



Nutritional Assessment Platform

Meting van vet massa en vetvrije massa met behulp van plethysmografie (BOD POD®)

Standard Operating Procedure

7/23/2020

Auteurs: Francis Hollander, Paul Hulshof, Emma Koster

Versie 2

Doel: Bepalen van vet massa en vetvrije massa

Doelgroep: Volwassenen en kinderen (vanaf 2 jaar)

Tijdsduur: 10-15 minuten



Inhoud

1. Doel van het meetinstrument.....	3
2. Begrippen en afkortingen	3
2. Achtergrondinformatie	3
3. Doelgroep.....	5
4. Veiligheid en Milieu	5
5. Beschrijving van het meetinstrument.....	6
6. Reinigen en Onderhoud	6
7. Werkwijze.....	6
7.1. Kalibratie	6
7.2 Voorbereiding met deelnemer	7
7.3 Instellen en uitvoeren meting.....	7
7.4 Resultaten en datamanagement	8
8. Methodologische kwaliteit	8
8.1. Validiteit.....	8
8.2. Betrouwbaarheid	8
Referenties.....	10
Bijlage 1: Voorbeeld resultaten BOD POD meting.....	11



1. Doel van het meetinstrument

Het meten van de vetmassa en vetvrije massa middels plethysmografie met behulp van de BOD POD. Deze gegevens kunnen gebruikt worden bij het bepalen van de voedingstoestand of het monitoren van veranderingen in de lichaamssamenstelling.

2. Begrippen en afkortingen

Deelnemer	Persoon bij wie de meting wordt uitgevoerd
VM	Vetmassa (kg)
VVM	Vetvrije massa (kg)
TGV	Thoracale gas volume (liter)
D	Dichtheid (kg/liter)
M	Massa (kg)
V	Volume (liter)

2. Achtergrondinformatie

De BOD POD gebruikt het principe van plethysmografie om lichaamsvolume te schatten. Totale lichaamsdichtheid is gebaseerd op de bepaling van lichaamsgewicht en lichaamsvolume. Het resultaat van de meting is VM en VVM, beide zowel in percentage als in gewicht.

Het gewicht van de deelnemer wordt gemeten met de elektronische weegschaal. Het volume van de deelnemer wordt gemeten in de BOD POD door middel van Air Displacement Plethysmography (ADP). Wanneer het gewicht (M_b) en volume (V_b) van de deelnemer gemeten zijn kan lichaamsdichtheid (D_b) worden berekend:

$$D_b = M_b / V_b$$

De bepaling van lichaamssamenstelling middels plethysmografie is gebaseerd op het twee compartimenten model namelijk een vet en vetvrij compartiment. Het vetvrije compartiment bestaat uit eiwit, water, mineraal en glycogeen. De dichtheid van welk materiaal dan ook, is de functie van de dichtheden van zijn componenten. Het twee compartimenten model kan gedefinieerd worden als:

$$1/D_b = VM/D_{vm} + VVM/D_{vvm}$$

Hierbij wordt VM gedeeld door D_{vm} (dichtheid van vet) en VVM door D_{vvm} (dichtheid van VVM). Bij herschikken van deze formule en het uitdrukken van de VVM als $1-VM$, kan % vetmassa gedefinieerd worden als:



$$\% \text{ vet} = (D_{vm} \times D_{vvm} / D_b (D_{vvm} - D_{vm})) - D_{vm} / D_{vvm} - D_{vm}) \times 100\%$$

Om % vet te berekenen, moet lichaamsdichtheid worden gemeten en de waarden voor dichtheid van VM en VVM bekend zijn. Er zijn diverse kadaver studies gedaan om de dichtheid van VM en VVM te bepalen. De dichtheid van vet is constant, bij 37 graden constant 0,9007 maar de waarden van de VVM zijn afhankelijk van etniciteit, geslacht en leeftijd. Om deze redenen zijn er diverse formules ontwikkeld voor verschillende populaties.¹⁻⁵

De volgende formules zijn beschikbaar in de BOD POD software:

Naam	Formule	Populatie
Siri ¹	$\% \text{ vet} = (4.95 / D_b - 4.50) * 100$	Algemeen
Schutte ²	$\% \text{ vet} = (4.374 / D_b - 3.928) * 100$	Afro-Amerikaanse en donkere mannen
Ortiz ³	$\% \text{ vet} = (4.83 / D_b - 4.37) * 100$	Afro-Amerikaanse en donkere vrouwen
Brozek ⁴	$\% \text{ vet} = (4.57 / D_b - 4.142) * 100$	Obese personen
Lohman ⁵	$\% \text{ vet} = (C_1 / D_b - C_2) * 100$	Kinderen ≤ 17 jaar

C1 en C2 zijn constanten gebaseerd op leeftijd en geslacht

De volgende berekeningen worden gebruikt voor het bepalen van VVM (%), VM (kg) en VVM (kg):

$$\% \text{ FFM} = 100 - \% \text{ FM}$$

$$\text{FM} = (\% \text{ fat})(M_b) / 100\%$$

$$\text{FFM} = M_b - \text{FM}$$

Thoracale Gas Volume

Voor het longvolume moet een correctie worden aangebracht op het door de BOD POD gemeten "ruwe" lichaamsvolume, dit wordt het thoracale gas volume (TGV) genoemd. Tijdens een BOD POD meting kan het TGV worden gemeten,⁸ voorspeld worden met voorspellingsformules gebaseerd op geslacht, leeftijd en lengte,⁹ of ingevoerd worden, indien de waarde bekend is uit een eerder en recent uitgevoerde TGV meting.¹⁰

Een meting van TGV zal in de meeste gevallen het meest nauwkeurig zijn. Het meten van het longvolume is niet bij iedere deelnemer goed uit te voeren⁶, hiervoor kan een geschatte waarde gebruikt worden, wat een variatie in VM kan geven van 3%.⁷ De voorspellingsformules voor TGV zijn gebaseerd op gezonde volwassenen en kinderen⁸⁻¹¹ en zijn daarom niet geschikt voor deelnemer of andere populaties waarbij longvolume afwijkend is.



3. Doelgroep

Volwassenen en kinderen vanaf 2 jaar. Voor kinderen vanaf 2 tot 6 jaar zijn extra accessoires nodig voor een accurate meting en aangepaste software. Kinderen <8 kg kunnen gemeten worden met een ander apparaat namelijk de PEA POD.

Indicaties:

- Als parameter lichaamssamenstelling in de diagnostiek van de voedingstoestand.
- Monitoren van veranderingen in de lichaamssamenstelling o.a. bij voedingsinterventie en/of fysieke trainingsinterventie of bij groei in kinderen.

Exclusiecriteria:

- Personen met claustrofobie.
- Personen die continue zuurstof krijgen en niet gedurende 10 min afgekoppeld kunnen worden van de zuurstof.
- Personen die niet rechtop kunnen (stil)staan en (stil)zitten, bijvoorbeeld met toegenomen bewegingsdrang of tremoren.
- Personen met oedeemvorming/ascites of dehydratie.
- Lichaamsgewicht <8 kg.
- Personen die tot 2uur voor de meting intensief fysiek actief geweest zijn.
- Afhankelijk van het doel van de meting personen die tot 2 uur van te voren gegeten hebben of gedronken. Inname medicatie met water toegestaan, mits noodzakelijk.

4. Veiligheid en Milieu

De BOD POD kan veilig gebruikt worden als de gebruiker getraind is in het gebruiken en interpreteren van BOD POD.

Zorg voor een constante kamertemperatuur tussen de 21-27 graden Celsius. Zorg ervoor dat tijdens de BOD POD kalibratie en meting dat de deur van de ruimte dicht blijft en er geen luchtstromen door beweging in de ruimte ontstaan.

De noodknop in de BOD POD kan door de deelnemer gebruikt worden om de stroom van de magneten af te halen, de deur kan dan direct geopend worden. De uitvoerder van de test kan in een noodsituatie de BOD POD uitschakelen via de aan/uit schakelaar van BOD POD. Bij stroomuitval heeft de batterij (APC) voor ca. 45 min stroom.

5. Beschrijving van het meetinstrument

Benodigdheden

- Cosmed BOD POD
- BOD POD elektronische weegschaal
- Kalibratie gewichten voor de weegschaal
- Computer met BOD POD software
- Kalibratievolume (50 liter)
- (Disposable) badmuts
- Lengtemeter
- Reinigingsmateriaal



Optionele materialen

- Printer
- Voor kinderen vanaf 2 tot 6 jaar:
 - Kinderstoel voor in de BOD POD
 - Kalibratievolume van 20 liter



6. Reinigen en Onderhoud

Reinigen volgens voorschrift fabrikant of in instelling geldende hygiëne voorschriften.

Het onderhoud van de BOD POD vindt jaarlijks plaats middels een onderhoudscontract met de fabrikant (of de instelling).

7. Werkwijze

7.1. Kalibratie

1. Zet de BOD POD aan en start de computer op.
2. Vul de gebruikersnaam en het wachtwoord in.
3. Gebruik per voorkeur het warming-up programma of zorg er voor dat de BOD POD al minimaal 60 minuten aan staat. De warming up duurt ca 60 minuten.
4. Voer de volgende kalibratieonderdelen uit via het QC menu, volg hiervoor de BOD POD handleiding:
 - a. Analyze Hardware (analyseren hardware)
 - b. Scale Calibration (weegschaal kalibratie)

Dit is om de week nodig of als de weegschaal verplaatst is volgens de fabrikant. Het heeft de voorkeur om dit elke kalibratie mee te nemen.



- c. Scale Check (weegschaal test)
- d. Autorun (automatisch uitvoeren)

Deze kalibratie controleert de omgeving en de stabiliteit van de BOD POD d.m.v. het uitvoeren van 6 volume metingen. Testresultaten zijn het gemiddelde, volume, standaard deviatie (SD), minimum en maximum waarden en de slope (helling van de regressie lijn). De kalibratie is acceptabel (dit geeft de BOD POD aan) indien de SD <60 ml en de slope binnen ± 30 ml is.
- e. Volume calibration (volume kalibratie)

Deze kalibratie kijkt naar de nauwkeurigheid van BOD POD volumemetingen met behulp van het kalibratievolume. Er worden 5 volume kalibratie metingen uitgevoerd met een 50 liter (bij volwassenen en kinderen >6jaar) of 20 liter (kinderen vanaf 2 tot 6 jaar) cilinder. Bij het gebruik van de 20 liter cilinder moet ook het kinderstoeltje in de BOD POD geplaatst worden. Deze stap van kalibratie moet elke dag vóór de meting van een deelnemer worden uitgevoerd. Testresultaten gemiddeld volume, SD en individuele waarden van de metingen. De kalibratie is acceptabel (dit geeft de BOD POD aan) bij een gemiddelde tussen 50.056-50.256 liter en een SD <75 ml bij een 50 liter cilinder.

7.2 Voorbereiding met deelnemer

1. Informeer de deelnemer tijdig over de meting en de meetvoorwaardes (nuchter etc.) voor de dag van de meting. Zeker bij kinderen is vooraf informeren belangrijk voor een succesvolle meting, hierbij kan gebruikt gemaakt worden van test met foto's of een voorbereidingsfilmpje.
2. Controleer voorafgaand aan de meting of de deelnemer:
 - a. Nog vragen heeft over de uitvoering van de meting.
 - b. Nuchter is (niet gegeten of gedronken in het voorgaande 2 uur).
 - c. Niet intensief fysiek actief geweest is in de 2 uur voorafgaand aan de meting.
3. Verzoek de deelnemer zijn schoenen en overbodige kleding uit te doen.
4. Meet de lengte van de deelnemer met de beschikbare meetlat, volgens SOP lengtemeting.
5. Verzoek de deelnemer om sokken en kleding uit te doen, eventuele sieraden/bril af te doen. Verzoek de deelnemer de badmuts op te doen (het haar moet volledig onder de badmuts zitten, voorkom luchtholtes onder de badmuts).
 - a. Kledingvoorschrift man: strakke zwembroek of onderbroek/short.
 - b. Kledingvoorschrift vrouw: strakke badkleding of ondergoed en bh zonder vulling.

7.3 Instellen en uitvoeren meting

1. Voer de meting uit via het menu Test en vervolgens Body Composition en doorloop de stappen op het computerscherm.



2. Vul de gegevens van de deelnemers volgens de gemaakte privacy afspraken (verschillend per instelling). Kies bij Ethnicity voor de meest passende formule. Voor personen van Nederlandse afkomst kan voor 'general population' gekozen worden.
3. Kies density model (kies Siri¹ bij volwassenen, Lohman⁵ bij kinderen, Brozek⁴ bij obese personen, Schutte² of Ortiz³ bij personen van Afrikaanse afkomst of met een donkere huidskleur) en Thoracic Gas Volume (bij niet meten kies "Predicted", bij meten kies "Measured" of kies "Entered" bij eerder gemeten en bekende Thoracic Gas Volume)
4. Het is mogelijk om 'extra' materialen zoals een Mic-Key button, stoma of tablet voor kinderen mee te kalibreren. Het materiaal kan samen met het kalibratievolume in de laatste stap voor de meting in de BOD POD geplaatst worden. Het is hierbij van belang dat het volume overeenkomt met het volume tijdens de meting bijvoorbeeld dat in beide gevallen de stoma leeg is.
5. Zorg dat de deelnemer tijdens de meting ontspannen en stil zit en rustig in en uit ademt, vraag de deelnemer de handen losjes op de knieën te leggen.
6. Geef aan waar de noodknop zit en dat de meting te allen tijden onderbroken kan worden mocht de deelnemer in paniek raken.

7.4 Resultaten en datamanagement

De beoordeling van de resultaten hangt af van het doel van de meting. Resultaten worden weergegeven op het scherm en automatisch opgeslagen. Indien er een printer aangesloten is kunnen de resultaten geprint worden. De testresultaten zijn ook na afronding van de meting in te zien via datamanagement en kunnen als .txt bestand geëxporteerd worden.

8. Methodologische kwaliteit

8.1. Validiteit

Meerdere validatie studies hebben plaatsgevonden waarbij VM kan variëren.¹²⁻¹⁴ Ten opzichte van de onderwaterweging (referentie methode), is er een verschil tussen de metingen in % VM, dit verschil ligt tussen de -4% en 1,9% VM.⁹ Het meten van het longvolume is niet bij iedere deelnemer goed uit te voeren met name bij longpatiënten,⁶ hiervoor kan een geschatte waarde gebruikt worden, wat een variatie in VM kan geven van 3%.⁷ Bij overgewicht geeft de meting een overschatting van % VM t.o.v. deuterium methode van 2-3%.¹⁵

8.2. Betrouwbaarheid

Bij herhaalde metingen, zowel op dezelfde dag als tussen verschillende meetdagen, is er een minimaal verschil in uitkomst. Deze uitkomsten zijn in overeenstemming met een meting van lichaamssamenstelling middels DXA en de onderwatermethode. Er is een verschil van gemiddeld 3% tussen uitkomsten door twee verschillende onderzoekers.¹²



Het verschil tussen Brozek en Siri model lijkt bij zeer magere personen verwaarloosbaar. Bij personen met een zeer hoge vetmassa gaat de voorkeur wel uit naar Brozek maar waar dit omslagpunt ligt om Brozek te gebruiken is nog onduidelijk.



Referenties

1. Siri WE (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In Brozek J, Henschel A (eds). *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: Natl Acad Sciences/Natl Res Council pp 223-24.
2. Schutte JE, Townsend EJ, Hugg J et al. (1984). Density of lean body mass is greater in blacks than whites. *Journal of applied Physiology*, 56, 1647-1649.
3. Ortiz O, Russell M, Daley TL, Baumgartner RN, Waki M et al. (1992). Differences in skeletal muscle and bone mineral mass between black and white females and their relevance to estimates of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55, 8-13.
4. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A (1961). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci* 110: 113-40.
5. Lohman TG (1989). Assessment of body composition in children. *Pediatric Exercise Science*, 1, 19-30.
6. Anderson DE (2007). Reliability of air displacement plethysmography. *Journal of Strength and Conditioning research*. 21: 169-172.
7. Collins AL, McCarthy HD (2003). Evaluation of factors determining the precision of body composition measurements by air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr*. 57: 770-776
8. Crapo RO, Morris AH, Clayton PD, Nixon CR (1982). Lung volumes in healthy non-smoking adults. *Bull. Eur. Physiopath. Respir*. 18, 419-425.
9. Fields DA, Hull HR, Cheline AJ, Yao M and Higgins PB (2004). Child-specific thoracic gas volume prediction equations for air-displacement plethymography. *Obes Res* 12, 1797-1804.
10. Adapted Fields-Stocks Equation (Proprietary) for children aged 2 to 11 years.
11. Stocks J, Marchard F, Kraemer R, Gutkowski P, Yishay EB, Godfrey S (1996). Plethymographic assessment of functional residual capacity and airway resistance. In stock J, Sly PD, Tepper RS, Morgen WJ (eds). *Infant respiratory function testing*. Wiley-Liss, New York, pp 191-239.
12. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Bodycompositionassessment via air-displacement Plethysmography in adults and children. *Am J Clin Nutr*2002;75(3):45367.
13. McCrory MA, Gomez TD, Bernauer EM, Molé PA. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc*. 1995 Dec;27(12):1686-91.
14. Ginde SR, Geliebter A, Rubiano F, Silva AM, Wang J, Heshka S, Heymsfield SB. Air displacement plethysmography: validation in overweight and obese subjects. *Obes Res*. 2005 Jul;13(7):1232-7.
15. Plasqui G, Soenen S, Westerterp-Plantenga, Westerteerp KR. Measurement of longitudinal changes in body composition during weight loss and maintenance in overweight and obese subjects using air-displacement plethysmography in comparison with the deuterium dilution technique. *Int J Obes* (2011) 35: 1124-1130.



Bijlage 1: Voorbeeld resultaten BOD POD meting

BOD POD® Body Composition Tracking System Analysis

SUBJECT INFORMATION	
NAME	[REDACTED]
AGE	57
GENDER	Female
HEIGHT	174.0 cm
ID_1	
ID_2	
ETHNICITY	General Population
OPERATOR	[REDACTED]
TEST DATE	[REDACTED]
TEST NUMBER	[REDACTED]

BODY COMPOSITION RESULT	
% FAT	35.3 %
% FAT FREE MASS	64.7 %
FAT MASS	26.456 kg
FAT FREE MASS	48.515 kg
BODY MASS	74.971 kg
BODY VOLUME	73.500 L
BODY DENSITY	1.0200 kg/L
THORACIC GAS VOLUME	3.612 L

TEST PROFILE	
DENSITY MODEL	Siri
THORACIC GAS VOLUME MODEL	Predicted

OPERATOR COMMENTS

Body Fat: A certain amount of fat is absolutely necessary for good health. Fat plays an important role in protecting internal organs, providing energy, and regulating hormones. The minimal amount of "essential fat" is approximately 3-5% for men, and 12-15% for women. If too much fat accumulates over time, health may be compromised (see table below).

Fat Free Mass: Fat free mass is everything except fat. It includes muscle, water, bone, and internal organs. Muscle is the "metabolic engine" of the body that burns calories (fat) and plays an important role in maintaining strength and energy. Healthy levels of fat-free mass contribute to physical fitness and may prevent conditions such as osteoporosis.

BOD POD Body Fat Rating Table*

**Applies to adults ages 18 and older. Based on information from the American College of Sports Medicine, the American Council on Exercise, Exercise Physiology (4th Ed.) by McArdle, Katch, and Katch, and various scientific and epidemiological studies.*

BODY FAT RATING	FEMALE	EXPLANATION
<input type="checkbox"/> Risky (high body fat)	> 40%	Ask your health care professional about how to safely modify your body composition.
<input checked="" type="checkbox"/> Excess Fat	30.1 - 40%	Indicates an excess accumulation of fat over time.
<input type="checkbox"/> Moderately Lean	22.1 - 30%	Fat level is generally acceptable for good health.
<input type="checkbox"/> Lean	18.1 - 22%	Lower body fat levels than many people. This range is generally excellent for health and longevity.
<input type="checkbox"/> Ultra Lean	15 - 18%	Fat levels often found in elite athletes.
<input type="checkbox"/> Risky (low body fat)	< 15%	Ask your health care professional about how to safely modify your body composition.

ENERGY EXPENDITURE RESULTS

Est. Resting Metabolic Rate (RMR) kcal/day	*Est. Total Energy Expenditure (TEE) kcal/day	Daily Activity Level
1359	1685	Sedentary
	2066	Low Active
	2365	Active
	2813	Very Active
	*Est. TEE = Est. RMR x Daily Activity Level	

Applies to adults ages 18 and older. Based on information from the Institute of Medicine (2002), Dietary Reference Intakes For Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, And Amino Acids, Part I, pp93-206. Washington, D.C., National Academy of Sciences.

