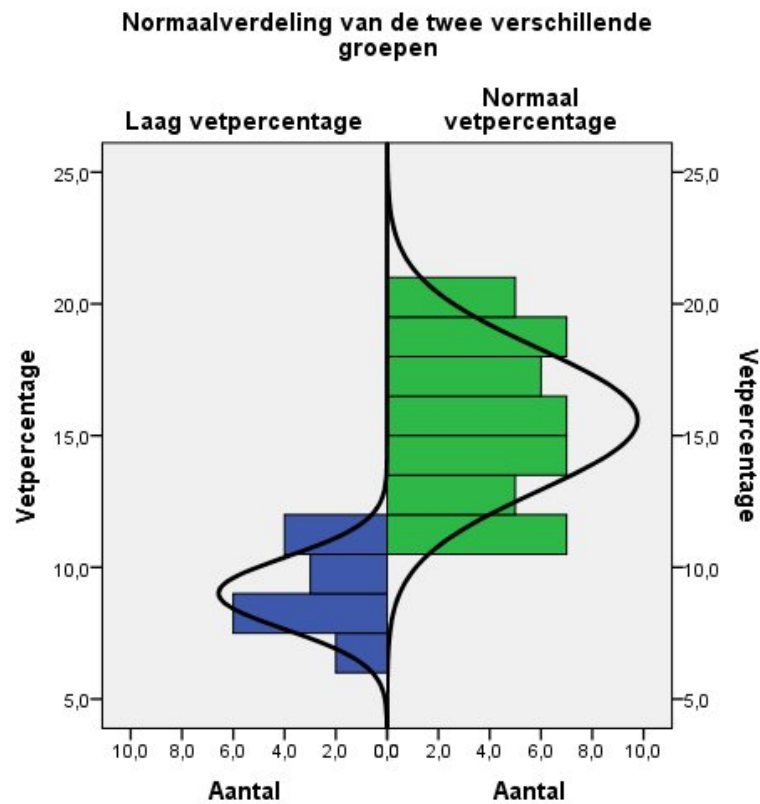
^{*}M gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie + 1=doel uithoudingsvermogen, 2=doel maximaalkracht, 3=doel hypertrofie

In totaal waren er 59 mannen met een vetpercentage kleiner of gelijk aan 20.0%. Ten behoeve van de statistische analyses is onderzocht of het vetpercentage normaal verdeeld was in de onderzoekspopulatie. In figuur 2 is te zien dat de verdeling niet volledig normaal is. Echter, omdat geen sprake is van een zeer scheve verdeling en de onderzoekspopulatie relatief groot is, is voor de statistische toetsing toch uitgegaan van een normale verdeling. In figuur 3 is de normaalverdeling te zien wanneer de groepen zijn gesplitst in de groep laag vetpercentage en normaal vetpercentage.

Bij de groep met een laag vetpercentage is de onderzoekspopulatie relatief klein, om deze reden is in deze groep non-parametisch getoetst.



Figuur 2. Normaalverdeling populatie



Figuur 3. Normaalverdeling van de twee verschillende groepen

3.2.1 Validiteit bij de totale populatie

Om een eventueel verschil in gemeten vetpercentage tussen de methoden te onderzoeken is gebruik gemaakt van een Paired-Samples T-Test. Er is geen statistisch significant verschil ($t=-0,78$; $df=58$; $p=0,073$) tussen meting één met de BOD POD® ($M=13,93$; $SE=0,49$) en meting één met de mBCA® ($M=14,7$; $SE=0,52$), met een gemiddelde onderschatting van de BOD POD® van $0,8\pm 3,3\%$ BF en ook tussen meting twee met de BOD POD® ($M=14,16$; $SE=0,49$) en meting twee met de mBCA® ($M=14,63$; $SE=0,52$), met een gemiddelde onderschatting van de BOD POD® van $0,5\pm 3,1\%$ BF, is geen statistisch significant verschil ($t=-0,47$; $df=58$; $p=0,244$) gevonden.

Er is een statistisch significant verschil ($t=2,26$; $df=58$; $p=0,000$) tussen meting één met de BOD POD® ($M=13,93$; $SE=0,49$) en meting één met de huidplooiemeting ($M=11,68$; $SE=0,47$), met een gemiddelde overschatting van de BOD POD® van $2,3\pm 2,8\%$ BF. Ook tussen meting twee met de BOD POD® ($M=14,16$; $SE=0,49$) en meting twee met de huidplooiemeting ($M=11,45$; $SE=0,47$) zit een statistisch significant verschil ($t=2,70$; $df=58$; $p=0,000$), met een overschatting van de BOD POD® van $2,7\pm 2,7\%$ BF.

Tabel 4. BOD POD® vs. referentiemethoden totale populatie

	Meting 1				Meting 2			
	BP $M^\circ \pm SD^*$	Referentie methode $M^\circ \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^\circ \pm SD^*$	p- waarde	BP $M^\circ \pm SD^*$	Referentie methode $M^\circ \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^\circ \pm SD^*$	p- waarde
BP ⁺ vs. mBCA®	13,9 ± 3,8	14,7 ± 4,0	-0,8 ± 3,3	0,073	14,2 ± 3,7	14,6 ± 4,0	-0,5 ± 3,1	0,244
BP ⁺ vs. HP ^x	13,9 ± 3,8	11,6 ± 3,6	2,3 ± 2,8	0,000	14,2 ± 3,7	11,8 ± 3,6	2,7 ± 2,7	0,000

*M gemiddelde, *SD standaard deviatie, *BP BOD POD®, *HP huidplooiemeting

3.2.2 Validiteit bij de groep laag en normaal vetpercentage

Om een eventueel verschil in gemeten vetpercentage tussen de methoden te onderzoeken bij de groep met een laag vetpercentage is gebruik gemaakt van een Wilcoxon Signed-Ranks toets. Hiervoor is gekozen omdat de populatie niet normaal verdeeld was en minder dan dertig personen bevatte. De uitkomsten staan in tabel 5. Tijdens meting één zat er geen statistisch significant verschil tussen de BOD POD® en mBCA® ($Z=-1,85$; $p=0,065$) en ook geen statistisch significant verschil tussen de BOD POD® en huidplooiemeting ($Z=-1,36$; $p=0,173$). Tijdens meting twee zat er ook geen statistisch verschil tussen BOD POD® en mBCA® ($Z=-0,34$; $p=0,182$). Tussen de BOD POD® en huidplooiemeting zat wel een statistisch significant verschil ($Z=-2,48$; $p=0,013$).

Tabel 5. BOD POD® vs. referentie methode groep laag vetpercentage

Groep <11%BF	Meting 1					Meting 2				
	BP ⁺		Referentie		p- waarde	BP ⁺		Referentie		p- waarde
	Mediaan	Range	Mediaan	Range		Mediaan	Range	Mediaan	Range	
BP ⁺ vs. mBCA®	8,8	6,5- 10,9	11,0	6,0- 15,0	0,065	9,5	7,3- 11,9	11,0	6,0- 15,0	0,182
BP ⁺ vs. HP ^x	8,8	6,5- 10,9	7,3	5,7- 11,9	0,173	9,5	7,3- 11,9	7,3	5,5- 11,6	0,013

*BP BOD POD®, *HP huidplooiemeting

Om een eventueel verschil in gemeten vetpercentage te onderzoeken tussen de methoden bij de groep met een normaal vetpercentage is wederom gebruik gemaakt van Paired-Samples T-Test. Uitkomsten zijn te zien in tabel 6. Tussen meting één met de BOD POD® ($M=15,61$; $SE=0,41$) en meting één met de mBCA® ($M=16,11$; $SE=0,52$) zit geen statistisch significant verschil ($t=-0,51$; $df=43$; $p=0,317$), met een gemiddelde onderschatting van de BOD POD® van $0,5 \pm 3,3\%$ BF en tussen meting twee met de BOD POD® ($M=15,72$; $SE=0,44$) en meting twee met de mBCA® ($M=16,00$; $SE=0,52$) zit ook geen statistisch significant verschil ($t=-0,28$; $df=43$; $p=0,550$), met een gemiddelde onderschatting van de BOD POD® van $0,3 \pm 3,1\%$ BF.

Tussen meting één met de BOD POD® ($M=15,61$; $SE=0,41$) en meting één met de huidplooiemeting ($M=12,93$; $SE=0,48$) zit een statistisch significant verschil ($t=2,68$; $df=43$; $p=0,000$), met een overschatting van de BOD POD® van $2,7 \pm 2,8\%$ BF en tussen meting twee met de BOD POD® ($M=15,72$; $SE=0,44$) en meting twee met de huidplooiemeting ($M=12,72$; $SE=0,47$) zit ook een statistisch significant verschil ($t=3,00$; $df=43$; $p=0,000$), met een overschatting van de BOD POD® van $3,0 \pm 2,8\%$ BF.

Tabel 6. BOD POD® vs. referentiemethode groep normaal vetpercentage

Groep	Meting 1				Meting 2			
11-20%BF								
	BP $M^\circ \pm SD^*$	mBCA® $M^\circ \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^\circ \pm SD^*$	p- waarde	BP $M^\circ \pm SD^*$	mBCA® $M^\circ \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^\circ \pm SD^*$	p- waarde
BP ⁺ vs. mBCA®	15,6 $\pm 2,7$	16,1 $\pm 3,5$	-0,5 $\pm 3,3$	0,317	15,7 $\pm 2,9$	16,0 $\pm 3,4$	-0,3 $\pm 3,1$	0,550
BP ⁺ vs. HP ^x	15,6 $\pm 2,7$	12,9 $\pm 3,2$	2,7 $\pm 2,8$	0,000	15,7 $\pm 2,9$	12,7 $\pm 3,1$	3,0 $\pm 2,8$	0,000

⁺M gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie, ⁺BP BOD POD®, ^xHP huidplooiemeting

3.2.3 Betrouwbaarheid bij de totale populatie

Om eventuele verschillen tussen meting één en meting twee te onderzoeken is gebruik gemaakt van een Paired-Samples T-Test. De uitkomsten zijn te zien in tabel 7. Er is geen statistisch significant verschil ($t=-0,23$; $df=58$; $p=0,107$) tussen meting één met de BOD POD® ($M=13,93$, $SE=0,49$) en meting twee met de BOD POD® ($M=14,15$, $SE=0,48$) gevonden. Tussen beide metingen ($M=14,71$; $SE=0,52$ & $M=14,63$; $SE=0,52$) met de mBCA® zijn ook geen statistisch significante verschillen gevonden ($t=0,08$; $df=58$; $p=0,321$), maar tussen de twee metingen met de huidplooiemeting ($M=11,68$; $SE=0,47$ & $M=11,45$; $SE=0,47$) is wel een statistisch significant verschil gevonden ($t=0,22$; $df=58$; $p=0,000$).

Tabel 7. Betrouwbaarheid methoden totale groep

Soort meting	Meting 1 (N=59) $M^{\circ} \pm SD^*$	Meting 2 (N=59) $M^{\circ} \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^{\circ} \pm SD^*$	p-waarde
BF ^a _{BP} (%)	13,9 ± 3,8	14,2 ± 3,7	-0,2 ± 1,1	0,107
VVM ^b _{BP} (kg)	69,9 ± 6,7	69,6 ± 6,6	0,2 ± 0,9	0,055
VM ^c _{BP} (kg)	11,4 ± 3,6	12,6 ± 3,6	-0,2 ± 0,9	0,120
BF _{mBCA} (%)	14,7 ± 4,0	14,6 ± 4,0	0,1 ± 0,7	0,321
VVM _{mBCA} (kg)	69,2 ± 6,1	68,4 ± 9,2	0,8 ± 7,0	0,371
VM _{mBCA} (kg)	12,1 ± 4,1	11,9 ± 4,0	0,1 ± 0,4	0,134
BF _{HP} (%)	11,7 ± 3,6	11,5 ± 3,6	0,2 ± 0,4	0,000
VVM _{HP} ^x (kg)	71,6 ± 6,4	71,8 ± 6,6	-0,2 ± 0,4	0,000
VM _{HP} (kg)	9,6 ± 3,5	9,5 ± 3,4	0,2 ± 0,3	0,000

^aM gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie, ^aBF vetpercentage, ^bVVM vet vrije massa, ^cVM vetmassa, ^aBP BOD POD®, ^xHP huidplooiemeting

3.2.4 Betrouwbaarheid bij de verschillende vetpercentages

Om eventuele verschillen tussen meting één en meting twee bij de groep met een laag vetpercentage te onderzoeken is gebruik gemaakt van een Wilcoxon Signed-Ranks toets. De uitkomsten zijn te lezen in tabel 8. Bij de groep met een laag vetpercentage zit er geen statistisch significant verschil ($Z=-1,62$; $p=0,105$) tussen meting één en meting twee met de BOD POD®. Tussen meting één en meting twee met de mBCA zit statistisch geen enkel verschil ($Z=0,00$; $p=1,000$). De huidplooiingen verschillen als enige wel statistisch significant van elkaar ($Z=-2,36$; $p=0,018$).

Tabel 8. Betrouwbaarheid methoden groep laag vetpercentage

Soort meting	Meting 1 (N=15) $M^{\circ} \pm SD^*$	Meting 2 (N=15) $M^{\circ} \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^{\circ} \pm SD^*$	p-waarde
BF_{BP}^a (%)	9,0 ± 1,4	9,6 ± 1,4	-0,6 ± 1,1	0,105
VVM_{BP}^b (kg)	70,4 ± 5,5	69,9 ± 5,4	0,4 ± 0,8	0,065
VM_{BP}^c (kg)	7,0 ± 1,1	7,4 ± 1,1	-0,4 ± 0,8	0,080
BF_{mBCA} (%)	10,6 ± 2,4	10,6 ± 2,4	0,0 ± 0,8	1,000
VVM_{mBCA} (kg)	69,1 ± 5,3	69,1 ± 5,6	0,0 ± 0,6	0,861
VM_{mBCA} (kg)	8,2 ± 2,2	8,1 ± 2,0	0,1 ± 0,6	0,262
BF_{HP}^x (%)	8,0 ± 1,9	7,8 ± 1,7	0,3 ± 0,4	0,018
VVM_{HP} (kg)	71,1 ± 4,8	71,3 ± 4,9	-0,2 ± 0,3	0,016
VM_{HP} (kg)	6,2 ± 1,8	6,0 ± 1,6	0,2 ± 0,3	0,014

^aM gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie, ^aBF vetpercentage, ^bVVM vet vrije massa, ^cVM vetmassa, ^xBP BOD POD®, ^xHP huidplooiemeting

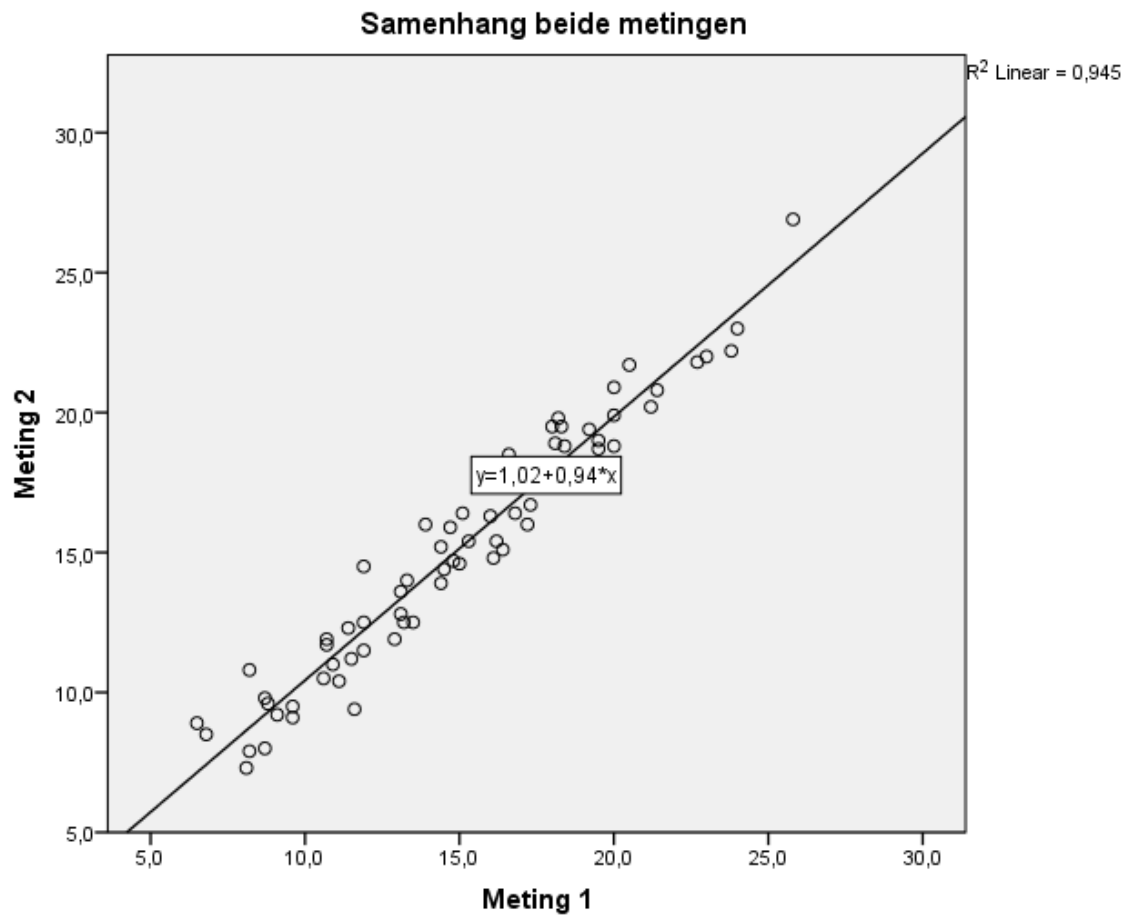
Om eventuele verschillen tussen meting één en meting twee bij de groep met een normaal vetpercentage te onderzoeken is gebruik gemaakt van een Paired-Samples T-Test. De uitkomsten zijn te lezen in tabel 9. Bij de groep met een normaal vetpercentage zit er geen statistisch significant verschil ($t=-0,11$; $df=43$; $p=0,485$) tussen meting één ($M=15,61$; $SE=0,41$) met de BOD POD® en meting twee ($M=15,72$; $SE=0,44$). Tussen meting één ($M=16,11$; $SE=0,52$) en twee ($M=16,00$; $SE=0,52$) met de mBCA® zit ook geen statistisch significant verschil ($t=0,11$; $df=43$; $p=0,200$). Tussen de twee metingen met de huidplooiometer ($M=12,93$; $SE=0,48$ & $M=12,72$; $SE=0,47$) zit wederom een statistisch significant verschil ($t=0,21$; $df=43$; $p=0,000$).

Tabel 9. Betrouwbaarheid methoden groep normaal vetpercentage

Soort meting	Meting 1 (N=44) $M^{\circ} \pm SD^*$	Meting 2 (N=44) $M^{\circ} \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^{\circ} \pm SD^*$	p-waarde
BF_{BP}^a (%)	$15,6 \pm 2,7$	$15,7 \pm 2,9$	$-0,1 \pm 1,0$	0,485
VVM_{BP}^b (kg)	$69,7 \pm 7,1$	$69,5 \pm 7,0$	$0,1 \pm 0,9$	0,273
VM_{BP}^c (kg)	$12,9 \pm 2,8$	$13,0 \pm 3,0$	$-0,1 \pm 0,9$	0,459
BF_{mBCA} (%)	$16,1 \pm 3,5$	$16,0 \pm 3,4$	$0,1 \pm 0,6$	0,200
VVM_{mBCA} (kg)	$69,2 \pm 6,4$	$68,1 \pm 10,2$	$1,1 \pm 8,2$	0,376
VM_{mBCA} (kg)	$13,4 \pm 3,7$	$13,3 \pm 3,6$	$0,1 \pm 0,4$	0,259
BF_{HP}^* (%)	$12,9 \pm 3,2$	$12,7 \pm 3,1$	$0,2 \pm 0,4$	0,000
VVM_{HP} (kg)	$71,8 \pm 6,9$	$72,0 \pm 7,1$	$-0,2 \pm 0,4$	0,005
VM_{HP} (kg)	$10,8 \pm 3,1$	$10,6 \pm 3,1$	$0,2 \pm 0,4$	0,005

^aM gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie, ^aBF vetpercentage, ^bVVM vet vrije massa, ^cVM vetmassa, ^{*}BP BOD POD®, ^{*}HP huidplooiemeting

3.2.5 Correlatie bij herhaalde meting met de BOD POD®



Figuur 4. Scatterplot van meting 1 en 2

Er blijkt een zeer sterk positieve samenhang ($r=0,972$; $p<0,001$; $n=67$) tussen meting één met de BOD POD® en meting twee met de BOD POD®, dit verband is te zien in figuur 4.

3.3 Resultaten sport specifieke formules

Naar aanleiding van de geleverde sport specifieke formules van TulipMed® zijn enkele statistische analyses uitgevoerd. Zoals eerder gezegd is de standaardformule in de BOD POD®, de Siri formule. De sport specifieke formules zijn gericht op duur- dan wel krachtsporters. Het afkappunt voor tabel 10 was wederom 20,0%, maar nu middels de nieuwe formules. De gemeten vetpercentages middels de sport specifieke formules zijn als volgt.

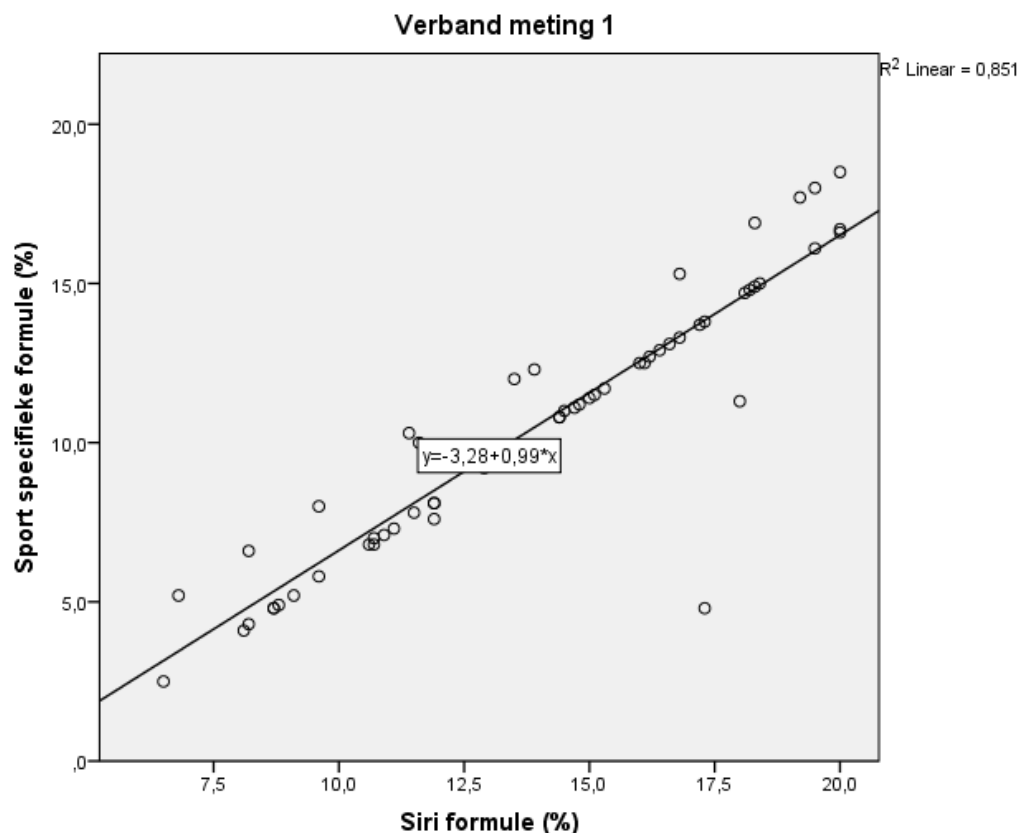
Tabel 10. Gemiddelde vetpercentages met de sport specifieke formules

	Totale groep (N=64) $M \pm SD^*$	Laag vetpercentage (<11%) (N=30) $M \pm SD^*$	Normaal vetpercentage (11- 20%) (N=34) $M \pm SD^*$
Meting 1	11,2 ± 4,5	7,2 ± 2,2	14,6 ± 2,8
Meting 2	11,3 ± 4,4	7,5 ± 2,2	14,7 ± 2,8

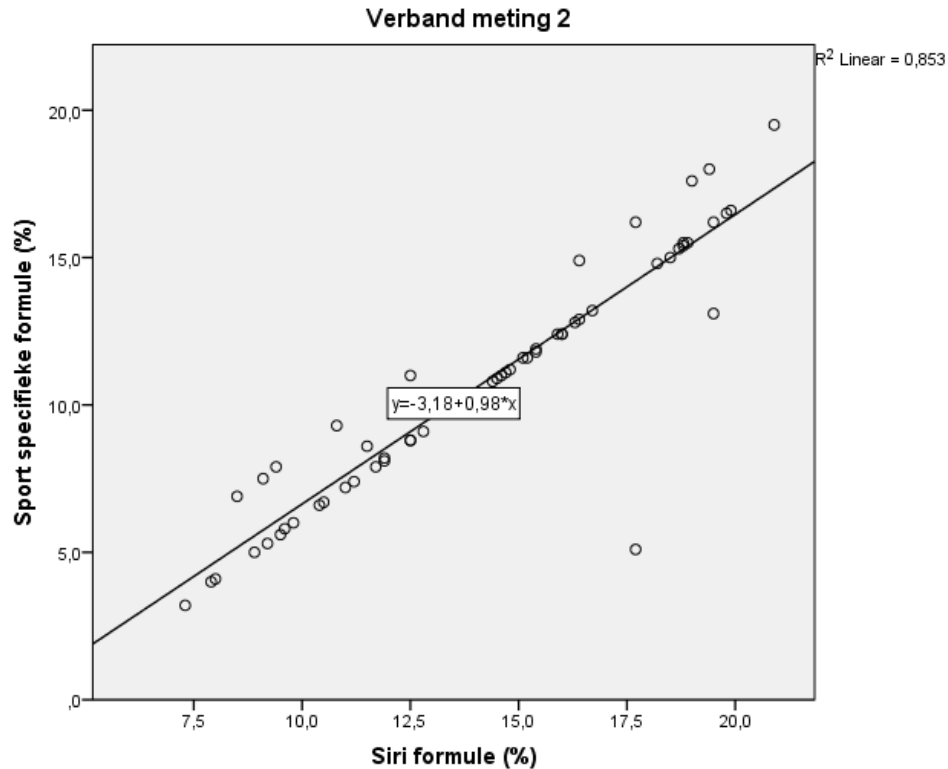
*M gemiddelde, *SD standaard deviatie

3.3.1 Correlatie Siri formule en sport specifieke formules

Om de correlatie tussen de Siri formule en de sport specifieke formules te berekenen is gebruik gemaakt van Pearson Correlation Coëfficiënt.



Figuur 5. Verband meting één Siri formule en sport specifieke formules



Figuur 6. Verband meting twee Siri formule en sport specifieke formules

Er blijkt een zeer sterk positieve samenhang ($r=0,922$; $p<0,001$; $n=59$) te zijn tussen het vetpercentage berekend middels de Siri formule en het vetpercentage berekend middels de sport specifieke formule bij de eerste meting, dit verband is te zien in figuur 5. Ook blijkt er een relatief positieve samenhang ($r=0,924$; $p<0,001$; $n=59$) te zijn tussen het vetpercentage berekend middels de Siri formule en het vetpercentage berekend middels de sport specifieke formule bij de tweede meting, dit verband is te zien in figuur 6.

3.3.2 Verschil tussen tussen Siri formule en sport specifieke formules

Om eventuele verschillen in gemeten vetpercentage te berekenen tussen de Siri formule en de sport specifieke formules is gebruik gemaakt van Paired-Samples T-Tests voor de totale groep en de groep met een normaal vetpercentage. Voor de groep met een laag vetpercentage is gebruik gemaakt van Wilcoxon Signed-Ranks. De uitkomsten hiervan zijn te lezen in tabel 11.

Tabel 11. Verschil in geschat vetpercentage met Siri formule vs. sport specifieke formules

	Meting 1				Meting 2			
	Siri $M^{\circ} \pm SD^*$	Sport specifiek $M^{\circ} \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^{\circ} \pm SD^*$	p- waarde	Siri $M^{\circ} \pm SD^*$	Sport specifiek $M^{\circ} \pm SD^*$	Gemiddeld verschil $M^{\circ} \pm SD^*$	p- waarde
Totale groep (=59)	13,9 $\pm 3,8$	10,5 $\pm$ 4,0	3,4 $\pm$ 1,6	0,000	14,2 $\pm 3,7$	10,7 $\pm$ 4,0	3,4 $\pm$ 1,5	0,000
Groep laag (N=15)	9,0 $\pm$ 1,4	5,6 $\pm$ 1,5	3,4 $\pm$ 0,9	0,001	9,6 $\pm$ 1,4	6,2 $\pm$ 1,7	3,4 $\pm$ 1,0	0,001
Groep normaal (N=44)	15,6 $\pm 2,7$	12,2 $\pm$ 3,3	3,4 $\pm$ 1,7	0,000	15,7 $\pm 2,9$	12,3 $\pm$ 3,3	3,4 $\pm$ 1,7	0,000

^{*}M gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie

Wanneer wordt gekeken naar de gehele groep dan zit er bij meting één een statistisch significant verschil ($t=16,78$; $df=58$; $p=0,000$) tussen de Siri formule ($M=13,93$; $SE=0,49$) en de sport specifieke formules ($M=10,51$; $SE=0,53$) met een overschatting middels de Siri formule van $3,4 \pm 1,6\%$ BF. Bij meting twee voor de gehele groep zit er ook een statistisch significant verschil ($t=17,27$; $df=58$; $p=0,000$) tussen de Siri formule ($M=14,16$; $SE=0,49$) en de sport specifieke formules ($M=10,72$; $SE=0,52$) met een overschatting middels de Siri formule van $3,4 \pm 1,5\%$ BF.

Wanneer wordt gekeken naar de groep met een laag vetpercentage dan zit er bij meting één een statistisch significant verschil ($Z=-3,44$; $p=0,001$) tussen de Siri formule en de sport specifieke formule met een overschatting middels de Siri formule van $3,4 \pm 0,9\%$ BF. Bij meting twee zit er ook een statistisch significant verschil ($Z=-3,44$; $p=0,001$) tussen de Siri formule en de sport specifieke formules met een overschatting van de Siri formule van $3,4 \pm 1,0\%$ BF.

Wanneer wordt gekeken naar de groep met een normaal vetpercentage dan zit er bij meting één een statistisch significant verschil ($t=13,07$; $df=43$; $p=0,000$) tussen de Siri formule ($M=15,61$; $SE=0,41$) en de sport specifieke formules ($M=12,19$; $SE=0,48$) met een overschatting middels de Siri formule van $3,4 \pm 1,7\%$ BF. Bij meting twee voor de groep met een normaal vetpercentage zit er ook een statistisch significant verschil ($t=13,53$; $df=43$; $p=0,000$) tussen de Siri formule ($M=15,72$; $SE=0,44$) en de sport specifieke formules ($M=12,27$; $SE=0,50$) met een overschatting middels de Siri formule van $3,4 \pm 1,7\%$ BF.

3.3.3 Betrouwbaarheid sport specifieke formules

Om de betrouwbaarheid van de sport specifieke formules te berekenen is gebruik gemaakt van Paired-Samples T-Tests. De uitkomsten zijn te zien in tabel 11. De betrouwbaarheid is berekend voor de totale groep, de groep met een laag vetpercentage en voor de groep met een normaal vetpercentage.

Tabel 12. Betrouwbaarheid sport specifieke formules

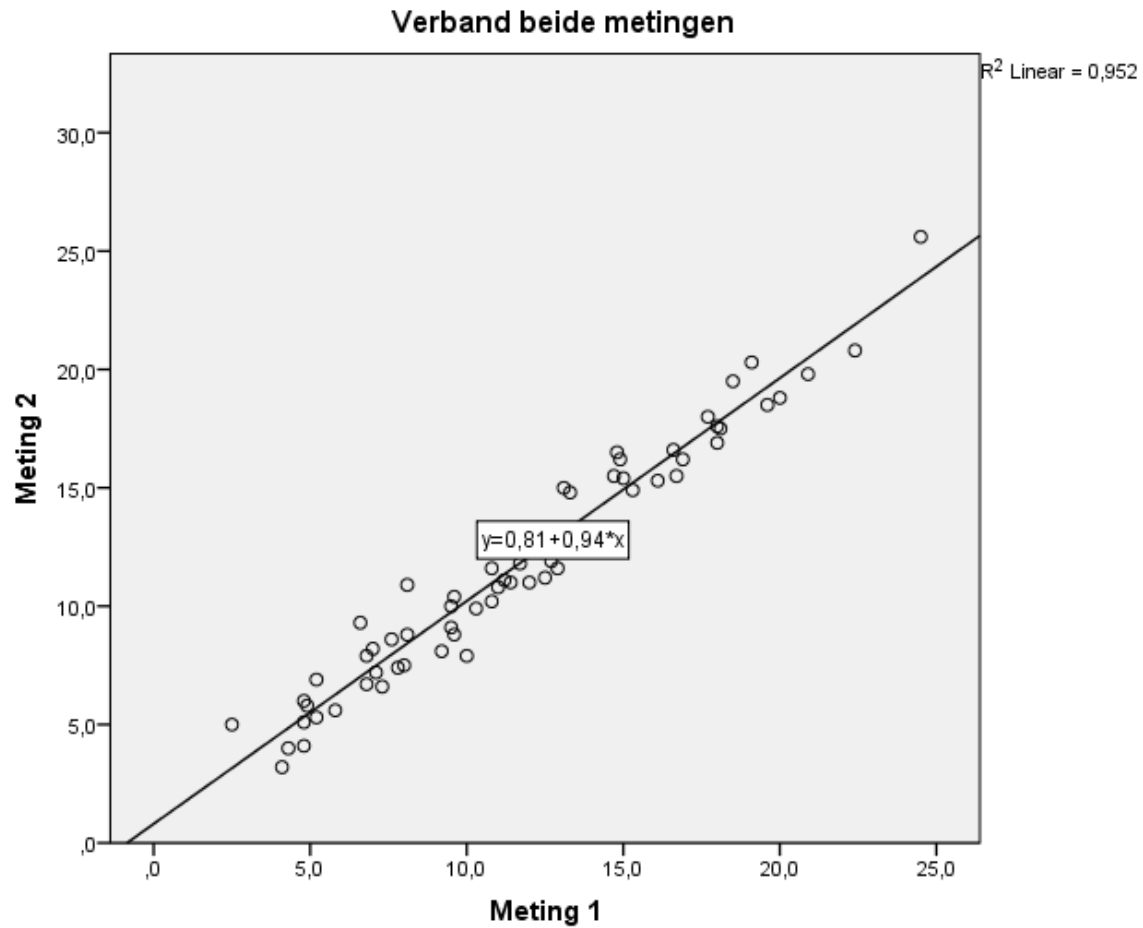
	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld verschil	p-waarde
	$M^{\circ} \pm SD^*$	$M^{\circ} \pm SD^*$	$M^{\circ} \pm SD^*$	
Totale groep (N=64)	11,2 $\pm$ 4,5	11,3 $\pm$ 4,4	-0,2 $\pm$ 1,1	0,267
Laag vetpercentage (N=30)	7,2 $\pm$ 2,2	7,5 $\pm$ 2,2	-0,3 $\pm$ 1,2	0,157
Normaal vetpercentage (N=34)	14,6 $\pm$ 2,8	14,7 $\pm$ 2,8	-0,0 $\pm$ 1,0	0,921

^{*}M gemiddelde, ^{*}SD standaard deviatie

Er is geen statistisch significant verschil ($t=-0,15$; $df=63$; $p=0,267$) tussen meting één ($M=11,17$; $SE=0,56$) en meting twee ($M=11,32$; $SE=0,55$) bij de totale groep. Ook is er geen statistisch significant verschil ($t=-0,31$; $df=29$; $p=0,157$) tussen meting één ($M=7,23$; $SE=0,41$) en meting twee ($M=7,54$; $SE=0,40$) bij de groep met een laag vetpercentage. Er is geen statistisch significant verschil ($t=-0,02$; $df=33$; $p=0,921$) tussen meting één ($M=14,65$; $SE=0,48$) en meting twee ($M=14,67$; $SE=0,47$) bij de groep met een normaal vetpercentage.

3.3.3 Correlatie bij herhaalde meting met sport specifieke formules

Om de correlatie bij herhaalde meting te berekenen is gebruik gemaakt van Pearson Correlation Coëfficiënt.



Figuur 7. Verband bij herhaalde meting met sport specifieke formules

Er blijkt een zeer sterk positieve samenhang ($r=0,975$; $p<0,001$; $n=67$) tussen de uitkomst van meting één en de uitkomst van meting twee, dit verband is te zien in figuur 7.

4. Conclusies

Er kan worden geconcludeerd dat de BOD POD[®] zowel valide als betrouwbaar is bij de populatie mannelijke sporters met een laag vetpercentage. Uit het literatuuronderzoek blijkt dat de BOD POD[®] veelal valide als betrouwbaar blijkt^{3, 12, 20-21, 24-27}. Wel wordt er melding gemaakt van zowel over- als onderschatting van het vetpercentage door de BOD POD[®]^{11, 19, 22-23}. Ook geven een aantal studies aan dat uitkomsten bij individuen behoorlijk kunnen variëren^{3, 24, 27}. Deze variatie in uitkomsten per individu is ook in het huidige onderzoek gevonden. Er zijn geen aanwijzingen gevonden van beïnvloeding door het type spiervezel op de meting met de BOD POD[®]. Wel lijkt de sportbeoefening invloed te hebben op de lichaamsdichtheid³⁴⁻³⁵.

In het praktijkonderzoek zijn geen significante verschillen gevonden in geschat vetpercentage tussen de BOD POD[®] en mBCA[®]. Tussen BOD POD[®] en huidplooiemeting is wel een significant verschil gevonden. Voor de totale populatie blijkt de BOD POD[®] valide wanneer hij wordt vergeleken met de mBCA[®], maar niet wanneer hij wordt vergeleken met de huidplooiemeting, deze meting kwam beduidend lager uit. Wanneer de totale populatie wordt gesplitst op basis van het vetpercentage blijkt er geen significant verschil te zitten tussen de geschatte vetpercentages middels de mBCA[®]. Wederom was er wel een significant verschil tussen de BOD POD[®] en de huidplooiemeting.

De BOD POD[®] blijkt betrouwbaar bij herhaalde meting op één dag in dit onderzoek. Dit komt overeen met de resultaten in de gevonden literatuur^{3, 12, 24-25, 27}. Wanneer de totale populatie weer wordt gesplitst op basis van het vetpercentage blijkt de BOD POD[®] ook betrouwbaar bij herhaalde meting op één dag. Dit geldt ook voor de mBCA[®], maar niet voor de huidplooiemeting.

De sport specifieke formules voor de BOD POD[®] blijken een zeer sterk positieve samenhang te hebben met de Siri formule, maar verschillen significant van elkaar. Wel blijken de sport specifieke formules betrouwbaar bij herhaalde meting. De geschatte vetpercentages met de sport specifieke formules blijken een stuk lager uit te komen dan de geschatte vetpercentages middels de Siri formule, hetgeen overeenkomt met de aanwijzingen in de literatuur³⁴⁻³⁵.

5. Discussie en aanbevelingen

In dit onderzoek is gekeken naar de validiteit en betrouwbaarheid van de BOD POD[®]. De validatie is gedaan door de BOD POD[®] te vergelijken met zowel de mBCA[®] en de 7-punts huidplooiemeting. Hieruit is gebleken dat de BOD POD[®] valide is. Zowel de mBCA[®] als de huidplooiemeting zijn echter geen gouden standaarden. Wanneer naar validatieonderzoeken wordt gekeken in de literatuur waar wel gebruik is gemaakt van gouden standaarden als hydrodensitometrie en DXA dan blijkt dat de BOD POD[®] inderdaad een valide meetmethode is^{3, 12, 20-21}. Van de gevonden literatuur zijn een aantal artikelen ouder dan het zoekcriteria van bij voorkeur jonger dan tien jaar. Ondanks dat niet altijd aan deze voorwaarde is voldaan zijn de artikelen wel van dusdanige relevantie dat deze alsnog zijn opgenomen in de scriptie om tot betere antwoorden en inzichten te komen. Bovendien heeft de gebruikte literatuur goede 'Levels of Evidence' variërend tussen A1 en B.

Doordat de deelnemers in dit afstudeeronderzoek allemaal voldeden aan de inclusiecriteria is gezorgd voor een sterke populatievaliditeit. Daarnaast zijn de resultaten in dezelfde eenheden zijn gemeten en hiermee is ook de begripsvaliditeit gewaarborgd.

Tijdens de metingen is er via de leverancier van de BOD POD[®] in Nederland een overzicht met lichaamsdichtheidsformules verkregen, figuur 1. Tijdens het onderzoek zijn enkele aanwijzingen in de literatuur gevonden ter ondersteuning van de sport specifieke formules. Toekomstig onderzoek zou de invloed van verschillende soorten sportbeoefening en het belang van de verschillende formules moeten onderzoeken. Validatie van deze formules zou gedaan moeten worden door de uitkomsten van de BOD POD[®], gebaseerd op de sport specifieke formules, te valideren aan de hand van hydrodensitometrie of dual x-ray absorptiometrie bij verschillende soorten sporters.

Bij het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van de geschatte longinhoud door de BOD POD[®]. De ontwerpers van de BOD POD[®] stelden echter dat de individuele longinhoud van invloed is op individuele metingen en om deze reden bevelen zij de longvolumemeting aan³⁶. Ander onderzoek uit 2007 concludeerde dat de longvolumemeting, welke mogelijk is met de BOD POD[®], zowel valide als betrouwbaar was, hierdoor is het aan te bevelen om het mondkapje te gebruiken bij individuele metingen³⁷. Ondanks dat het individuele longvolume van invloed is, is deze variabele wel gelijk gehouden in dit onderzoek doordat bij alle metingen gebruik is gemaakt van de geschatte longinhoud. Hierdoor is deze variabele niet van invloed in dit afstudeeronderzoek.

Een in 2011 uitgevoerd onderzoek naar het bewust manipuleren van de uitkomsten van de BOD POD[®] door de testpersoon vond dat een verkeerde ademhaling kan leiden naar een overschatting van het vetpercentage tot wel 3,7%³⁸. Hoewel dit onderzoek is uitgevoerd naar het bewust verkeerd ademen is het wel mogelijk dat testpersonen vanwege spanning of zenuwen voor de meting een ander adempatroon hebben gehad. Daarom is hen verteld rustig te ademen in de BOD POD[®]. Het is aan te bevelen dit zeer goed in de gaten te houden tijdens de metingen of desnoods het ademen te oefenen voordat de proefpersoon in de BOD POD[®] plaats neemt.

Alvorens de testpersonen in de BOD POD[®] plaatsnamen is hen verteld dat zij rechtop moesten zitten. Peeters³⁹ heeft in 2012 onderzocht in hoeverre de zitpositie van de testpersoon in de BOD POD[®] invloed heeft op de meting van het lichaamsvolume, longvolume en het vetpercentage. De gemeten absolute verschillen waren klein, maar wel aanwezig en significant. Het zou mogelijk zijn dat testpersonen ondanks instructies om rechtop te zitten dit niet allemaal hebben gedaan. Deze mogelijkheid zou kunnen bijdragen aan een verklaring voor kleine verschillen tussen twee metingen.

Personen die meededen aan het onderzoek is verteld dat zij of een strakke Speedo®, zwembroek of een strak zittende onderbroek moesten dragen voor de meting. Zo werd voldaan aan de voorschriften van de fabrikant. Hier is niet door alle testpersonen aan voldaan. In 2006 is onderzoek gedaan door King et al.⁴⁰ naar de verschillen in uitkomsten van de lichaamssamenstelling wanneer de testpersonen of een zwempak of eigen ondergoed droegen. De onderzoekers concludeerden dat voor mannen, het dragen van eigen ondergoed, resultaten opleverden die beter overeenkomen met onderwaterweging dan wanneer mannen een zwempak dragen. Hoewel dit onderzoek is gedaan met zwempakken in plaats van een strak zittende zwembroek, zoals aanbevolen door de fabrikant. Kan hieruit toch voorzichtig worden geconcludeerd dat metingen met de BOD POD® waarbij de testpersoon eigen ondergoed draagt goede en bruikbare resultaten oplevert. Zelfs metingen waarbij de testpersoon volledig naakt was, maakte volgens onderzoek uit 2002 door Vescovi et al.⁴¹ geen verschil in de uitkomst van de metingen. Er kan dan ook worden geconcludeerd dat het dragen van ofwel strak zittende zwemkleding dan wel eigen ondergoed waarschijnlijk geen invloed heeft gehad op de uitkomsten van de metingen. Ondanks de voorschriften van de fabrikant heeft het al dan niet dragen van een strakke Speedo voor de uitkomsten van de meting blijkbaar geen effect.

Het wordt de Nutritional Assessment Facility zeer aangeraden om personen die worden gemeten met de BOD POD® zo onthaard mogelijk te meten. In een onderzoek naar het effect van gezichts- en hoofdbeharing op het gemeten vetpercentage is gevonden dat gezichtsbeharing kan leiden tot een onderschatting van het vetpercentage van respectievelijk 1% en 2,3%³⁹. Verdere lichaamsbeharing zoals been-, buik-, borst-, arm- en rug beharing kan leiden tot een extra onderschatting van 3%⁴². Om deze effecten te minimaliseren is de testpersonen gevraagd zo onthaard mogelijk naar de meting te komen. Dit is helaas niet gelukt, nagenoeg iedere deelnemer had beenbeharing. Hierdoor is een onderschatting van het vetpercentage mogelijk voorgekomen over de hele groep. Doordat heel de groep beenbeharing had, is deze variabele wel gelijk over alle metingen.

De huidplooiemeting had in dit afstudeeronderzoek een duidelijke onderschatting van het vetpercentage. Dit komt overeen met wat Wang et al.⁴³ vonden in 2006. Zij vonden dat huidplooiemetingen een onderschatting van het vetpercentage gaf in vergelijking met air-displacement plethysmografie en hydrodensitometrie. Desondanks heeft volgens Wang et al. de methode wel als voordeel dat het goedkoop, draagbaar en niet ingewikkeld is. Vooral het financiële aspect zal voor de beroepspraktijk doorslaggevend zijn. Ondanks dat er wel significante verschillen in geschat vetpercentage zijn gevonden in het afstudeeronderzoek, waren deze niet erg groot, waardoor dit in de praktijk te verwaarlozen is.

Meer onderzoek naar de validiteit van de BOD POD® bij mannen met een laag vetpercentage met een grotere populatie, meer leeftijd spreiding en meer mannen met een laag vetpercentage geeft mogelijk meer informatie over de validiteit bij deze doelgroep. Onderzoek naar oorzaken voor individuele verschillen in vetpercentage bij herhaalde meting is nodig om deze verschillen te verklaren en waar mogelijk de oorzaak te verhelpen. Zo kan de BOD POD® beter worden gebruikt voor het volgen van veranderingen in lichaamssamenstelling bij individuen.

Uit dit afstudeeronderzoek is gebleken dat de BOD POD® betrouwbare meetresultaten oplevert bij mannelijke sporters bij herhaalde meting op één dag. Echter, kunnen de individuele verschillen bij herhaalde meting tot ruim 2% oplopen. Om dit te beperken moeten bovenstaande aanbevelingen in overweging worden genomen. Daarnaast is het voor de beroepspraktijk belangrijk dat er meer onderzoek komt naar de sport specifieke formules en de invloed van deze formules op de validiteit van de meting bij verschillende soorten sporters.

Literatuurlijst

1. Withers R. J., LaForgia J., Pillans R.K., Shipp N.J., Chatterton B.E., Schultz C.G. et al. Comparisons of Two-, Three-, and Four-Compartment Models of Body Composition Analysis in Men and Women. *Journal of Applied Physiology* 1998; 85(1): 238-245.
2. Wikipedia. *Plethysmografie*. [Online] Beschikbaar via: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Plethysmografie>. Geraadpleegd 09-09-2014.
3. Fields D.A., Goran M.I., McCrory M.A. Body-Composition Assessment via Air Displacement Plethysmography in Adults and Children: a Review. *The American Journal for Clinical Nutrition* 2002; 75(3): 453-467.
4. Foster K.R., Lukashi H.C. Whole-Body Impedance – what does it measure? *The American Journal for Clinical Nutrition* 1996; 64(suppl): 388S-96S.
5. Wikipedia. *Potentiaalverschil*. [Online] Beschikbaar via: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Potentiaalverschil>. Geraadpleegd 09-09-2014.
6. SECA. *Technology*. [Online] Beschikbaar via: <http://mbca.seca.com/technology.html>. Geraadpleegd 09-09-2014.
7. Academisch Ziekenhuis Maastricht. *Huidplooimetingen*. [Online] Beschikbaar via: <http://www.nutritionalassessment.azm.nl/algoritme+na/onderzoek/lichaamssamenstelling/huidplooimetingen.htm>. Geraadpleegd 19-09-2014.
8. Wikipedia. *Hydrostatic Weighing*. [Online] Beschikbaar via: http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrostatic_weighing. Geraadpleegd 09-09-2014.
9. Wikipedia. *Dual-energy X-ray absorptiometry*. [Online] beschikbaar via: http://en.wikipedia.org/wiki/Dual-energy_X-ray_absorptiometry. Geraadpleegd 09-09-2014.
10. Collins M.A., Millard-Stafford M.L., Sparling P.B., Snow T.K., Roskopf L.B., Webb S.A. et al. Evaluation of the BOD POD® for Assessing Body Fat in Collegiate Football Players. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1999; 31(9): 1350-1356.
11. Wagner D.R., Heyward V.H., Gibson A.L. Validation of Air Displacement Plethysmography for Assessing Body Composition. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2000; 32(7): 1339-1344.
12. Vescovi J.D., Zimmerman S.L., Miller W.C., Hildebrandt L., Hammer R.L., Fernhall B. Evaluation of the BOD POD for Estimating Percentage Body Fat in a Heterogeneous Group of Adult Humans. *European Journal of Applied Physiology* 2001; 85(3-4): 326-332.
13. COSMED, The Metabolic Company. *Products body composition*. [Online] Beschikbaar via: <http://www.bodpod.com/en/products/body-composition/adult-children-bod-pod-gs/bod-pod>. Geraadpleegd 09-09-2014.
14. American Council on Exercise. *What are the guidelines for percentage of body fat loss?* [Online] Beschikbaar via <http://www.acefitness.org/acefit/healthy-living-article/60/112/what-are-the-guidelines-for-percentage-of/>. Geraadpleegd 18-09-2014.
15. Kwaliteitsinstituut voor de Gezondheidszorg CBO. *Evidence-based Richtlijnontwikkeling; Handleiding voor werkgroepleden*. update: November 2007, Utrecht: Kwaliteitsinstituut voor de Gezondheidszorg CBO; 2007.
16. Koivula N. Sport Participation: Differences in Motivation and Actual Participation Due to Gender Typing. *Journal of Sport Behaviour* 1999; 22(3): 360-380.

17. Allender S., Cowburn G., Foster C. Understanding Participation in Sport and Physical Activity among Children and Adults: a Review of Qualitative Studies. *Health Education Research* 2006; 21(6): 826-835.
18. Vocht A. de. *Basishandboek SPSS 19*. Utrecht: Bijleveld Press; 2011.
19. Bentzur, K.M., Kravitz, L., Lockner, D.W. Evaluation of the BOD POD for Estimating Percent Body Fat in Collegiate Track and Field Female Athletes: A Comparison of Four Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2008; 22(6): 1985-1991.
20. Dixon, C.B., Deitrick R.W., Pierce J.R., Cutrufello P.T., Drapeau L.L. Evaluation of the BOD POD and Leg-to-Leg Bioelectrical Impedance Analysis for Estimating Percent Body Fat in National Collegiate Athletic Association Division III Collegiate Wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2005; 19(1): 85-91.
21. Bosy-Westphal A., Mast M., Eichhorn C., Becker C., Kutzner D., Heller M. et al. Validation of Air-Displacement Plethysmography for Estimation of Body Fat Mass in Healthy Elderly Subjects. *European Journal of Nutrition* 2003; 42(4): 207-216.
22. Peeters M.W., Goris M., Keustermans G., Pelgrim K., Cleassens A.L. Body Composition in Athletes: A Comparison of Densitometric Methods and Tracking of Individual Differences. *European Journal of Sport Science* 2013; 13(1): 78-85.
23. Lockner D.W., Heyward V.H., Baumgartner R.N., Jenkins K.A. Comparison of Air-Displacement Plethysmography, Hydrodensitometry, and Dual X-Ray Absorptiometry for Assessing Body Composition of Children 10 to 18 Years of Age. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2000; 904(1): 72-78.
24. Noreen E.E., Lemon P.W.R. Reliability of Air Displacement Plethysmography in a Large Heterogeneous Sample. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2006; 38(8): 1505-1509.
25. Anderson D.E. Reliability of Air Displacement Plethysmography. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007; 21(1): 169-172.
26. Ball S.D. Interdevice Variability in Percent Fat Estimates using the BOD POD. *European Journal of Clinical Nutrition* 2005; 59: 996-1001.
27. Tucker L.A., Lecheminant J.D., Bailey B.W. Test-Retest Reliability of the BOD POD: the Effect of Multiple Assessments. *Perceptual & Motor Skills: Physical Development & Measurement* 2014; 118(2): 563-570.
28. Schutte J.E., Townsend E.J., Hugg J., Shoup R.F., Malina R.M., Blomqvist C.G. Density of Lean Body Mass is Greater in Blacks than in Whites. *Journal of Applied Physiology* 1984; 56: 1647-1649
29. Wagner D.R. Cross-Validation of Body Composition Equations for Black Men using a Multicomponent Model [Dissertation]. Albuquerque New Mexico: University of New Mexico, Departement of Physiological Performance and Development; 1997.
30. Scott W., Stevens J., Stuart A. Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications. *Physical Therapy* 2001; 81: 1810-1816.
31. Beukers M., Heusden J. van. *AALO Fitness Trainer Level 2*. Vierde Editie. Leiden: AALO Opleidingen BV; 2013.
32. Martini F.H., Bartholomew E.F. *Anatomie en fysiologie: Een inleiding*. Vierde editie. Amsterdam: Pearson Education Benelux BV; 2010.
33. McArdle W.D., Katch F.L., Katch V.L. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. Zevende editie. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

34. Millard-Stafford, M.L., Collins, M.A., Modlesky C.M., Snow T.K., Roszkopf L.B. Effect of Race and Resistance Training Status on the Density of Fat-Free Mass and Percent Fat Estimates. *Journal of Applied Physiology* 2001; 91: 1259-1268.
35. Andreoli A., Monteleone M., Loan M. van, Promenzio L., Tarantino U., Lorenzo A. de. Effects of Different Sports on Bone Density and Muscle Mass in Highly Trained Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001; 33(4): 507-511.
36. McCrory M.A., Molé P.A., Gomez T.D., Dewey K.G., Bernauer E.M. Body Composition by Air-Displacement Plethysmography by Using Predicted and Measured Thoracic Gas Volumes. *Journal of Applied Physiology* 1998; 84: 1475-1479.
37. Davis J.A., Dorado S., Keays K.A., Reigel K.A., Valencia K.S., Pham P.H. Reliability and Validity of the Lung Volume Measurement made by the BOD POD Body Composition System. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 2007; 27: 42-46.
38. Tegenkamp M.H., Clark R.R., Schoeller D.A., Landry G.L. Effects of Covert Subject Actions on Percent Body Fat by Using Air-Displacement Plethysmography. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2011; 25(7): 2010-2017.
39. Peeters M.W. Subject Positioning in the BOD POD® Only Marginally Affect Measurement of Body Volume and Estimation of Percent Body Fat in Young Adult Men. *PLoS ONE* 2012; 7(3): e32722.
40. King G.A., Fulkerson B., Evans M.J., Moreau K.L. Effect of Clothing Type on Validity of Air-Displacement Plethysmography. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2006; 20(1): 95-102.
41. Vescovi J.D., Zimmerman S.L., Miller W.C. Fernhall B. Effects of Clothing on Accuracy and Reliability of Air Displacement Plethysmography. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2002; 34(2): 282-285.
42. Higgins P.B., Fields D.A., Hunter G.R., Gower B.A. Effect of Scalp and Facial Hair on Air Displacement Plethysmography Estimates of Percentage of Body Fat. *Obesity Research* 2009; 9: 326-330.
43. Wang J., Thornton J.C., Kolesnik S., Pierson JR. R.N. Anthropometry in Body Composition: An Overview. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2006; 904(1): 317-326.

Bijlage I: Oproep

Deelnemers gezocht!

Mijn naam is Pascal de Brabander, u kent mij misschien al als fitnessinstructeur. Momenteel zit ik in mijn laatste jaar van de opleiding HBO Voeding & Diëtetiek. Voor mijn afstudeeronderzoek doe ik onderzoek naar de accuratesse van de BOD POD® bij mannen met een laag vetpercentage. De BOD POD® is een zeer geavanceerd apparaat om lichaamssamenstelling (vetpercentage, vetmassa en vetvrije massa) te meten. Dit apparaat meet de lichaamssamenstelling aan de hand van gewicht, luchtverplaatsing en weefseldichtheid.

Voor mijn onderzoek heb ik 35 mannen met een vetpercentage van 10% of lager nodig en 35 mannen met een vetpercentage tussen de 11% en de 20%.

In ruil voor deelname komt u uw vetpercentage te weten door middel van drie verschillende, wetenschappelijk onderbouwde methoden. Niet alleen wordt uw vetpercentage gemeten met de BOD POD®, het vetpercentage wordt ook nog gemeten met de mBCA® en een 7-punts huidplooiemeting. De mBCA® meet de lichaamssamenstelling door een kleine wisselstroom op negentien verschillende frequenties door het lichaam te sturen. Het werkt via hetzelfde principe als de vetpercentagemeter die u misschien van de sportschool kent. Alle drie de metingen zijn geheel ongevaarlijk en nauwelijks voelbaar.

Heeft u interesse en voldoet u aan de volgende kenmerken dan zou u mij erg kunnen helpen:

- U bent man.
- U doet aan fitness.
- U bent tussen de 18 en 65 jaar.
- U heeft **geen** claustrofobie.
- U heeft **geen** pacemaker of hartproblemen.
- U heeft **geen** prothese.

Bent u geïnteresseerd? Dan kunt u voor aanvullende informatie en aanmelding contact met mij opnemen via onderstaande contactgegevens:

Pascal de Brabander

Email: p.debrabander@hotmail.com

WhatsApp: 06-37176557



BOD POD



mBCA



Huidplooiemeter

Bijlage II: Informatie onderzoek

Beste geïnteresseerde,

Allereerst bedankt voor uw interesse. De volgende zaken worden uitgelegd:

- de achtergrond van de opdracht en de opdrachtgever
- de metingen
- periode en locatie

De achtergrond van de opdracht en de opdrachtgever

De opdrachtgever voor dit afstudeeronderzoek is de Nutritional Assessment Facility van De Haagse Hogeschool, opleiding Voeding & Diëtetiek. In deze faciliteit bestaat sinds een aantal jaar de mogelijkheid tot het meten van de lichaamssamenstelling en het energieverbruik van individuen. Hiervoor worden verschillende meetinstrumenten gebruikt waaronder de BOD POD®, mBCA® en de huidplooimeter.

Sinds de Nutritional Assessment Facility een aantal jaar geleden de BOD POD® heeft gekocht zijn hier vele metingen mee uitgevoerd, bij verschillende doelgroepen. Er is echter bij één specifieke groep twijfel ontstaan over de accuratesse van de metingen. Deze groep betreft mannen met een vetpercentage onder de 10%. Bij deze groep kwam de meting in enkele gevallen niet overeen met de meting op de mBCA® en de klinische blik (aan de hand van hoe iemand eruit ziet een schatting van het vetpercentage maken).

Om dit te onderzoeken ben ik, Pascal de Brabander, op zoek naar twee groepen deelnemers: 35 mannen met een vetpercentage van 10% of lager en 35 mannen met een vetpercentage tussen de 11% en de 20%. Tijdens het onderzoek zal u twee keer drie metingen ondergaan. In de volgorde zoals ze hieronder staan beschreven.

De metingen

Voor de metingen gelden de volgende richtlijnen:

- Eet en drink niet vanaf drie uur voor de metingen, dit geeft de meest nauwkeurige resultaten.
- Sport niet vanaf drie uur voor de meting.
- Neem bij voorkeur een strakke zwembroek, bijvoorbeeld Speedo®, mee. Indien u deze niet heeft draag dan strakzittend ondergoed.
- De metingen vinden plaats in strak zittende zwemkleding, of strakzittend ondergoed.
- Doe geen lotion of huid crème op voor de test.
- Draag geen sieraden of piercings.
- Ben zo onthaard mogelijk. Hoe minder lichaamsbehaaring, hoe nauwkeuriger de metingen.

BOD POD®

De eerste meting is in de BOD POD®. Bij dit apparaat wordt eerst de lengte gemeten. Vervolgens wordt u gewogen op de weegschaal van de BOD POD®. Hierna doet u een badmuts op, deze krijgt u ter plekke. Dan neem u plaats in de BOD POD®. Hier zit u iedere keer maar een korte tijd in (± 30 seconden). Het apparaat sluit zich met magneten en wanneer de kamer dicht is wordt lucht heen en weer gepompt om te meten wat het lichaamsvolume is. Aan de hand van het gewicht en het volume kan het apparaat de dichtheid van het lichaam bepalen. Doordat vetmassa en vetvrije massa een andere dichtheid hebben kan het vetpercentage worden bepaald door de BOD POD®.



mBCA®

De tweede meting is op de mBCA®. Op dit apparaat gaat u met blote voeten staan en houdt u met beide handen de handgrepen vast. Dit apparaat stuurt een niet voelbare, ongevaarlijke wisselstroom op wel negentien verschillende frequenties door de handen en voeten. Aan de hand van het verschil in stroomsterkte welke het apparaat terugkrijgt kan het apparaat bepalen wat onder andere het lichaamsvetpercentage, de vetmassa en de vetvrije massa is.



7-punts huidplooiemeting

Met de huidplooiemeter wordt de dikte van de huid in millimeters gemeten op zeven plekken op het lichaam. De plekken worden eerst opgemeten en afgetekend, om zeker te zijn dat iedere keer dezelfde plek wordt gemeten. Deze punten zijn: de triceps, de zijkant van de borstspier, zijkant van de ribbenkast, onder het schouderblad, zijkant van de buik vlak boven de heup, naast de navel en op de voorkant van het bovenbeen. Dit wordt gedaan met de tang die u hiernaast ziet. Iedere plek wordt drie keer gemeten en hier wordt het gemiddelde van genomen. De hoeveelheid millimeters van iedere plek wordt bij elkaar opgeteld en met behulp van een referentietabel kan nu het vetpercentage worden afgelezen.



Wanneer alle drie de metingen zijn voltooid, worden de metingen opnieuw uitgevoerd om de betrouwbaarheid te onderzoeken. In totaal zal het ongeveer 45 minuten duren.

Periode en locatie

De metingen zullen plaats vinden van 3 november tot en met 28 november. De dagen waarop de metingen plaatsvinden zijn iedere maandag van 9.00 tot 23.00 en donderdag /vrijdag van 12.00 tot 23.00.

De metingen vinden plaats bij de Health Point (Kavel 67) van De Haagse Hogeschool. Het adres is:

Johanna Westerdijkplein 67
2521EN Den Haag

Parkeerplaatsen zijn de Q-Park onder De Haagse Hogeschool of het parkeerdek van de Mega Stores. Met de bus kunt u vanuit het Westland het beste bus 31/35/86 naar bushalte Leyenburg nemen en daar overstappen op bus 26 naar Station Holland Spoor. U stapt dan voor De Haagse Hogeschool uit.

Eventuele reiskosten worden niet vergoed.

Wilt u zich aanmelden of mocht u nog meer vragen hebben, neem dan contact met mij op.

Pascal de Brabander
Email: p.debrabander@hotmail.com
WhatsApp: 06-37176557

Bijlage III: Toestemmingsverklaring

Toestemmingsverklaring

Titel onderzoek: “Validiteits- en betrouwbaarheidsonderzoek voor de BOD POD® bij mannen met een laag vetpercentage”

Verantwoordelijke onderzoeker: Pascal de Brabander

Supervisie: dr. ir. Dorien W. Voskuil

Docent/onderzoekster opl. Voeding & Diëtetiek

In te vullen door de deelnemer

Ik verklaar op een voor mij duidelijke wijze te zijn ingelicht over de aard, methode, doel en [indien aanwezig] de risico's en belasting van het onderzoek. Ik weet dat de gegevens en resultaten van het onderzoek alleen anoniem en vertrouwelijk aan derden bekend gemaakt zullen worden. Mijn vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ik stem geheel vrijwillig in met deelname aan dit onderzoek. Ik behoud me daarbij het recht voor om op elk moment zonder opgave van redenen mijn deelname aan dit onderzoek te beëindigen.

Naam deelnemer:

Datum: Handtekening deelnemer:

In te vullen door de uitvoerende onderzoeker

Ik heb een mondelinge en schriftelijke toelichting gegeven op het onderzoek. Ik zal resterende vragen over het onderzoek naar vermogen beantwoorden. De deelnemer zal van een eventuele voortijdige beëindiging van deelname aan dit onderzoek geen nadelige gevolgen ondervinden.

Naam onderzoeker: Pascal de Brabander

Datum: Handtekening onderzoeker:

Bijlage IV: Gegevensverzameling formulier

Gegevensverzameling

ID nummer	
Naam (voor- + achternaam)	
Leeftijd	jaar
Lengte in meters (meetlint bij BOD POD)	M.
Gewicht in kilogrammen (BOD POD weegschaal)	Kg (afronden op 1 decimaal)
BMI (gewicht in kg / (lengte in m) ²)	(afronden op 1 decimaal)
Aantal uur fitness per week	Uur (afronden op 1 decimaal)
Accent van training (omcirkel)	Kracht / cardio / spiermassa

Meting 1 BOD POD

Gewicht	Kg (afronden op 1 decimaal)
Vetpercentage	% (afronden op 1 decimaal)
Vetvrije massa	Kg (afronden op 1 decimaal)
Vetmassa	Kg (afronden op 1 decimaal)

Meting 1 mBCA

Gewicht	Kg (afronden op 1 decimaal)
Vetpercentage	% (afronden op 1 decimaal)
Vetvrije massa	Kg (afronden op 1 decimaal)
Vetmassa	Kg (afronden op 1 decimaal)

Meting 1 7-punts huidplooiemeting (afronden op 1 decimaal)

	Meting 1 (mm)	Meting 2 (mm)	Meting 3 (mm)	Gemiddeld (mm)
1. Tricipidaal				
2. Borst				
3. Midaxillair				
4. Subscapulair				
5. Suprailliacaal				
6. Buik				
7. Bovenbeen				
Som				
Vetpercentage	(afronden op 1 decimaal)			%
Vetvrije massa	(gewicht – (vetpercentage x gewicht))		Kg (afronden op 1 decimaal)	
Vetmassa	Gewicht x vetpercentage		Kg (afronden op 1 decimaal)	

Meting 2 BOD POD

Gewicht	Kg (afroonden op 1 decimaal)
Vetpercentage	% (afroonden op 1 decimaal)
Vetvrije massa	Kg (afroonden op 1 decimaal)
Vetmassa	Kg (afroonden op 1 decimaal)

Meting 2 mBCA

Gewicht	Kg (afroonden op 1 decimaal)
Vetpercentage	% (afroonden op 1 decimaal)
Vetvrije massa	Kg (afroonden op 1 decimaal)
Vetmassa	Kg (afroonden op 1 decimaal)

Meting 2 7-punts huidplooiemeting (afroonden op 1 decimaal)

	Meting 1 (mm)	Meting 2 (mm)	Meting 3 (mm)	Gemiddeld (mm)
1. Tricipidaal				
2. Borst				
3. Midaxillair				
4. Subscapulair				
5. Suprailliacaal				
6. Buik				
7. Bovenbeen				
Som				
Vetpercentage	(afroonden op 1 decimaal)			%
Vetvrije massa	(gewicht – (vetpercentage x gewicht))		Kg (afroonden op 1 decimaal)	
Vetmassa	Gewicht x vetpercentage		Kg (afroonden op 1 decimaal)	

Opmerkingen:

Bijlage V: Handleiding metingen en draaiboek validatie- en betrouwbaarheidsonderzoek

In deze handleiding staan de BOD POD®, mBCA® en 7-puntshuidplooiemeting volgens Jackson & Pollock beschreven. Ook staat het draaiboek voor het verloop van de metingen in het validatie- en betrouwbaarheidsonderzoek beschreven.

1. BOD POD®

Start de BOD POD® dagelijks zestig minuten voor de meting. Doorloop iedere meet dag de volledige Standard Controle procedure. Volg de Standard Controle-instructies die bij de computer liggen. Volg de instructies die de computersoftware aangeeft.

Kalibreer de elektronische weegschaal. Volg de instructies die de computersoftware aangeeft. Leg de kalibratiegewichten op de elektronische weegschaal. De weegschaal mag +0,01kg of -0,01kg afwijking hebben.

Kalibreer de BOD POD®. Er zijn twee kalibratiepunten: zonder kalibratiecilinder en met kalibratiecilinder. Volg de instructies die de computersoftware aangeeft. Weest voorzichtig met de kalibratiecilinder. Wanneer deze gedeukt is, kan het volume anders zijn en dit geeft mogelijk onnauwkeurige testresultaten. De cilinder is zeer kostbaar! Raak de BOD POD® niet aan tijdens het kalibreren!

Start met het meten van de lichaamssamenstelling door vanuit het hoofdmenu te klikken op Test → Body Composition. Volg de computeraanwijzingen. Voer naam, leeftijd, geslacht, lengte en ras in. Siri is algemene bevolking. Stel in op Predicted. Vraag of de proefpersoon zich om wil kleden. Alleen strakke badkleding of een strakke onderbroek is geschikt voor de meting. Vraag de proefpersoon alle kleding, sieraden en/of piercings af/uit te doen. Vraag de proefpersoon om de badmuts op te doen. Dit kan door de handen als kommetjes te vormen en de badmuts van voor naar achter over het hoofd te doen. Bedek het haar volledig zodat er ook geen lucht meer onder de badmuts zit. De oren dienen onder de badmuts vandaan te komen.

Weeg de proefpersoon op de elektrische weegschaal. De persoon dient volledig stil te staan tijdens het wegen. Volg de computerinstructies op.

Vraag de proefpersoon plaats te nemen in de BOD POD®. Leg uit dat de meting vijftig seconden duurt en twee keer wordt herhaald. Na iedere 50 seconden zal de deur van de cabine worden geopend. Leg uit dat er links onder de zitting een groene nood knop zit. Laat de proefpersoon deze knop even voelen. Wanneer noodzakelijk, bijvoorbeeld bij paniek, kan de proefpersoon de knop indrukken. De deur van de cabine gaat dan open en de meting wordt afgebroken. Ga bij de deelnemer na of deze ontspannen zit. Leg uit aan de deelnemer dat deze niet mag bewegen, maar wel rustig moet blijven doorademen tijdens het meten. Hiervoor is het handig als de proefpersoon zich focust op een punt op de ruimte. Ga om deze reden niet voor de proefpersoon staan, maar blijf bij de computer staan, zodat je makkelijk af en toe opzij naar de proefpersoon kan kijken. Sluit de cabine. Loop tijdens de metingen niet heen en weer en raak de BOD POD® niet aan. Houd de proefpersoon tijdens de metingen in de gaten.

Na de tweede meting mag de proefpersoon de cabine verlaten. Wanneer de uitslag van de tweede meting niet consistent is aan de uitslag van de eerste meting, volgt er een derde meting, dit zal eventueel door de computer worden aangegeven. Wanneer dit het geval is dan blijft de proefpersoon in de cabine zitten, wanneer de meting vervolgens consistent is aan de eerste meting kan de proefpersoon de cabine verlaten.

Benoem de resultaten van de meting en sla de resultaten op in de BOD POD®.

2. mBCA®

Vooraf moet de mBCA® worden aangezet. De proefpersoon dient gemeten te worden zonder schoenen, sokken en sieraden. De voeten moeten geplaatst worden op de aangegeven stippen. Elk proefpersoon heeft een eigen ID nummer (beginnend 03...) en is van te voren ingevoerd in het systeem. De proefpersoon kan worden gevonden door het ID nummer in te toetsen op de mBCA®. Voordat de meting begint moeten lengte en gewicht worden ingevoerd. Vervolgens wordt er aan de proefpersoon gevraagd of een kunsthart, prothese etc. heeft.

De proefpersoon dient zijn handen juist vast te houden op de mBCA® (zie onderstaande foto). Het zwarte plaatje moet tussen de ringvinger en middelvinger. Het middelste handvat is het meest betrouwbaar. Hierna volgt de meting van de mBCA®. Volg de instructies op het scherm. De meting duurt ongeveer twintig seconden. De gegevens kunnen afgelezen worden op het beeldscherm van het apparaat. Sla de gegevens op, anders komen de gegevens niet in de laptop te staan. Benoem de resultaten en noteer deze op het formulier voor de gegevensverzameling.



3. 7-punts huidplooiemeting

Aanbevelingen huidplooiemetingen.

- Huidplooien worden altijd aan de rechterkant gemeten.
- Teken altijd de meetpunten op het lichaam af
- Elke meting wordt twee keer gedaan. Wanneer metingen meer dan 10% van elkaar verschillen wordt een derde meting gedaan. Hiervan wordt het gemiddelde genomen.
- Neem de huidplooi altijd tussen duim- en wijsvinger van de linkerhand en houd de huidplooiemeter in de rechterhand. De huidplooiemeter wordt zo geplaatst dat het gemarkeerde punt tussen de haken van de huidplooiemeter valt.
- Lees na 2 seconden de dikte af op de huidplooiemeter.
- Laat de huidplooi nooit los voordat de huidplooiemeter los is.
- Doe geen meting na training, wedstrijd, sauna, zwemmen, bad of douche.

1. Tricepitale huidplooi

Voordat dit punt kan worden gemeten moet eerst het acromion worden afgetekend. Dit is het meest bovenste punt van het schouderblad. Deze is te vinden door langs de bovenkant van het schouderblad naar buiten toe te palperen. Wanneer het punt is gevonden dat het bot richting de voorkant van het lichaam gaat lopen is het acromion gevonden. Zet over de lengte een lijn zoals op de afbeelding.



Vervolgens moet de radiale worden afgetekend. Laat de testpersoon hiervoor de arm in een hoek van 90 graden houden. Voel vanaf de elleboog omhoog, hier voel je een holte, in de punt hiervan zet je een markering.

Nu kan de tricepitale plooï worden gemeten. Bepaal met behulp van een (bij voorkeur harde) meetlint het middel van de twee punten en teken dit horizontaal af.

Nu kan deze horizontale lijn door worden getrokken naar achteren zodat de tricepitale plek kan worden afgetekend. Deze ligt in het verlengde van de elleboog.



De huidplooiemeter wordt parallel aan de as van de arm gezet.

2. Pectorale huidplooi

Meet de afstand tussen de tepel en de voorkant van de oksel. Zet een markering in het midden van deze lijn voor mannen. Voor vrouwen, zet de markering op twee derde van de lijn (richting de oksel). Deze huidplooi wordt langs deze lijn gemeten.



3. Midaxillaire huidplooi

Zet een stippellijn vanuit het midden van de oksel omlaag. Teken nu het laagste punt van het borstbeen af. Trek een stippellijn horizontaal opzij en markeer het punt waar de lijnen elkaar kruisen. De huidplooi wordt langs de lijn vanuit de oksel gezet.



4. Subscapulaire huidplooi

Dit punt bevindt zich aan de buitenzijde van de onderste punt van het schouderblad. Voel met de hand langs de binnenzijde van het schouderblad tot je de punt van het schouderblad voelt. Markeer dit punt. Wanneer de punt moeilijk te vinden is dan kan de testpersoon worden gevraagd de arm achter de rug te plaatsen, zo kan de punt makkelijker worden gevoeld. Volg constant de punt van de schouder wanneer de arm weer naar ontspannen positie terug wordt gebracht. Trek een twee centimeter lange lijn in 45 graden naar de buitenzijde van het lichaam. Dit is de subscapulaire huidplooi.



Zet de huidplooiometer op de natuurlijke vouwlijnen van de huid, ongeveer evenwijdig op de 45 graden lijn. Wanneer de huidplooi niet goed kan worden gepakt, kan worden gevraagd of de persoon zijn schouders iets naar achteren wil doen.

5. Supra-iliacale huidplooi

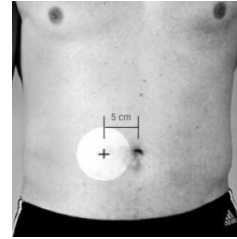
Trek een stippellijn langs de rand van het heupbeen. Wanneer dit is gedaan, teken een stippellijn vanuit het midden van de oksel omlaag. Teken het punt waarop deze lijn de stippellijn doorkruist af.

Pak de huidplooi door de wijsvinger op het heupbot te leggen en deze naar binnen te drukken, zodat de huidplooi over de vinger ligt. Pak nu met de duim de huidplooi.



6. Abdominale huidplooï

Deze huidplooï bevindt zich, horizontaal, 5 centimeter rechts van de navel. Zet de huidplooiometer verticaal op de huidplooï.



7. Femurale huidplooï

Laat voor deze huidplooï de testpersoon zitten met de knie in een hoek van negentig graden. Deze locatie bevindt zich in het midden van het bovenbeen wanneer de afstand wordt gemeten tussen de “vouw” die ontstaat tussen het bovenbeen en de heup en de voorkant van de knieschijf. Gebruik hier weer een hard meetlint om te voorkomen dat wordt gemeten over rondingen.

Zet de huidplooiometer parallel aan de lengte van het been. Wanneer het niet lukt om de huidplooï te pakken kan de testpersoon worden gevraagd de onderkant van het bovenbeen iets op te tillen zodat de spanning op de huid wat minder wordt.



8. Formules voor dichtheid en vetpercentage

Zodra de huidplooiemetingen zijn gedaan worden de gemiddeldes van de zeven punten bij elkaar opgeteld. Nu kan de lichaamsdichtheid worden berekend. Vervolgens kan hieruit het vetpercentage worden afgeleid.

Voor onderstaande formules is som7 = de som van de zeven huidplooiemetingen.

Formule voor lichaamsdichtheid mannen:

$$\text{Dichtheid} = 1,112 - (0,000\,43499 * \text{som7}) + (0,000\,000\,55 * (\text{som7})^2) - (0,000\,28826 * \text{leeftijd})$$

Formule voor lichaamsdichtheid vrouwen:

$$\text{Dichtheid} = 1,097 - (0,000\,46971 * \text{som7}) + (0,000\,000\,56 * (\text{som7})^2) - (0,000\,12828 * \text{leeftijd})$$

Uit de dichtheid kan vervolgens het vetpercentage worden berekend middels de Siri Formule:

$$\text{Lichaamsvetpercentage} = 495 / \text{dichtheid} - 450.$$

4. Draaiboek metingen

Start de dag door de BOD POD® op te warmen. Start alle systemen op en leg de Informed Consent formulieren en gegevensverzamelingsformulieren klaar. Zorg dat de proefpersonen van te voren al in het systeem zijn opgeslagen zodat deze snel kunnen worden opgeroepen tijdens de metingen.

Zorg dat de luxaflex in de ruimte van de mBCA® is gesloten zodat de proefpersonen privacy hebben. Leg hier ook alvast de huidplooimeter, een pen en (harde) meetlint klaar. En zet het witte rolbare scherm zo dat men ongezien van de BOD POD®-ruimte naar de andere ruimte kunnen lopen

Wanneer de proefpersoon arriveert, heet hem eerst welkom en stel jezelf voor. Laat de persoon de apparatuur zien, leg basaal wat over de apparatuur uit en laat hem vervolgens de Informed Consent ondertekenen. Vraag de persoon of hij de afgelopen 3 uur heeft gegeten/gedronken/gesport/gedoucht/gezwommen. Noteer dit in de opmerkingen. Vraag de persoon of hij nog naar de wc moet, dit mag niet tussen de metingen in.

Vraag de persoon de schoenen en sokken alvast uit te doen. Terwijl hij dit doet vraag hem naar zijn leeftijd, aantal uur fitness per week en het accent van de training, meet vervolgens de lengte in de ruimte bij de BOD POD®. Zorg dat de proefpersoon helemaal rechtop staat, met de hakken tegen de muur en vooruit kijkt. Noteer dit alles en laat de proefpersoon zich uitkleden tot de badkleding/ondergoed. Kalibreer in de tussentijd de BOD POD®. Wanneer de persoon lichaamsbehaaring heeft, noteer dit dan in de opmerkingen.

Doe nu de meting van de BOD POD® volgens de eerder beschreven werkwijze en volg goed de stappen van de software. Noteer alles netjes op het gegevensverzamelingsformulier en sla de gegevens op in de BOD POD®.

Ga nu naar de mBCA® en doe de meting volgens eerder beschreven werkwijze. Volg wederom goed de stappen van de software. Noteer de gegevens en sla deze op, op de laptop.

Vervolgens wordt de huidplooiemeting uitgevoerd. Volg goed de werkbeschrijving zoals eerder beschreven. Noteer alle huidplooien zorgvuldig.

Nu wordt de meting op de BOD POD® wederom gedaan. Noteer alle uitkomsten goed op en sla de gegevens weer op in de BOD POD®.

Daarna wordt de meting op de mBCA® voor de tweede keer gedaan, registreer nogmaals de resultaten en sla deze ook weer op.

Nu wordt de huidplooiemeting weer gedaan. Noteer de diktes van de huidplooien weer zorgvuldig.

De metingen zijn nu klaar. De proefpersoon mag zich nu weer aankleden. Vertel dat de proefpersoon de resultaten later in de week via de mail krijgt toegestuurd, omdat nog niet alles bekend is. De BMI en het vetpercentage bij de huidplooiemetingen moet nog worden berekend bijvoorbeeld.

Vraag hoe de proefpersoon het heeft ervaren en vraag of er nog vragen zijn.

Bedank de proefpersoon voor zijn medewerking.

Referenties

Brabander, P. de. *Handleiding 7-punts huidplooiemeting volgens Jackson & Pollock*. Den Haag: Nutritional Assessment Facility / Health Point 2014.

Giessen, T. van der, Roos, M. & Heindijk, A. *Handleiding metingen*. Den Haag: Nutritional Assessment Facility 2003.

